

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Jonas DAMIDAVIČIUS

DARNAUS JUDUMO PRIEMONIŲ
INTEGRAVIMO PAGAL MIESTO
SUSISIEKIMO SISTEMOS
INFRASTRUKTŪRĄ MODELIS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (T 002)

Vilnius, 2021

Disertacija rengta 2016–2021 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Vadovas

prof. dr. Marija BURINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

prof. habil. dr. Artūras KAKLAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

Nariai:

dr. Dago ANTOV (Talino technologijos universitetas, Estija, transporto inžinerija – T 003),

doc. dr. Rasa APANAIVIČIENĖ (Kauno technologijos universitetas, statybos inžinerija – T 002),

doc. dr. Vytautas GRIGONIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002),

doc. dr. Tatjana VILUTIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2021 m. gegužės 21 d. 10 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel.: (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vilniustech.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2021 m. balandžio 20 d.

Disertaciją galima peržiūrėti Vilniaus Gedimino technikos universiteto talpykloje <http://dspace.vgtu.lt> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto 2021-010-M mokslo literatūros knyga

doi:10.20334/2021-010-M

© Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2021

© Jonas Damidavičius, 2021

jonas.damidavicius@vilniustech.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Jonas DAMIDAVIČIUS

MODEL FOR THE INTEGRATION OF
SUSTAINABLE MOBILITY MEASURES
ACCORDING TO THE INFRASTRUCTURE
OF THE URBAN MOBILITY SYSTEM

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (T 002)

Vilnius, 2021

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2016–2021.

Supervisor

Prof. Dr Marija BURINSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

The Dissertation Defence Council of Scientific Field of Civil Engineering of Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof. Dr Habil. Artūras KAKLAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

Members:

Dr Dago ANTOV (Talinn University of Technology, Estonia, Transport Engineering – T 003),

Assoc. Prof. Dr Rasa APANAVIČIENĖ (Kaunas University of Technology, Civil Engineering – T 002),

Assoc. Prof. Dr Vytautas GRIGONIS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002),

Assoc. Prof. Dr Tatjana VILUTIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **10 a. m. on 21 May 2021**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vilniustech.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 20 April 2021.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at Vilnius Gediminas Technical University repository <http://dspace.vgtu.lt> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamos miestų susisiekimo sistemos pagal darnios plėtos principus. Tyrimų objektas – miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių taikymo poveikis bendrai susisiekimo sistemai įvairaus tipo miestuose. Disertacijos tikslas – atsižvelgiant į darnios plėtos principus, pasiūlyti miesto susisiekimo sistemų plėtos vertinimo metodologiją, kuri padėtų tinkamai pasirinkti efektyviausias miesto susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemones, priklausomai nuo miesto tipo ir jo savybių.

Darbe sprendžiami tokie pagrindiniai uždaviniai: įvertinti miestų kiekybinius ir kokybinius darnios susisiekimo sistemos parametrus panaudojant sudarytą miesto susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkinį, atlikti miestų vertinimą pagal darnios plėtos principus ir taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendros išvados, naudotos literatūros ir autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašai ir 8 priedai.

Įvade trumpai aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimo objektas, formuojamas darbo tikslas ir uždaviniai, aprašomas mokslinis darbo naujumas, ginamieji teiginiai.

Pirmame skyriuje apžvelgiami Europos ir nacionaliniai tikslai susisiekimo sektoriuje, pateikiami miestų susisiekimo sistemų iššūkiai ir galimybės, nagrinėjami darnių susisiekimo sistemų plėtos procesai.

Antrame skyriuje aprašomi judumo priemonių rinkiniai, jų sudarymo principai ir nustatyti reikšmingumai. Nagrinėjami daugiakriteriai sprendimų paramos metodai, pateikiami sprendimo algoritmai ir matematiniai aprašai. Aprašomi darnių susisiekimo sistemų plėtos koncepcijų ir plėtos scenarijų sudarymo ir vertinimo principai, bei sudaroma stebėsenos sistema.

Trečiame skyriuje pasirinktiems Lietuvos miestams atlikti esamos ir planuojamos situacijos darnių susisiekimo sistemų vertinimai pagal darnaus vystymosi principus ir daugiakriterius sprendimų paramos metodus. Apžvelgti apibendrinti vertinimų rezultatai ir sudaryta darnių susisiekimo sistemų plėtos ir vertinimo rekomendacijų sistema.

Disertacijos tema yra atspausdinti 7 moksliniai straipsniai: trys – mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazę, vienas – kitų tarptautinių duomenų bazių leidinyje, trys – recenzuojamų tarptautinių konferencijų medžiagoje. Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti keturiose mokslinėse konferencijose Lietuvoje ir užsienyje.

Abstract

The PhD thesis (hereinafter – the thesis) deals with urban mobility systems in line to the principles of sustainable development. The object of the conducted research is to determine the impact of the applied urban mobility infrastructure and mobility measures on the general mobility system in the different types of cities. The aim of the thesis is to propose a methodology for assessing urban mobility system development considering the principles of sustainable development, which helps properly select the most effective urban mobility infrastructure and mobility measures in view of the city type and urban characteristics.

The main tasks solved in the paper embrace assessing quantitative and qualitative parameters for the urban sustainable mobility system employing the developed set of urban mobility infrastructure and mobility measures.

The thesis consists of the introduction, three chapters, general conclusions, the lists of references and author's publications related to the topic of the thesis and 8 appendices.

The introduction briefly discusses the research problem, emphasizes the relevance of the paper, describes the object of research, forms the aim and objectives of the thesis, defines the scientific novelty of the paper and presents the statements to be defended.

Chapter 1 reviews European and national goals in the transport sector, provides the challenges and opportunities of urban mobility systems and examines the processes of sustainable mobility system development.

Chapter 2 describes the sets of mobility measures and the principles of designing mobility instruments and identifies the significance of the measures used. The chapter analyses multi-criteria decision making methods, introduces decision-making algorithms and mathematical descriptions, portrays the principles of formulating and assessing the concepts of sustainable mobility system development and scenarios as well as sets up a monitoring system.

Chapter 3 the assesses the current and expected situation of sustainable mobility systems in the selected Lithuanian cities pursuant to the principles of sustainable development and multi-criteria decision making methods. The chapter summarizes the findings of the performed assessment and devises a system of recommendations for developing and assessing sustainable mobility systems.

7 research articles exploring the topic of the thesis have been published: three of those are published in the research journals reviewed by *Clarivate Analytics Web of Science*, one – in other international database, three – in peer-reviewed international conference proceedings. The results of the research were presented in four scientific conferences in Lithuania and abroad.

Žymėjimai

Simboliai

AV_j – rodiklių vidurkis;

C_i^* – kiekvieno i -tojo varianto santykinis atstumas iki idealaus;

D_i^- – atstumas tarp i -tojo ir neigiamo idealaus varianto;

D_i^* – atstumas tarp i -tojo ir idealiausio geriausio varianto;

I_1 – kaštų rodikliai;

I_2 – naudos rodikliai;

K_i – alternatyvos naudingumo laipsnis;

N_j – objekto a_j naudingumo laipsnis;

ND_{ij} – „neigiamas“ atstumas nuo vidutinio sprendimo;

PD_{ij} – „teigiamas“ atstumas nuo vidutinio sprendimo;

P_j – objekto a_j prioritetiškumas;

Q_j – kiekvieno objekto a_j santykinis reikšmingumas;

S_i – santykinis rodiklio reikšmingumas;

S_0 – optimalios alternatyvos santykinis reikšmingumas;

S_{+j} – j -ąjį variantą apibūdinančių naudos rodiklių suma;

S_{-j} – j -ąjį variantą apibūdinančių kaštų rodiklių suma;

SP_i – visų alternatyvų „teigiamų“ atstumų nuo vidutinio sprendimo reikšmingumų suma;
 SN_i – visų alternatyvų „neigiamų“ atstumų nuo vidutinio sprendimo reikšmingumų suma;
 V^- – neigiamas idealus sprendinys;
 V^* – teigiamas idealus sprendinys;
 X^2 – konkordacijos rodiklio statistika;
 X_i – judumo priemonių skaičius;
 W – ekspertų nuomonių suderinamumo (konkordacijos) koeficientas;
 Z_i – judumo priemonių suma;
 ω_i – bendras rodiklių objektyvaus masyvo struktūros vertinimo reikšmingumas;
 d_j – rodiklio sklaidos lygis;
 i_i – kiekybinės rodiklio rekomendacijos vertė;
 k – ekspertų autoriteto koeficientas;
 m – vertinimo rodiklių (judumo priemonių) skaičius;
 n – lyginamų variantų skaičius;
 p_{ij} – rodiklių reikšmės;
 q_i – i -ojo rodiklio reikšmingumas;
 r – ekspertų skaičius;
 r_i – kokybinės rodiklio rekomendacijos vertė;
 t_{jk} – eksperto atliktas j -ojo rodiklio vertinimas;
 x_i – rodiklio reikšmė;
 x_{0j} – optimali rodiklio reikšmė.

Santrumpos

AHP – analitinės hierarchijos proceso (angl. *Analytical Hierarchy Process*) metodas;
 ARAS – santykių įvertinimo pagal optimalų variantą (angl. *Additive Ratio Assessment*) metodas;
 AS – vertinimo balas (angl. *appraisal score*);
 C-ITS – kooperatinės intelektinės transporto sistemos;
 COPRAS – kompleksinio proporcingo įvertinimo (angl. *Complex proportional assessment method*) metodas;
 D_{ek} – didelis ekonominis reikšmingumas;
 D_{ap} – didelis aplinkosauginis reikšmingumas;
 D_{soc} – didelis socialinis reikšmingumas;
 DJMP – darnaus judumo mieste planas;
 DM – didieji miestai;

MCDM – daugiakriteriniai sprendimų priėmimo (angl. *Multiple Criteria Decision Making*) metodai;
 DSS – darni miesto susisiekimo sistema;
 EDAS – vertinimo remiantis atstumu nuo vidutinio sprendimo (angl. *Evaluation Based on Distance from Average Solution*) metodas;
 EK – Europos Komisija;
 ER – efektyvumo rodiklis;
 ES – Europos Sąjunga;
 I_SUM – darnaus miesto judumo indeksas;
 INVAR – projekto naudingumo laipsnio ir investicinės vertės nustatymo metodas, teikiant rekomendacijas (angl. *Degree of Project Utility and Investment Value Assessments along with Recommendation Provisions*);
 IRT – informacinės ir ryšių technologijos;
 ITS – intelektinės transporto sistemos;
 K – plėtros koncepcijos;
 KM – kurortai ir kurortinės vietovės;
 M_ap – mažas aplinkosauginis reikšmingumas;
 M_ek – mažas ekonominis reikšmingumas;
 M_soc – mažas socialinis reikšmingumas;
 ND – neigiamas atstumas (angl. *negative distance*);
 P – judumo priemonė;
 PD – teigiamas atstumas (angl. *positive distance*);
 S – plėtros scenarijai;
 SPTŽ – specialiųjų poreikių turintys žmonės;
 ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;
 T – judumo priemonių teminės dalys;
 TD – stebėsenos proceso teminės dalys;
 TEN-T – transeuropinis kelių tinklas;
 TOPSIS – variantų racionalumo nustatymo artumo idealiajam taškui (angl. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) metodas;
 VM – vidutinio dydžio miestai;
 VR – vertinimo rodiklis.

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas	2
Darbo tikslas.....	2
Darbo uždaviniai	3
Tyrimų metodika	3
Darbo mokslinis naujumas	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai.....	5
Darbo rezultatų aprobavimas.....	5
Disertacijos struktūra.....	6
Padėka	6
1. MOKSLINĖS LITERATŪROS APIE DARNIĄ MIESTŲ SUSISIEKIMO PLĖTRĄ APŽVALGA	7
1.1. Europos ir nacionaliniai tikslai miestų susisiekimo sistemų plėtrai	7
1.1.1. Europos darnių susisiekimo sistemų plėtros strateginės kryptys ir tikslai ..	8
1.1.2. Nacionalinis darnios susisiekimo sistemos plėtros kontekstas	12
1.2. Miestų susisiekimo sistemų problemos ir jų atsiradimo priežastys	14
1.3. Šiuolaikiniai miestai ir jų susisiekimo sistemos	17
1.4. Darni miestų susisiekimo sistemų plėtra	27
1.5. Miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių naudojimas	34

1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas.....	44
2. MIESTŲ SUSISIEKIMO INFRASTRUKTŪROS IR JUDUMO PRIEMONIŲ VERTINIMO KONCEPCINIS MODELIS	47
2.1. Miestų susisiekimo sistemos plėtros vertinimo koncepcinis modelis.....	48
2.2. Miestų susisiekimo sistemos judumo priemonių rinkinio sudarymas ir jo taikymas	49
2.2.1. Miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkinys	49
2.2.2. Ekspertinio vertinimo tvarka ir svarbiausių miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių atranka	55
2.3. Daugiakriteriams sprendimų paramos metodams reikalingų pradinių duomenų sudarymas.....	60
2.4. Darnios susisiekimo sistemos vertinimo daugiakriteriai sprendimų paramos metodai.....	64
2.5. Darnios susisiekimo sistemos plėtros koncepcijos ir scenarijai	69
2.5.1. Plėtros koncepcijos	69
2.5.2. Plėtros scenarijai	71
2.6. Darnios susisiekimo sistemos stebėsenos sistema	73
2.6.1. Darnios susisiekimo sistemos stebėsenos rodiklių sistema.....	74
2.6.2. Vertinimo rodiklių klasifikavimas ir reikšmingumas	78
2.7. Antrojo skyriaus išvados	86
3. MIESTŲ DARNIŲ SUSISIEKIMO SISTEMŲ VERTINIMAS IR REKOMENDACIJŲ SISTEMA	89
3.1. Darnių susisiekimo sistemų vertinimas pagal darnaus vystymosi principus	89
3.2. Darnių susisiekimo sistemų vertinimas daugiakriteriais sprendimų paramos metodais	99
3.2.1. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų vertinimo procesas.....	100
3.2.2. Miestų susisiekimo sistemų esamos situacijos vertinimas taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus.....	102
3.2.3. Miestų susisiekimo sistemų planuojamos situacijos, įgyvendinus darnaus judimo mieste planus, vertinimas taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus	106
3.2.4. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų vertinimo apibendrinti rezultatai	110
3.3. Apibendrinti darnios miestų susisiekimo sistemos plėtros vertinimo rezultatai ir rekomendacijos miestų susisiekimo sistemų plėtrai	113
3.3.1. Darnių susisiekimo sistemų plėtros pokyčių bendro vertinimo rezultatai pagal darnios plėtros principus ir daugiakriterius sprendimų paramos metodus.....	113
3.3.2. Rekomendacijos didinant miestų susisiekimo sistemų darnumą	118
3.4. Trečiojo skyriaus išvados	120
BENDROSIOS IŠVADOS	123

LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	125
AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.	135
SUMMARY IN ENGLISH.....	137
PRIEDAI ¹	155
A priedas. Judumo priemonių ir teminių dalių reikšmingumų nustatymo ekspertinės apklausos rezultatai ir skaičiavimai	156
B priedas. Pradinių duomenų matrica daugiakriteriam vertinimui.....	159
C priedas. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų skaičiavimai ir rezultatai ..	161
D priedas. Miestų darnių susisiektimo sistemų plėtros rekomendacijų sistema	180
E priedas. Rezultatų grafinis pateikimas voratinklinėmis diagramomis.....	191
F priedas. Disertacijos autoriaus sąžiningumo deklaracija.....	197
G priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje	198
H priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos	206

¹ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the problem.....	1
Relevance of the thesis	2
The object of research	2
The aim of the thesis	2
The tasks of the thesis	3
The research methodology	3
Scientific novelty of the thesis	4
Practical value of the research findings.....	4
Defended statements	5
Approval of the research findings	5
The structure of the thesis	6
Acknowledgment	6
1. REVIEW OF SCIENTIFIC LITERATURE ON SUSTAINABLE URBAN MOBILITY DEVELOPMENT	7
1.1. European and national objectives for the development of sustainable urban mobility systems.....	7
1.1.1. Strategic directions and objectives for the development of sustainable urban mobility systems in Europe	8
1.1.2. National context for sustainable development of the urban mobility	12
1.2. Problems and causes of urban mobility systems	14

1.3. Modern cities and their transport systems	17
1.4. Sustainable development of urban mobility systems.....	27
1.5. Usage of urban transport infrastructure and mobility measures	34
1.6. Conclusion of Chapter I and formulation of thesis tasks.....	44
 2. THE CONCEPTUAL MODEL FOR ASSESSING URBAN MOBILITY	
INFRASTRUCTURE AND MOBILITY MEASURES	47
2.1. Conceptual model for the development of the urban mobility system	48
2.2. Development and application of the mobility measures packages.....	49
2.2.1. Urban infrastructure and mobility measures package.....	49
2.2.2. Procedures for expert evaluation and selection of key Urban infrastructure and mobility measures.....	55
2.3. Compilation of baseline data for multi-criteria decision making methods.....	60
2.4. Multi-criteria decision making methods for the assessment of a urban mobility system	64
2.5. Concepts and scenarios for the sustainable development of the urban mobility system	69
2.5.1. Development concepts.....	69
2.5.2. Development scenarios	71
2.6. The monitoring system of sustainable urban mobility	73
2.6.1. System of indicators for monitoring the sustainable urban mobility	74
2.6.2. Classification and significance of evaluation indicators.....	78
2.7. Conclusion of Chapter II	86
 3. ASSESSMENT OF SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT SYSTEMS AND PROPOSED RECOMMENDATIONS SYSTEM	89
3.1. Assessment of sustainable urban mobility systems in accordance with the principles of sustainable development.....	89
3.2. Assessment of sustainable mobility systems through multi-criteria decision making methods	99
3.2.1. Assessment process of multi-criteria decision making	100
3.2.2. Assessment of the current situation of urban mobility systems using multi-criteria decision making methods.....	102
3.2.3. Assessment of the planned situation of urban mobility systems after the implementation of sustainable urban mobility plans using multi-criteria decision making methods	106
3.2.4. Summarised results of the evaluation of multi-criteria decision making methods.....	110
3.3. Summarised results of the evaluation of the development of sustainable urban mobility system and proposed recommendations system	113
3.3.1. Results of the joint assessment of changes in the development of sustainable urban mobility systems according to the principles of sustainable development and multi-criteria decision making methods	113
3.3.2. Recommendations for increasing the sustainability of urban mobility systems	118

3.4. Conclusion of Chapter III.....	120
GENERAL CONCLUSIONS	123
REFERENCES	125
LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION	135
SUMMARY IN ENGLISH.....	137
ANNEXES ²	155
ANNEX A. Results and calculations of the expert survey to determine the significance of mobility measures and thematic parts	156
ANNEX B. Baseline data matrix for multi-criteria decision making evaluation ...	159
ANNEX C. Calculations and results of multi-criteria decision making methods ..	161
ANNEX D. Recommendations system for the development of sustainable urban mobility systems.....	180
ANNEX E. Graphical presentation of results by web diagrams.....	191
ANNEX F. Declaration of academic integrity	197
ANNEX G. The coauthors' agreements to present publications material in the doctoral dissertation	198
ANNEX H. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation	206

² The annexes are supplied in the enclosed compact disc.

Ivadas

Problemos formulavimas

Darnių susisiekimo sistemų planavimo koncepcija plačiau pradėta nagrinėti tik EK išleidus Baltąją knygą Transportui (EC 2011), o 2013 m. išleistame EK komunikate „Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos judumo sistemos mieste kūrimas“ (EC 2013) buvo detalai aprašyta darnaus judumo mieste planų koncepcija ir rekomendacijos kaip plėtoti darnias susisiekimo sistemas miestuose. Iki šiol Europoje nėra išleista jokių ES reglamentų ar direktyvų, kurios reglamentuotų darnų susisiekimo sistemų planavimą miestuose, o šalyse toliau vadovaujantis subsidiarumo principu, judumas miestuose valdomas vietos lygmeniu.

ES šalims vis didesnę dėmesį skiriant darnių susisiekimo sistemų plėtrai, svarbus naujas požiūris į susisiekimo sistemų planavimą – planuojama ne sklandžiam transporto eismui užtikrinti, o žmonių judumo poreikiui tenkinti.

Kiekvienas miestas yra unikalus, turintis savitą susisiekimo sistemą ir skirtingą jos išvystymo lygį, o praktikoje nėra sukurta kompleksinių vertinimo modelių, kuriais susisiekimo sistemą būtų galima vertinti ne tik kaštų naudos aspektu, bet ir darnos požiūriu.

Disertacijoje numatoma atlikti vertinimus padėsiančius nustatyti miestų susisiekimo sistemų išvystymo pažangą darnos požiūriu bei pateikti rekomendacijas priimant racionalius plėtros sprendimus.

Darbo aktualumas

Miestų susisiekimo sistemų plėtra yra svarbi miesto ekonominiam vystymuisi, socialinių paslaugų užtikrinimui, galimybei judėti žmonėms ir užtikrinti prekių bei paslaugų tiekimą. Susisiekimo infrastruktūros plėtrai reikia didelių finansinių investicijų, ilgo įgyvendinimo termino, nuolatinės priežiūros ir remonto, todėl susisiekimo sistemos svarbu planuoti žinant konkretų numatomų diegti priemonių poveikį ir efektyvumą. Taip pat, atsižvelgiant į dedamas dideles pastangas mažinti transporto taršos poveikį aplinkai bei klimato kaitai, planuojama infrastruktūra turi atitikti darnios plėtros aspektus – teikti ekonominę naudą, prisidėti prie aplinkosaugos rodiklių gerinimo ir užtikrinti socialinę lygybę kokybiškų kelionių pasirinkimui.

Europos miestams pradėjus rengti darnaus judumo mieste planus, juose numatytų judumo priemonių poveikis menkai žinomas, o planavimas ir įgyvendinimas dažnu atveju vyksta chaotiškai, neatsižvelgiant į esamos susisiekimo sistemos privalumus ir trūkumus, pasikliaunant nuojauta ir subjektyviomis žiniomis bei patirtimi.

Gebėjimas tinkamai įvertinti esamos susisiekimo sistemos potencialą ir planuojamų diegti judumo priemonių poveikį, yra kritiškai svarbus procesas dėl ES keliamų ambicingų klimato kaitos mažinimo tikslų, efektyvaus infrastruktūrinių priemonių diegimo ir racionalaus investicijų planavimo. Disertacijoje siūlomos metodologijos taikymas atveria galimybes laiku identifikuoti esamų ir planuojamų susisiekimo sistemų trūkumus ir privalumus, bei padeda tinkamai įvertinti plėtros tendencijas darnaus judumo požiūriu.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių taikymo poveikis bendrai susisiekimo sistemai įvairių tipų miestuose.

Darbo tikslas

Šio darbo tikslas – sukurti miestų susisiekimo sistemų plėtros vertinimo modelį, kuriuo būtų galima miestų susisiekimo sistemas vertinti pagal darnios plėtros

principus, pasinaudojus didelį poveikį turinčiomis miesto susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonėmis.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti literatūros analizę, kurios tikslas – identifikuoti bendrus miestų susisiekimo sistemų plėtros tikslus, plėtros koncepcijas ir tendencijas, esamas problemas ir jų atsiradimo priežastis, miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių naudojimo potencialą.
2. Sudaryti praktikoje dažnai naudojamų ir teigiamą poveikį turinčių miesto susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkinius bei nustatyti jų reikšmingumus darnių susisiekimo sistemų plėtrai.
3. Pasinaudojus sudarytu miesto susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkiniu, įvertinti skirtingo tipo miestų kiekybinius ir kokybinius susisiekimo sistemos parametrus, taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus, ir atlikti miestų vertinimą pagal darnios plėtros principus.
4. Remiantis skaičiavimo rezultatais, sudaryti plėtros koncepcijas ir plėtros scenarijus darnių susisiekimo sistemų plėtros tendencijoms nustatyti.
5. Sukurti susisiekimo sistemų daugiakriterio vertinimo sprendimų paramos ir plėtros rekomendacijų sistemą.
6. Sukurti miestų darnių susisiekimo sistemų stebėsenos sistemą ir pasiūlyti svarbiausius rodiklius stebėsenai vykdyti.

Tyrimų metodika

Rengiant darbą remtasi užsienio šalių ir Lietuvos mokslininkų publikacijomis, tyrimais, teisės aktais ir plėtros strategijomis, atlikta EK leidinių, EK investicijomis finansuojamų projektų apžvalga ir vertinimas.

Darbe taikyti ekspertinis, daugiakriteriai sprendimų paramos metodai (COPRAS, TOPSIS, ARAS, EDAS), analitiniai hierarchiniai procesa, pasinaudota skaitmeniniu rekomendacijų ir rodiklių optimizavimo metodu INVAR.

Darbo mokslinis naujumas

Rengiant disertaciją buvo gauti šie statybos inžinerijos mokslui nauji rezultatai:

1. Sukurtas darnios miestų susisiekimo sistemos plėtros vertinimo koncepcinis modelis, sudarant galimybes kompleksškai įvertinti darnių susisiekimo sistemų išvystymo pažangą skirtingo tipo miestuose.
2. Sudaryta miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių sistema susisiekimo sistemų plėtros vertinimui atlikti. Didmiesčiams, vidutinio dydžio miestams ir kurortams nustatyti atskiri judumo priemonių ir jų rinkinių reikšmingumai, kurie išreiškia judumo priemonių poveikį konkrečiame miesto tipe.
3. Pasiūlyta daugiakriterinio vertinimo metodologija, kuri praktiškai pritaikoma esamų ir planuojamų susisiekimo sistemų vertinimui skirtingo tipo miestuose.
4. Pasiūlytas grafinis darnių susisiekimo sistemų plėtros vertinimo rezultatų vaizdavimo ir analizės įrankiai.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Disertacijoje pateiktas darnių susisiekimo sistemų vertinimo koncepcinis modelis gali būti naudojamas lyginant įvairias darnių susisiekimo sistemų plėtros alternatyvas pagal pasirinktą scenarijų arba skirtingus miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkinius, taip pat sudarant galimybę stebėti įgyvendintų priemonių poveikį ir efektyvumą. Šio vertinimo modelio praktinė reikšmė – efektyviausios darnios susisiekimo sistemos plėtros alternatyvos nustatymas ir plėtros tendencijų identifikavimas. Modelio naudojimas teritorijų planavime, plėtros strategijų rengime, infrastruktūrinių priemonių poveikio vertinime praktiškai padėtų pasirinkti didžiausią efektą turinčias ir mažiausiai investicijų reikalaujančias miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemones ar jų rinkinius.

Pasiūlytos metodologijos taikymas padės išvengti bet kokių subjektyvių sprendimų priėmimo ir nepagrįsto plėtros krypties pasirinkimo, o skirtingų daugiakriterių sprendimo priėmimo metodų taikymas padės nustatyti tiksliausias alternatyvų efektyvumo vertes bei sukurs tvirtą pagrindą sprendimų priėmimui.

Pasiūlytas darnių susisiekimo sistemų vertinimo koncepcinis modelis nėra uždaras ir gali būti tikslinamas pagal kiekvieno miesto specifiką arba gali būti pertvarkomas norint vertinti kitus administracinius vienetus, pvz., miestų

transportinius rajonus. Konceptinio modelio lankstumas ir jo pritaikomumas yra didelis privalumas norint pakeisti nusistovėjusią neefektyvią susisiekimo sistemų plėtros praktiką.

Ginamieji teiginiai

1. Miestų susisiekimo sistemos turi būti plačiau vertinamos pagal darnios plėtros principus, t. y. aplinkosaugos gerinimą, ekonominę naudą ir socialinę lygybę.
2. Miestų susisiekimo sistemų išvystymo pažanga ir efektyvumas bei susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių reikšmingumai priklauso nuo jo geografinio dydžio, gyventojų skaičiaus ir miesto tipo.
3. Miestų darnių susisiekimo sistemų plėtra gali būti įvertinta skirtingais daugiakriteriais sprendimų paramos metodais, o gauti rezultatai nurodo darnių susisiekimo sistemų išvystymo lygį.

Darbo rezultatų apibavimas

Disertacijos tema yra atspausdinti 7 moksliniai straipsniai: trys – mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazę (Damidavičius *et al.* 2019, 2020; Palevičius *et al.* 2020); vienas – kitų tarptautinių duomenų bazių leidinyje (Zapolskytė *et al.* 2019), trys – recenzuojamose tarptautinėse konferencijų medžiagose (Burinskienė *et al.* 2017; Damidavičius, Burinskienė 2018; Palevičius *et al.* 2018).

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti keturiuose mokslinėse konferencijose Lietuvoje ir užsienyje:

- 10-oje tarptautinėje konferencijoje „Aplinkos inžinerija“, 2017 m. balandžio 27–28 d., Vilnius, Lietuva;
- Tarptautinėje mokslo ir technologijų konferencijoje „Highways: safety and reliability“, 2018 m. lapkričio 22–23 d., Minskas, Baltarusija;
- 21-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos „Civilinė inžinerija ir geodezija“ sesijoje, 2018 m. kovo 23 d., Vilnius, Lietuva;
- 22-oje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos „Civilinė inžinerija ir geodezija“ sekcijoje „Miestų inžinerija, keliai ir saugus eismas, 2019 m. kovo 29 d., Vilnius, Lietuva.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendros išvados, literatūros sąrašas, autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas. Taip pat yra aštuoni priedai.

Darbo apimtis yra 158 puslapių, neskaitant priedų, tekste panaudotos 46 numeruotos formulės, 39 paveikslai ir 31 lentelė. Rašant disertaciją buvo panaudota 123 literatūros šaltiniai.

Padėka

Skiriu savo padėką prof. dr. Marijai Burinskienei, už nuolatinę paramą ir paskatas profesines žinias gilinti akademinėje veikloje.

Padėka doc. dr. Vytautui Palevičiui už profesionalias įžvalgas ir patarimus rengiant disertaciją.

Padėka dr. Kristinai Gaučei, už nuolatinį skatinimą tobulėti, kritinio mąstymo puoselėjimą ir darnaus judumo krypties propagavimą.

Padėka publikacijų bendraautoriams, už jų indėlį ir perduotas žinias.

Padėka visiems, kurie vienaip ar kitaip prisidėjo, kad ši disertacija taptų moksliniu šaltiniu tolimesniems akademiniams tyrimams.

Didžiausia padėka mano šeimai, ypač žmonai Gintarei, kuri neabejojo, palaikė ir motyvavo visame šių ketverių metų doktorantūros etape.

Be Jūsų visų šis kelias būtų ilgesnis ir sudėtingesnis.

Ačiū.

Mokslinės literatūros apie darnią miestų susisiekimo plėtrą apžvalga

Skyriuje apžvelgiami Europos ir nacionaliniai tikslai susisiekimo sektoriuje, pateikiama miestų susisiekimo sistemų iššūkių, galimybių ir charakteristikų analizė, nagrinėjami darnių susisiekimo sistemų plėtros procesai ir judumo priemonių naudojimo galimybės. Skyriaus tematika kartu su bendraautoriais paskelbti 3 autoriaus straipsniai (Palevičius *et al.* 2018; Zapolskytė *et al.* 2019; Palevičius *et al.* 2020).

1.1. Europos ir nacionaliniai tikslai miestų susisiekimo sistemų plėtrai

Susisiekimas yra svarbus miestų ekonomikai ir visuomenei, o judumas daro didelę įtaką gyvenimo kokybei bei laisvei keliauti. Atsižvelgiant į mums keliamus naujus aplinkosauginius uždavinius, miestų susisiekimo sistemos turi tapti darniomis, skatinančiomis ekonomiką, bet tuo pačiu tausojančios aplinką.

Judumą lemia infrastruktūra. Jokie dideli pokyčiai susisiekimo srityje nebus įmanomi, jei nebus tinkamo infrastruktūros tinklo ir juo nebus naudojamos sumaniau. Investicijos į transporto infrastruktūrą turi teigiamą poveikį

ekonomikos augimui, padeda kurti visuomenės gerovę ir darbo vietas, skatina prekybą, geografinį pasiekiamumą ir žmonių judumą. Šią infrastruktūrą būtina planuoti taip, kad teigiamas poveikis ekonomikos augimui būtų kuo didesnis, o neigiamas poveikis aplinkai – kuo mažesnis (EC 2011).

Efektyvus miesto susisiekimas prisideda prie siektinų tikslų įvairiose politikos srityse, kurios yra svarbios ES mastu. Politiniai tikslai, dėl kurių susitarta bendrijoje, pavyzdžiui, didinti susisiekimo sistemos veiksmingumą, socialinę ir ekonominę gerovę, mažinti priklausomybę nuo energijos ar stabdyti klimato kaitą, sėkmė iš dalies priklauso nuo nacionalinių, regioninių ir vietos valdžios institucijų veiksmų bei strategijų, tad judumas miestuose yra ypatingai svarbus darnaus vystymosi veiksnys visoje ES.

1.1.1. Europos darnių susisiekimo sistemų plėtros strateginės kryptys ir tikslai

Vadovaujantis subsidiarumo principu, judumas miestuose valdomas vietos lygmeniu, todėl nėra išleista jokių ES reglamentų ar direktyvų, kurios reglamentuotų susisiekimo sistemų planavimą miestuose. Tačiau atsižvelgiant į didelę susisiekimo svarbą, EK yra paskelbusi keletą politikos dokumentų, kuriais vadovaujantis rekomenduojama plėtoti darnias susisiekimo sistemas (1.1 pav.) (ECA 2020). Pagrindiniai EK subjektai, kurie koordinuoja darnų judumą miestuose, yra:

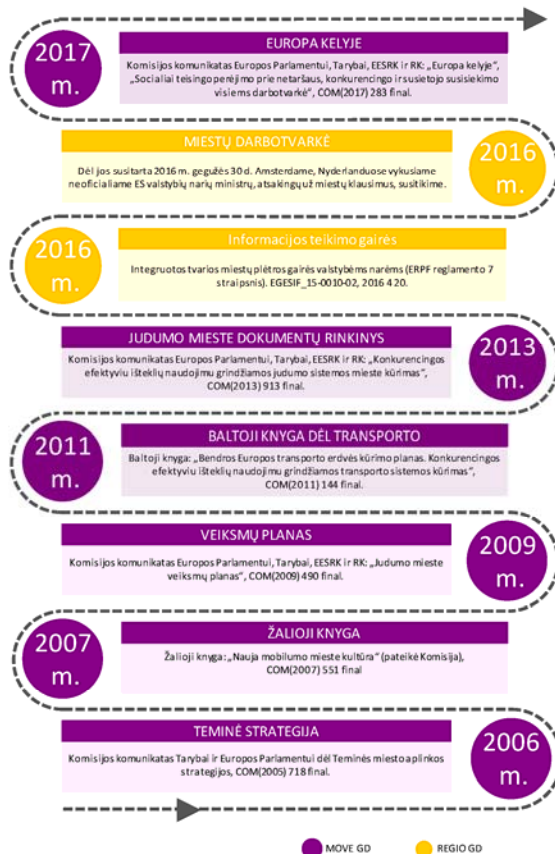
- Judumo ir transporto generalinis direktoratas (DG MOVE) – nustatantis susisiekimo politiką ir finansuojantis transeuropinio transporto tinklo TEN-T infrastruktūros projektus;
- Regioninės ir miestų politikos generalinis direktoratas (DG REGIO) – valstybėms narėms ir regionams teikiantis finansinę paramą, kuri gali būti naudojama darniam transportui ir judumui mieste plėtoti;
- Mokslinių tyrimų ir inovacijų generalinis direktoratas (DG RTD) – teikiantis finansavimą miestų judumo koncepcijų moksliniams tyrimams.

Pirmasis išsamus dokumentas, kalbantis apie darnias susisiekimo sistemas miestuose, buvo 2009 m. išleistas Judumo mieste veiksmų planas (EC 2009), kuris buvo visapusiškas judumo skatinimo paramos paketas. Veiksmų plane buvo numatytos priemonės, kurios miestams leido spręsti problemines sritis – integruotos politikos skatinimas, dėmesys piliečiams, miesto transporto ekologiškumo didinimas, finansavimo gerinimas, patirties žinių mainai, judumo mieste gerinimas.

Didelis postūmis pradėti kalbėti apie darnias susisiekimo sistemas miestuose atsirado EK išleidus Baltąją knygą transportui (EC 2011). Čia keliamas ambicingas tikslas iki 2030 metų sumažinti 60 proc. išmetamų teršalų kiekio ir

tam pasiekti rekomenduojama didelį dėmesį skirti miesto susisiekimo sistemų tobulinimui ir alternatyvaus susisiekimo planavimui. Baltojoje knygoje transportui keliami tokie tikslai:

- iki 2030 m. dvigubai sumažinti įprastiniu kuru varomų automobilių naudojimą miestuose, o iki 2050 m. pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų;
- iki 2030 m. pasiekti, kad vykdant miestų logistikos veiklą didžiuosiuose urbanistiniuose centruose CO₂ iš esmės nebūtų išmetamas;
- iki 2050 m. užtikrinti beveik visišką eismo saugą. Siekdama šio tikslo ES tikisi iki 2020 m. pasiekti, kad žuvusiųjų keliuose sumažėtų perpus.



1.1 pav. Pagrindiniai EK priimti politikos dokumentai (ECA 2020)
Fig. 1.1. Key policy documents adopted by the European Commission (ECA 2020)

2013 metais EK paskelbė judumo mieste dokumentų rinkinį, kuriame atsirado rekomendacija rengti ir įgyvendinti darnaus judumo mieste planus (DJMP) ir juos įtraukti į platesnes miestų plėtros strategijas. Taip pat dokumentų rinkinyje atkreipiamas dėmesys į pažangesnį eismo reglamentavimą miestuose, intelektinių transporto sistemų diegimo galimybes ir didesnę eismo saugą.

Vienas svarbiausių rinkinio dokumentų yra Komisijos komunikatas „Konkurencingos efektyviu išteklių naudojimu grindžiamos judumo sistemos mieste kūrimas“ (toliau – Komunikatas) (EC 2013), kuriame aiškiai apibrėžta DJMP koncepcija. Ši koncepcija yra bendras sutarimas dėl šiuolaikinių darnaus susisiekimo sistemų planavimo ypatybių. Pagal šią koncepciją nesiūloma taikyti visiems vienodo požiūrio į susisiekimo sistemų planavimą, nes tai turėtų būti pritaikoma prie konkrečių valstybės narės ir miestų teritorijų aplinkybių.

Komunikate darnaus susisiekimo sistema apibūdinama kaip:

- prieinama ir atitinkanti pagrindinius visų naudotojų judumo poreikius;
- leidžianti suderinti ir patenkinti įvairius piliečių, įmonių ir pramonės judumo bei transporto paslaugų poreikius;
- skatinanti suderintai vystyti ir geriau integruoti skirtingas transporto rūšis;
- atitinkanti tvarumo, ekonominio gyvybingumo, socialinės lygybės, sveikatos ir aplinkos kokybės poreikių suderinamumo reikalavimus;
- didinanti veiksmingumą ir ekonominį efektyvumą;
- geriau išnaudojanti miesto erdvę ir jau veikiančią infrastruktūrą ir teikiamas paslaugas;
- didinanti miesto aplinkos patrauklumą, gerinanti gyvenimo kokybę ir visuomenės sveikatą;
- gerinanti eismo saugą ir saugumą;
- mažinanti oro užterštumą, triukšmą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir energijos vartojimą;
- prisidedanti prie bendro geresnio transeuropinio transporto tinklo ir visos Europos transporto sistemos veiksmingumo.

DJMP skatinamas visų susijusių susisiekimo rūšių vystymas ir remiamas perėjimas prie darnesnių transporto rūšių. Plane nurodomas integruotas techninių, infrastruktūros, politika grindžiamų priemonių rinkinys, kuriuo siekiama didinti veiksmingumą ir ekonominį efektyvumą, atsižvelgiant į iškeltus uždavinius ir konkrečius tikslus. Paprastai įtraukiamos šios sritys – viešasis transportas, bevariklės transporto priemonės, įvairiarūšis vežimas, eismo sauga mieste, miesto logistika, judumo valdymas ir intelektinės transporto sistemos (EC 2013).

2019 m. pabaigoje EK paskelbė Komisijos Komunikatą „Europos žaliasis kursas“ (EC 2019) siekiant sukurti neutralaus poveikio klimatui žemyną ir įtraukiant tikslą pereiti prie darnaus judumo mieste.

Šiame komunikate numatyti pagrindiniai tikslai skatinant darnų ir išmanų judumą miestuose:

- sukurti Europos darnaus ir išmanaus judumo strategiją;
- finansiškai remti viešąjį elektromobilių įkrovimo ir alternatyvaus kuro užpildymo infrastruktūros diegimą;
- iš naujo įvertinti ir persvarstyti kombinuoto transporto direktyvą;
- iš naujo įvertinti ir persvarstyti alternatyvaus kuro direktyvą;
- numatyti griežtesnius oro taršos standartus vidaus degimo varikliais varomoms transporto priemonėms;
- parengti išsamų planą kaip sumažinti klimato kaitą 50 proc. iki 2030 metų.

Jungtinių Tautų priimtoje rezoliucijoje Darnaus vystymosi darbotvarkė iki 2030 m. (UN 2015a) nustatyta 17 universalių ir tarpusavyje susijusių darnaus vystymosi tikslų iki 2030 m., kurie apima daugelį politikos sričių. Šiuos 17 darnaus vystymosi tikslų konkretizuoja 169 uždaviniai ir 232 rodikliai, kurie kiekvienoje šalyje perkelti į nacionalinę politiką. Vienuoliktas darnaus vystymosi tikslas – pasiekti, kad miestai ir gyvenvietės taptų įtraukūs, saugūs, atsparūs ir darnūs – skirtas spręsti urbanizacijos keliamas problemas, pvz., didėjanti tarša, eismo spūstys, prastėjanti infrastruktūra ir pan. Pagrindiniai uždaviniai, kurie numatyti įgyvendinant 11 tikslą:

- Iki 2030 metų suteikti galimybę naudotis saugiomis, prieinamomis, pasiekiamomis ir darniomis transporto sistemomis visiems, gerinant kelių eismo saugumą, ypač plečiant viešąjį transportą, ypatingą dėmesį skiriant pažeidžiamų asmenų, moterų, vaikų, asmenų su negalia ir pagyvenusių žmonių poreikiams;
- Iki 2030 metų didinti įtraukią ir darnią urbanizaciją bei visų dalyvavimu pagrįsto, kompleksinio ir darnaus gyvenviečių planavimo ir valdymo gebėjimus visose šalyse;
- Iki 2030 metų sumažinti vienam gyventojui tenkantį neigiamą miestų poveikį aplinkai, ypatingą dėmesį skiriant oro kokybei bei komunalinių ir kitų atliekų tvarkymui;
- Iki 2030 metų suteikti visuotinę galimybę naudotis saugiomis, įtraukiomis ir prieinamomis žaliomis ir viešomis erdvėmis, pirmiausia moterims ir vaikams, pagyvenusiems žmonėms ir žmonėms su negalia.

Šie ir kiti strateginiai Europos ir pasaulio politiniai dokumentai nurodo plėtos kryptis ir galimas taikyti priemones. Nemaža dalis aptartų politinių dokumentų nuostatų yra perkeltos į nacionalines teisinės bazes, siekiant, kad šalys pasidalintų atsakomybę siekti iškeltų globalių ir ES tikslų.

1.1.2. Nacionalinis darnios susisiekimo sistemos plėtros kontekstas

Pagrindiniai nacionaliniai politiniai dokumentai, nustatantys konkrečius tikslus darnių susisiekimo sistemų plėtrai Lietuvoje yra Nacionalinė darnaus vystymosi strategija (NDVS 2003), Lietuvos bendrasis planas 2030 (LRBP 2020), Nacionalinė susisiekimo plėtros programa 2014–2022 m. (LRV 2013), Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas 2021–2030 m. (NEKP 2020), Darnaus judumo mieste planų rengimo gairės (LTSM 2015). Šie nacionaliniai politiniai dokumentai nustato šalies darnių susisiekimo sistemų plėtros kryptis, todėl rengiant disertaciją ir siekiant joje suformuluotų išvadų praktiškumo, buvo atsižvelgta į šių dokumentų nuostatas ir rekomendacijas.

Nacionalinės darnaus vystymosi strategijos pagrindinis siekis – pagal ekonominio ir socialinio vystymosi ir išteklių naudojimo efektyvumo rodiklius iki 2020 metų pasiekti 2003 metų ES valstybių narių vidurkį, pagal aplinkos taršos rodiklius – neviršyti ES leistinių normatyvų, laikytis tarptautinių konvencijų, ribojančių aplinkos taršą ir poveikį pasaulio klimatui, reikalavimų. Strategijoje keliami ilgalaikiai tikslai susisiekimui – sukurti saugią, ekonomiškai efektyvią ir palankią aplinkai transporto sistemą, sumažinti transporto neigiamą poveikį žmonių sveikatai ir aplinkai, užtikrinti vienodas konkurencijos sąlygas laisvam ir saugiam keleivių vežimui (NDVS 2003).

Šiuo metu rengiamame Lietuvos bendrajame plane (LRBP 2020), kuris numato teritorijos erdvinio vystymo kryptis ir teritorijų naudojimo funkcinius prioritetus bei numato ilgalaikę šalies teritorijos vystymo perspektyvą, nustatyta, kad planuojant ir įgyvendinant susisiekimo sistemas, reikia siekti maksimalios darnos:

- eismo saugos ir keleivių saugumo;
- minimalaus neigiamo poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai;
- efektyvaus alternatyvių energijos išteklių naudojimo transporte;
- gyvybingų viešųjų erdvių ir racionalaus žemės naudojimo;
- teigiamo poveikio vietos ekonomikai;
- darnios kelių struktūros, prioritizuojuant sudėtinės sistemos dalis (1.2 pav.).

Lietuvos bendrasis planas yra vienas pagrindinių šalies vystymosi dokumentų, kurio sprendiniai numatyti iki 2030 m., o vizija net iki 2050 m.

Nacionalinės susisiekimo plėtros programa sukurta norint darniai plėtoti Lietuvos susisiekimo sistemą, efektyviai valdyti valstybės išteklius ir didinti susisiekimo sektoriaus konkurencingumą (LRV 2013). Programos trečiasis tikslas – skatinti vietinio (miestų ir priemiesčių) transporto sistemos darnumą, yra vienas svarbiausių miestuose plėtojant darnias susisiekimo sistemas. Šiam tikslui pasiekti keliami 5 uždaviniai:

- skatinti miestus parengti ir įgyvendinti darnaus judumo mieste planus;
- užtikrinti miesto ir priemiesčio įvairių rūšių viešojo transporto maršrutų suderinamumą ir didesnę jų sąveiką su privačiu transportu, kurti ir diegti inovatyvias mobilumo paslaugas ir produktus;
- skatinti dviračių transporto infrastruktūros plėtrą miestuose;
- skatinti gyventojus naudotis viešuoju transportu ir didinti viešojo transporto patrauklumą, atnaujinant transporto priemones, gerinant viešojo transporto infrastruktūrą, diegiant universalaus dizaino sprendimus, didinti viešojo transporto prieinamumą, diegti viešojo transporto pirmumo sistemas ir plačiau taikant intelektinių transporto sistemų sprendimus;
- mažinti neigiamą tranzitinių srautų poveikį miestų transporto sistemoms, plėtoti ir modernizuoti miestų ir miestelių aplinkkelius.



1.2 pav. Prioritetinė darnios susisiekimo sistemos plėtros struktūra (sudaryta autoriaus)
Fig. 1.2. Priority structure for sustainable development of the urban mobility
 (created by author)

Klimato kaita yra vienas svarbiausių ES ilgalaikių tikslų. Iki 2050 m. siekiama pereiti prie nulinės emisijos ekonomikos (UN 2015b). ES šalys susitarė iki 2020 m. pasitvirtinti nacionalinius energetikos ir klimato srities veiksmų planus. Lietuvos parengtame plane iškeltas ambicingas tikslas – pasiekti, kad šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekis 2030 m. sumažėtų mažiausiai 9 proc., palyginti su 2005 m. Plane numatyta didelį dėmesį skirti viešojo transporto parkų atnaujinimui, viešųjų subjektų netaršaus transporto priemonių skatinimui, darnaus judumo mieste planų numatytų priemonių įgyvendinimui ir kitoms ŠESD mažinančioms priemonėms.

Vadovaujantis Komunikatu (EC 2013) ir Europos darnaus judumo mieste planų rengimo ir įgyvendinimo gairėmis (Wefering *et al.* 2014), 2015 m. Lietuvoje buvo patvirtintos Darnaus judumo mieste planų rengimo gairės (LTSM 2015), kuriose miestams, turintiems daugiau kaip 25 tūkst. gyventojų ar kurorto

statusą, rekomenduojama pasirengti DJMP ir įgyvendinti juose numatytas priemones. Numatomos judumo priemonės turi teikti didesnę ekonominę naudą, prisidėti prie aplinkosaugos gerinimo ir didinti socialinę lygybę.

Šiose gairėse aprašomos 4 DJMP dalys. Esamos judumo situacijos mieste analizėje atliekama teritorijų planavimo dokumentų ir strategijų analizė, nustatomi gyventojų kelionių rodikliai, triukšmo lygiai ir oro užterštumas, įvertinami eismo ir keleivių srautų tyrimai, miesto rajonų centrų ir svarbiausių traukos objektų pasiekiamumas, nustatomas modalinis pasiskirstymas, atliekama SSGG analizė. Teminių dalių analizėje, atsižvelgiant į nagrinėjamo miesto dydį, gyventojų skaičių, plėtos perspektyvas, transporto sistemos savybes ir esamos judumo situacijos mieste rezultatus, pateikiamas išsamus plano teminių dalių aprašymas, jų integracijos galimybės. Teminės dalys plačiau aprašomos 1.4 skyriuje. Judumo mieste variantų iki 2030 m. dalyje pateikiami plėtos scenarijai, kuriuose įvertinama ilgalaikė transporto sistemos perspektyva, numatomi tiksliniai ir veiksmingumo rodikliai, atliekami ekonominiai skaičiavimai. Veiksmų plano iki 2020 m. sudarymo dalyje pagal pasirinktą plėtos scenarijų, sudaromas judumo priemonių įgyvendinimo planas iki 2020 m., nurodant judumo priemonių rodiklius, įgyvendinimo laikotarpį ir kaštus.

Atlikus Lietuvos politinių dokumentų analizę, pastebima, kad šie dokumentai labiausiai orientuoti į oro kokybės gerinimą, klimato kaitos mažinimą ir alternatyvių keliavimo būdų skatinimą. Atsižvelgiant į ES numatytus ilgalaikius tikslus, Lietuvoje iškelti ambicingi tikslai, kurie turi būti pasiekti iki 2030 m. Vertinant šalies ekonominius pajėgumus, ypatingai didelį dėmesį reikia skirti efektyvių priemonių įgyvendinimui, racionaliai naudojant tiek finansinius tiek žmogiškuosius išteklius.

1.2. Miestų susisiekimo sistemų problemos ir jų atsiradimo priežastys

Neigiamas transporto poveikis aplinkai iki šiol Lietuvoje buvo sprendžiamas plėtojant susisiekimo infrastruktūrą. Tai dar labiau skatino privačių automobilių naudojimą ir didino jų spūstis, sukeliančias aibes neigiamų pasekmių – neefektyvią ekonomiką, laiko nuostolius, transportinę taršą, eismo nelaimes. Pagrindinė priežastis – neracionali miestų plėtra, susisiekimo sistemos nėra pritaikytos visų amžiaus, socialinių ir interesų grupių poreikiams, nėra alternatyvų keliavimo lengvuojų automobiliu mažinimui.

Viena svarbiausių šių dienų problemų, kuri neleidžia efektyviai veikti miesto susisiekimo sistemoms yra nevaldoma miestų drieka. Jos pasekoje nebeužtikrinamos kokybiškos viešojo transporto paslaugos miesto periferijoje, didėja lengvųjų automobilių naudojimas, tuo pačiu mieste didėja eismo spūstys,

oro tarša ir triukšmas, atsiranda didelis investicijų poreikis infrastruktūrai (kelius, inžinerines komunikacijas, socialines paslaugas, pvz., darželius ir t.t.).

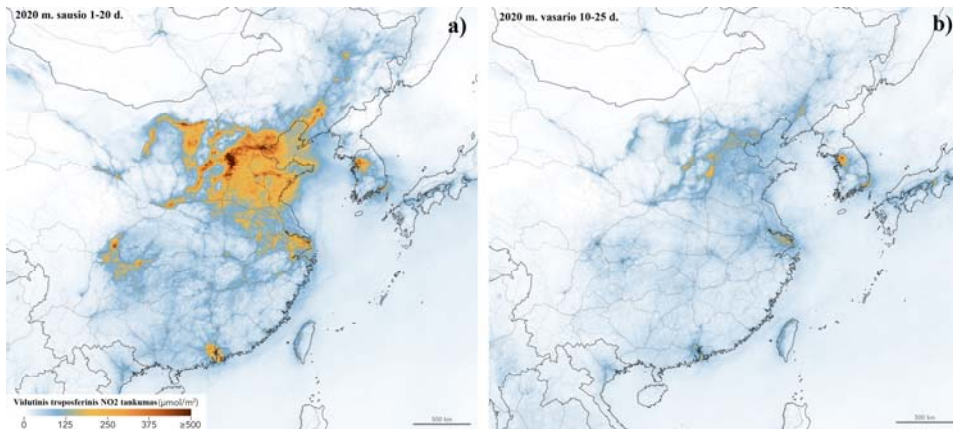
Ivairiuose šaltiniuose urbanizacija apibūdinama kaip miestų ir jų reikšmės visuomenės raidai didėjimo procesas, kuris taip pat vyksta ir Lietuvoje (LTBPL 2020; Lazauskaitė 2015). Išvengti savaime vykstančių urbanizacijos proceso neigiamų padarinių, reikia žinoti jos mastus ir tendencijas, bei numatyti priemones jos valdymui, tačiau urbanizacijos stebėsenai nėra suformuota vieninga sistema, nėra nustatyti minėtus procesus identifikuojantys rodikliai.

Vyraujant dispersiniam užstatymo tipui neracionaliai naudojami finansiniai, žemės naudmenų ištekliai. Norint efektyviai naudoti išteklius urbanizuotų ir urbanizuojamų teritorijų tankumas turėtų būti ne mažiau 30 žm/ha, viešasis transportas tampa nuostolingas esant mažiau nei 90 žm/ha. Šiuo metu toks intensyvumas fiksuojamas tik kai kuriuose Lietuvos didmiesčiuose, o didžioji šalies teritorijos dalis nesiekia 30 žm/ha intensyvumo (LTBPL 2020). Lietuvos bendrojo plano rengimo metu atliktų apklausų duomenimis reguliariai į darbą ar mokslus į didesnius miestus vyksta 90 proc. gyvenančių mažesniuose miestuose ar kaimuose respondentų, ir net 47 proc. jų vyksta automobiliu, o 15 proc. viešuoju transportu. Tai paaiškina didėjančią miestų taršą ir reguliaraus susisieki mo automobiliu mastus.

Nekontroliuojamą miestų drieką taip pat dažnai lemia ekonominės priežastys – užmiestyje pigiau plėtoti gyvenamąsias teritorijas kur plėtos investicijos yra iki 50 proc. mažesnės arba sudaromos galimybės statyti be apribojimų žemės ūkio paskirties žemėje įteisinant ūkininko sodybą ne mažesniame kaip 0,50 ha dydžio sklype bet kokioje vietoje, nepriklausomai nuo susisieki mo ar inžinerinės infrastruktūros išvystymo, atstumo iki gyvenvietės ir pan. Tokie savivaldos sprendimai taip pat turi didelę įtaką pasirenkamam teritorijų užstatymo tipui ir sklaidai, kai nėra racionaliai planuojama arba nustatomi reikalavimai lengvinantys miestų drieką periferinėse teritorijose (Lazauskaitė 2015). Šiuo metu jokie teisiniai mechanizmai nekontroliuoja miestų bei rajonų driekos, ji tapusi nevaldoma ir dažnai – neracionali.

Kitos labai svarbios transporto problemos – klimato kaita, oro tarša ir triukšmas. Transportas šiuo metu yra vienas iš pagrindinių taršos šaltinių, todėl gerėjant ekonominei situacijai taršaus transporto srautai gali toliau didėti ir dar labiau bloginti miestų aplinkos oro kokybę. Susisieki mui mieste vis dar labai priklausant nuo įprastiniu kuru varomų automobilių naudojimo, skaičiuojama, kad miestuose transporto CO₂ tarša sudaro iki 40 proc. visos taršos (EC 2007). Klimato kaitai įtakos turi ne tik išmetamas transporto CO₂ kiekis, tačiau ir kiti teršalai – kietosios dalelės ir organiniai junginiai (Bond *et al.* 2004; Jacobson 2001). Šie teršalai yra trumpalaikio poveikio (ore išsilaiko nuo keleto dienų iki keleto savaitių), todėl sumažinus šių teršalų kiekius, galima pasiekti greitą oro kokybės pagerėjimo efektą. Tai puikiai iliustruoja 2019 m. pabaigoje Kinijoje

prasidėjęs virusas COVID-19, kurio suvaldymui miestuose buvo įvestas karantinas, ribojamas eismas ir kita ūkinė veikla. 1.3 paveiksle matoma Kinijos regiono tarša prieš virusą ir ženkliai sumažėjusi tarša įvedus karantiną (Business Insider 2020).



1.3 pav. Azoto dioksido lygio mažėjimas Kinijoje: a) prieš paskelbiant karantiną; b) paskelbus karantiną dėl COVID-19 viruso (NASA nuotrauka)

Fig. 1.3. Reduction of nitrogen dioxide levels in China: a) before quarantine is announced; b) quarantined for COVID-19 virus (NASA photo)

Akustinės taršos didžiausias šaltinis mieste taip pat yra transportas. Gyventojai daugiausiai patiria nuolatinį automobilių transporto triukšmo poveikį būdami prie intensyvaus eismo gatvių ir kelių. Triukšmo poveikį sukelia visos transporto struktūros (geležinkeliai, kelių ir oro transportas), kurie veikia žmonių sveikatos būklę. Pagrindiniai veiksniai, nuo kurių priklauso triukšmo lygis, yra eismo intensyvumas, eismo sudėtis, važiavimo greitis. Nustatyta, jog širdies ir kraujagyslių ligų poveikis pasireiškia ilgalaikiai veikiant triukšmui virš 65 dBA ir daugiau. Girdint triukšmą nakties metu, prastėja gyvenimo kokybė, nes žmogus sunkiau užmiega, prabunda, dėl šių priežasčių sumažėja ir darbingumas.

Atliktų tyrimų duomenimis, Vilniaus mieste, pagal integralų paros triukšmo rodiklį (L_{dvn}) į automobilių transporto viršnorminio triukšmo zoną pateko 78,3 tūkst. gyventojų (14,4 proc.), o 67,6 tūkst. gyventojų (12,4 proc.) į automobilių transporto viršnorminio triukšmo zoną pateko nakties metu (VMS 2018).

Įvardintų problemų sprendimui reikia numatyti priemones, kurios pagerintų miesto gyventojų gyvenimo kokybę ir leistų sumažinti transporto keliamą neigiamą poveikį. Darnių susisiekimo sistemų planavimas ir efektyvių judumo priemonių naudojimas yra pirmas žingsnis minėtų problemų sprendimui.

1.3. Šiuolaikiniai miestai ir jų susisiekimo sistemos

Šiuolaikiniai miestai dažnai tapatinami su išmaniu ir darniu miestu, tačiau nepaisant to, kad abi šios koncepcijos neatsiejamą vieną nuo kitos, tarp jų yra ir tam tikrų skirtumų. Šias dvi plėtros kryptis išskiria tai, kad darnus miestas pasižymi esamos fizinės susisiekimo infrastruktūros panaudojimu ir numatyta racionalia plėtra, o išmaniojo miesto koncepcija paremta ta pačia fizine susisiekimo infrastruktūra, kuri tuo pačiu geba komunikuoti informacinėmis ir ryšių technologijomis (IRT) su kita infrastruktūra ar jos vartotoju.

Darnos miestų susisiekimo sistemos (toliau – DSS) yra ypatingai svarbios norint sumažinti transporto poveikį klimato kaitai ir prisidėti prie teršalų mažinimo tikslų, iškeltų pasirašant Paryžiaus deklaraciją (UN 2015b). Norint pakeisti esamą priklausomybę nuo iškastinio kuro naudojimo ir sumažinti anglies dvideginių išmetimus, būtinas naujas strateginis ir integruotas planavimo požiūris. Veiksmingos, įtraukios ir klimatui palankios miestų susisiekimo infrastruktūros užtikrinimas yra svarbus norint plėtoti efektyvius ir konkurencingus miestus. DSS suderina vystymąsi ir geresnę skirtingų judumo rūšių integraciją mieste. Pagal šią planavimo koncepciją organizuojant judumą, pirmiausia reikia atsižvelgti į žmonių interesus, todėl akcentuojamas piliečių ir suinteresuotųjų šalių dalyvavimas planavimo procese, taip pat didelis dėmesys skiriamas keisti žmonių judumo įpročius (EC 2013). Jungtinės tautos DSS apibūdina kaip suderintą planavimą ir investicijas į darnų, saugų ir visiems prieinamą judumą miestuose bei išteklius taupančią keleivių ir krovinių vežimo transporto sistemą, veiksmingai apimančią žmones, vietas, prekes, paslaugas ir ekonomines galimybes (UN 2017). Kiti DSS įvardina kaip žmonių ir prekių perkėlimo į miesto erdvę ne tik automobiliais, bet ir autonominiiais arba nemotorizuotais režimais procesą (H. Gudmundssonas (2004). Pagrindiniai integruoto DSS planavimo aspektai pateikti 1.4 paveiksle (GRTRA 2013).

DSS formuojama pasiūlos įvairiems keliavimo būdams pagrindu, didžiausią prioritetą skiriant viešajam transportui, viešojo transporto konkurencingumo asmeniniam transportui kelionės trukmės atžvilgiu didinančiai bei racionaliai, kelionių struktūros siekius atitinkančiai ir absoliučius specialiųjų poreikių turinčių žmonių (SPTŽ) poreikius tenkinančiai infrastruktūros visumai (pėsčiųjų, dviračių infrastruktūros sistema, viešojo transporto (kelių, geležinkelių) sistema, pastatai, statiniai, viešosios erdvės ir pan., tarptautinės paslaugas teikiantys objektai ir jų infrastruktūra). Būtina darnios kelionių struktūros prielaida ir sąlyga – miestų planavimas turi generuoti trumpas, pėsčiomis arba bėmatorium transportu atliekamas keliones, skatinti socialinę įtrauktį ir subalansuotą miestų plėtrą. Nepaisant to, dėl naujosios paradigmos savivaldybėms kyla daug sunkumų veiksmingiau ir dinamiškiau naudoti miesto erdves ir gatves, kad būtų sumažintas neigiamas transporto poveikis.



1.4 pav. Pagrindiniai darnių susisiekimo sistemų aspektai (GRTRA 2013)

Fig. 1.4. Key aspects of sustainable urban mobility (GRTRA 2013)

DSS planavimo koncepcija plačiau nagrinėti pradėta tik EK išleidus Baltąją knygą Transportui (EC 2011). Šiame dokumente plačiau užsimenama apie darnaus judumo koncepciją ir jos naudą. Svarbiausias akcentas – skirtingas požiūris į susisiekimo infrastruktūros planavimą – planuojama ne sklandžiam transporto eismui užtikrinti, o žmonių judumo poreikiui užtikrinti. 1.1 lentelėje pateikiami pagrindiniai skirtumai kuo skiriasi tradicinis susisiekimo planavimas nuo darnaus judumo planavimo (Rupprecht consult 2019).

2013 m. EK Komunikate (EC 2013) yra išdėstyti pagrindiniai DSS plėtros principai. DSS turi būti:

- prieinama ir atitinkanti visų naudotojų judumo poreikius;
- leidžianti suderinti ir patenkinti įvairius piliečių, įmonių ir pramonės judumo ir transporto paslaugų poreikius;
- skatinanti suderintai vystyti ir geriau integruoti skirtingas transporto rūšys;

- atitinkanti tvarumo, ekonominio gyvybingumo, socialinės lygybės, sveikatos ir aplinkos kokybės poreikių suderinamumo reikalavimus;
- didinanti veiksmingumą ir ekonominį efektyvumą;
- geriau išnaudojanti miesto erdvę ir jau veikiančią infrastruktūrą ir teikiamas paslaugas;
- didinanti miesto aplinkos patrauklumą, gerinanti gyvenimo kokybę ir visuomenės sveikatą;
- gerinanti eismo saugą ir saugumą;
- mažinanti oro užterštumą, triukšmą, šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą ir energijos vartojimą;
- prisidedanti prie bendro geresnio transeuropinio transporto tinklo ir visos Europos transporto sistemos veiksmingumo.

1.1 lentelė. Pagrindiniai tradicinio susisiekimo ir darnaus judumo planavimo principai (Rupprecht consult 2019)

Table 1.1. Basic principles for traditional transport planning and sustainable mobility planning (Rupprecht consult 2019)

Tradicioninis susisiekimo planavimas		Darnaus judumo planavimas
Dėmesys eismui	→	Dėmesys žmogui
Pagrindiniai tikslai: Eismo srautų pralaidumas ir greitis	→	Pagrindiniai tikslai: Prieinamumas ir gyvenimo kokybė, įskaitant socialinį teisingumą, sveikatos ir aplinkos kokybę, ekonominį gyvybingumą
Planavimas privačiam transportui	→	Integruotas visų rūšių vystymas ir perėjimas prie darnaus judumo
Pagrindinė tema – infrastruktūra	→	Infrastruktūros, rinkos, reguliavimo, informacijos ir skatinimo derinys
Sektorinis planavimas	→	Planavimas atitinkantis politines sritis
Trumpalaikis ir vidutinės trukmės planavimas	→	Trumpalaikis ir vidutinės trukmės planavimas įtrauktas į ilgalaikę viziją ir strategiją
Planavimas administracinės teritorijos ribose	→	Funkcinės miesto teritorijos, pagrįstos kelionės į darbą srautais, planavimas
Transporto planuotojų sfera	→	Integruoto planavimo komandos
Ekspertų planavimas	→	Planavimas dalyvaujant suinteresuotoms šalims ir piliečiams
Ribotas poveikio vertinimas	→	Sistemiškas poveikio vertinimas ir stebėseną

Plėtojant DSS remiamasi integruotu požiūriu, pagal kurį reikalingas aktyvus skirtingų valdymo lygmenų ir suinteresuotų institucijų bendradarbiavimas,

koordinavimas ir konsultavimasis. Be to svarbu užtikrinti integralų santykį su kitais rengiamais teritorijų planavimo ar strateginiais dokumentais (1.5 pav.).



1.5 pav. Darnių susisiekimo sistemų santykis su kitais dokumentais (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.5. Relationship between sustainable urban mobility and other policies (created by author)

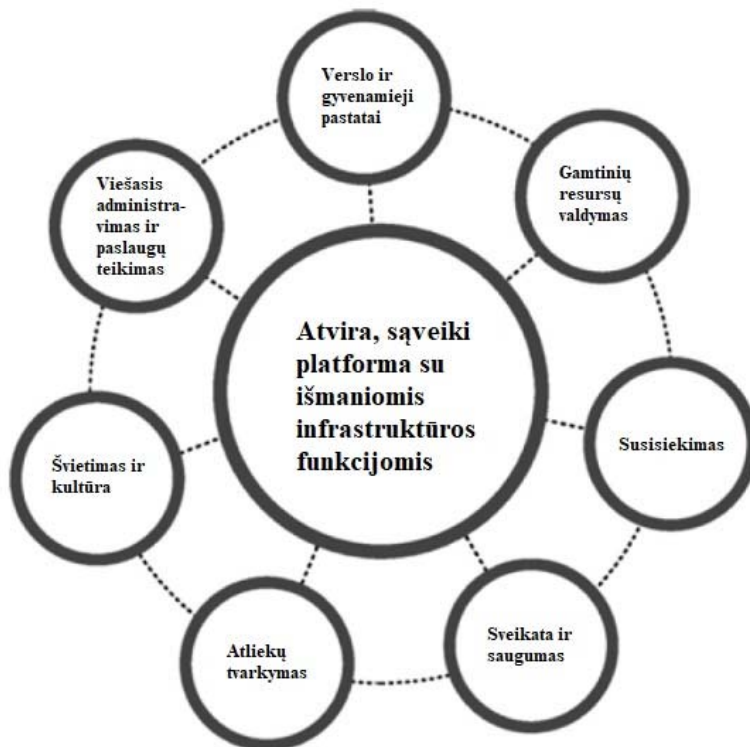
Plėtojant DSS infrastruktūrą ir tuo pačiu integruojant informacines ir ryšių technologijas, darnaus miesto planavimo principai derinami su išmanaus miesto koncepcija. Ši koncepcija yra vis labiau plėtojama miestų kryptis, kuria naudojantis problemos sprendžiamos pasitelkiant naują technologinę pažangą, dažnai kaupiant didžiulį duomenų kiekį, surenkamą iš miesto gyventojų kasdienės veiklos ir siekiant rasti efektyviausią būdą kaip ateityje panaudoti tam tikras sistemas. Nepertraukiamas miesto gyventojų skaičiaus didėjimas ir miestų valdymo sudėtingumas skatina vietos valdžios institucijas naudoti technologijas, kurios palaikytų aukštesnę miesto erdvių kokybę ir geresnį viešųjų paslaugų teikimą (Zapolskytė, Palevičius 2018).

Jungtinių Tautų Naujoje miestų darbotvarkėje (UN 2017) keliamas išsipareigojimas esant galimybei taikyti išmaniojo miesto koncepciją, išnaudoti skaitmeninimo, švarios energijos, technologijų ir naujoviškų transporto technologijų teikiamas galimybes, o gyventojams sudaryti galimybę priimti aplinkai palankesnius sprendimus, paspartinti darnų ekonomikos augimą ir pagerinti paslaugų teikimą.

Pagrindinė išmaniųjų miestų idėja – geriau sujungti žmogiškąjį kapitalą, socialinį kapitalą ir IRT infrastruktūrą, kad būtų užtikrintas didesnis ir tvaresnis ekonomikos augimas ir geresnė piliečių gyvenimo kokybė. Išmaniųjų miestų koncepcijoje raginama laikytis pažangaus požiūrio į vietos ekonomikos vystymą, darnų judumą ir aplinkosaugą, tuo pačiu sutelkiant dėmesį į žmonių poreikius ir interesus. Ilgainiui kiekvienas miestas turėtų teikti geresnes ir pažangesnes viešąsias paslaugas, kurios būtų labiau orientuotos į piliečius, ekonomiškai

perspektyvios ir skatintų aplinkosaugos gerinimą. Taip pat svarbu užtikrinti viešojo ir privataus sektoriaus, bei pramonės šakų (pvz., telekomunikacijų, energijos tiekėjų, gamintojų ir pan.) partnerystę, norint plėtoti DSS, energijos vartojimo ir socialinės gerovės aspektus Europos miestuose (Malasek 2016; PublicPolicy Ex 2014; EC 2006a).

Pagal atliktą studiją (Accenture 2011), pagrindinė išmaniojo miesto funkcija yra atvira, sąveikaujanti ir plačių galimybių platforma, teikianti intelektualias infrastruktūrinės paslaugas ir leidžianti optimaliai valdyti išteklius. Pagrindiniai sąveikaujančio išmaniojo miesto aspektai pateikti 1.6 paveiksle.



1.6 pav. Pagrindiniai sąveikaujančio išmaniojo miesto aspektai (Accenture 2011)

Fig. 1.6. Key aspects of Smart cities (Accenture 2011)

Esant vis didesniai išmaniųjų technologijų poreikiui, miestų susisiekimo infrastruktūros plėtroje taip pat taikomi technologiniai sprendimai, leidžiantys plėtoti išmanią viešųjų paslaugų infrastruktūrą. Išmanus judumas (prieinamumas, IRT infrastruktūra, tvari ir novatoriška transporto sistema) turi gan didelę reikšmę išmanaus miesto koncepcijoje, o jos dvi plėtros kryptys Infrastruktūros ir paslaugų prieinamumas ir Darni ir novatoriška transporto sistema yra būtinosios darnaus

miesto charakteristikos (Albino et.al. 2015). Tai parodo, kad tiek darnaus miesto, tiek išmanaus miesto koncepcijos yra viena nuo kitos neatsiejamos ir turėtų būti plėtojamos lygiagrečiai. Plėtojant išmanaus judumo sritį, didesnis dėmesys skiriamas IRT infrastruktūros plėtos kryptims, arba tiksliau – intelektinėms transporto sistemoms (ITS) ir kooperatinėms intelektinėms transporto sistemoms (C-ITS). Pagrindinis C-ITS skirtumas nuo ITS yra tai, kad atsiranda ryšys tarp infrastruktūros ir asmeninių prietaisų (V2P) ir ryšys tarp asmeninių priemonių ir transporto priemonių (P2V).

Intelektinės transporto sistemos yra efektyvios tik tada kai yra sukurta vienoda sistema jungianti transporto priemones, multimodalinio transporto infrastruktūrą ir eismo valdymą. Išmaniajame judume duomenys ir informacija turėtų būti sklandžiai perduodami iš vienos transporto priemonės į kitą (V2V), tarp transporto priemonių ir infrastruktūros ir atvirkščiai (V2I), ir iš vienos infrastruktūros į kitą (I2I) (Schlingensiepen *et al.* 2014). C-ITS suteikia galimybę realiuoju laiku palaikyti ryšį tarp transporto priemonių, kelio infrastruktūros ir eismo dalyvių. Nuolatinis belaidžio ryšio palaikymas tarp visų trijų grupių, leidžia užtikrinti eismo saugumą, eismo valdymo efektyvumą ir teigiamą poveikį aplinkai.

Išmanus judumas turės didelę įtaką visuomenei, todėl planuojant reikia įvertinti tiek potencialią naudą, tiek potencialų neigiamą poveikį. Potencialūs galimi teigiami ir neigiami išmanaus judumo veiksniai pateikiami 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Potencialūs teigiami ir neigiami išmanaus judumo veiksniai

Table 1.2. Potential positive and negative aspects of smart mobility

Teigiami veiksniai	Neigiami veiksniai
Eismo įvykių ir sužalojimų mažinimas	Neigiamas poveikis sveikatai
Efektyvesnis eismo srautai	Darbo nuostoliai
Padidėjęs specialiųjų poreikių turinčių žmonių mobilumas	Neužtikrintas privatumas ir saugumas
Mažesnis automobilių stovėjimo infrastruktūros poreikis, daugiau ploto miesto tankinimui	Poveikis kitoms transporto rūšims
Efektyvesnės kelionės nuo durų iki durų	
Mažesnė tarša ir degalų sąnaudos	

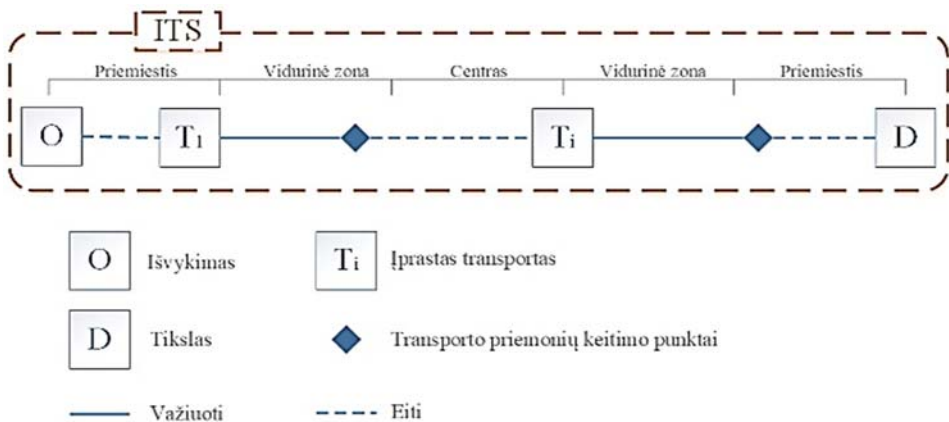
Atsižvelgiant į prieinamus duomenis, įdiegtas ir plėtojamas intelektines transporto sistemas, bei į savivaldžių automobilių išvystymo lygį, yra siūlomi 3 išmanaus judumo plėtos etapai, kurie kartu koreliuoja su DSS išvystymo lygiu (Palevičius *et al.* 2020; Zapolskytė *et al.* 2019; Palevičius *et al.* 2018).

Išmanaus kelionės planavimo etapui priskiriamas savarankiškas kelionės planavimas iš pasirinkties taško į galutinį tašką naudojantis tik išvystytomis

intelektinėmis transporto sistemomis. Pagal pasirinktą kelionės trajektoriją, parenkamos galimos transporto priemonės ir paslaugos (privatus automobilis, viešasis transportas (autobusai, troleibusai, metro, tramvajus, kt.), transporto dalijimosi paslaugos (automobiliai, dviračiai, paspirtukai ir kt.), pavežėjimo paslaugos (Uber, taksi, kt.)) ar jų kombinacija, ir suplanuojamas tikslus kelionės maršrutas. Į kelionės planą įtraukiamas ir skirtingas judėjimas (pėsčiomis, važiuojant ar laukiant), taip pat numatomi persėdimo ar transporto priemonės keitimo punktai (stotelės, stotys, Park and Ride aikštelės ir kt.).

Būtinios sąlygos, kad ITS veiktų visoje teritorijoje, t. y. priemiestyje, vidurinėje miesto zonoje ir miesto centre, o viešojo transporto stotelių, persėdimo, transporto dalijimo paslaugų aikštelių lokacija turi būti greta pradinio ir galutinio taško. Išmanios kelionės planavimo etapo linijinė schema pateikta 1.7 paveiksle, o erdvinė schema 1.8 paveiksle.

Dėl patogaus kelionių planavimo ir didelio transporto priemonių pasirinkimo, šis plėtros etapas miestuose leistų mažinti nuosavo automobilio naudojimą, transporto priemonių srautus centrinėje miesto teritorijoje, bei išlaikytų stabilų automobilių stovėjimo vietų skaičių mieste.

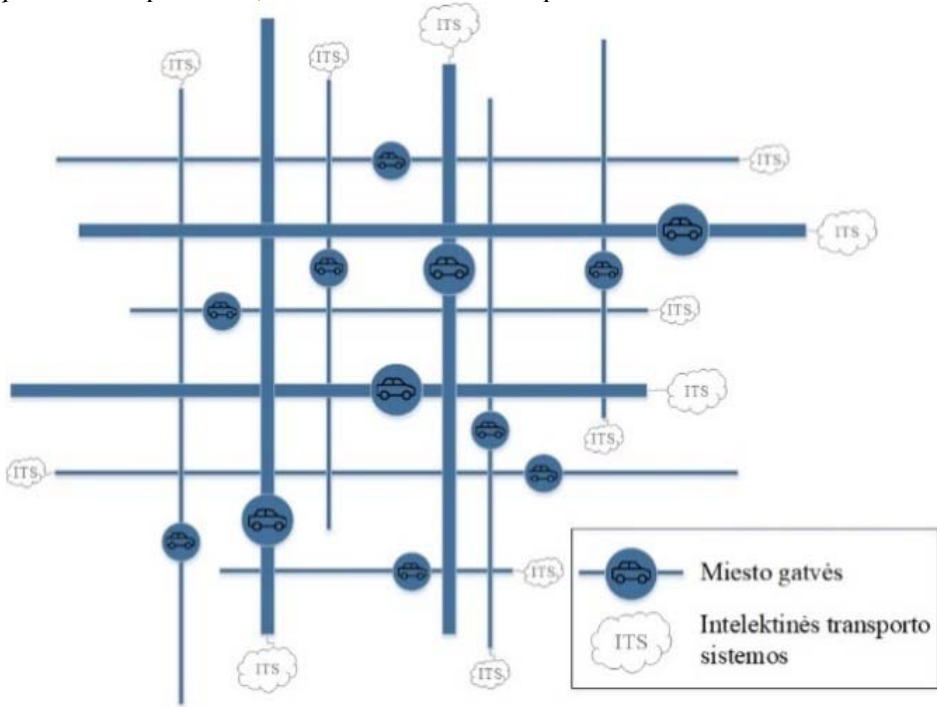


1.7 pav. Išmanios kelionės planavimo etapo linijinė schema (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.7. Linear scheme for Smart Travel Planning stage (created by author)

Dalinai integruotam kelionės planavimo etapui priskiriamas savarankiškas kelionės planavimas iš pasirinkties taško į galutinį tašką, įtraukiant susisiekimo sistemoje veikiančias savivaldes transporto priemones. Kelionės planavimas atliekamas naudojantis išvystytą ITS ir C-ITS galimybėmis. Analogiškai kaip ir pirmajame etape, kelionės planavimas vyksta pagal pasirinktą kelionės trajektoriją, parenkant galimas transporto priemones ir paslaugas ir įtraukiant savivaldes transporto priemones ar jų sistemas. Į kelionės planą įtraukiamas ir skirtingas judėjimas, taip pat numatomi persėdimo ar transporto priemonės

keitimo punktai. Dalinai integruoto kelionės planavimo etapo linijinė schema pateikta 1.9 paveiksle, o erdvinė schema 1.10 paveiksle.

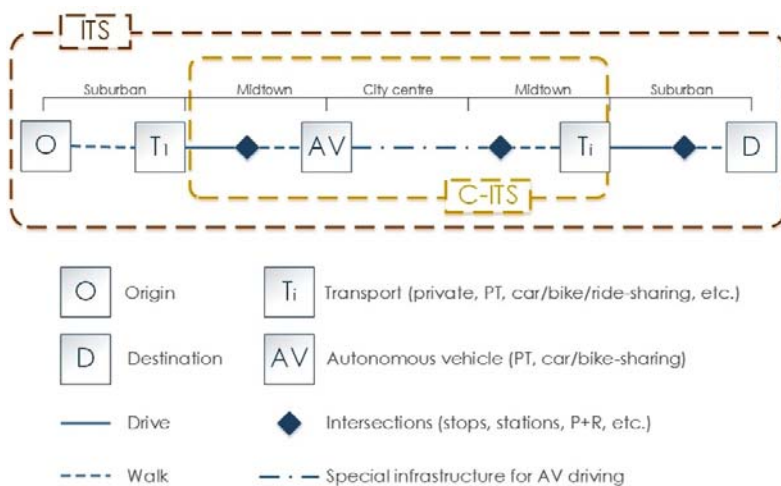


1.8 pav. Išmanios kelionės planavimo etapo erdvinė schema (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.8. Spatial scheme of the Smart Travel Planning stage (created by author)

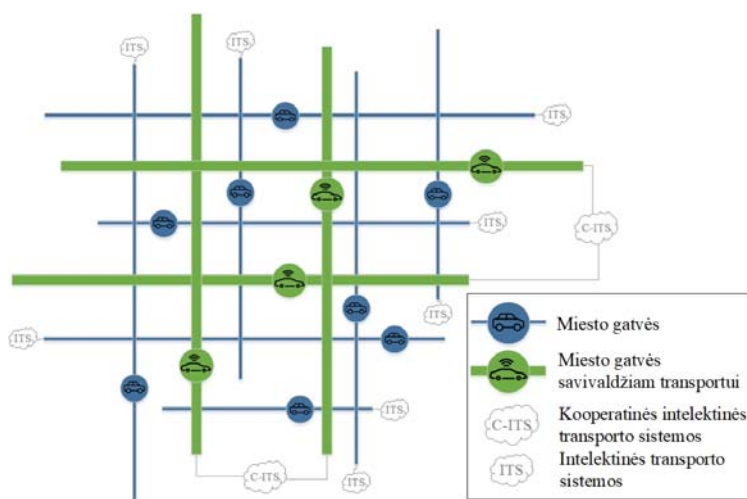
Pagal šią koncepciją ITS turi veikti visoje teritorijoje, t. y. priemiestyje, vidurinėje miesto zonoje ir miesto centre, o C-ITS veikimas turėtų būti užtikrintas centrinėje miesto dalyje, ir pagal galimybes vidurinėje miesto zonoje. Šios koncepcijos veikimui būtinas papildomos infrastruktūros išvystymas, kad būtų užtikrintas sklandus ryšys realiuoju laiku tarp transporto priemonių, kelio infrastruktūros ir eismo dalyvių. Taip pat dėl skirtingų savivaldžių ir įprastinių transporto priemonių veikimo principų, reikalinga plėtoti atskirą arba pertvarkyti esamą eismo infrastruktūrą, įrengiant eismo juostas tik savivaldžiam transportui.

Dėl patogaus kelionių planavimo ir didelio transporto priemonių pasirinkimo, šio etapo plėtra leistų iš dalies atsisakyti nuosavų automobilių, o savivaldžio transporto veikimas centrinėje miesto dalyje leistų sumažinti investicijas į susisiekimo infrastruktūrą (automobilių stovėjimo aikštes, naujų gatvių jungtis), dėl sumažėjusių transporto priemonių skaičiaus, mažesnių eismo spūsčių, padidėjusio savivaldžio viešojo transporto ar transporto dalijimosi paslaugų patrauklumo.



1.9 pav. Dalinai integruoto kelionės planavimo etapo linijinė schema (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.9. Linear scheme of Partially Integrated Travel Planning stage (created by author)



1.10 pav. Dalinai integruoto kelionės planavimo etapo erdvinė schema (sudaryta autoriaus)

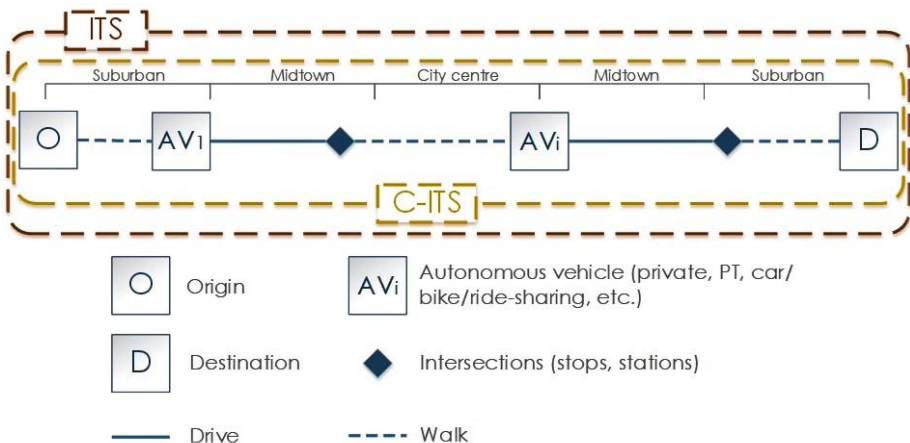
Fig. 1.10. Spatial scheme of Partially Integrated Travel Planning stage (created by author)

Pilnai integruotam kelionės planavimo etapui priskiriamas savarankiškas kelionės planavimas iš pasirinkties taško į galutinį tašką, naudojant tik savivaldes transporto priemones. Kelionės planavimas atliekamas naudojantis tiek

išvystytomis intelektinėmis transporto sistemomis, tiek pritaikant ir kooperatyvinių intelektinių transporto sistemų galimybes. Pagal pasirinktą kelionės trajektoriją, pačios savivaldės transporto priemonės parenka optimalų maršrutą ir suplanuoja kelionę. Šioje koncepcijoje savivaldis transportas gali būti naudojamas kaip bet kuri susisiekimo rūšis (privatus transportas, viešasis transportas, transporto dalijimosi paslaugos, krovinių pristatymo transportas, pavežėjimo paslaugos ir pan.). Į kelionės planą įtraukiamas ir skirtingas judėjimas (pėsčiomis, važiuojant ar laukiant), taip pat numatomi persėdimo ar transporto priemonės keitimo punktai (stotelės, stotys ir kt.). Pilnai integruoto kelionės planavimo etapo linijinė schema pateikta 1.11 paveiksle, o erdvinė schema 1.12 paveiksle.

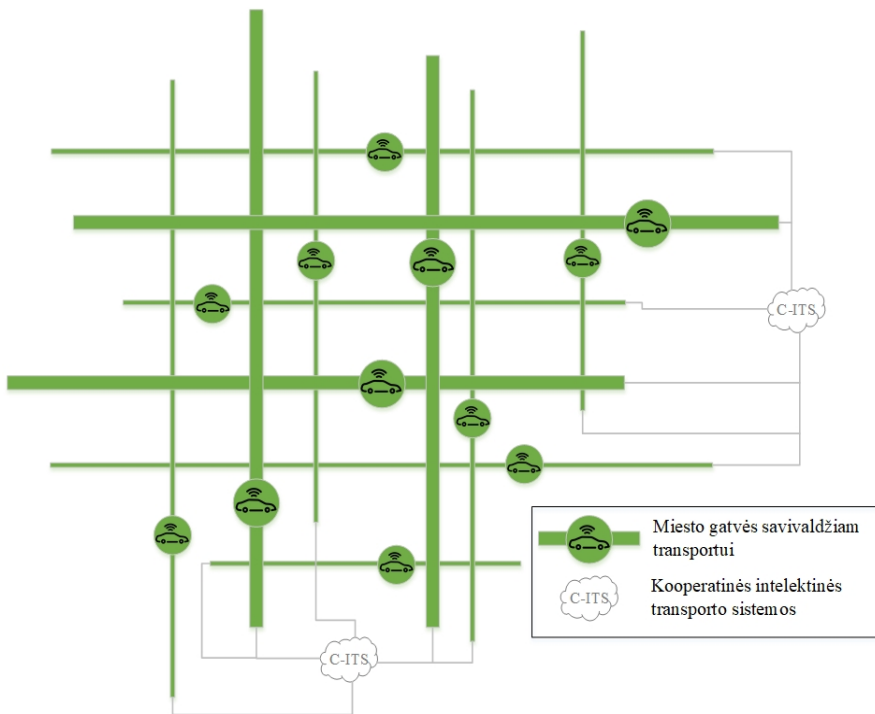
Šiame etape ITS, ir pagal galimybes C-ITS, turi veikti visoje teritorijoje, t. y. priemiestyje, vidurinėje miesto zonoje ir miesto centre. Šio plėtros etapo veikimui gali būti pritaikyta jau esama susisiekimo infrastruktūra, tik būtina užtikrinti sistemos veikimui reikalingus ryšio signalus, kurie būtų patikimi, nemokami ir kurių gaisčių laikas būtų mažas.

Igyvendinus šį etapą, būtų galima atsisakyti savo nuosavo automobilio, tačiau atsirastų tam tikras poreikis turėti savo nuosavą savivaldę transporto priemonę. Bet kokių atveju, intensyvus savivaldžio transporto eismas būtų efektyvesnis nei bet kuri iki šiol veikianti kelių transporto sistema. Tai leistų sumažinti investicijas į susisiekimo infrastruktūrą (automobilių stovėjimo aikšteles, naujas gatvių jungtis ir pan.), ženkliai sumažintų oro taršą, atsiradusias laisvas teritorijas būtų galima panaudoti žaliesiems plotams, investiciniams projektams, sumažintų eismo spūstis ir eismo įvykių skaičius.



1.11 pav. Pilnai integruoto kelionės planavimo etapo linijinė schema (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.11. Linear scheme for Fully Integrated Travel Planning stage (created by author)



1.12 pav. Pilnai integruoto kelionės planavimo etapo erdvinė schema
(sudaryta autoriaus)

Fig. 1.12. Spatial scheme for Fully Integrated Travel Planning stage (created by author)

Išmanaus judumo skirstymas pagal plėtros etapus leidžia racionaliai planuoti reikalingus resursus ne tik plėtojant išmanų miestą, bet ir tuo pačiu diegiant infrastruktūrines susisiekimo priemones pagal darnaus miesto koncepciją. Numatant plėtoti DSS ir renkantis įgyvendinamas judumo priemones, svarbu įvertinti sekantį darnaus miesto plėtros etapą išmanaus miesto aspektu.

1.4. Darni miestų susisiekimo sistemų plėtra

Pastaraisiais metais vadovaujantis Baltąja knyga transportui (EC, 2011) ir EK Komunikatu (EC 2013), Europoje atsirado tvirtas teorinis pagrindas rengti Darnaus judumo mieste planus (DJMP). Ilgalais integruotas mąstymas planuojat DSS miestuose yra vienas svarbiausių tikslų, kuris turi atsirasti visų suinteresuotų grupių kasdieninėje veikloje.

Pagrindiniai sėkmingo DSS planavimo principai yra šie: visuomenės ir suinteresuotų šalių įtraukimas į DJMP planavimo ir įgyvendinimo procesą; institucinio bendradarbiavimo skatinimas sprendžiant transporto sąsajos su kitais

miestų gyvenimo aspektais klausimus; efektyviausių, miesto sąlygoms, judumo priemonių pasirinkimas; DJMP priemonių ir įgyvendinimo proceso stebėseną ir vertinimas.

Daugybė ES finansuojamų projektų ir programų suteikė vertingų žinių, padėjusių miestams pradėti formuoti naują požiūrį į miestų planavimą ir susisiekimo infrastruktūrą. Modernus darnaus judumo mieste planavimas vis labiau vertinamas kaip būtinybė į bendrą ateitį žvelgiantiems Europos miestams.

Darnaus judumo mieste planavimas yra strateginis ir integruotas metodas, padedantis veiksmingai spręsti miesto transporto problemas. Pagrindinis jos tikslas – gerinti prieinamumą ir gyvenimo kokybę pereinant prie alternatyvaus susisiekimo. Šis metodas pagrįstas sprendimų priėmimu ilgalaikėje perspektyvoje. Tam reikia nuodugniai įvertinti dabartinę padėtį ir būsimas tendencijas, nusistatyti visiems priimtina viziją ir strateginius tikslus bei tikslų įgyvendinimo integruotų priemonių (reguliavimo, skatinimo, finansinių, techninių ir infrastruktūrinių) rinkinį, kuris reguliariai turėtų būti stebimas ir vertinamas (Rupprecht consult 2019).

Iki 2019 m. ES šalyse parengtų gairių ir rekomendacijų įgyvendinimas tapo sudėtingu procesu, nes visos rekomendacijos yra unifikuotos, parengtos vidutinio dydžio miestams, pasižymintiems ilgalaikę strateginio judumo planavimo praktika ir tokio dydžio miestams būdingais susisiekimo ypatumais (Burinskienė *et al.* 2017). Europos darnaus judumo mieste planų rengimo ir įgyvendinimo gairių antroje versijoje (Rupprecht consult 2019) (pirmoji versija parengta 2014 m. (Wefering *et al.* 2014)) (toliau abu – Europos DJMP gairės) atkreipiamas didesnis dėmesys į būtinybę planavimo normose ir rekomendacijose akcentuoti miesto dydį ir jam būdingus požymius, specifiškumą, planavimo skirtumus, miesto ūkio valdymą, skirtingą transporto rūšių integraciją ir keliavimo įpročius.

Europos DJMP gairėse yra pateikiamas 11 žingsnių DJMP planavimo ir įgyvendinimo ciklas (1.13 pav.), kuriuo vadovaujantis DSS planuojamos įvertinant visus svarbiausius aspektus – esamos situacijos analizę, vizijos ir plėtros scenarijų nustatymą, judumo priemonių numatymą, finansinius resursus, įgyvendinimo veiksmų planą ir stebėsenos bei vertinimo procesą. Šis 11 žingsnių ciklas suskirstytas į 4 etapus – pasiruošimas ir analizė, strategijos vystymas, judumo priemonių planavimas, įgyvendinimas ir stebėseną.

Pasiruošimo ir analizės etape analizuojamas planavimo kontekstas, kokie faktoriai lemia tikslų nustatymą, identifikuojamos problemos ir galimybės, apsirašomi turimi resursai ir reikalingas jų poreikis, sudaroma projekto komanda ir nustatomos atsakomybės, suplanuojamos veiklos įtraukti visuomenę ir suinteresuotas institucijas į planavimo procesą. Šiame etape ypatingai didelis dėmesys turi būti skiriamas visuomenės įtraukimui norint identifiкуoti svarbiausias problemas, poreikius ir iššūkius.



1.13 pav. 12 žingsnių darnių susisiekimo sistemų planavimo ciklas (Rupprecht consult 2019)

Fig. 1.13. The 12 Steps of Sustainable Urban Mobility Planning (2nd Edition) – A planner's overview (Rupprecht consult 2019)

Pasiruošimo ir analizės etape analizuojamas planavimo kontekstas, kokie faktoriai lemia tikslų nustatytą, identifikuojamos problemos ir galimybės, apsirąšomi turimi resursai ir reikalingas jų poreikis, sudaroma projekto komanda ir nustatomos atsakomybės, suplanuojamos veiklos įtraukti visuomenę ir suinteresuotas institucijas į planavimo procesą. Šiame etape ypatingai didelis dėmesys turi būti skiriamas visuomenės įtraukimui norint identifikuoti svarbiausias problemas, poreikius ir iššūkius.

Strategijos vystymo etapo pagrindinis tikslas – pasitelkiant visuomenę ir suinteresuotus subjektus, apibrėžti strateginę DSS plėtros kryptį. Šiame etape analizuojami išorės ir vidiniai veiksniai galintys lemti ateities judumą mieste, kuriami scenarijai ir alternatyvos, nustatomi konkretūs uždaviniai ir rodikliai, kurie leis stebėti pažangą padarytą siekiant pasirinktos vizijos. Rekomenduojama kelti ambicingus, bet įgyvendinamus tikslus, suderintus su kitomis politinėmis sritimis.

Judumo priemonių planavimo procesas iš strateginio pereina į veiksmų vykdymo. Šiame etape analizuojamos judumo priemonės, kurios gali padėti pasiekti nustatytus tikslus ir pasirinktą viziją. Pagrindinės rekomendacijos šiame

etape – sudaryti ilgą judumo priemonių sąrašą ir įvertinti jų efektyvumą pagal nustatytus tikslus ir uždavinius, atrinktas efektyviausias judumo priemones suskirstyti į rinkinius ir įvertinti jų įgyvendinimo galimybes ir rizikas, numatyti konkrečius veiksmus ir finansinius šaltinius judumo priemonių įgyvendinimui. Trečiuoju etapu pabaigiamas rengti DJMP ir paruošiamas jo įgyvendinimo veiksmų planas.

Įgyvendinimo ir stebėsenos etape dėmesys skiriamas DJMP nustatytų priemonių įgyvendinimui ir sisteminei stebėsenai, vertinimui ir komunikacijai. Stebėseną leidžia įvertinti ar numatytos judumo priemonės ir pasirinkti veiksmai vyksta pagal planą ir esant poreikiui numatomi DJMP įgyvendinimo tikslinimai ir judumo priemonių korekcijos. Bet kokie susisiekiimo sistemos pakeitimais sulaukia grįžtamojo ryšio iš visuomenės, todėl šiame etape labai svarbu komunikuoti apie judumo priemonių įgyvendinimą ir jų kuriamą poveikį visai miesto susisiekiimo sistemai. Paskutinis šio etapo žingsnis – sėkmingų ir nesėkmingų rezultatų vertinimas bei padarytų išvadų integravimas į naujus iššūkius ir sprendimus (grįžimas į ciklo pirmąjį etapą ir procesas pradedamas nuo pradžių).

Pateiktas 11 žingsnių ciklas yra teorinis ir rekomendacinis, tačiau rengiant DJMP šio ciklo įgyvendinimas kiekvienu atveju gali skirtis, vieni žingsniai gali būti įgyvendinami platesne apimtimi, kiti – siauresne.

Vadovaujantis EK politiniais dokumentais ir Europos DJMP gairėmis, didžioji dalis ES šalių pasirengė savo nacionalines darnaus judumo mieste planų rengimo gaires, kurias pritaikė pagal vietinį kontekstą (1.3 lentelė) (Durlin *et al.* 2018).

EK finansuojamo projekto PROSPERITY metu buvo atlikta ES šalių analizė dėl DSS planavimo ir įgyvendinimo lygio, teikiant teisėkūros, metodologines, technines, finansines priemones, nacionaliniu ar regioniniu mastu. ES šalys suskirstytos pagal 4 kategorijas – lyderiaujantys, aktyvūs, įsitraukę, neaktyvūs (1.4 lentelė) (Plevnik *et al.* 2019).

Europos šalyse judumo valdymo planai yra rengiami nuo 1972 m., pvz., Anglijoje ir Prancūzijoje jie privalomi miestams, turintiems daugiau nei 100 tūkst. gyventojų, Italijoje nuo 30 tūkst. gyventojų. Atliktų apklausų metu (Durlin *et al.* 2018) buvo nustatyta, kad Europoje yra apie 1000 miestų, kurie turi pasirengę ir patvirtinę DJMP.

Lietuvoje, vadovaujantis Darnaus judumo mieste planų rengimo ir įgyvendinimo gairėse (toliau – Nacionalinės gairės) numatytomis rekomendacijomis (LRSM 2015), nuo 2015 m. iki 2019 m. pabaigos buvo patvirtinti 20 DJMP, t. y. 5 didmiesčiai, 10 vidutinio dydžio miestų, 4 kurortai ir 1 kurortinė vietovė.

1.3 lentelė. Darnaus judumo mieste planų rengimo gairių ES valstybėse apžvalga (Durlin *et al.* 2018)

Table 1.3. Overview of guidelines for drawing up Sustainable Urban Mobility Plans in the Member States of the European Union (Durlin *et al.* 2018)

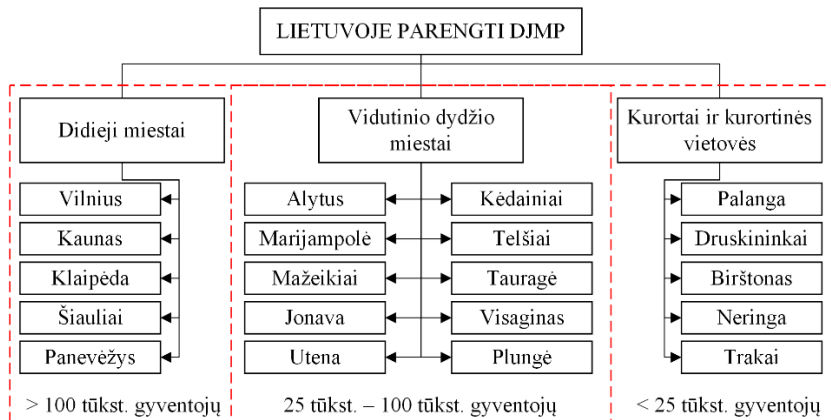
Statusas	Šalys
Gairės išverstos/ perimtos/ papildytos pagal Europos DJMP gaires	Bulgarija, Čekija, Danija, Vengrija, Latvija, Lietuva, Malta, Rumunija, Slovakija, Slovėnija
Gairės sukurtos individualiai iki Europos DJMP gairių išleidimo	Belgija (Briuselio, Flandrijos, Valonijos regionai), Prancūzija, Vokietija, Italija, Nyderlandai, Portugalija, Ispanija, Švedija, Jungtinė Karalystė (Anglija, Škotija)
Neturi gairių	Austrija, Kroatija, Kipras, Estija, Suomija, Graikija, Airija, Lenkija, Norvegija

1.4 lentelė. Darnių susisiekimo sistemų planavimo ir įgyvendinimo lygis ES šalyse (Plevnik *et al.* 2019)

Table 1.4. Level of planning and implementation of sustainable transport systems in EU countries (Plevnik *et al.* 2019)

Statusas	Kompleksinio DSS planavimo integravimas	Nacionalinio ar regioninio valdžios subjekto palaikymas	Išsamios ir galiojančios metodikos, techniniai dokumentai	Šalys
Lyderiaujančios	Taip	Pilnas	Taip	Belgija (Flandrija), Prancūzija, Lietuva, Slovėnija, Norvegija, Ispanija (Katalonija)
Aktyvios	Taip	Dalinis	–	Austrija, Belgija (Briuselis, Valonija), Danija, Suomija, Vokietija, Italija, Malta, Nyderlandai, Slovakija, Švedija, Jungtinė Karalystė (Anglija, Škotija)
Ištrauktos	Taip	–	–	Bulgarija, Kroatija, Kipras, Čekija, Graikija, Vengrija, Lenkija, Portugalija, Rumunija, Ispanija (be Katalonijos)
Neaktyvios	–	–	–	Estija, Airija, Latvija

Šios miestų kategorijos pasirinktos dėl panašių miestų tipų ir dydžių vyraujančių Europoje. Vienas grupavimo kriterijus yra gyventojų skaičius: didieji miestai – daugiau nei 100 000 gyventojų, vidutinio dydžio miestai 25 000–100 000 gyventojų; ir antras kriterijus yra miesto tipas: kurortai – kur pasireiškia didelis sezoniskumas, nuo kurio priklauso susisiekimo sistemų funkcionavimas. (1.14 pav.).



1.14 pav. Miestų grupavimas (tipai) pagal gyventojų skaičių (sudaryta autoriaus)

Fig. 1.14. Cities/Towns grouping by population and type (created by author)

Didieji miestai (toliau – DM) (daugiau kaip 100 tūkst. gyventojų) – pagrindiniai šalies miestai, dažniausiai pasižymi augančia ekonomika, didele darbo vietų ir paslaugų pasiūla. Šie miestai yra stiprūs regionų centrai kasdien sutraukiantys daugybę darbo jėgos. Gyventojų skaičius išlieka stabilus ar šiek tiek didėjantis. Čia vyrauja intensyvus transporto priemonių eismas, piko metu susidaranti spūstys, atliekama daug kelionių, gausi skirtingų susisiekimo rūšių pasiūla, didelis infrastruktūros plėtros ir renovacijos ar remonto poreikis. Šiuose miestuose dažniau taikomi intelektinių transporto sistemų sprendimai, didelė dalijimosi ekonomikos paklausa.

Vidutinio dydžio miestai (toliau – VM) (nuo 25 tūkst. iki 100 tūkst. gyventojų) – dažnai šie miestai būna didmiesčių miestai satelitai (miegamieji rajonai). Neretai jie būna mažesnių regionų centrai arba pramoniniai miestai, kurie vietos gyventojams užtikrina darbo vietas. Gyventojų skaičius išlieka stabilus ar šiek tiek mažėjantis dėl nuolatinės migracijos į šalia esančius didmiesčius. Šiuose miestuose vyrauja vidutinis eismo intensyvumas, piko metu retai susidaranti eismo spūstys, neblogai išplėtotą infrastruktūrą, kuriai mažiau investicijų reikia infrastruktūros plėtrai, bet daugiau renovacijai ar remontui, didelis dėmesys skiriamas viešų erdvių plėtrai ir priežiūrai, maža susisiekimo inovacijų pasiūla ir paklausa.

Kurortai ir kurortinės vietovės (toliau – KM) (iki 25 tūkst. gyventojų) – stipriai pasižymi sezoniškumu, kurio metu didėja tiek transporto priemonių srautai, tiek miesto svečių skaičius. Šie miestai pasižymi teikiamomis poilsio ir pramoginės paslaugomis, o miesto svečiai šiuos miestus renkasi dėl gamtinės įvairovės ir teikiamų paslaugų kokybės. Vietos gyventojų skaičius nėra labai didelis, svyruoja nuo 3 iki 25 tūkst. Neblogai išvystyta susisiekimo infrastruktūra, ypač nemažą dėmesį skiriant bemotorio transporto infrastruktūrai. Vyrauja didelė transporto dalijimosi ir nuomos pasiūla.

Toliau disertacijos eksperimentinėje dalyje šie miestai (pagal savo grupes) bus vertinami pagal aprašytą Darnios miestų susisiekimo sistemos plėtros koncepcinį modelį (3.2 poskyris). Taip pat parengtos rekomendacijos didinant miestų susisiekimo sistemų darnumą (3.3 poskyris).

Lietuvoje DJMP rengiami pagal Nacionalinėse gairėse aprašomas temas dalis. Šių teminių dalių pagrindu atliekamos visos esamos situacijos analizės ir numatomos judumo priemonių plėtros galimybės:

- viešojo transporto skatinimas (T1) – analizuojama viešojo transporto esama būklė ir plėtros galimybės, pateikiama ilgalaikė strategija paslaugų kokybės gerinimui, analizuojamos galimybės į viešojo transporto sistemą integruoti naujas transporto rūšis;
- bevariklio transporto integracija (T2) – analizuojama pėsčiųjų ir dviračių takų infrastruktūros esama būklė ir plėtros galimybės, pateikiama ilgalaikė bevariklio transporto tinklų vizija, integracijos galimybės su kitomis transporto rūšimis, dviračių statymo ir laikymo galimybės;
- eismo sauga ir saugumas (T3) – analizuojama technologinių eismo saugos didinimo, viešo saugumo užtikrinimo priemonių plėtra, analizuojamos švietimo kampanijų plėtros galimybės ir įgyvendinimas;
- eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas (T4) – analizuojamos integruoto bilieto sistemų plėtros galimybės, transporto dalijimosi paslaugų plėtra, automobilių stovėjimo vietų valdymas, eismo organizavimo sprendimai, zonų be automobilių plėtra, transporto rinkliavų politika, švietimo ir informacinių kampanijų daras judumo plėtrai skatinti įgyvendinimo galimybės;
- miesto logistika (T5) – analizuojamos galimybės valdyti krovininio transporto srautus mieste, organizuoti ar reguliuoti prekių pristatymo paslaugas, analizuojamas gatvių plėtros poreikis, organizuojami logistiniai maršrutai;
- transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis (T6) – analizuojamos miesto susisiekimo

infrastruktūros bei transporto paslaugų pritaikomumo SPTŽ galimybės ir plėtra;

- alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas (T7) – analizuojamas mažos taršos zonų plėtros poreikis, alternatyvaus kuro infrastruktūros plėtra, transporto ekologizavimo ir transporto taršos mažinimo galimybės;
- intelektinių transporto sistemų diegimas (T8) – analizuojamos galimybės miesto susisiekimo sistemose integruoti intelektines transporto sistemas, palengvinančias eismo srautų valdymą, kuriančias pirmumo sistemas, informuojančias eismo dalyvius apie eismo sąlygas ir paslaugų prieinamumą;
- modalinis kelionių pasiskirstymas (T9) – analizuojami esami statistiniai kelionių pasiskirstymo pagal transporto rūšis tyrimai mieste, išskiriant keliones dviračiu, pėsčiomis, lengvuju automobiliu, viešuoju transportu, traukiniu ir kitomis transporto priemonėmis;

Toliau disertacijoje pagal šias temines dalis sudaromi judumo priemonių rinkiniai (2.2 poskyris), taip pat teminių dalių pagrindu sudaromos DSS plėtros koncepcijos (2.5.1 poskyris). Teminė dalis „Modalinis kelionių pasiskirstymas“ (T9) neįtraukiama, nes ji naudojama pasiektam judumo priemonių poveikiui ar rezultatui apibūdinti, o ne tam tikrų judumo priemonių rinkiniui aprašyti.

1.5. Miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių naudojimas

Miestų susisiekimo infrastruktūros ir darnaus judumo priemonės (toliau – judumo priemonės) yra plataus pobūdžio priemonės, kuriomis siekiama įgyvendinti darnaus vystymosi tikslus susisiekimo sektoriuje ir taip pat norint išspręsti nustatytas susisiekimo problemas (May *et al.* 2012). Veiksmingų judumo priemonių nustatymas yra DSS planavimo pagrindas. Tik gerai parinktos judumo priemonės užtikrins, kad būtų pasiekti nustatyti tikslai ir uždaviniai.

Seras Rodas Eddingtonas, cituotas Jones *et al.* (2009), dar 2006 metais Jungtinės Karalystės Vyriausybės ataskaitoje yra pabrėžęs, kad judumo priemonių naudojimą ir atranką reikia vertinti itin rimtai, nes jei renkantis nebus apsvarstytos visos galimos alternatyvos, kyla pavojus, kad nebus pasirinktos geriausios iš jų ir judumo priemonės gali būti įgyvendinamos neefektyviai, švaistant tiek finansinius, tiek žmogiškuosius resursus. Siekiant užtikrinti, kad būtų rastos didžiausią grąžą duodančios susisiekimo investicijos, labai svarbu judumo priemonės numatyti visoms susisiekimo rūšims ir apimti geresnį esamos

infrastruktūros panaudojimą, įskaitant geresnę kainodarą, investicijas į pajėgumų didinimą ir infrastruktūros kokybę.

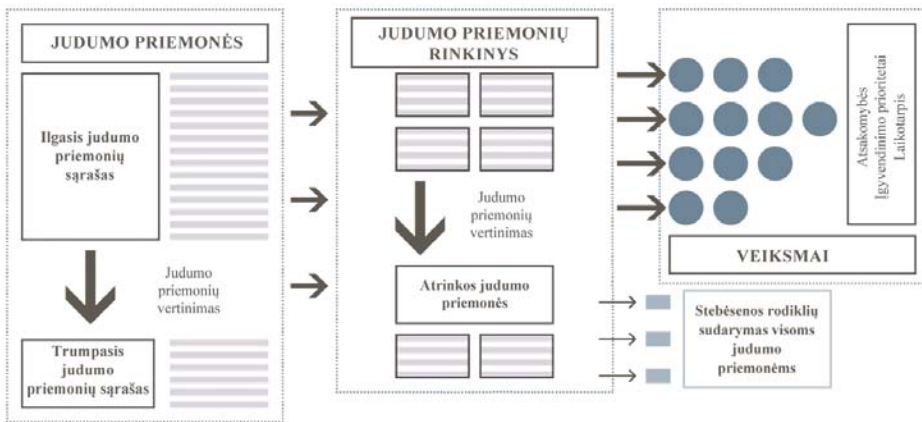
Nepaisant šio patarimo, miestuose judumo priemonių atrankos procesas vis dar nėra racionalus, o dažnai politiškai orientuotas vadovaujantis siektiniais interesais (May 2015). Jungtinės Karalystės atliktos studijos (Atkins 2007) tyrime pažymima, kad vietos valdžios institucijos yra labiau linkusios ne diegti naujoves, o vykdyti ne tokias inovatyvias plėtros schemas, kurios buvo svarstomos ir ruošiamos ilgą laiką, didelį dėmesį skiriant infrastruktūriniais projektams, nepaisant atsirandančių galimybių tobulinti viešąjį transportą ar judumo paklausos valdymą.

Iki šiol mokslinėje literatūroje nėra atlikta daug tyrimų, kurie analizuotų DSS plėtrą ir jos poveikį miestui ir jo gyventojams. Tai pasekmė to, kad ilgą laiką buvo manoma, jog susisiekiama infrastruktūrą reikia planuoti sklandžiam transporto priemonių eismui, todėl buvo orientuojamasi į gatvių platinimą, gatvių tinklo tankinimą, eismo laidumą. Tačiau EK išleidus Baltąją knygą transportui (EC 2011), susisiekiama sistemų planavimo požiūris pasikeitė ir dabar labiau orientuojamasi į judumą žmonėms, ir jiems reikalingos infrastruktūros bei susisiekiama paslaugų sklandų veikimą.

Šiai problemai spręsti, mokslininkai kartu su transporto specialistais, vietos savivaldos atstovais ir įvairioms tyrimų agentūroms pradėjo kurti ne vieną DSS efektyvumo ir ekonomiškumo įvertinimo sistemą, kuriomis siekiama nustatyti didžiausią teigiamą poveikį turinčias judumo priemones ir jų ekonominę naudą. Darnaus judumo priemonių naudojimas pasireiškia įvairiais būdais – vieni tam tikrų šalių pagrindu sudaro didžiausią efektą turinčių judumo priemonių rinkinius (Sundberg 2018a, b, c; Shergold, Parkhurst 2017; UTR 2016; KonSULT 2016; May 2016; Chakhtoura, Pojani 2016; Nocera *et al.* 2015; Van Audenhove *et al.* 2014; Shiau *et al.* 2013; Haghshenas, Vaziri 2012; MaxExplorer 2006;), kiti judumo priemonių pagrindu kuria judumo indeksus (Arsenio *et al.* 2016; Reisi *et al.* 2014; Lima *et al.* 2014; Saisana 2011; Mancini 2011; Silva *et al.* 2010; Costa 2008; Zhou *et al.* 2007) treči darnų judumą vertina per aplinkosauginę, ekonominę ir socialinę prizmę (Burinskienė *et al.* 2017; Nocera *et al.* 2015; Reisi *et al.* 2014; Shiau, Liu 2013; Karagiannakidis *et al.* 2012). Disertacijoje analizuojami ir aptariami visi šie atvejai.

Planuojant DSS plėtrą, judumo priemonių atranka turėtų būti grindžiama diskusijomis su pagrindinėmis suinteresuotomis šalimis (bendruomenėmis, verslo atstovais, įvairiomis asociacijomis, politikais ir t.t.). Svarbiausia aptarti judumo priemonių svarbą ir reikšmę, ir pasirinkti tas judumo priemones, kurios sukuria didžiausią teigiamą poveikį panaudojant mažiausiai sąnaudų ir resursų.

Judumo priemonių atrankos procesas detalčiai ir aiškiai aprašytas Europos DJMP gairėse (1.15 pav.). Disertacijoje priemonių parinkimas taip pat remiasi tokiu pačiu procesu.



1.15 pav. Judumo priemonių atrankos procesas (Rupprecht consult 2019)

Fig. 1.15. Selection process for Mobility Measures (Rupprecht consult 2019)

Susisiekimo infrastruktūros plėtrai ir judumo priemonių įgyvendinimui reikalingas didelis biudžetas, kuris dažnu atveju tampa rimta problema miestų administracijoms ir dėl to šis plėtros procesas labai lėtai vystomas. Efektyvus ir racionalus judumo priemonių parinkimas yra būtina sąlyga siekiant vadovautis ekonomiškumo ir priimtino principais. Vertinant ir atrenkant judumo priemones reikia nustatyti tinkamiausias ir ekonomiškiausias pasirinktam plėtros scenarijui. Siekiant įvertinti visas esamas galimybes, pirmiausia reikėtų sudaryti išsamų ilgąjį judumo priemonių sąrašą, pagrįstą pačių ir vietos specialistų žiniomis, suinteresuotųjų šalių ir visuomenės idėjomis, kitų miestų specialistų patirtimi ir judumo priemonių duomenų bazėmis. Renkantis judumo priemones siūloma vadovautis tokiomis rekomendacijomis:

- judumo priemonių sąrašas sudarinėjamas siekiant įgyvendinti nustatytą miesto plėtros scenarijų, tikslus ir uždavinius, todėl patartina pasinaudoti patyrusių miesto specialistų kompetencija apsvarstant ir identifikuojant priemones;
- judumo priemonės turėtų būti parinktos atsižvelgiant į vietos situaciją, miesto tipą, dydį ir kitas jo charakteristikas;
- svarbu judumo priemones parinkti pagal turimus finansinius išteklius, vengiant patraukliai atrodančių, tačiau sunkiai įgyvendinamų judumo priemonių.

Judumo priemones įgyvendinant atskirai, nepavyks pasiekti iškeltų tikslų ir uždavinių, todėl būtina priemones jungti į grupes ir sudaryti jų rinkinius (Rupprecht consult 2019; Malasek 2016; May 2016). Kuriant DSS plėtros planus, reikia pagalvoti kaip skirtingos judumo priemonės gali tarpusavyje sąveikauti ir sukurti geresnį rezultatą nei įgyvendinamos atskirai po vieną. Tokių rinkinių sudarymas dažnai vadinamas integruotu požiūriu arba kompleksiniu judumo

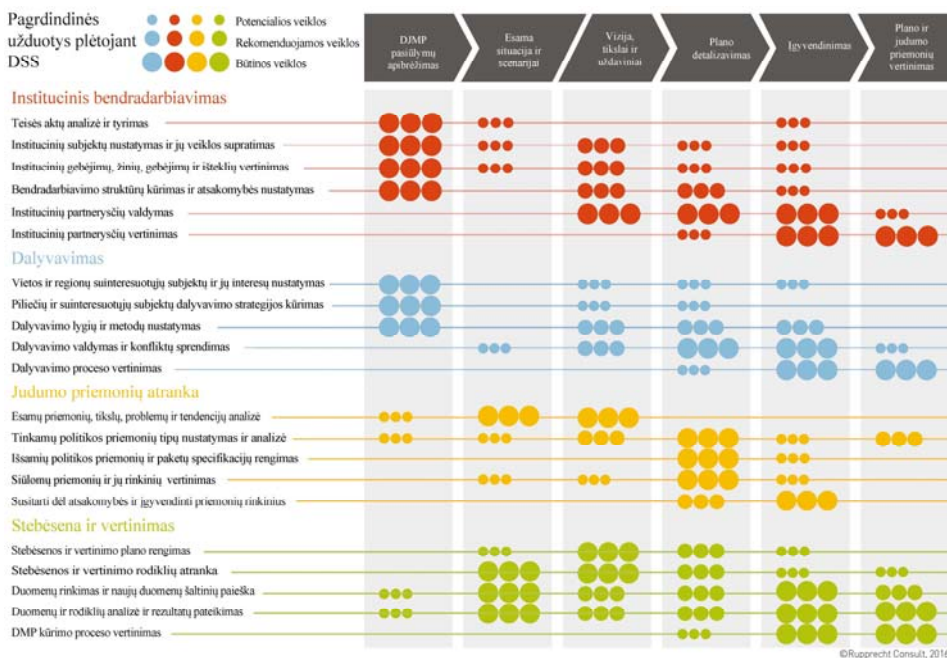
priemonių įgyvendinimu. Sudarant judumo priemonių rinkinius svarbu identifikuoti, kurios judumo priemonės veikdamos bendrai sukuria didesnę poveikį (judumo priemonių sinergija), o kurios judumo priemonės yra skirtos pastiprinti kitų priemonių poveikį (papildančios).

Judumo priemonių rinkinys yra viena kitą papildančių judumo priemonių, dažnai priklausančių skirtingoms kategorijoms, derinys, kurios yra gerai koordinuojamos, siekiant veiksmingiau nei pavienės judumo priemonės spręsti konkrečias problemas ir įveikti jų įgyvendinimo kliūtis (May *et al.* 2012). Pavyzdžiu galėtų būti įtrauktos priemonės, kuriomis siekiama mažinti privačių automobilių naudojimą, pvz., automobilių stovėjimo kontrolės derinimas su alternatyviomis priemonėmis, tokiomis kaip, viešojo transporto paslaugų gerinimas ir dviračių takų plėtra. Siekiant sudaryti naudingiausias judumo priemonių rinkinius, reikėtų išnagrinėti ir išbandyti skirtingus jų grupavimo būdus.

Daugybė įvairių darnaus susisiekiimo rodiklių sistemų savo moksliniame darbe apžvelgęs T. Litmanas (Litman, 2016) (apžvelgė net 54 susisiekiimo darnumą vertinančias sistemas, taikytas 22 šalyse), priėjo labai įdomios ir naudingos išvados, kad ne visada darnaus judumo vertinimo rodikliais tinkamai galima įvertinti miestų DSS. Pvz., jei indikatorius taikymo sritis yra labai siaura, tai neatspindi tikrosios DSS reikšmės (jei vertinama tik ekologiško kuro transporto priemonių plėtrą, bet neįvertinamos transporto spūstys, eismo įvykiai, vertinimo rodiklis neatspindės tikrosios situacijos) arba vertinami tarpiniai tikslai, bet ne galutinis rezultatas (dviračių takų ilgis yra tarpinis rezultatas, kuris nebūtinai gali reikšti galutinį rezultatą – didesnę vartotojų skaičių). Toks pat principas turėtų būti taikomas renkant ir planuojant judumo priemones – bendram DSS efektui pasiekti reikalingas ne pavienis judumo priemonių įgyvendinimas, o integruotas kompleksinis požiūris.

Efektyvių judumo priemonių ir jų rinkinių paieškos yra vis aktualesnė tema tarp teritorijų planavimo, judumo ir transporto ekspertų, todėl pastaraisiais metais buvo įgyvendinamas ne vienas tarptautinis projektas, kurių pagrindinis tikslas buvo efektyvių judumo priemonių sąrašo sudarymas pagal tam tikrus plėtros kriterijus ar kryptis.

CHALLENGE projekte (Rupprecht Consult 2016) pasitelkiant darnaus judumo ekspertus, 9 skirtingų Europos miestų pagrindu buvo analizuojamas ir tobulinamas DSS plėtros procesas. Kaip vienas iš rezultatų, parengta DSS plėtros schema, kurioje nurodyti visi svarbiausi įgyvendinimo etapai ir konkrečios užduotys, kurios tuo pat dar ir įvertintos pagal veiklos reikšmingumą tam tikrame plėtros etape (pav. 1.16). Tokios schemos dar vadinamos „Pasirinkimo generavimu“ (angl. *Option generation*), kurios padeda nustatyti galimas efektyviai įgyvendinti judumo priemones pagal vietos kontekstą (Jones *et al.* 2009).



1.16 pav. Pagrindinės užduotys plėtojant darnias susisiekimo sistemas (Rupprecht consult 2016)

Fig. 1.16. Key tasks for developing sustainable urban mobility (Rupprecht consult 2016)

Tai pat CH4LLENGE projekto apimtyje buvo išleistas judumo priemonių atrankos rekomendacijų rinkinys, kuriame pateikiamos 64 skirtingo tipo judumo priemonės. Kiekviena iš jų gali būti įgyvendinama skirtingais būdais, priklausomai nuo vietos poreikių, todėl galimų judumo priemonių kombinacijų rinkiniuose yra labai daug. Šiuo atveju veiksmingos judumo priemonių atrankos uždavinys yra ekonomiškai efektyvių ir visuomenės palaikomų judumo priemonių sąrašo sudarymas (May 2016). Projekte siūlomos naudoti judumo priemonės buvo integruotos į KonSULT interaktyvią duomenų bazę (KonSULT 2016), kuri skirta padėti politikos formuotojams, specialistams ir kitiems suinteresuotiems subjektams suprasti miestų judumo problemas ir nustatyti atitinkamas judumo priemones ir jų rinkinius. KonSULT įrankis padeda nustatyti judumo priemones, kurios turi didžiausią efektą pagal pateiktą miesto kontekstą. Aprašant miesto charakteristikas, įskaitant tikslus ir strategiją, įrankis sugeneruoja priemonių rinkinį nurodydamas pačias reikšmingiausias judumo priemones.

Pasinaudojant CH4LLENGE projekto rezultatais ir rekomendacijomis, SUMP-UP projekte pateikiamas ilgas judumo priemonių sąrašas (daugiau nei 100 judumo priemonių), kurios suskirstytos į 25 kategorijas pagal tris skirtingo DSS išvystymo lygio miestų tipus – pradedantiesiems, pažengusiems ir

išsivysčiusiems. Taip pat šiems miestams parengtos DSS plėtros rekomendacijos (Sundberg 2018a, b, c).

EVIDENCE projekte (Shergold, Parkhurst 2017) buvo ieškoma didžiausią ekonominį efektą turinčių judumo priemonių. Mokslininkų ir akademikų komanda išanalizavo beveik tūkstantį įvairių šaltinių ir pagal pasirinktus kriterijus suskirstė juos į 7 kategorijas. Atlikę detalią analizę, iš visų šaltinių sudarė 22 ekonomiškai efektyviausių judmo priemonių sąrašą ir kiekvieną iš jų detaliai aprašė priemonių aprašuose, nurodydami priemonės įgyvendinimo ekonominį efektyvumą. Projekto autorių faktiniai rezultatai pateikti 1.5 lentelėje.

1.5 lentelė. Judumo priemonių ekonominis efektyvumas (Shergold, Parkhurst 2017)
Table 1.5. Cost-effectiveness of mobility measures (Shergold, Parkhurst 2017)

Kategorija	Priemonė	Efektyvumas*	Ekonominės naudos rūšis
1	2	3	4
Svarus transportas ir kuras	Elektrinės transporto priemonės	X	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas.
	Svarus transportas	XXX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Galimas veiklos sąnaudų sumažinimas.
Miesto logistika	Krovininis miesto transportas	XXX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Galimas veiklos sąnaudų sumažinimas verslo ir krovininio transporto operatoriams.
Paklausos valdymo strategijos	Patekimo ribojimas	XXX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Padidėjusios mažmeninės prekybos pajamos ir turto vertė pėsčiųjų zonose.
	Gatvių erdvės perskirstymas	XX	Galimas veiklos sąnaudų sumažinimas viešojo transporto operatoriams ir galimai mažesnės kainos vartotojams; Laiko vertė.
	Aplinkosauginės zonos	XX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Eismo įvykių mažinimas.
	Spūsčių mokesčių sistema	XX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Eismo įvykių mažinimas; Laiko vertė.
	Automobilių stovėjimo valdymas	XXX	Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas; Padidėjusios mažmeninės prekybos pajamos jei veiksmingai valdomas automobilių statymas.
Judumo valdymas	Vietovės kelionių planai	XX	Mažesnė ribinė spūsties kaina transporto priemonei; Laiko vertė.

1.5 lentelės pabaiga

1	2	3	4
	Asmeniniai kelionių planai	XX	Kelionės išlaidų mažinimas; Laiko vertė.
	Rinkodara ir skatinimas	X	Viešojo transporto patrauklumo padidinimas; Ekologiško vairavimo mokymų nauda energijos taupyme; Laiko vertė.
Kolektyvinis keleivinis transportas	Viešojo transporto tobulinimai	XXX	Padidintas protekcijos lygis.
	Nauja viešojo transporto sistema	XXXX	Padidintas protekcijos lygis; Maršrutų optimizavimas; Didesnė ekonominė veikla centrinėse vietovėse ir aplink transporto mazgus
	Susisiekimo rūšių integravimas	X	Padidintas protekcijos lygis; Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Finansinių sankcijų dėl oro užterštumo mažinimas.
Transporto telematika	E-bilietas	XX	Galimas veiklos vykdytojų išlaidų sumažinimas dėl efektyvumo didinimo, sukčiavimo mažinimo.
	Eismo valdymas	XXX	Degalų naudojimo ir išmetamųjų teršalų kiekio mažinimas; Laiko vertė.
	Kelionių informacinės sistemos	X	Padidintas protekcijos lygis.
Mažiau nuo automobilio priklausančios judumo galimybės	Nauji privataus transporto naudojimo modeliai	XX	Komercinės veiklos vykdytojų grąža; Finansinė nauda atskiriems naudotojams, palyginti su privačios transporto priemonės turėjimu; Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Laiko vertė.
	Pėsčiųjų infrastruktūra	XX	Padidėjusi vietos ekonomika dėl didesnio vartotojų skaičiaus; Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai).
	Dviračių infrastruktūra	XXX	Nauda sveikatai; Darbo vietų kūrimas ir papildoma ekonominė veikla; Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Laiko vertė.
	Dviračių dalijimasis	X	Komercinės veiklos vykdytojų grąža; Nauda sveikatai; Papildoma mažmeninė veikla prie dviračių stovėjimo vietų; Oro kokybės gerinimas (sveikatos rezultatai); Laiko vertė.
	Integracinis miesto dizainas	XX	Mažmeninė veikla gatvių zonose; Eismo įvykių mažinimas.

* XXXX – stiprūs ekonominės naudos įrodymai; XXX – dideli ekonominės naudos įrodymai; XX – ekonominė nauda aiškiai matoma; X – nustatyta tam tikra ekonominė nauda.

Įvairių projektų metu (UTR 2016; MaxExplorer 2006) taip pat yra sukurta interaktyvių įrankių, generuojančių rekomendacinius potencialiai įgyvendinamų judumo priemonių sąrašus, tačiau tokių įrankių dažnas trūkumas, kad jie yra unifikuoti ir nėra galimybės detalai aprašyti miesto charakteristikų, kad sugeneruotos judumo priemonės visiškai atitiktų miesto specifiką.

Leidinyje *Innovative urban transport solutions* (Boschetti *et al.* 2014) kritiškai įvertinamos visos judumo priemonės, kurios buvo sukurtos ir įgyvendintos CIVITAS iniciatyvos CIVITAS Plus etape (2008 – 2012 m.). CIVITAS Plus metu per ketverius metus 25 miestuose buvo įgyvendintos 300 priemonių, kurios padėjo pagerinti bendrą DSS plėtros praktiką ir pakeisti europiečių keliavimo įpročius. Leidinyje pagal 9 tematinės CIVITAS sritis pateikiamos rekomendacijos, kuriose daugiausia dėmesio skiriama konkreitiems pavyzdžiams, siekiant paskatinti imtis konkrečių veiksmų turint aiškius įgyvendinimo įrodymus ir detalią informaciją.

Tarptautinės konsultacinės kompanijos Arthur D Little ir Tarptautinės viešojo transporto asociacijos specialistai sukūrė miestų susisieki mo paslaugų vertinimo sistemą, sudarytą iš 19 svarbiausių judumo priemonių, kurių kiekvienas įvertintas tam tikru balų skaičiumi. Sistema parodo kokią reikšmę mieste veikiančios judumo priemonės turi bendrai susisieki mo sistemai. Taip pat ši sistema parodo miesto pajėgumus užtikrinti didėjančią darnaus judumo paklausą. Atliktas vertinimas parodė, kad šiuo metu miestai vidutiniškai išnaudoja šiek tiek mažiau nei pusę potencialaus judumo priemonių efektyvumo, kurį galima pasiekti taikant šiuo metu esančią geriausią praktiką visose judumo srityse (Van Audenhove *et al.* 2014).

Nuolatinės paieškos kaip pagerinti DSS plėtros koncepcijas, lemia naujų metodų kūrimą, pavyzdžiui, miestų indeksų sudarymus, kurie leistų įvertinti DSS lygį mieste. Atskirų judumo priemonių jungimas į sudėtinį indeksą yra praktinis DSS vertinimo metodas (Dur *et al.* 2010). Juo galima pamatuoti daugialypius judumo aspektus, kurių negalima įvertinti atskiromis judumo priemonėmis ar rodikliais (Saisana 2011; Zhou *et al.* 2007). Nepaisant plataus indeksų naudojimo, vyrauja dvi prieštaringos nuomonės apie juos. Oponentai mano, kad sudarytas indeksas nėra patikimas, nes jo konstrukcija yra subjektyvi ir priklauso nuo rengėjo (Cherchye *et al.* 2007), be to indeksas negali atsakyti į visus klausimus, todėl neišvengiamai reikia papildomų rodiklių (Jollands *et al.* 2003). Kiti mano, kad sudėtiniai indeksai yra vertingos komunikacijos priemonės, nes riboja informacijos poreikį ir leidžia lengvai palyginti alternatyvas (Freudenberg 2003). Šios dvi mintys yra teisingos, todėl galima daryti išvadą, kad judumo priemonių ir rodiklių atranka yra sėkminga, jei naudojamos aišrios prielaidos ir metodika, ir jei sudėtinį indeksą galima išskaidyti į jo sudedamąsias dalis.

Costa (2008) yra sukūręs Darnaus miesto judumo indeksą (I_SUM), kuris yra priemonė vertinti DSS mieste remiantis daugiakriteriniu metodu. I_SUM buvo

sudarytas remiantis 87 rodikliais, pasiūlytais Litman (2009c), kurie buvo kruopščiai atrinkti, kad atspindėtų įvairiapusį DSS poveikį ir perspektyvas. Indeksas gali parodyti esamą DSS situaciją ir įvertinti judumo priemonių, kuriomis siekiama plėtoti DSS, poveikį. Indekso privalumas yra tai, kad jį sudarant nebūtina naudoti visų 87 rodiklių, kurie galbūt nėra naudojami visuose analizuojamuose miestuose. I_SUM indekso parengimas ir taikymas detaliam aprašytas Costa (2008) ir Silva *et al.* (2010) publikacijose. J. Lima *et al.* (2014) savo tyrime pasinaudojo tiek I_SUM, tiek Mancini (Mancini 2011) nagrinėtu DSS plėtos metodu, kurio pagrindu judumo priemonės analizavo pagal tris kategorijas – išlaidas, įgyvendinti reikalingą laiką ir politinę riziką įgyvendinant.

Reisi *et al.* (2014) išanalizavę daugybę mokslinės literatūros, kurioje DSS plėtra analizuojama sudarant rodiklių ir judumo priemonių sistemas, sukūrė Melburno vietovių DSS vertinimo indeksą, kurį sudaro 9 judumo priemonės, suskirstytos pagal aplinkosaugos, socialinius ir ekonominius aspektus. Indeksui sudaryti, judumo priemonėms buvo priskirti jas įgyvendinantys vertinimo rodikliai, kuriems tuo pat nustatyti reikšmingumai. Sukurtas indeksas leidžia palyginti skirtingas vietas ir geriau suprasti numatytų judumo priemonių poveikį DSS plėtrai.

Kiek kitokią miestų indeksą naudoja transporto ir judumo ekspertai Portugalijoje, planuojant DSS didžiausią dėmesį rekomenduoja skirti socialinės ir ekonominės naudos aspektams. Nacionalinio Portugalijos statistikos instituto pasiūlytas „Socialiniu darnumo indeksais“ atspindi bendro ekonomiškai aktyvios visuomenės santykį su 65 metų ir vyresniais asmenimis. Kuo šis indeksas žemesnis, tuo vyresnio amžiaus gyventojų santykis yra didesnis. Tai leidžia suprasti gyventojų judumo poreikius, todėl papildomai atsižvelgiant į miesto dydį ir susisiekimo infrastruktūrą, miestuose parenkamos judumo priemonės dominuojančių socialinių grupių (vaikų, paauglių, pėsčiųjų, senolių, turistų, neįgaliųjų, viešojo transporto naudotojų, dviratininkų, vairuotojų) judumui gerinti (Arsenio *et al.* 2016). Mokslininkų padarytos išvalgos naudingos plėtojant panašaus miestų DSS:

- Socialinė lygybė ir prieinamumas yra labiau svarbūs miestams su mažesniu gyventojų skaičiumi ir tankumu (iki 20 tūkst. gyv.), ir mažesniu darnumo indeksu. Daugeliu atveju tai miestai su mažesne viešojo transporto pasiūla. Savo specifiškumą turinčių kurortinių miestų DSS plėtos strategijos yra gana aiškos, miestai orientuojasi į dviračių ir pėsčiųjų infrastruktūros gerinimą, (nepriklausomai nuo gyventojų skaičiaus ar darnumo indekso).
- Miestuose turinčiuose 20 tūkst.–50 tūkst. gyventojų, didesnis dėmesys skiriamas viešojo transporto ir bevariklio transporto (dviračiams, pėstiesiems) infrastruktūros plėtrai, tačiau, priklausomai nuo darnumo indekso, vieni investicijas skiria pėsčiųjų

ir neįgalųjų judumo infrastruktūros gerinimui (mažesnis darnumo indeksas), kiti – infrastruktūrai ir elgsenos keitimui bei įpročių formavimui (didesnis darnumo indeksas).

- Didesnieji miestai (virš 50 tūkst. gyventojų) daugiau dėmesio skiria transporto spūsčių mažinimo priemonėms, todėl jų judumo priemonių pasirinkimas įvairesnis ir priklauso nuo miesto susisiekimo sistemos. Pėsčiųjų ir dviračių infrastruktūros gerinimas, viešojo transporto skatinimas, automobilių stovėjimo vietų valdymas, viešųjų erdvių patrauklumo didinimas – tai priemonės skirtos visų socialinių grupių didžiuosiuose miestuose judumo gerinimui, tačiau pastebima, kad miestuose turinčiuose didesnę procentą darbingo amžiaus jaunų žmonių, dažniau pasirenkamas alternatyvus kuro transporto skatinimas.

T. Shiau kartu su kitais mokslininkais, pasinaudodami išplėstine neapdorotų rinkinių teorija (angl. *Rough sets theory*) (Greco *et al.* 2001), identifikavo 26 didžiausią įtaką DSS turinčias judumo priemones (Shiau *et al.* 2013). Šią judumo priemonių sistemą T. Shiau kartu su J. Liu savo darbe sugrupavo pagal ekonominį, aplinkosauginį, socialinį ir energetinį aspektus ir taikant AHP metodą judumo priemonėms nustatė reikšmingumus (Shiau, Liu 2013). Tokia hierarchinė judumo priemonių sistema leidžia savivaldos institucijoms vertinti ir stebėti DSS ir matyti kurios sritys veikia ne taip efektyviai kaip turėtų.

Graikijos mokslininkai DSS vertinimui pasinaudojo EK Generalinio Direktorato transportui ir energetikai sukurta Miestų transporto lyginamosios analizės iniciatyva, kurioje gauti ir įvertinti skirtingo dydžio miestų judumo rodikliai (EC 2006b). Mokslininkai darnaus judumo priemones suskirstė pagal tris darnios plėtos sritis: ekonominį konkurencingumą, socialinę gerovę ir aplinkosaugą. Kiekvienai judumo priemonei priskiriamas rangas nuo 1 iki 5 pagal tam tikrą verčių diapazoną nurodantį priemonės reikšmingumą DSS. Šios vertės taip pat nustatytos pagal tą pačią Miestų transporto lyginamosios analizės iniciatyvą. (Karagiannakidis *et al.* 2012).

Atlikus mokslinių šaltinių analizę, įvertinus skirtingas judumo priemones ir jų derinius, autorius sudarė savo bendrą judumo priemonių rinkinį, kur judumo priemonės suskirstytos pagal darnaus vystymosi sritis – ekonominę naudą, aplinkosaugos gerinimą, socialinę lygybę (Burinskienė *et al.* 2017). Atsižvelgiant į tai, kad dauguma judumo priemonių yra reikšmingos ne vien tik pagal kažkurią iš trijų darnaus vystymosi sričių, bet tuo pat metu gali turėti didesnę ar mažesnę reikšmę keliose iš jų, autorius judumo priemonėms priskyrė didesnę arba mažesnę reikšmingumą kiekvienai iš jų. Detaliau šis procesas aprašytas 3.1 poskyryje.

1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Vertinant prieinamus mokslinius šaltinius ir atliktus tyrimus, pastebėta, kad darnių susisiekimo sistemų plėtra miestuose šiuo metu nėra detaliai išnagrinėta, todėl trūksta kokybiškų ir išsamių akademinių šaltinių. Kompensuojant šį trūkumą, galima pasinaudoti per pastarąjį dešimtmetį atliktais tyrimais ir analizėmis įgyvendinant įvairius EK finansuojamus tarptautinius projektus, kuriuose mokslininkų, praktikų, politikų, teritorijų planavimo specialistų ir kt. komandos analizavo darnaus judumo koncepciją ir jos pritaikymą miestuose.
2. Literatūros analizė parodė, kad neefektyvų miesto susisiekimo sistemų veikimą dažnu atveju lemia neracionalus miesto plėtros valdymas (miestų drika, priimami sprendimai) ir iš to kylančios problemos, pvz., oro tarša ar akustinis triukšmas, blogina miesto gyventojų gyvenimo kokybę. Neefektyvus susisiekimo sistemų veikimas pasireiškia neveiksmingų priemonių plėtra, eismo spūstimis mieste, intensyviu privataus automobilio naudojimu ir alternatyvaus susisiekimo galimybių nebūvimu.
3. Atlikus miestų susisiekimo sistemų plėtros koncepcijų analizę nustatyta, kad susisiekimo sistemų problemas spręsti padeda darnaus judumo koncepcijos plėtojimas, teigiamą poveikį turinčių judumo priemonių naudojimas ir išmaniųjų technologijų taikymas susisiekimo infrastruktūroje.
4. Siekiant pakeisti tradicinio susisiekimo sistemų planavimo praktiką, darnių susisiekimo sistemų planavimo procesas turi būti integruotas į visų susijusių sektorių politinių dokumentų rengimą.
5. Literatūros analizė parodė, kad nėra vieno efektyvaus judumo priemonių atrankos proceso, leidžiančio racionaliai valdyti investicijas ir pasiekti didžiausią galimą teigiamą poveikį. Praktikoje taikomi įvairūs judumo priemonių atrankos ir vertinimo būdai (didžiausią poveikį turinčių judumo priemonių rinkiniai, judumo priemonių pagrindu sudaryti judumo indeksai, darnaus judumo priemonių vertinimas per aplinkosauginį, ekonominį ir socialinį aspektus), kurie pasižymi savais privalumais ir trūkumais.

Darbo tikslui pasiekti formuojami šie uždaviniai:

1. Sudaryti DSS plėtros vertinimo koncepcinį modelį remiantis judumo priemonių atrankos ir vertinimo metodais, kompleksiskai analizuojant darnios plėtros kontekste.
2. Atliktos literatūros analizės pagrindu, sudaryti efektyvių judumo priemonių sąrašą ir jų rinkinius. Nustatyti judumo priemonių reikšmingumus pagal skirtingus miestų tipus.

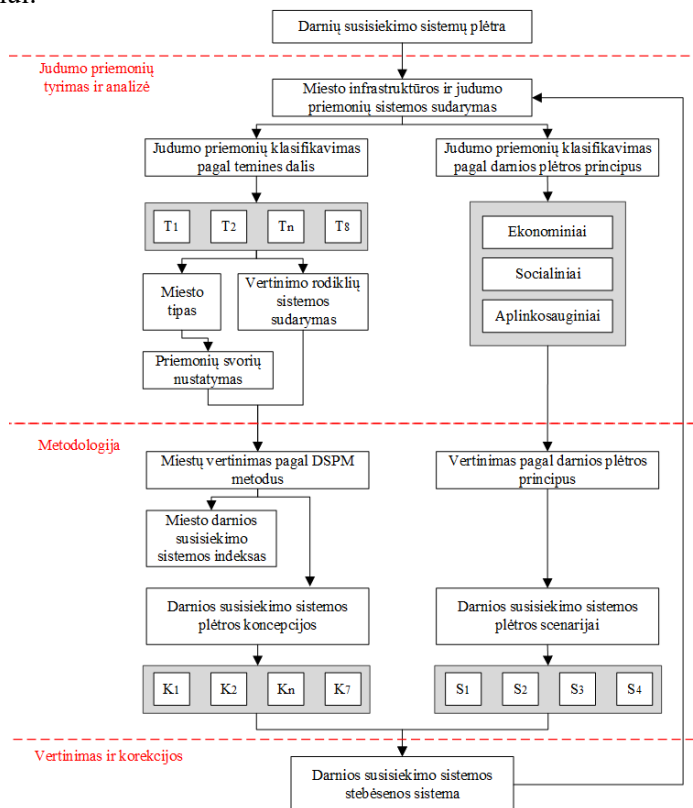
3. Remiantis atliktomis analizėmis, sudaryti DSS plėtros koncepcijas ir scenarijus.
4. Pasiūlyti ir praktiškai pritaikyti daugiakriterius sprendimo paramos metodus (toliau – MCDM) DSS vertinimui pagal skirtingus miestų tipus.
5. Sukurti DSS plėtros rekomendacijų sistemą racionaliam judumo priemonių naudojimui.
6. Atliktų analizių ir skaičiavimų pagrindu, pasiūlyti miestų darnių susisiekimo sistemų stebėsenos sistemą.

Miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių vertinimo koncepcinis modelis

Skyriuje pateikiamas autoriaus siūlomas susisiekimo sistemų plėtros vertinimo koncepcinis modelis. Aprašomi DSS judumo priemonių rinkiniai ir jų sudarymo principai, ekspertinio vertinimo metu nustatyti judumo priemonių ir teminių dalių reikšmingumai. Nagrinėjami MCDM: kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (COPRAS), variantų racionalumo nustatymo artumo idealiajam taškui metodas (TOPSIS), vertinimu remiantis optimalia varianto reikšme metodas (ARAS), vertinimo remiantis atstumu nuo vidutinio sprendimo metodas (EDAS), pateikiami šių metodų sprendimo algoritmai ir matematiniai aprašai, sudaroma MCDM vertinimui reikalingų alternatyvių rodiklių sistema. Aprašomi DSS plėtros koncepcijų ir plėtros scenarijų sudarymo principai, bei sudaroma DSS stebėsenos sistema. Skyriaus tematika kartu su bendraautoriais paskelbtas vienas autoriaus straipsnis (Damidavičius *et al.* 2019).

2.1. Miestų susisiekimo sistemos plėtos vertinimo koncepcinis modelis

Miestų susisiekimo sistemų plėtra yra svarbi miesto ekonominiam vystymuisi, socialinių paslaugų užtikrinimui, galimybei judėti žmonėms ir užtikrinti prekių bei paslaugų tiekimą. Susisiekimo infrastruktūros plėtrai reikia didelių finansinių investicijų, ilgo įgyvendinimo termino, nuolatinės priežiūros ir remonto, todėl susisiekimo sistemas svarbu planuoti žinant konkretų numatomų diegti priemonių poveikį ir efektyvumą. Taip pat, atsižvelgiant į dedamas dideles pastangas mažinti transporto taršos poveikį aplinkai bei klimato kaitai, planuojama infrastruktūra turi atitikti darnios plėtos aspektus – teikti ekonominę naudą, prisidėti prie aplinkosaugos rodiklių gerinimo ir užtikrinti socialinę lygybę kokybiškų kelionių pasirinkimui.



2.1 pav. Miestų susisiekimo sistemos plėtos vertinimo koncepcinis modelis (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.1. The conceptual model for assessing urban mobility system development (created by author)

Siekiant susisieikimo sistemas planuoti darniai, įvertinant visus paminėtus aspektus, buvo sukurtas miestų susisieikimo sistemų plėtos vertinimo koncepcinis modelis, kompleksiskai analizuojantis susisieikimo sistemų poveikį pagal darnios plėtos principus, bei pasirinktų judumo priemonių veiksmingumą ir poveikį (2.1 pav.). Šio modelio komponentai detalizuojami sekančiuose disertacijos skyriuose.

Susisieikimo sistemų plėtos vertinimo koncepcinis modelis priklauso nuo jo atskirų procesų ir sprendimų skirtingo tipo miestuose, pirminio judumo priemonių sąrašo sudarymo, pasirenkamų judumo priemonių vertinimo rodiklių ir miestų strategijos bei vizijos. Remiantis šiuo modeliu, susisieikimo specialistai, sprendimų priėmėjai, konsultantai, teritorijų planuotojai ir kiti suinteresuoti subjektai, gali suprojektuoti skirtingus DSS plėtos variantus pagal pasirinktą koncepciją, juos įvertinti ir pasirinkti didžiausią poveikį turinčius. Modelyje pasirinktų nagrinėti judumo priemonių pagrindu, galima sugeneruoti potencialiausią plėtos scenarijų, kurį atitinka miesto DSS plėtra. Tai leidžia identifikuoti kokio poveikio tikėtis ir kokių judumo priemonių ieškoti norint pasiekti užsibrėžtus tikslus. Priimtų sprendimų ir įgyvendinamų judumo priemonių poveikiui vertinti modelyje pateikiama stebėsenos sistema, leidžianti laiku identifikuoti judumo priemones ar jų rinkinius, kurie pagal lokalią situaciją nesukuria laukiamo rezultato ar poveikio.

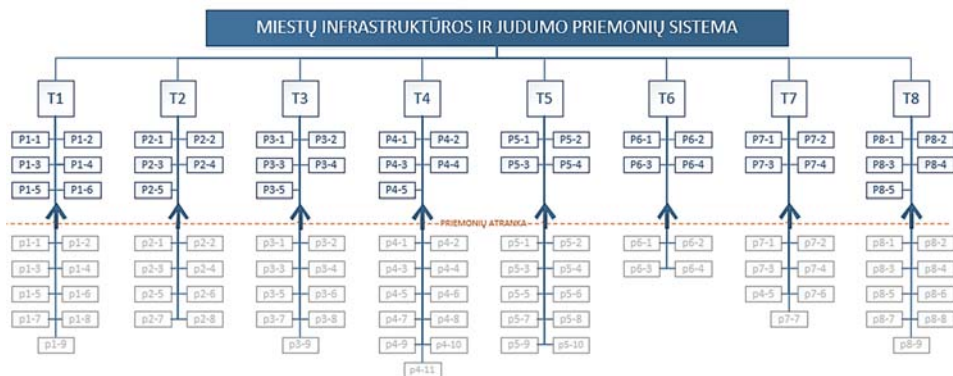
2.2. Miestų susisieikimo sistemos judumo priemonių rinkinio sudarymas ir jo taikymas

Mokslininkai kartu su transporto specialistais, vietos savivaldos atstovais ir įvairioms tyrimų agentūroms pradėjo kurti ne vieną susisieikimo sistemų efektyvumo ir ekonomiškumo įvertinimo sistemą, kuriomis siekiama nustatyti didžiausią teigiamą poveikį turinčias judumo priemones ir jų ekonominę naudą. 1.5 poskyryje atliktos analizės pagrindu, sudarytas judumo priemonių sąrašas, kuriame atrinktos judumo priemonės analizės metu buvo vertinamos teigiamai, turinčios reikšmingą poveikį susisieikimo sistemai. Taip pat, ekspertinio vertinimo būdų, atrinktoms judumo priemonėms buvo nustatyti reikšmingumai susisieikimo sistemos plėtrai. Reikšmingumai buvo nustatinėjami pagal temines dalis ir atsižvelgiant į tris skirtingus miestų tipus.

2.2.1. Miestų susisieikimo infrastruktūros ir judumo priemonių rinkinys

Atlikus mokslinės literatūros apžvalgą, įvertinus parengtus tarptautinius projektus ir juose sudarytus judumo priemonių rinkinius, buvo atrinktos 66 judumo

priemonės. Šios judumo priemonės pagal savo poveikio tipą buvo suskirstytos pagal 8 temines dalis: Viešojo transporto skatinimas (T1), Bevariklio transporto integracija (T2), Eismo sauga ir saugumas (T3), Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas (T4), Miesto logistika (T5), Transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis (T6), Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas (T7), Intelektinių transporto sistemų diegimas (T8). Tokią gausą judumo priemonių būtų sunku tinkamai įvertinti, todėl būtina mažinti ir apsiriboti mažesniu kiekiu. Ekspertizės būdu, pagal nacionalinį kontekstą, buvo atrinktos tos judumo priemonės, kurios yra aktualios ir realiai įgyvendinamos Lietuvoje, t. y. judumo priemonių atranką atliko autorius pagal parengtus DJMP, iškeltus nacionalinius susisiekiimo sektoriaus tikslus ir konsultuodamasis su suinteresuotais subjektais. Atlikus judumo priemonių atranką ir eliminavimą, jų liko 38 (2.2 pav.). Tyrime naudotos judumo priemonės ir jų aprašymas pateikiami 2.1 lentelėje.



2.2 pav. Tyrime naudotų judumo priemonių rinkinys (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.2. Package of mobility measures used in the study (created by author)

Tolimesnei judumo priemonių analizei taikomas ekspertų vertinimo metodas, kuris leidžia apibendrintą ekspertų grupės nuomonę priimti kaip galimą problemos sprendimą. V. Podvezko (2005) savo darbe pabrėžia, kad atliekant vertinimą svarbu įvertinti ir ekspertų nuomonių prieštaringumą, nes ekspertų nuomonės ir požiūris dėl judumo priemonių poveikio gali skirtis.

Subjektyvus judumo priemonių reikšmingumas buvo nustatinėjamas apklausiant darnaus judumo ekspertus, transporto specialistus, akademikus, savivaldybių administracijų (Strateginės plėtros, Investicijų, Ūkio, Architektūros ir urbanistikos, Transporto skyrių) atstovus, konsultantus, suinteresuotų institucijų atstovus ir nevyriausybinių organizacijų atstovus, kurie turėjo turėti patirtį dirbant su darniu judumu ir miestų planavimu bei infrastruktūrinių priemonių įgyvendinimu.

2.1 lentelė. Atrinktos judumo priemonės ir jų aprašymas**Table 2.1.** Selected mobility measures and their description

Kodas	Judumo priemonė	Aprašymas
1	2	3
T1 – Viešojo transporto skatinimas		
P1-1	Patogūs viešojo transporto tvarkaraščiai	Dažnesni viešojo transporto maršrutai skatina aktyviau naudotis šiomis paslaugomis. Trumpas laukimo laikas stotelėse turi didelę įtaką pasirenkant keisti viešojo transporto maršrutus, tuo pačiu trumpėja kelionės laikas.
P1-2	Viešojo transporto juostos	Viešojo transporto prioritetinės sistemos, leidžiančios kelionės greičiu konkuruoti su privačiais automobiliais.
P1-3	Kelionės bilieto kainos lygis	Biletų kainos apibūdinamos kaip piniginis mokestis už kelionę viešuoju transportu. Kuo kaina mažesnė, tuo naudotojų skaičius didesnis.
P1-4	Greitasis viešasis transportas	Tai viešojo transporto sistema, kuria keleiviams siekiama užtikrinti greitesnę ir patogesnę kelionę nei įprastais autobusais. Dažnai šioms sistemoms sukuriami fiziškai atskirti infrastruktūra.
P1-5	Viešojo transporto stotelės ir terminalai	Viešojo transporto stotelės ir terminalai, turintys visą būtiną infrastruktūrą (pvz., stogines, suolus, laukimo pavidalus, informacinius tablo, t.t.).
P1-6	Viešojo transporto tinklas	Lengvai prieinamas ir pasiekiamas viešojo transporto tinklas aptarnaujantis miesto gyventojus.
T2 – Bevariklio transporto integracija		
P2-1	Pėsčiųjų takai.	Pėsčiųjų takų tinklo plėtra ir rekonstrukcija užtikrinti saugias bei patrauklias pėsčiųjų sąlygas.
P2-2	Dviračių takai	Dviračių takų tinklo plėtra ir rekonstrukcija, apimančios tam tikrą vietovę ar miestą.
P2-3	Dviračių statymo ir laikymo infrastruktūra	Saugaus dviračių laikymo infrastruktūra mieste leidžianti aktyviau naudoti dviračius kaip pagrindinę susisiekimo priemonę.
P2-4	Dviračių dalijimosi sistema	Dviračių dalijimosi sistema siekiama, kad dviratis taptų nemokama arba įperkama miesto susisiekimo priemone, kuri padėtų mažinti privačių automobilių eismo didėjimą ir su tuo susijusias taršos ir spūsčių problemas.
P2-5	Apšviesti dviračių ir pėsčiųjų takai	Apšviesta bevariklio transporto infrastruktūra gerina gyvenimo ir susisiekimo po miestą patirtį.
T3 – Eismo sauga ir saugumas		
P3-1	Eismo stebėjimo kameros	Šalia arba virš kelio įrengtos kameros, skirtos nustatyti vairuotojų nusižengimus, įskaitant greičio viršijimą, transporto priemonės važiuojančias degant raudonam šviesoforo signalui, važiuojančias per rinkliavos postus nesumokėjus, neleistiną naudojimąsi viešojo transporto juostomis ir kt.
P3-2	Saugios sankryžos	Sankryžos, kurios dėl didelio eismo įvykių skaičiaus pertvarkomos į saugesnes žiedines ar šviesoforines.
P3-3	Saugios pėsčiųjų ir dviratininkų perėjos	Įvairių rūšių pėsčiųjų perėjos – nuo reguliuojamų šviesoforais pėsčiųjų perėjų iki didesnių infrastruktūros investicijų, įskaitant pėsčiųjų tiltus, požemines perėjas.

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3
P3-4	Kokybiškos dangos gatvės	Keliuose jaučiamas nusidėvėjimas dėl transporto priemonių naudojimo ir avarių, oro ir kitų gamtos reiškinių poveikio, kurie mažina eismo saugumą.
P3-5	Lėto eismo zonos	Greičio apribojimas, mažo greičio užtikrinimas ir kelio ženklavimas.
T4 – Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas		
P4-1	Sąmoningumo didinimo kampanijos, renginiai ir šviečiamoji veikla	Informavimo kampanija ir renginiai, kuriais siekiama pagerinti visuomenės supratimą apie problemas, kylančias dėl transporto eismo augimo ir keliavimo įpročių poveikio, taip pat perteikiant siekius spręsti šias problemas, įskaitant savo keliavimo įpročių keitimą.
P4-2	Automobilių stovėjimo vietos	Viešos automobilių stovėjimo vietos bei stovėjimo aikštelės (daugiaaukštės, antžeminės ir požeminės). Jų eksploatavimas daro didelę įtaką privačių automobilių naudojimui. Siekiama racionalaus ir paskaičiuoto vietų skaičiaus optimizavimo.
P4-3	Automobilio stovėjimo kainų lygis	Rinkliava už automobilių stovėjimą, kurią vairuotojai moka už naudojimąsi stovėjimo aikštelėmis tam skirtose aikštelėse arba nustatytose vietose.
P4-4	Automobilių dalijimosi sistema	Automobilių dalijimasis yra judumo paslauga, kai žmonės moka už tam tikrą laiką naudojantis automobiliu (valandą, dieną, savaitę ir t. t.), o automobilis priklauso individualiai įmonei, kuri vykdo šią paslaugą komerciniais pagrindais.
P4-5	Privataus ir viešojo transporto jungties aikštelės	Tai integruoto susisieikimo forma kai privačių automobilių naudotojams suteikiama galimybė statyti savo transporto priemones specialioje automobilių stovėjimo aikštelėje ir po miestą nemokamai keliauti viešuoju transportu.
T5 – Miesto logistika		
P5-1	Sunkiasvorio transporto eismo ribojimas	Siekiant išvengti spūsčių pagrindiniuose miesto maršrutuose, įgyvendinamas draudimas važiuoti sunkiasvorėmis krovininėmis transporto priemonėmis.
P5-2	Konsoliduoti prekių iškrovimo taškai	Priemone siekiama krovininių vežimo tikslinėje teritorijoje mažinimo, skatinant krovininių vežimo konsolidavimą – iškrovimą viename ar keliuose miesto terminaluose, toliau kelionę tęsiant mažomis transporto priemonėmis (dažnu atveju - ekologiškomis).
P5-3	Transporto priemonių eismo ribojimai	Eismo ribojimo priemonės tam tikrose gatvėse ar zonose.
P5-4	Aplinkkeliai	Aplinkkeliais siekiama nukreipti transporto priemonių eismą, didinant tranzitinio eismo laidumą aplinkkeliais ir mažinant eismo intensyvumą miesto centre.
T6 – Transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis		
P6-1	Susisieikimo infrastruktūra pritaikyta specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	Taktinės ir išpėjamosios priemonės gerinančios SPTŽ judumą.

2.1 lentelės pabaiga

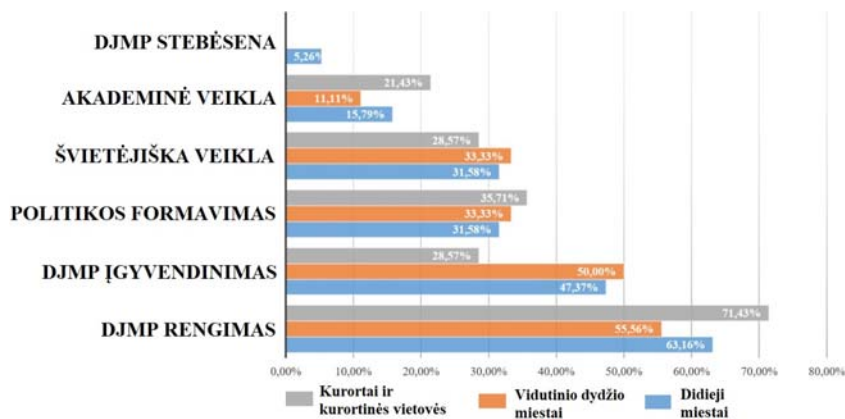
1	2	3
P6-2	Pagrindinių viešojo transporto objektų prieinamumas specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	Pritaikytos viešojo transporto stotelės, terminalai, stotys, turinčios būtinąją infrastruktūrą – vedimo ir išpėjamąją infrastruktūrą, lengvai pasiekiamus tvarkaraščius.
P6-3	Bendros erdvės	Tai miesto dizaino metodas, kuris sumažina kelių eismo dalyvių rūšių atskyrimą. Tai daroma šalinant tokias priemones kaip šaligatviai, kelio paviršiaus ženklavimas, kelio ženklai ir šviesoforai
P6-4	Viešojo transporto priemonės pritaikytos specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	Viešojo transporto priemonės, kuriose yra įrengtos specialios vietos specialiųjų poreikių turintiems žmonėms, garsinė ir vaizdinė informacija.
T7 – Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas		
P7-1	Alternatyvaus kuro viešasis transportas	Skatinimas naudoti ekologiškas viešojo transporto priemones
P7-2	Alternatyvaus kuro įkrovimo ar užpildymo infrastruktūra	Infrastruktūra skirta skatinti ekologiškų transporto priemonių naudojimą.
P7-3	Mažų emisijų zonos	Mažų emisijų zonos yra sritys, į kurias gali patekti tik tos transporto priemonės, kurios išmeta mažai teršalų. Šių zonų diegimas dažniausiai būna miestų centrinėse dalyse, kur tankus apgyvendinimas, didelis eismo intensyvumas, oro tarša turi didelį poveikį.
P7-4	Alternatyvaus kuro transporto priemonių naudojimo skatinimas	Priemonės, kuriomis skatinama rinktis alternatyvaus kuro privačias transporto priemones, pvz., nemokamas automobilių statymas, taršos mokesčių netaikymas ir pan.
T8 – Intelektinių transporto sistemų diegimas		
P8-1	Išmaniųjų šviesoforų sistema	Tai transporto priemonių eismo valdymo sistema, kuri sujungia tradicinius šviesoforus su daugybe jutiklių ir dirbtiniu intelektu, kad išmaniai sureguliuotų transporto priemonių ir pėsčiųjų eismą.
P8-2	Integruotas viešojo transporto bilietas	Integruotas viešojo transporto bilietas leidžia keleiviui persėsti tarp skirtingų viešojo transporto rūšių naudojant vieną bilietą visai kelionei.
P8-3	Viešojo transporto prioriteto sankryžos	Siekiant, kad viešojo transporto kelionės laikas būtų konkurencingas atsižvelgiant į atskirų transporto priemonių kelionės laiką, sankryžose užtikrinama pirmenybė viešajam transportui.
P8-4	Realaus laiko keleivių informacinės švieslentės	Realaus laiko keleivių informavimo sistemos leidžia keleiviams žinoti tikslų viešojo transporto maršrutų laiką, maršrutų pakitimus, detalesnę informaciją apie viešojo transporto priemones.
P8-5	Spūsčių mokesčio sistema	Taikoma kintama spūsčių mokesčio sistema centrinėse miesto vietovėse, ten kur piko metu susidaro didžiausios eismo spūstys.

Vykdamt didžiųjų miestų (DM) judumo priemonių poveikio reikšmingumų nustatymo apklausą, buvo apklausti 19 ekspertų, iš kurių 63 proc. dalyvauja darnaus judumo planų rengime, 47 proc. darnaus judumo planų įgyvendinime, po 32 proc. užsiima darnaus judumo švietėjiška veikla bei dalyvauja politikos formavime ir 16 proc. respondentų dalyvauja akademinėje veikloje. Vienas ekspertas papildomai nurodė, kad dalyvauja darnaus judumo mieste planų stebėsenos proceso veikloje.

Vykdamt vidutinio dydžio miestų (VM) judumo priemonių poveikio reikšmingumų nustatymo apklausą, buvo apklausti 18 ekspertų, iš kurių 56 proc. dalyvauja darnaus judumo planų rengime, 50 proc. darnaus judumo planų įgyvendinime, po 33 proc. užsiima darnaus judumo švietėjiška veikla bei dalyvauja politikos formavime ir 11 proc. respondentų dalyvauja akademinėje veikloje.

Vykdamt kurortų ir kurortinių (KM) vietovių judumo priemonių poveikio reikšmingumų nustatymo apklausą, buvo apklausti 14 ekspertų, iš kurių 71 proc. dalyvauja darnaus judumo planų rengime, po 29 proc. darnaus judumo planų įgyvendinime ir užsiima darnaus judumo švietėjiška veikla, 36 proc. dalyvauja politikos formavime ir 21 proc. respondentų dalyvauja akademinėje veikloje.

Apklausos parodė, kad parinkti respondentai dažniausiai su darniu judumu susiję daugiau nei vienoje srityje, pavyzdžiui, ekspertas dalyvauja darnaus judumo planų rengime ir tuo pačiu užsiima švietėjiška veikla, todėl toks ekspertų suinteresuotumas ir patirtis leidžia tikėtis kokybiško ir reprezentatyvaus vertinimo. Ekspertų apklausos rezultatai pateikti A priede. Apklausų ekspertų pasiskirstymas pagal jų veiklas pateikiamas 2.3 paveiksle.



2.3 pav. Apklausose dalyvavusių ekspertų pasiskirstymas pagal jų veiklas (sudaryta autoriaus)

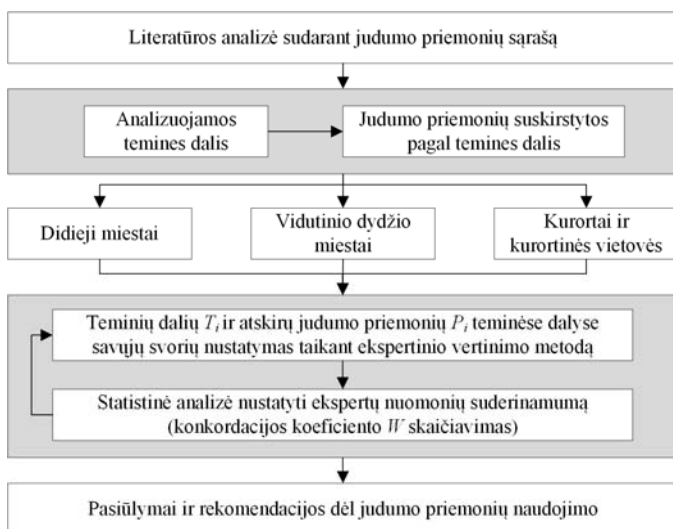
Fig. 2.3. Distribution of experts in surveys according to their activities (created by author)

2.2.2. Ekspertinio vertinimo tvarka ir svarbiausių miestų susisiekimo infrastruktūros ir judumo priemonių atranka

Ekspertų buvo prašoma pagal parengtas apklausas įvertinti temines dalis ir pagal šias temines dalis suskirstytas judumo priemones ($T_i = [T1, T2, \dots, T8]$; $P_i = [P1-1, P1-2, \dots, P8-5]$) (toliau visi kartu – vertinamos priemonės) ir atsakyti į užduotus klausimus:

- kurios teminės dalys yra svarbiausios plėtojant darnias susisiekimo sistemas?
- kurios judumo priemonės turi didžiausią poveikį darniai miesto susisiekimo sistemų plėtrai?

Apklausa buvo vykdoma pagal tris miestų tipus, t. y. tas pats teminių dalių ir judumo priemonių sąrašas skirtingai vertinamas pagal DM, VM ir KM charakteristikas. Vertinamos priemonės ranguojamos pagal svarbą, kur didžiausią reikšmę turinčiai vertinamai priemonei skiriamas aukščiausias galimas balas (pagal teminių dalių skaičių arba judumo priemonių skaičių teminėje dalyje), o mažiausią reikšmę turinčiai vertinamai priemonei skiriamas mažiausias balas (visais atvejais = 1). Šis ekspertų vertinimas rodo ekspertų teikiamą pirmenybę teminėms dalims ir atskirų teminių dalių judumo priemonėms, o remiantis suteiktais rangais, nustatyti jų svoriai. Vertinamų priemonių vertinimo algoritmas pateikiamas 2.4 paveiksle.



2.4 pav. Teminių dalių ir pagal jas suskirstytų judumo priemonių vertinimo algoritmas (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.4. Algorithm for evaluation of thematic parts and their breakdown of mobility tools (created by author)

Atlikus ekspertinę apklausą, reikia įvertinti ekspertų nuomonių suderinamumą. Skaičiuojant koreliacijos koeficientą galima nustatyti ar dviejų ekspertų nuomonės suderintos, tačiau jei ekspertų skaičius yra didesnis, nuomonių suderinamumas skaičiuojamas pagal konkordacijos koeficientą W (Kendall 1970, Kendall, Gibbons 1990, Zavadskas *et al.* 1994, Zavadskas, Vilutiene 2006, Jakimavičius *et al.* 2016).

Pirmiausia nustatoma kiekvienos vertinamos priemonės rangų suma pagal (2.1) formulę:

$$P_j = \sum_{k=1}^r P_{jk}, \quad (2.1)$$

čia P_{jk} – k -tojo eksperto j -ajam vertinamai priemonei suteiktas vertinimas, k – ekspertų autoriteto koeficientas.

Toliau paskaičiuojama vidutinė vertinamos priemonės reikšmė pagal (2.2) formulę:

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{k=1}^r P_{jk}}{r}, \quad (2.2)$$

čia r – ekspertų skaičius.

Nustatoma kiekvienos vertinamos priemonės įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma pagal (2.3) formulę:

$$S = \sum_{j=1}^m (P_j - \bar{P})^2, \quad (2.3)$$

čia m – vertinamų priemonių skaičius.

Vidutinė visų vertinamų priemonių rangų suma skaičiuojama pagal (2.4) formulę:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^m P_{jk}}{m}, \quad (2.4)$$

Konkordacijos koeficientas W skaičiuojamas pagal (2.5) formulę (Kendall 1975):

$$\chi^2 = W \cdot r \cdot (m - 1) = \frac{12S}{r \cdot m \cdot (m + 1)}. \quad (2.5)$$

Jei χ^2 apskaičiuotas pagal (2.5) formulę yra didesnis nei χ^2_{lent} pagal lentelę, gautą iš platinio χ^2 lentelės su tam tikru laisvės laipsniu $v = m - 1$, ir imant reikšmingumo lygį $\alpha = 0,05$ (dažniausiai praktikoje taikoma α reikšmė), laikoma, kad ekspertų nuomonės suderintos.

Skaičiuojant vertinamų priemonių reikšmingumus, geriausia vertė yra didžiausia skaitinė išraiška (Gudienė *et al.* 2014, Ginevičius *et al.* 2013). Vertinamų priemonių reikšmingumai skaičiuojami pagal (2.6) formulę:

$$\bar{q}_j = \frac{\bar{P}_j}{\sum_{i=1}^m P_j} \cdot \quad (2.6)$$

Apskaičiuotų vertinamų priemonių reikšmingumo rodiklių suma lygi 1. Reikšmingumas nurodo kiek kartų viena vertinama priemonė yra svarbesnė už kitą vertinamą priemonę. Pasinaudojus tuo, galima vykdyti tolesnę vertinamų priemonių atranką ir pasirinkti tik tas vertinimo priemones, kurios turi didžiausią reikšmę kiekvienoje numatytoje grupėje.

Vertinamų priemonių ekspertinio vertinimo reikšmingumai, pagal visus 3 miestų tipus, pateikiami 2.2 lentelėje. Skaičiavimai ir vertinimo parametrai pateikti A priede.

2.2 lentelė. Teminių dalių ir judumo priemonių reikšmingumai pagal didžiuosius miestus, vidutinio dydžio miestus, kurortus ir kurortines vietas.

Table 2.2. Significance of thematic parts and mobility measures by cities/towns types

Vertinimo rodiklis	Didieji miestai	Vidutinio dydžio miestai	Kurortai ir kurortinės vietovės
1	2	3	4
Teminės dalys			
T1	0,181	0,156	0,129
T2	0,139	0,141	0,159
T3	0,162	0,156	0,175
T4	0,148	0,142	0,145
T5	0,086	0,115	0,083
T6	0,115	0,116	0,115
T7	0,072	0,085	0,109
T8	0,096	0,088	0,085
T1 – Viešojo transporto skatinimas			
P1-1	0,208	0,209	0,211
P1-2	0,188	0,132	0,139
P1-3	0,095	0,180	0,153
P1-4	0,183	0,119	0,116
P1-5	0,120	0,148	0,160
P1-6	0,206	0,212	0,221
T2 – Bėmutorio transporto integracija			
P2-1	0,260	0,256	0,238

2.2 lentelės pabaiga

1	2	3	4
P2-2	0,263	0,263	0,267
P2-3	0,147	0,174	0,181
P2-4	0,133	0,115	0,114
P2-5	0,196	0,193	0,200
T3 – Eismo sauga ir saugumas			
P3-1	0,151	0,170	0,105
P3-2	0,246	0,241	0,233
P3-3	0,260	0,263	0,310
P3-4	0,123	0,141	0,171
P3-5	0,221	0,185	0,181
T4 – Eismo organizavimas ir judumo valdymas			
P4-1	0,256	0,256	0,233
P4-2	0,154	0,215	0,262
P4-3	0,242	0,222	0,219
P4-4	0,137	0,170	0,181
P4-5	0,211	0,137	0,105
T5 – Miesto logistika			
P5-1	0,179	0,167	0,236
P5-2	0,189	0,289	0,229
P5-3	0,337	0,328	0,343
P5-4	0,295	0,217	0,193
T6 – Specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis			
P6-1	0,321	0,333	0,300
P6-2	0,232	0,267	0,314
P6-3	0,174	0,144	0,207
T7 – Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas			
P7-1	0,305	0,328	0,307
P7-2	0,184	0,233	0,321
P7-3	0,316	0,217	0,200
P7-4	0,195	0,222	0,171
T8 – Intelektinių transporto sistemų diegimas mieste			
P8-1	0,235	0,244	0,271
P8-2	0,196	0,211	0,214
P8-3	0,253	0,226	0,186
P8-4	0,154	0,200	0,214
P8-5	0,161	0,119	0,114

Skaičiavimai parodė, kad apklausose dalyvavusių ekspertų nuomonės visuose apklausose buvo suderintos;

Analizuojant teminių dalių rezultatus, pastebėta, kad DM ir VM teminių dalių reikšmingumo eiliškumas pirmose 5 pozicijose yra identiškas pradedant nuo reikšmingiausios, t. y. T1, T3, T4, T2, T6. KM vertinime pirmąsias 5 pozicijas taip pat užima tos pačios teminės dalys, tik skiriasi išsidėstymo eiliškumas – T3, T2, T4, T1, T6. Šių 5 teminių dalių reikšmingumai, visų tipų miestuose, sudaro daugiau nei 70 proc. – DM 74,6 proc., VM 71,2 proc., KM 72,2 proc. Pirmosios

trys reikšmingiausios teminės dalys visų tipų miestuose sudaro beveik 50 proc. vertės – DM 49,1 proc., VM 45,5 proc., KM 44,8 proc. Planuojant DSS investicijų kryptis, rekomenduojama atsižvelgti į teminių dalių reikšmingumus ir didžiausią dėmesį skirti 3-5 reikšmingiausioms teminėms dalims. Taip pat šis vertinimas parodė, kad Miesto logistikos, Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimo ir Intelektinių transporto sistemų diegimo teminės dalys vis dar nėra pakankamai gerai išnagrinėtos ir šios temos mažai plėtojamos, todėl kyla rizika, kad šių teminių dalių judumo priemonės nebus tinkamai apsvarstytos plėtojant DSS.

Analizuojant T1 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad VM ir KM judumo priemonių reikšmingumų eiliškumas yra labai panašus ir tuo pačiu labai skiriasi nuo DM. Labai reikšmingų ar mažai reikšmingų judumo priemonių nėra nei vieno tipo mieste, reikšmingumai proporcingai mažėjantys. Atsižvelgiant į tai, galima daryti išvadą, kad Viešojo transporto skatinimo teminės dalies judumo priemonių įgyvendinimas turėtų būti kompleksiškas, o poveikis pasiektas įgyvendinus visas judumo priemones lygiagrečiai.

Analizuojant T2 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų judumo priemonių reikšmingumų eiliškumas yra toks pat, skiriasi tik pačių judumo priemonių reikšmingumai. Labai reikšmingų ar mažai reikšmingų judumo priemonių nėra nei vieno tipo mieste, reikšmingumai proporcingai mažėjantys. Atsižvelgiant į tai, galima daryti išvadą, kad Bevariklio transporto integracijos teminės dalies judumo priemonių įgyvendinimas turėtų būti kompleksiškas, o poveikis pasiektas įgyvendinus visas judumo priemones lygiagrečiai.

Analizuojant T3 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų judumo priemonių reikšmingumų eiliškumas yra labai panašus, KM skiriasi tik dviejų paskutinių judumo priemonių pozicijos ir visų judumo priemonių reikšmingumai. Taip pat pastebėta, kad KM stipriai reikšminga yra judumo priemonė P3-3 (Saugios pėsčiųjų ir dviratininkų perėjos), 31 proc., bei mažai reikšminga P3-1 (Eismo stebėjimo kameros), 10,5 proc.

Analizuojant T4 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų reikšmingumų eiliškumas yra labai skirtingas. DM stipriai reikšmingos 3 judumo priemonės (P4-1 (Sąmoningumo didinimo kampanijos, renginiai ir reklaminė veikla), P4-3 (Automobilio stovėjimo kainų lygis), P4-5 (Privataus ir viešojo transporto jungties aikštelės)), kurios sudaro 70 proc. vertės. VM ir KM labai reikšmingų ar mažai reikšmingų judumo priemonių nėra, reikšmingumai proporcingai mažėjantys. Atsižvelgiant į tai, galima daryti išvadą, kad šių tipų miestuose Eismo organizavimo ir judumo valdymo teminės dalies judumo priemonių įgyvendinimas turėtų būti kompleksiškas, o poveikis pasiektas įgyvendinus visas judumo priemones lygiagrečiai.

Analizuojant T5 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų reikšmingumų eiliškumas yra labai skirtingas. DM stipriai reikšmingos 2 judumo priemonės (P5-3 (Transporto priemonių eismo ribojimai), P5-4 (Aplinkkeliai)) sudarančios 63,2 proc. vertės, VM mažai reikšminga P5-1 judumo priemonė (Prekes pristatančio transporto eismo ribojimas piko metu), 16,7 proc., KM stipriai reikšminga P5-3 judumo priemonė (Transporto priemonių eismo ribojimai), 34,3 proc.

Analizuojant T6 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad DM ir VM miestų reikšmingumų eiliškumas yra labai panašus ir tuo pačiu labai skiriasi nuo KM. DM ir VM mažai reikšminga P6-3 judumo priemonė (Bendrosios erdvės), kuri sudaro atitinkamai 17,4 proc. ir 14,4 proc. KM stipriai reikšmingos 2 judumo priemonės (P6-2 (Pagrindinių susisiekimo objektų prieinamumas žmonėms turintiems specialiųjų poreikių), P6-1 (Susisiekimo infrastruktūra pritaikyta žmonėms turintiems specialiųjų poreikių)), kurios sudaro 61,4 proc. vertės.

Analizuojant T7 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų reikšmingumų eiliškumas yra labai skirtingas. DM stipriai reikšmingos 2 judumo priemonės (P7-3 (Mažų emisijų zonos), P7-1 (Alternatyvaus kuro viešasis transportas)), kurios sudaro 62,1 proc. vertės. VM stipriai reikšminga P7-1 judumo priemonė (Alternatyvaus kuro viešasis transportas), 32,8 proc., KM stipriai reikšmingos 2 judumo priemonės (P7-2 (Alternatyvaus kuro įkrovimo/užpildymo infrastruktūra), P7-1 (Alternatyvaus kuro viešasis transportas)), kurios sudaro 62,9 proc. vertės.

Analizuojant T8 teminės dalies judumo priemonių vertinimo rezultatus, pastebėta, kad visų tipų miestų reikšmingumų eiliškumas yra labai skirtingas. Labai reikšmingų ar mažai reikšmingų judumo priemonių DM ir VM nėra, reikšmingumai proporcingai mažėjantys. KM mažai reikšminga P8-5 judumo priemonė (Spūsčių mokesčio sistema), 11,4 proc.

Nustatyti vertinamų priemonių reikšmingumai toliau naudojami atliekant daugiakriterį vertinimą pagal COPRAS, TOPSIS, ARAS ir EDAS metodus. Vertinimo rezultatai pateikiami 3.2 poskyryje.

2.3. Daugiakriteriams sprendimų paramos metodams reikalingų pradinių duomenų sudarymas

DSS vertinant MCDM vienas svarbiausių etapų judumo priemonių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas. Ne visų judumo priemonių reikšmes galime nustatyti tiesiogiai dėl jų abstraktumo, todėl reikia sudaryti judumo priemonių alternatyvių vertinimo rodiklių rinkinį, kuris leistų paskaičiuoti visų judumo priemonių reikšmes.

Judumo priemonės reikšmės nustatymui gali būti naudojamas ne vienas alternatyvus vertinimo rodiklis, o keletas jų, tai sudarytų galimybę judumo priemonės reikšmę apskaičiuoti dar tiksliau, o pasirinkti skirtingi vertinimo rodikliai leistų išvengti rezultato priklausomybės nuo renkamų duomenų homogeniškumo. Dėl didelės judumo priemonių apimties, disertacijos skaičiavimuose naudojamas alternatyvių vertinimo rodiklių rinkinys susideda iš vieno alternatyvaus vertinimo rodiklio kiekvienai judumo priemonei. 38 alternatyvių vertinimo rodiklių rinkinys pateiktas 2.3 lentelėje. Daugiau galimų alternatyvių vertinimo rodiklių pateikta 2.6 poskyryje.

Pradinių duomenų matrica pagal alternatyvius vertinimo rodiklius sudaroma analizuojant 20 Lietuvos miestų, detalai aprašytų 1.4 poskyryje. Duomenų rinkimui ir apdorojimui nagrinėjami miestų bendrieji planai, susisiekimo sistemų specialieji planai, miestų plėtros strategijos ir darnaus judumo mieste planai. Trūkstanti ekonominiai ir geografiniai duomenys surinkti iš Lietuvos statistikos departamento.

2.3 lentelė. Judumo priemonių alternatyvūs vertinimo rodikliai

Table 2.3. Alternative evaluation indicators for mobility measures

Kodas	Judumo priemonė	Alternatyvus rodiklis	Matavimo vienetai
1	2	3	4
T1 – Viešojo transporto skatinimas			
P1-1	Patogūs viešojo transporto tvarkaraščiai	Viešojo transporto priemonių skaičius maršrute	VT priemonės, vnt. / VT maršrutai, km
P1-2	Viešojo transporto juostos	Viešojo transporto juostų tankis	VT juostos, km / visas gatvių tinklas, km
P1-3	Kelionės bilieto kainos lygis	Viešojo transporto naudojimosi kaina	Vid. uždarbis, Eur. / 50 VT kelionių, Eur.
P1-4	Greitasis viešasis transportas	Greitojo viešojo transporto tinklo tankis	Greito VT maršrutai, km / visas VT tinklas, km
P1-5	Viešojo transporto stotelės ir terminalai	Viešojo transporto stotelių, turinčių būtinąją infrastruktūrą, skaičius	Geros kokybės VT stotelės, vnt. / visos VT stotelės, vnt.
P1-6	Viešojo transporto maršrutų tinklas	Viešojo transporto maršrutų tinklo tankis	VT maršrutai, km / miesto plotas, km ²
T2 – Bevariklio transporto integracija			
P2-1	Pėsčiųjų takai.	Pėsčiųjų takų, šaligatvių tankis	Pėsčiųjų infrastruktūra, km / miesto plotas, km ²
P2-2	Dviračių takai	Dviračių takų tankis	Dviračių infrastruktūra, km / miesto plotas, km ²
P2-3	Dviračių statymo ir laikymo infrastruktūra	Dviračių stovų skaičius	Dviračių stovai, vnt. / 1000 gyventojų
P2-4	Dviračių dalijimosi sistema	Dviračių dalijimosi punktų skaičius	Dviračių dalijimosi punktai, vnt. / 1000 gyventojų

2.3 lentelės tęsinys

1	2	3	4
P2-5	Apšviesti dviračių ir pėsčiųjų takai	Apšviestų dviračių ir pėsčiųjų takų tankis	Apšviesti takai, km / visas dviračių ir pėsčiųjų takų tinklas, km
T3 – Eismo sauga ir saugumas			
P3-1	Eismo stebėjimo kameros	Eismo stebėjimo kamerų skaičius	Eismo stebėjimo kameros, vnt. / visas gatvių tinklas, km
P3-2	Saugios sankryžos	Eismo įvykiai sankryžose	Eismo įvykiai sankryžose, vnt. / visi eismo įvykiai, vnt.
P3-3	Saugios pėsčiųjų ir dviratininkų perėjose	Eismo įvykiai perėjose	Eismo įvykiai perėjose, vnt. / visi eismo įvykiai, vnt.
P3-4	Kokybiškos dangos gatvės	Sutvarkytų gatvių tankis	Sutvarkytos gatvės, km / visas gatvių tinklas, km
P3-5	Lėto eismo zonos	Lėto eismo zonų tankis	Lėto eismo zonos, km / miesto plotas, km ²
T4 – Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas			
P4-1	Sąmoningumo didinimo kampanijos, renginiai ir šviečiamoji veikla	Edukacinių programų, kampanijų skaičius	Edukacinės programos, vnt. / 1000 gyventojų
P4-2	Automobilių stovėjimo vietos	Mokamų automobilių stovėjimo vietų skaičius	Mokamos automobilių stovėjimo vietos, vnt. / 1000 automobilių (M1)
P4-3	Automobilio stovėjimo kainų lygis	Automobilio stovėjimo vietos kaina	Vid. uždarbis, Eur. / Vid. dienos automobilio stovėjimo vietos kaina, Eur.
P4-4	Automobilių dalijimosi sistema	Dalijimosi automobilių skaičius	Dalijimosi automobiliai, vnt. / 1000 gyventojų
P4-5	Privatus ir viešojo transporto jungties aikštelės (P+R)	Privatus ir viešojo transporto jungties aikštelių skaičius	P+R aikštelės, vnt. / 1000 automobilių (M1)
T5 – Miesto logistika			
P5-1	Sunkiasvorio transporto eismo ribojimas	Sunkiasvorio transporto eismo ribojimo zonų tankis	Krovininio transporto eismo ribojimo zonos, km ² / miesto plotas, km ²
P5-2	Konsoliduoti prekių iškrovimo taškai	Konsoliduotų prekių iškrovimo taškų skaičius	Konsoliduoti prekių iškrovimo taškai, vnt. / 1000 gyventojų
P5-3	Transporto priemonių eismo ribojimai	Lengvojo transporto eismo ribojimo zonų tankis	Ribojamo eismo gatvių ilgis, km / visas gatvių tinklas, km
P5-4	Aplinkkeliai	Aplinkkelių ilgis	Aplinkkeliai, km / visa gatvių tinklas, km
T6 – Transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis			
P6-1	Susisiekimo infrastruktūra pritaikyta specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	Pėsčiųjų takų ir šaligatvių, turinčių vedimo ir įspėjamąją infrastruktūrą, tankis	Pritaikyta pėsčiųjų infrastruktūra, km. / visa pėsčiųjų infrastruktūra, km

2.3 lentelės pabaiga

1	2	3	4
P6-2	Pagrindinių viešojo transporto objektų prieinamumas specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	SPTŽ prieinamų viešojo transporto stotelių skaičius	Pritaikytos VT stotelės, vnt. / visos VT stotelės, vnt.
P6-3	Bendros erdvės. Tai miesto dizaino metodas, kuris sumažina kelių eismo dalyvių rūšių atskyrimą	Bendrų erdvių zonų tankis	Bendros erdvės, km ² / miesto plotas, km ²
P6-4	Viešojo transporto priemonės pritaikytos specialiųjų poreikių turintiems žmonėms	Viešojo transporto priemonių, kurios turi būtinąją infrastruktūrą SPTŽ, skaičius	Pritaikytos VT priemonės, vnt. / visos VT priemonės, vnt.
T7 – Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas			
P7-1	Alternatyvaus kuro viešasis transportas	Ekologiškų viešojo transporto priemonių skaičius	Ekologiškos VT priemonės, vnt. / visos VT priemonės, vnt.
P7-2	Alternatyvaus kuro įkrovimo ar užpildymo infrastruktūra	Ekologiško transporto įkrovimo / užpildymo infrastruktūros, skaičius	Įkrovimo/užpildymo infrastruktūra, vnt. / 1000 automobilių (M1)
P7-3	Mažų emisijų zonos	Mažų emisijų zonų tankis	Mažų emisijų zonos, km ² / miesto plotas, km ²
P7-4	Alternatyvaus kuro transporto priemonių naudojimo skatinimas	Ekologiškų transporto priemonių skaičius	Ekologiškos transporto priemonės, vnt. / 1000 automobilių (M1)
T8 – Intelektinių transporto sistemų diegimas			
P8-1	Išmaniųjų šviesoforų sistema	Šviesoforų, turinčių adaptyvius eismo valdymo daviklius, skaičius	Išmanūs šviesoforai, vnt. / visi šviesoforai, vnt.
P8-2	Integruotas viešojo transporto bilietas	Viešojo transporto rūšių, integruotų į vieno bilieto sistemą, skaičius	Integruotos VT rūšys (minimum 2), vnt. / visos VT rūšys (mažiausiai 2), vnt.
P8-3	Viešojo transporto prioriteto sankryžos	Sankryžų, turinčių viešojo transporto pirmumo sistemas, skaičius	VT pirmumo sistemas turinčios sankryžos, vnt. / visos sankryžos, vnt.
P8-4	Realaus laiko keleivių informacinės švieslentės	Viešojo transporto stotelių, turinčių realaus laiko keleivių informavimo sistemas, skaičius	VT stotelės su švieslentėmis, vnt. / visos VT stotelės, vnt.
P8-5	Spūsčių mokesčio sistema	Spūsčių mokesčių zonų tankis	Spūsčių mokesčių zonos, km ² / miesto plotas, km ²

Sudarinėjant pradinių duomenų matricą (B priedas), susidurta su problema, kad ne visi reikalingi duomenys tam tikruose miestuose yra prieinami ir renkami, nors praktikoje žinoma, kad infrastruktūra egzistuoja ir yra įrengta. Šiais retais atvejais, alternatyvaus vertinimo rodiklio skaitinė reikšmė nustatoma pagal kitų to pačio tipo miestų, to pačio alternatyvaus vertinimo rodiklio aritmetinį vidurkį. Ši prielaida daroma siekiant įvertinti alternatyvas kuo realesnėmis sąlygomis.

2.4. Darnios susisiekimo sistemos vertinimo daugiakriteriai sprendimų paramos metodai

MCDM taikymo esmė – sukurti kaupiamąjį rodiklį kiekvienos alternatyvos a_i atveju. Teminių dalių alternatyvių vertinimo rodiklių kiekybinių matų patrauklumas išreiškiamas vienetinėmis reikšmėmis (Jakimavicius *et al.* 2016; Palevicius *et al.* 2016), tai reiškia, kad apskaičiuotas dydis nusako teminės dalies patrauklumą miesto plėtrai.

Tyrimė taikomi šie MCDM metodai: COPRAS (angl. *Complex Proportional Assessment*), kurio esmė – visų judumo priemonių reikšmės galima susieti į vieną kokybinį vertinimą – metodo rodiklio reikšmę (Zavadskas, Kaklauskas 1996); TOPSIS (angl. *Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution*), kurį naudojant nustatomas atstumas iki idealiojo taško, o pasirenkama geriausia alternatyva turi mažiausią atstumą iki geriausio sprendimo ir didžiausią atstumą iki blogiausio sprendimo (Hwang, Yoon 1981); ARAS (angl. *Additive Ratio Assessment*), kur geriausia alternatyva yra arčiausiai optimalaus sprendinio (Zavadskas, Turskis 2010); EDAS (angl. *Evaluation Based on Distance from Average Solution*), kur geriausia alternatyva susijusi su atstumu nuo vidutinio sprendinio (Keshavarz Ghorabae *et al.* 2015).

COPRAS ir TOPSIS metodai sukurti ganėtinai senai (atitinkamai 1996 m. ir 1981 m.), o ARAS ir EDAS metodai dar yra pakankamai nauji (atitinkamai 2010 m. ir 2015 m.), todėl disertacijoje naudojant šiuos skirtingų laikotarpių metodus galima įvertinti ir metodų skirtumus priklausančius nuo laikotarpio.

COPRAS metodas naudojamas nuo 1996 m. jį sukūrus Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkams E. K. Zavadskui ir A. Kaklauskui (Zavadskas, Kaklauskas 1996). Jo esmė – visų rodiklių P_i reikšmės p_{ij} galima susieti į vieną kokybinį vertinimą – metodo rodiklio reikšmę. Taikant šį metodą, nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir jų svarbumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo alternatyvas apibūdinančių rodiklių sistemos, ir reikšmingumo dydžių. Skaičiuojant COPRAS metodu, pirmiausia reikia iš lyginamų variantų rodiklių gauti normalizuotus dydžius pagal (2.7) formulę. Kai turime normalizuotus dydžius, galime palyginti visus alternatyvius rodiklius tarpusavyje:

$$d_{ij} = \frac{p_{ij} \times \omega_i}{\sum_{j=1}^n p_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.7)$$

čia p_{ij} – i -tosios judumo priemonės j -ojo sprendimo alternatyvos variantas; m – judumo priemonių skaičius; n – lyginamųjų variantų skaičius; ω_i – i -tosios judumo priemonės reikšmingumas.

Toliau apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojamųjų S_{-j} ir maksimizuojamųjų S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Jos apskaičiuojamos pagal (2.8) formulę:

$$S_{\pm j} = \sum_{i=1}^m d_{\pm ij}. \quad (2.8)$$

Lyginamas variantų santykinis reikšmingumas. Šis dydis nustatomas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis. Kiekvienos varianto santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal (2.9) formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \times \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \times \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (2.9)$$

Toliau nustatoma variantų prioritetų eilės tvarka. Kuo didesnis Q_j , tuo varianto efektyvumas yra didesnis. Pagal (2.10) formulę apskaičiuojamas varianto naudingumo laipsnis:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \times 100\%, \quad (2.10)$$

čia N_j – naudingumo laipsnis, proc.

Pagal TOPSIS metodą nustatomas artumas iki idealiojo taško. Remiantis šiuo metodu, pasirinkta geriausia alternatyva, kuri turi mažiausią atstumą iki geriausio sprendimo ir didžiausią atstumą iki blogiausio sprendimo (Hwang, Yoon 1981; Podvieszko, Padvezko 2014). Šis metodas pasižymi universaliu matematiniu algoritmu, todėl labai plačiai taikomas inžinerinių mokslų darbuose (Aloini 2018; Parfenova *et al.* 2016; Palevicius *et al.* 2017; Jakimavicius *et al.* 2016).

Rodikliai normalizuojami pagal (2.11) formulę:

$$\bar{p}_{ij} = \frac{p_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n p_{ij}^2}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.11)$$

čia p_{ij}^2 – i -tosios judumo priemonės j -ojo objekto normalizuotoji reikšmė.

Geriausias sprendinys (variantas) V^* ir blogiausias – V^- skaičiuojami pagal (2.12) ir (2.13) formules:

$$V^* = \{V_1^*, V_2^*, \dots, V_m^*\} = \left\{ \left(\frac{\max_j \omega_i \times \bar{p}_{ij}}{i \in I_1}, \frac{\min_j \omega_i \times \bar{p}}{i \in I_2} \right) \right\}; \quad (2.12)$$

$$V^- = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_m^-\} = \left\{ \left(\frac{\max_j \omega_i \times \bar{p}_{ij}}{i \in I_1}, \frac{\min_j \omega_i \times \bar{p}}{i \in I_2} \right) \right\}, \quad (2.13)$$

čia I_1 – naudos rodikliai; I_2 – kaštų rodikliai.

Skačiuojamas kiekvienos lyginamos teminės dalies bendrasis atstumas D_j^* iki geriausių sprendinių ir D_j^- – iki blogiausių sprendinių pagal (2.14) ir (2.15) formules:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\omega_i \times \bar{p}_{ij} - V_i^*)^2}; \quad (2.14)$$

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\omega_i \times \bar{p}_{ij} - V_i^-)^2}. \quad (2.15)$$

Nustatomas kiekvienos j -osios teminės dalies santykinis atstumas iki idealaus pagal (2.16) formulę:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (0 \leq C_j^* \leq 1), \quad (2.16)$$

Kuo C_j^* reikšmė artimesnė vienetui, tuo j -tasis variantas artimesnis D_j^* , t. y. racionalus variantas bus tas, kurio reikšmė yra didesnė.

Pagal ARAS metodą, geriausia alternatyva yra arčiausiai optimalaus sprendinio (Zavadskas, Turskis 2010). Pirmiausia į pradinę sprendimų priėmimo matricą įtraukiamos optimalios rodiklių reikšmės x_{0j} . Jei rodiklio optimali reikšmė nežinoma, tuomet x_{0j} reikšmės nustatomos pagal (2.17)–(2.18) formules:

$$x_{0j} = \max_i x_{ij}, \text{ jei } \max_i x_{ij} \text{ yra siektina reikšmė}, \quad (2.17)$$

$$x_{0j} = \min_i x_{ij}^*, \text{ jei } \min_i x_{ij}^* \text{ yra siektina reikšmė}. \quad (2.18)$$

Minimizuojančių rodiklių reikšmės pertvarkomos į maksimizuojamas reikšmės pagal (2.19) formulę:

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^*}, \quad (2.19)$$

čia x_{ij}^* – minimizuojamų rodiklių reikšmės.

Normalizuojant matricą, kiekvienas sprendimų priėmimo matricos elementas normalizuojamas taikant (2.20) formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^n x_{ij}}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n, \quad (2.20)$$

čia n – alternatyvų skaičius, m – rodiklių skaičius.

Sudarant svorinę normalizuotą matricą, kiekvienas normalizuotos matricos elementas dauginamas iš atitinkamo reikšmingumo w_j pagal (2.21) formulę:

$$\overline{\bar{x}_{ij}} = \bar{x}_{ij} \times w_j, i = \overline{0, n}. \quad (2.21)$$

Geriausia alternatyva ieškoma pasitelkus optimalumo funkciją (2.22). Kuo S_i reikšmė didesnė, tuo geresnė alternatyva, o jei S_i reikšmė mažesnė, tuo alternatyva yra prastesnė. S_i optimalumo funkcija turi tiesioginę priklausomybę nuo pačių kriterijų reikšmių ir jų svorių:

$$S_i = \sum_{j=1}^m \overline{\bar{x}_{ij}}, i = \overline{0, n}. \quad (2.22)$$

Paskaičiuotų alternatyvų lyginimui su geriausia alternatyva, nustatomas naudingumo laipsnis pagal (2.23) formulę:

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, i = \overline{0, n}. \quad (2.23)$$

čia S_0 – optimalios alternatyvos santykinis reikšmingumas.

Pagal EDAS metodą, geriausia alternatyva susijusi su atstumu nuo vidutinio sprendimo (Keshavarz Ghorabae *et al.* 2015). Pagal šį metodą geriausia alternatyva vertinama dviem būdais. Pirmasis būdas, kai skaičiuojamas „teigiamas“ atstumas (angl. *positive distance* (PD)) nuo vidutinio sprendimo. Antruoju atveju skaičiuojamas „neigiamas“ atstumas (angl. *negative distance* (ND)) nuo vidutinio sprendimo. Alternatyvų vertinimas yra atliekamas pagal didžiausią PD reikšmę ir mažiausią ND reikšmę.

Sprendimo matricos sudarymas R :

$$R = \|p_{ij}\|,$$

čia p_{ij} yra eksperimentinės rodiklių reikšmės ir rodiklių reikšmingumų vektorius:

$$\Omega = (\omega_j),$$

kai $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$; m – rodiklių skaičius, n – palyginamų variantų skaičius.

Apskaičiuojamas visų rodiklių vidurkis pagal (2.24) formulę:

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij}}{n}, \quad (2.24)$$

Apskaičiuojamas teigiamas atstumas (PD) nuo vidurkio pagal (2.25) ir (2.27) formules ir neigiamas atstumas (ND) nuo vidurkio pagal (2.26) ir (2.28):

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (p_{ij} - AV_j))}{AV_j}; \quad (2.25)$$

$$ND_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - p_{ij}))}{AV_j}. \quad (2.26)$$

kai j -asis rodiklis yra maksimizuojamas

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - p_{ij}))}{AV_j}; \quad (2.27)$$

$$PD_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - p_{ij}))}{AV_j}, \quad (2.28)$$

kai j -asis rodiklis yra minimizuojamas, čia PD_{ij} ir ND_{ij} reiškia teigiamą ir neigiamą i -osios alternatyvos atstumą nuo vidutinio sprendimo j -ojo rodiklio atžvilgiu.

Visų alternatyvų PD ir ND reikšmingumų sumos nustatomos pagal (2.29) ir (2.30) formules:

$$SP_i = \sum_{j=1}^m \omega_j PD_{ij}; \quad (2.29)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^m \omega_j ND_{ij}. \quad (2.30)$$

čia ω_j yra j -ojo rodiklio reikšmingumas.

Visų alternatyvų SP ir SN reikšmių normalizavimas atliekamas pagal (2.31) ir (2.32) formules:

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i SP_i}; \quad (2.31)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i SN_i}. \quad (2.32)$$

Visų alternatyvų vertinimo balo (angl. *appraisal score* (AS)) skaičiavimas atliekamas pagal (2.33) formulę:

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i), \quad (2.33)$$

čia $0 \leq AS_i \leq 1$.

Visų MCDM skaičiavimų rezultatai pateikti ir įvertinti 3.2 poskyryje.

2.5. Darnios susisiekimo sistemos plėtros koncepcijos ir scenarijai

Planuojant DSS, svarbu žinoti visus išorinius veiksnius, turinčius įtakos miesto judumui, pvz., demografija, klimato kaita, informacinių technologijų vystymasis ir pan. Galimiems pokyčiams įvertinti ir siekiant turėti tvirtesnį pagrindą priimti strateginius sprendimus, kuriamos plėtros koncepcijos ir scenarijai, kuriais bandoma apibrėžti ateities plėtros kryptis.

2.5.1. Plėtros koncepcijos

DSS plėtros koncepcija siūloma plėtros alternatyva, kuri apibrėžiama aiškia infrastruktūrine plėtra, pasirinktos susisiekimo rūšies propagavimu ir reikalingų resursų užtikrinimu. Plėtros koncepcija dažnai priklauso nuo miesto dydžio ir jo charakteristikų, susisiekimo sistemų išvystymo lygio ir aplinkinių teritorijų.

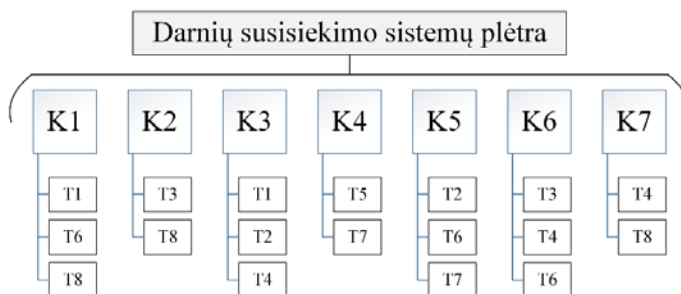
Pavyzdžiui, KM, atsižvelgiant į šių miestų specifiškumą, aktualiau plėtoti bevariklio transporto infrastruktūrą nei intelektines transporto sistemas, o didiesiems miestams svarbiau užtikrinti kokybišką viešojo transporto infrastruktūrą nei didžiausią dėmesį skirti bevariklio transporto infrastruktūros plėtrai.

Siekiant įvertinti planuojamų judumo priemonių bendrą poveikį miesto plėtrai ir numatyti potencialias DSS plėtos kryptis, Darnios miestų susisiekimo sistemos plėtos vertinimo koncepciniame modelyje, teminių dalių pagrindu, siūlomos DSS plėtos koncepcijos ir jų apibrėžtys pagal ES iniciatyvos CIVITAS temines kategorijas (Boschetti et al. 2014):

- K1 – Kolektyvinio keleivinio transporto plėtra – svarbi įgyvendinant bet kokį DJMP. Miestams keliamas pagrindinis uždavinys įdiegti integruotą, energiją taupančią viešojo transporto sistemą kartu didinant keleivių saugą ir saugumą ir tuo pačiu teikiant aukštos kokybės paslaugas, įskaitant geresnę prieigą prie informacijos ir bilietų pardavimo. Ši koncepcija sudaroma T1, T6 ir T8 teminių dalių pagrindu.
- K2 – Eismo saugos ir saugumo gerinimas – norint pereiti prie bevariklio transporto rūšių skatinimo, keliaujant būtina užtikrinti saugumą ir saugą, ypač pažeidžiamiausioms keleivių grupėms. Ši koncepcija sudaroma T3 ir T8 teminių dalių pagrindu.
- K3 – Automobilio poreikį mažinančių sistemų plėtra – svarbi siekiant gerinti miestų aplinkos kokybę, mažinant priklausomybę nuo iškastinio kuro bei mažinant nereikalingas trumpas keliones automobiliais. Numatomos priemonės darnesniai automobilių naudojimui, t. y. automobilių dalijimuisi ir pavezimo paslaugų plėtrai tuo pačiu skatinant nemotorizuotą susisiekimą. Ši koncepcija sudaroma T1, T2, T4 ir T6 teminių dalių pagrindu.
- K4 – Darnios krovinių logistikos mieste plėtra – svarbi norint mažinti eismo spūstis, užimamos susisiekimo infrastruktūros plotą bei gerinant miestų aplinkos kokybę. Numatomos priemonės padeda spręsti prekių pristatymo klausimus, skatinant švaresnio transporto naudojimą bei geresnę logistikos koordinavimą. Ši koncepcija sudaroma T5 ir T7 teminių dalių pagrindu.
- K5 – Švaraus kuro ir transporto priemonių integravimas – siekiant skatinti švaresnio susisiekimo rūšis, gerinti miestų aplinkos kokybę bei sveikatą, numatomos priemonės, kurios skatina naudotis nemotoriniu bei alternatyvaus kuro transportu, tuo pačiu užtikrinant visą būtiną infrastruktūrą. Ši koncepcija sudaroma T2, T6 ir T7 teminių dalių pagrindu.

- K6 – Judumo valdymo integravimas – koncepcija svarbi siekiant keisti kasdieninį keliautojų požiūrį ir elgseną, naudojant informavimo ir komunikacijos kampanijas, skatinant dalijimosi paslaugų naudojimą, tobulinant eismo organizavimą. Ši koncepcija sudaroma T3, T4 ir T6 teminių dalių pagrindu.
- K7 – Transporto telematikos plėtra – svarbi siekiant geriau organizuoti eismą, efektyviau įgyvendinti kelių eismo taisykles. Numatomos priemonės leidžia sukurti viešojo transporto pirmumo sistemas, gerina eismo dalyvių informuotumą bei leidžia realiu laiku priimti efektyviausius sprendimus kelionės tikslui pasiekti. Ši koncepcija sudaroma T4 ir T8 teminių dalių pagrindu.

DSS plėtros koncepcijų sudarymas teminių dalių pagrindu pateiktas 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Darnių susisiekimo sistemų plėtros koncepcijų sudarymas teminių dalių pagrindu (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.5. Development of concepts of sustainable urban mobility on the basis of thematic parts (created by author)

2.5.2. Plėtros scenarijai

Racionaliai DSS plėtrai, svarbu aiškiai žinoti kokia yra miesto strategija ir vizija, kokia kryptimi numatoma miesto plėtra ir kokioje situacijoje norima, kad miestas būtų po 10, 20 ar 50 metų. Šiam tikslui kuriami plėtros scenarijai, kurie yra lyg gairės priimant bet kokius plėtros sprendimus, tarp jų ir DSS.

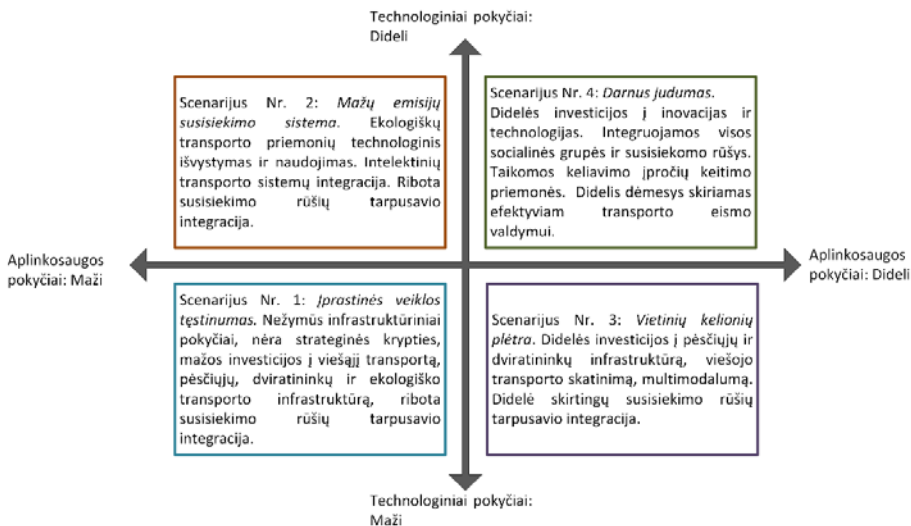
DSS plėtros modelį yra pasiūlęs ir aprašęs R. Hickmanas (2013), kuris DSS plėtrą vertina pagal dvi dedamąsias – technologinį išsivystymą ir aplinkosaugos didinimą. Šiame plėtros modelyje yra išskirti 4 DSS plėtros scenarijai, kurie apibūdina skirtingas plėtros strategijas priklausimai nuo technologinio išsivystymo ir aplinkosaugos lygio. Autorius, pasinaudodamas R. Hickamno sumodeliuotais DSS plėtros scenarijais, pritaikė juos pagal vietos kontekstą ir

pasiūlė įtraukti į Darnaus miestų susisiekimo sistemų plėtros vertinimo koncepcinį modelį (2.6 pav.):

- S1 – Įprastinės veiklos tęstinumas – esamų plėtros krypčių tęstinumas su nedidelėmis investicijomis į viešojo transporto infrastruktūrą, nedideliais pokyčiais transporto priemonių parko valdyme (amžius, stovėjimo mokesčiai ir pan.) ir alternatyvių degalų naudojime, neturint nuoseklios plėtros strategijos. Toks scenarijus labiausiai naudotinas nedidelį gyventojų skaičių turinčiuose miestuose, neturinčiuose didelių susisiekimo ar taršos problemų, su gerai išvystytu gatvių tinklu ir geru paslaugų prieinamumu.
- S2 – Mažų emisijų susisiekimo sistema – transporto sukeliama taršos poveikio mažinimas (apie 25–30 proc.) išlaikant esamus transporto priemonių srautus. Įgyvendinimas labai priklauso nuo ambicijų ir užmojų plėtojant technologines priemones (žemų emisijų transporto priemonių varikliai ar alternatyvaus kuro transporto priemonių naudojimas). Transporto priemonių srautų valdymas dažnai paremtas išmaniųjų technologijų taikymu ir efektyviu jų valdymu. Toks scenarijus labiausiai naudotinas miestuose pasižyminčiuose didesniais transporto srautais, turinčiais daugiau traukos objektų, didesne darbo vietų pasiūla.
- S3 – Vietinių kelionių plėtra – viešojo transporto, dviratininkų ir pėsčiųjų infrastruktūros plėtra, sumanus valdymas (kelionių planai, lankstūs darbo grafikai ir pan.) ir šių susisiekimo sistemų pilnas integravimas į bendrą susisiekimo sistemą. Toks scenarijus labiausiai naudotinas miestuose, turinčiuose aiškią susisiekimo sistemą su kokybiškai viešojo transporto paslaugomis. Šių miestų judumo priemonės dažnai orientuotos į eismo spūsčių mažinimą, paslaugų ir traukos objektų pasiekiamumą. Šiam scenarijui galima priskirti ir miestus, kurie didelę reikšmę teikia aplinkos gerinimo kokybei ir miesto patrauklumo didinimui aplinkosauginėmis priemonėmis.
- S4 – Darnus judumas – technologinių ir žmonių keliavimo įpročius keičiančių priemonių efektyvus taikymas, kuris leidžia pasiekti net iki 60–80 proc. transporto priemonių taršos sumažinimo. Didelis dėmesys skiriamas įvairių socialinių žmonių grupių integracijai, naujų technologijų plėtrai. Toks scenarijus labiausiai naudotinas miestuose, kurių susisiekimo sistema formuojama pagal naujausias tendencijas, taikant naujausias technologijas ir siekiant gerinti miesto įvaizdį kitų Europos miestų kontekste. Šių miestų judumo priemonės dažnai orientuotos į eismo spūsčių mažinimą, racionalų automobilių stovėjimo valdymą, kokybišką viešojo transporto tinklo plėtrą ir pan.,

be to tokio tipo miestuose didelis dėmesys skiriamas visų socialinių grupių judumo didinimui.

Šių scenarijų taikomoji nauda – į rezultatą orientuotas efektyviausių judumo priemonių planavimas atsižvelgiant į miesto specifiką ir plėtros galimybes. Pasiūlyti scenarijai turėtų būti ypač naudingi miestams, kurie tik pradeda plėtoti DSS.



2.6 pav. Darnių susisiekimo sistemų plėtros scenarijai (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.6. Scenarios for sustainable mobility system development (created by author)

2.6. Darnios susisiekimo sistemos stebėsenos sistema

Norint įvertinti DSS kuriamą poveikį, būtina reguliariai stebėti įgyvendinamų judumo priemonių poveikį ir vertinti konkrečių uždavinių įgyvendinimo pažangą. Kadangi infrastruktūrinės priemonės dažnai reikalauja nemažų investicijų, racionalus jų panaudojimas leistų sukurti didžiausią naudą visuomenei.

Stebėsenos ir vertinimo procesas praktikoje yra mažiausiai išnagrinėtas, retai sėkmingai taikomas, todėl tai yra didžiausias iššūkis miestams, norintiems sėkmingai plėtoti DSS. Sektinus stebėsenos ir vertinimo rodiklius reikia nusistatyti planuojant ir įgyvendinant DSS plėtrą, o po įgyvendinimo, atsižvelgiant į stebėsenos rezultatus, priimti atitinkamus sprendimus judumo priemonių įgyvendinimo tęstinumui. Iš gautų duomenų planuotojai ir sprendimų priėmėjai laiku gali identifikuoti kylančias problemas, potencialią sėkmę ar poreikį iš naujo peržiūrėti tam tikras plėtros kryptis. Dabartinė stebėsenos ir

vertinimo praktika yra labai skirtinga tarp Europos šalių, o neefektyvus stebėsenos ir vertinimo proceso priežastimi tampa patirties stygius, neužtikrintas reikalingas finansavimas ir prastas tarpinstitucinis bendradarbiavimas.

2.6.1. Darnios susisieikimo sistemos stebėsenos rodiklių sistema

Moksliniuose šaltiniuose, strategijose ir įvairiuose europiniuose projektuose nagrinėjamos skirtingos susisieikimo sistemų stebėsenos sistemos. Vienos jų yra skirtos konkrečių miestų susisieikimo sistemoms vertinti (CYC 2011; Chakhtoura, Pojani 2016; Perra *et al.* 2017). Tokiose sistemose yra aiškiai išskirti vertinimo rodikliai (toliau – VR), kurie apibūdina konkretaus miesto susisieikimo sistemą. Jų privalumas yra tas, kad jos pilnai atspindi planuojamą miestą ir pasirenkami ji apibūdinantys VR, tokiu būdu tiksliai įvertinant plėtros poveikį. Tokios stebėsenos perėmimas kitam miestui reikalauja didelio miestų tipo, dydžio ir specifiškumo atitikimo.

Kitos vertinimo sistemos sudarytos apibendrinus miestų patirtis ir ekspertų darbo grupių rezultatus (CIVITAS 2016; May 2016). Tokių sistemų privalumas yra jų taikymo universalumas. Dažniausiai VR sudaro platų spektrą ir yra lengvai suprantami bei paskaičiuojami, nes ekspertinių diskusijų metu šių VR efektyvumas būna įvertintas pagal turimą miestų patirtį.

Dar kitos vertinimo sistemos sudarytos nacionalinio lygio vertinimo principais (NDVS 2003; LRBP 2020; Mameli, Marletto, 2014; Nenseth *et al.* 2012; Haghsheenas *et al.* 2015). Šių sistemų taikymo privalumas yra tas, kad miestus vertinant pagal nacionalinius rodiklius, galima stebėti šalies miestų ar regionų pažangą darnios plėtros srityje. Miestų ar kitų administracinių teritorijų tarpusavio palyginimas tampa geru įrankiu planuojant investicijas ir jų pobūdį.

Svarbu pažymėti, kad norint tinkamai atlikti stebėsenos ir vertinimo procesą, nebūtina turėti daug efektyvumo rodiklių (toliau – ER), užtenka vos keleto, kurie tiksliausiai atspindi siektinus susisieikimo sistemos plėtros tikslus. Taip pat ER pasirinkimas labai priklauso nuo miesto tipo (sostinė, regiono centras, kurortas, pramoninis miestas) ir dydžio (virš 100 tūkst. gyventojų, 20 tūkst.–100 tūkst. gyventojų, mažiau nei 20 tūkst. gyventojų ir t. t.).

Gan tikslus įvairių rekomendacijų apibendrinimas yra padarytas įgyvendinant ES programos Intelligent Energy Europe finansuojamą projektą „CHALLENGE – Addressing key challenges of sustainable urban mobility planning“ (Gühnemann 2016). Projekte detalai aprašyti 6 žingsniai, kurių siūloma laikytis norint sėkmingai atlikti DSS vertinimą ir stebėseną:

- aiškiai nustatyti įgyvendinimo progreso ir poveikio stebėsenos bei vertinimo procedūras;

- aiškiai suformuoti DSS plėtros tikslus, numatyti priemones, kurios bus vertinamos, nustatyti vertinimo terminus, apibrėžti politiniai interesai ir nustatyti atskaitos tašką (matavimų pradžią);
- vertinimo ir stebėsenos plane iškelti pagrindinius klausimus, numatyti ER, duomenų vertinimo metodus, kurie leistų atsakyti ar DSS plėtros rezultatai atitinka iškeltus tikslus;
- įtraukti DSS plėtros planų (pvz. DJMP) rengimo proceso vertinimą;
- taikyti sisteminį požiūrį atrenkant VR, kurie atspindi DSS plėtros tikslus ir leidžia nuodugniai įvertinti įgyvendinimo poveikio pažangą (VR atranka turi būti vykdoma kartu su kitomis suinteresuotomis institucijomis);
- nustatyti kaip bus analizuojami, vertinami ir pateikti surinkti duomenys.

Tuo tarpu mokslininkai C. Chakhtoura ir D. Pojani (2016) pasinaudodami trimis parengtomis studijomis, kuriose buvo vertinamos susisiekimo sistemos konkrečiuose miestuose (Lione, Taipėjuje, Melburne) sukūrė kiek kitokį susisiekimo sistemos vertinimo modelį Paryžiui. Šiame modelyje išskirtos tokios vertinimo sritys: viešasis transportas, bevariklis transportas, asmeninis motorizuotas transportas, pažeidžiamų asmenų grupių judumas, prieinamumas, alternatyvi ir atsinaujinanti energetika, aplinkos tarša, saugumas, automobilių laikymas, darnumo skatinimas ir planavimas, inovacijos ir didžiausią įtaką jiems turintys judumo indikatoriai.

Daugybę įvairių susisiekimo sistemų indikatorių rinkinių savo moksliniame darbe apžvelgęs T. Litmanas (apžvelgė net 54 transporto darnumą vertinančias sistemas, taikytas 22 šalyse), priėjo labai įdomios ir naudingos išvados, kad ne visada VR tinkamai galima įvertinti miestų transporto sistemas. Pvz., jei VR taikymo sritis yra labai siaura, tai neatspindi tikrosios susisiekimo sistemos vertinimo reikšmės (jei vertinama tik ekologiško kuro transporto priemonių plėtrą, bet neįvertinamos transporto spūstys, eismo įvykiai, toks vertinimas neatspindės tikrosios situacijos) arba vertinami tarpiniai tikslai, bet ne galutinis rezultatas (dviračių takų ilgis yra tarpinis rezultatas, kuris nebūtinai gali reikšti galutinį rezultatą – didesnę vartotojų skaičių, nes takai gali būti nutiesti ten kur pigiau, tačiau neatsižvelgiant į poreikį) (Litman, 2016). Atliekant vertinimą visada svarbu identifikuoti tiksliai vertinimo sritis ir jų reikšmę bendrai susisiekimo sistemai. Todėl T. Litmanas išanalizavęs visas DSS vertinančias VR, pasiūlė ir savo ekonominių, socialinių ir aplinkosauginių VR sistemą, kur nurodė „svarbiausius“ (visada turi būti naudojami), „pagalbinus“ (gali būti naudingi jei įmanoma įdiegti) ir „specialius“ (turėtų būti naudojami skiriant ypatingą dėmesį konkretiems poreikiams ir tikslams). Autorius taip pat pažymi, kad šie VR taip pat galėtų būti suskirstyti ir pagal demografinės grupės ir geografinę vietovę.

Mokslinėje literatūroje galima rasti rekomendacijų dėl vertinimo ir stebėsenos rodiklių atrankos. Nemažai autorių pastebi, kad pirmiausia VR pasirinkimą turi lemti klausimai, į kuriuos turėtų atsakyti potencialūs VR (Joumard, Gudmundsson 2010; Zhang, Guindon 2006; Li *et al.* 2009; Litman 2009a,b). VR turėtų būti lengvai suprantamas, išmatuojamas, pagrįstas, kiekybiškai įvertinamas, prieinamas, išsamus, atspindėti įvairius tyrimo aspektus, būti priklausomas nuo laiko pokyčių, aiškiai apibrėžtas, fiksuoti ilgalaikius procesus (Zhang, Guindon 2006; Nourry 2008; Li *et al.* 2009; Litman 2009a,b).

Mokslininkai R. Joumardas ir H. Gudmundssonas (2010) savo tyrime pristatė 10 kriterijų pasirenkant VR ir juos sugrupavo į 3 pagrindines grupes:

- Atstovaujantys: pagrįstumas, patikimumas, jautrumas;
- Veikiantys: išmatuojami, prieinami, etiški;
- Politiški: skaidrūs, neinterpretatyvūs, tiksliniai, racionalūs.

H. Haghsheenas ir M. Vaziri (2012) pasiūlė naudoti 7 kriterijus atrenkant VR:

- Tikslinė reikšmė – kiekvienas kriterijus turi būti priskirtas vienai susisieikimo rūšiai;
- Duomenų prieinamumas ir išmatuojamumas – rodikliai turi būti išmatuojami ir prieinami vietinėje duomenų bazėje;
- Galiojimas – rodikliai turi išmatuoti problemą, kurią reikia išmatuoti;
- Jautrumas – rodikliai turi būti lankstūs transporto pokyčiams;
- Skaidrumas – rodikliai turi būti lengvai suprantami ir suprantami galimiems vartotojams;
- Nepriklausomas – rodikliai turi būti nepriklausomi vienas nuo kito;
- Standartizuotas – rodiklis turėtų būti standartizuotas pagal miesto dydį.

2.4 lentelė. Pavyzdinė techninė vertinimo rodiklio lentelė (D. Karagiannakidis 2014)

Table 2.4. Technical evaluation indicator table (D. Karagiannakidis 2014)

Kodas	ER6
Pavadinimas	Oro kokybės gerinimas
Aprašymas	CO ₂ išmetimų mažėjimas dėl eismo srautų mažinimo
Nagrinėjimo metodas	a. Žemėlapių analizė b. Viso gatvių tinklo matavimas c. Taškinio objektų matavimas
Vienetas	proc.
Matavimų dažnumas	Trumpas laikotarpis (2 metai) Vidutinis laikotarpis (5 metai) Ilgas laikotarpis (10 metai)
Politinis tikslas	Efektyvus eismo valdymas, sumažinta oro tarša, alternatyvaus kuro skatinimas.
Geografinė lokacija	Regionas, savivaldybė
Duomenų šaltinis	Savivaldybės duomenų bazė

Pastarosios sistemos kriterijai yra aiškūs ir gerai apibrėžiantys reikalavimus norint nustatyti VR.

Siekiant sudaryti kiekvieno VR išsamų aprašymą, D. Karagiannakidis su kolegomis (2014) yra pasiūlęs pildyti VR techninę lentelę, kurios informacija leistų tiksliai žinoti koku būdu VR turėtų būti vertinamas ir kokius metodus taikyti duomenims rinkti (2.4 lentelė).

Išanalizavus 16 mokslinių šaltinių, projektų bei strategijų, kuriose buvo aprašyti VR, skirti DSS poveikiui vertinti, sudaryta palyginamoji lentelė VR gausai nustatyti (2.5 lentelė). Nagrinėtuose šaltiniuose yra identifikuoti iš viso 453 VR, kurių dalis kartojasi arba yra panašiai suformuluoti skirtinguose šaltiniuose.

2.5 lentelė. Informacija apie nagrinėtus šaltinius

Table 2.5. Information on the sources examined

Nr.	Šaltinis	Autorius (Metai)	VR skaičius
1	Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities	Dobranskyte-Niskota <i>et al.</i> (2008)	36
2	City of York's third Local Transport Plan 2011–2031	Transport Planning Unit of City of York (2011)	22
3	Measuring sustainability of transport in the city - development of an indicator-set	Olofsson <i>et al.</i> (2011)	85
4	Indicators for sustainable urban mobility – Norwegian relationships and comparisons	Nenseth <i>et al.</i> (2012)	29
5	Urban sustainable transportation indicators for global comparison	Haghshenas and Vaziri (2012)	24
6	Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies	Shiau and Liu (2013)	19
7	Can National Survey Data be Used to Select a Core Set of Sustainability Indicators for Monitoring Urban Mobility Policies?	Mameli and Marletto (2014)	14
8	The Future of Urban Mobility 2.0: Imperatives to Shape Extended Mobility Ecosystems of Tomorrow	Van Audenhove <i>et al.</i> (2014)	23
9	How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators	Gillis <i>et al.</i> (2015)	20
10	CH4LLENGE project	Intelligent Energy Europe (2016)	44
11	Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: A framework for Paris and other large cities	Chakhtoura and Pojani (2016)	28
12	CIVITAS CAPITAL project	CIVITAS (2016)	28
13	Evaluation of sustainable urban mobility in the city of Thessaloniki	Perra <i>et al.</i> (2017)	23
14	Successful Sustainable Mobility Measures Selection	Burinskienė <i>et al.</i> (2017)	37
15	Lietuvos teritorijos bendrasis planas 2030	MoENV (2018a)	13
16	Lietuvos darnaus vystymosi tikslai	MoENV (2018b)	8

Dažniausiai kiekviename šaltinyje VR buvo klasifikuojami arba išskirti pagal tam tikrą ER, pavyzdžiui, VR „Žuvusiųjų ir sužalotų asmenų skaičius eismo įvykiuose“ F. Mameli ir G. Marletto (2014) matuoja pasinaudodami saugumo didinimo prizmę (ER – padidinti saugumą), o T. Shiau ir J. Liu (2013) tą patį VR matuoja per žuvusiųjų ir nelaimingų atsitikimų mažinimo prizmę (ER – žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičiaus mažinimas). Atskirai vienas VR neparodo kokį poveikį sukuria judumo priemonė, nes dažniausiai tai būna kiekybiniai VR, pvz., įrengtų dviračių takų kilometrų, rekonstruotų viešojo transporto stotelių skaičius, įrengtų dviračių dalinimosi punktų skaičius ir pan., rečiau kokybiniai VR, pvz., persėdimo punktų tankumas, viešo ir privataus transporto jungties aikštelių pajėgumas, metiniai keleivių vėlavimai ir pan., o norint žinoti kokį poveikį judumo priemonės turi DSS ir žmonių judumo įpročių keitimui, reikalinga vertinti bendrą VR poveikį.

2.6.2. Vertinimo rodiklių klasifikavimas ir reikšmingumas

Išanalizavus visus 16 šaltinių ir susisteminius pasikartojančius bei panašius VR, buvo pasiūlyti 24 ER, kurie apima panašius VR ir juos apjungia į vieną grupę (2.6 lentelė). Pagal išanalizuotus šaltinius, kuriuose buvo identifikuoti VR, paskaičiuota keliuose šaltiniuose kartojasi pasiūlyti 24 ER (2.7 pav.).



2.7 pav. Efektyvumo rodiklių pasikartojimas šaltiniuose

Fig. 2.7. Repetition of performance indicators in sources

Atlikus išsamią užsienyje naudojamų metodų ir praktinių studijų analizę ir susisteminius visų 16 šaltinių pasikartojančius bei panašius VR, buvo klasifikuoti DSS vertinimo ir stebėsenos rodikliai (VR) ir priskirti tam tikram ER bei teminei sričiai (toliau – TS) (analogas 1.4 skyriuje aprašytoms teminėms dalims, tačiau dėl aiškumo ir atskyrimo pasirinktas teminių sričių pavadinimas), leidžiančiais tiksliai įvertinti DSS plėtros poveikį. Suvienodinus DSS stebėsenos metodiką galima bus vertinti ir lyginti priemonių įgyvendinimo poveikį skirtinguose

miestuose. Vertinant DSS įgyvendinimo pažangą, siūloma naudotis šia autoriaus siūloma stebėsenos sistema ir jos VR. Esant poreikiui naujus VR rekomenduojama priskirti tinkamiausiam ER, tokiu būdu papildant visą stebėsenos sistemą.

2.6 lentelė. Darnios susisiekimo sistemos stebėsenos ir vertinimo efektyvumo rodikliai (sudaryta autoriaus)

Table 2.6. Indicators of the effectiveness of monitoring and evaluation of the sustainable mobility system (created by author)

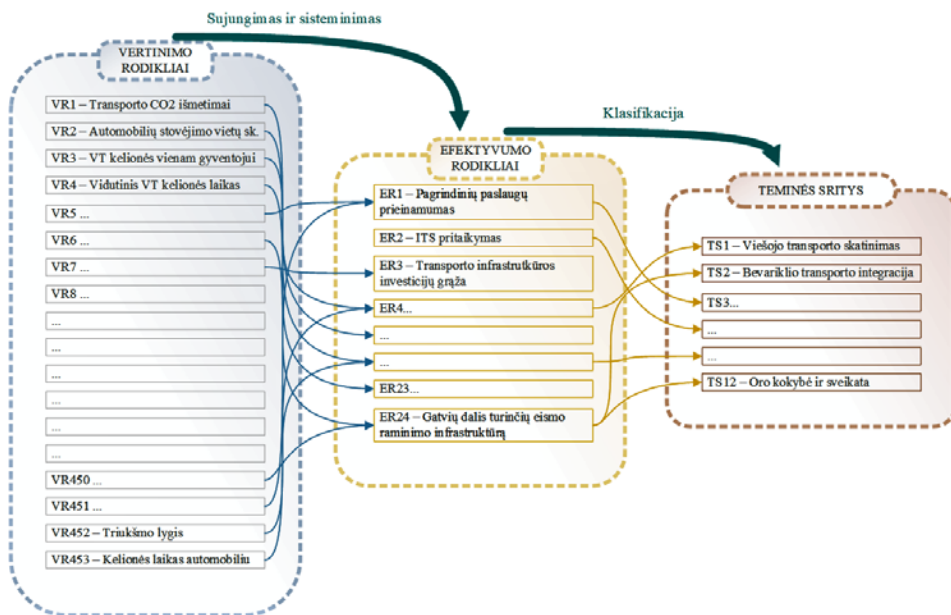
Kodas	Efektyvumo rodiklis	Kodas	Efektyvumo rodiklis
ER1	Pagrindinių paslaugų prieinamumas	ER13	Judumo valdymas (eismo greitis, intensyvumas, kelionių laikas ir pan.)
ER2	Intelektinių transporto sistemų pritaikymas	ER14	Modalinis pasiskirstymas
ER3	Transporto infrastruktūros investicijų grąža	ER15	Motorizacijos lygis
ER4	Transporto veiklos investicijų grąža	ER16	Eismo įvykių mažinimas
ER5	Bevariklio transporto infrastruktūros plėtra	ER17	Išmetamųjų dujų mažinimas
ER6	Oro kokybės gerinimas	ER18	Žuvusiųjų ir sužeistųjų eisme skaičiaus mažinimas
ER7	Gatvių aplinkos patrauklumo didinimas	ER19	Triukšmo mažinimas
ER8	Ekonomikos augimo didinimas	ER20	Eismo spūsčių mažinimas
ER9	Viešojo transporto patrauklumo, prieinamumo, įperkamumo didinimas	ER21	Miesto erdvės mažinimas transporto infrastruktūrai
ER10	Esamos infrastruktūros kokybės gerinimas	ER22	Pasitenkinimas susisiekimo sistema
ER11	Atsinaujinančios energijos transporte naudojimo didinimas	ER23	Kelionių daugiarūšių transportu dalis
ER12	Automobilių stovėjimo vietų valdymas	ER24	Gatvių dalis turinčių eismo ramino infrastruktūrą

Taip pat ši stebėsenos sistema gali identifikuoti konkrečias sritis, kur reikalinga numatyti naujas ar perplanuoti esamas judumo priemones. Tokiu būdu DSS planavimas tampa efektyvesnis ir racionalesnis bei taupomi riboti finansiniai resursai.

Kad būtų lengviau DSS stebėseną ir vertinimą atlikti tam tikrais pjūviais, o rezultatus pateikti informatyviau ir aiškiau, ER yra priskiriami prie atitinkamų TS (prie vienos arba keleto iš jų). Principinė VR ir ER struktūrizavimo schema pateikta 2.8 paveiksle.

Pradėjus sisteminti ER ir juos priskirti TS, pastebėta, kad dalis ER negali būti priskirti prie esamų 9 TS, todėl ER pagrindu buvo sukurtos dar 3 TS: Infrastruktūros prieinamumas ir įperkamumas (TS10), Transporto investicijų

efektyvumas (TS11), Oro kokybė ir sveikata (TS12). TS ir ER skirstymas pateiktas 2.7 lentelėje.



2.8 pav. Struktūrinė vertinimo rodiklių, efektyvumo rodiklių ir teminių sričių klasifikavimo schema (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.8. A basic grouping scheme for evaluation indicators, performance indicators and thematic areas (created by author)

Suskirsčius ER pagal TS, išryškėjo kad Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas TS yra priskirta daugiausiai – 10 ER, kuriuos sudaro 166 VR. Galima daryti išvadą, kad bendrai susisiekimo sistemai judumo valdymas turi didelį poveikį, kuriam išmatuoti taikoma nemažai VR. Tuo tarpu Intelektinių transporto sistemų diegimo TS yra priskirtas tik vienas ER, kurį sudaro 3 VR. Tai parodo, kad miestuose vis dar trūksta spartesnės intelektinių transporto sistemų plėtros ir žinių apie šių sistemų taikymo galimybes.

Didelis ER skaičius, priskirtas prie tam tikros TS, savaime neparodo šios TS reikšmingumo ar svarbos, todėl darnaus judumo ekspertų buvo paprašyta įvertinti visas TS taikant ekspertinį porinį lyginamąjį metodą.

2.7 lentelė. Teminių sričių ir efektyvumo rodiklių suskirstymas (sudaryta autoriaus)**Table 2.7.** Breakdown of thematic areas and performance indicators (created by author)

Efektyvumo rodikliai	Teminės sritys												Vertinimo rodiklių skaičius	Efektyvumo rodiklių pasikartojimas šaltiniuose	Šaltiniai
	TS 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 5	TS 6	TS 7	TS 8	TS 9	TS 10	TS 11	TS 12			
ER1					X					X			10	4	1, 3, 10, 11
ER2									X				3	2	1, 2
ER3											X		9	6	1, 5, 7, 11, 13, 16
ER4											X		14	9	1, 5–7, 10, 11, 13, 15, 16
ER5		X										X	13	10	1, 4, 6–8, 10–12, 14, 15
ER6						X		X				X	23	15	1–14,16
ER7		X					X						23	7	1, 3, 6, 7,10, 11, 15
ER8										X			5	4	1, 7, 12, 13
ER9	X									X			50	15	1–7, 9–16
ER10					X								3	6	1, 3, 4, 6, 7, 13
ER11								X				X	19	12	3–9, 11–13, 15, 16
ER12					X					X			6	4	1, 10, 11, 15
ER13					X								52	13	1, 3–5, 7, 8, 10–16
ER14			X										24	13	1–4, 6–10, 12, 14–16
ER15					X								14	10	1, 6–8, 10–15
ER16				X									15	9	1, 5, 6, 8, 10–13, 15
ER17						X		X				X	10	11	1–3, 5–8, 10, 11, 14, 16
ER18				X									13	11	1–4, 8–11, 13, 14, 16
ER19					X	X						X	8	8	2, 5, 6, 8, 10, 11, 13, 15
ER20					X							X	9	7	2–5, 11, 13, 15
ER21		X			X					X			42	15	1, 2, 4–16
ER22					X		X						14	7	1, 5, 10, 11, 13, 15, 16
ER23			X							X			42	15	1, 2, 4–16
ER24		X		X	X							X	8	7	4, 6, 7, 10–12, 15

Norint nustatyti TS reikšmingumus, taikomi AHP, kuriuose pirminių kokybinių matavimų pagrindu, rezultatai įgauna kiekybinį pavidalą. AHP duoda galimybę nustatyti vieno lygio hierarchijos TS reikšmingumus aukštesnio lygio atžvilgiu. Reikšmingumams nustatyti T. Saaty yra pasiūlęs naudoti ekspertinį porinį lyginamąjį metodą (Saaty 1977; Saaty 1987), kuris yra patogus tuo, kad apklausos metu ekspertai lygina tarpusavyje visas vertinamas TS (TS_i ir TS_j), o

tai svarbu kai lyginamųjų skaičius yra didelis. Poromis lyginamų TS tarpusavio svarbos intensyvumas nustatomas naudojant T. Saaty pasiūlytą reikšmingumą skalę (2.8 lentelė) (Saaty, 1977).

2.8 lentelė. T. Saaty vertinimo skalė ir jos aprašas (Saaty, 1977)

Table 2.8. T. Saaty rating scale and description thereof (Saaty, 1977)

Svarbumo lygis	Apibrėžimas
1	Rodikliai vienodai svarbūs
3	Vienas rodiklis truputį svarbesnis už kitą
5	Vienas rodiklis daug svarbesnis už kitą
7	Vienas rodiklis labai daug svarbesnis už kitą
9	Vienas rodiklis nepalyginti svarbesnis už kitą
2, 4, 6, 8	Tarpinės reikšmės

Palyginimo rezultatas yra kvadratinė matrica $P = \|p_{ij}\|$ ($i, j = 1, \dots, m$). Matricos P elementus p_{ij} galima traktuoti kaip rodiklių TS_i ir TS_j reikšmių santykius, o po reikšmių normalizacijos – kaip TS svorių santykius. Ekspertų vertinimo TS palyginimo matrica atrodo taip:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_m} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_m} \\ \frac{\omega_3}{\omega_1} & \frac{\omega_3}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_3}{\omega_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\omega_m}{\omega_1} & \frac{\omega_m}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_m}{\omega_m} \end{pmatrix}.$$

Matrica P yra atvirkštinė, t. y. $p_{ij}=1/p_{ji}$, iš to seka, kad galima pildyti tik matricos dalį esančią virš pagrindinės įstrižainės arba po ja. Nepasikartojančių matricos P elementų skaičius yra $m(m-1)/2$. Matricos atvirkštinis simetriškumas yra suprantamas, pavyzdžiui, jeigu viena iš dviejų TS yra tris kartus svarbesnė už kitą, tai atitinkamai antra TS yra tris kartus mažiau svarbi už pirmąją.

Taip pat labai svarbu užtikrinti lyginamosios matricos suderinamumą. Matrica P bus suderinta, jei iš matricos būtinų minimalių elementų kiekio, galima gauti likusius. Pavyzdžiui, jeigu TS1 yra tris kartus svarbesnė už TS2, o TS2 yra du kartus svarbesnė už TS3, tai TS1 yra šešis kartus svarbesnis už TS3.

Pasirinkto metodo rezultatų patikimumas priklauso ne tik nuo pačio metodo, bet ir nuo ekspertų, kurie atlieka ekspertinį vertinimą. Siekiant, kad būtų parinkti tinkamiausi ekspertai, jiems buvo keliamas reikalavimas būti praktiškai susipažinus su DSS planavimu (planų rengėjai, konsultantai) ir koordinavimu (savivaldybių atstovai), mokslinė veikla (akademikai, mokslininkai) ar judumo priemonių diegimu (suinteresuoti asmenys). Atliekant apklausas ekspertų buvo

paprašyta TS vertinti DM, VM ir KM aspektu (apibrėžimai pateikti 1.4 skyriuje). DM ekspertinį vertinimą atliko 17 ekspertų (rengėjai – 24 proc., koordinatoriai – 28 proc., mokslininkai – 24 proc., suinteresuoti – 24 proc.), VM – 16 ekspertų (rengėjai – 19 proc., koordinatoriai – 55 proc., mokslininkai – 13 proc., suinteresuoti – 13 proc.), KM – 13 ekspertų (rengėjai – 15 proc., koordinatoriai – 31 proc., mokslininkai – 23 proc., suinteresuoti – 31 proc.).

Taikant AHP metodą yra svarbu, kad grupinis vertinimas būtų patikimas, t. y. kai apklausiamų ekspertų nuomonės yra suderinamos. Todėl statistiškai apdorojant iš ekspertų gautą informaciją, suderinamumas buvo nustatomas pagal konkordacijos koeficientą W , kurį pasiūlė M. Kendall, o taip pat pagal atitinkamus χ^2 vertės kriterijus (Kendall 1970; Kendall, Gibbons 1990). M. Kendall įrodė, kad jeigu vertinamų objektų skaičius yra didesnis už 7 konkordacijos koeficiento reikšmingumas gali būti nustatytas naudojant χ^2 skirstinį, kitu atveju skirstinį reikia taikyti atsargiai, nes skirstinio kritinė χ^2_{lent} reikšmė gali būti didesnė už suskaičiuotą, nors ekspertų nuomonių suderinamumo lygis yra dar pakankamas.

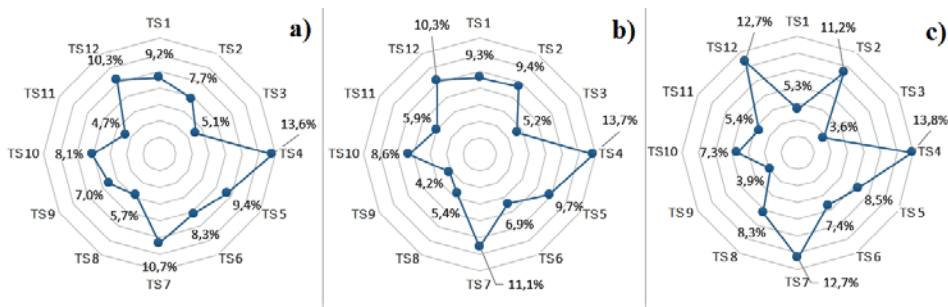
Konkordacijos koeficientas W skaičiuojamas pagal (2.1)–(2.5) formules.

2.9 lentelė. Teminių sričių reikšmingumas skirtingo tipo miestuose

Table 2.9. Significance of thematic areas in different types of cities

Teminė sritis	Didieji miestai		Vidutinio dydžio miestai		Kurortai		Teminės sritys
	Reikšmingumas, proc.	Rangas	Reikšmingumas, proc.	Rangas	Reikšmingumas, proc.	Rangas	
TS1	9,2	5	9,3	6	5,3	10	Viešojo transporto skatinimas
TS2	7,7	8	9,4	5	11,2	4	Bevariklio transporto integracija
TS3	5,1	11	5,2	11	3,6	12	Modalinis kelionių pasiskirstymas
TS4	13,6	1	13,7	1	13,8	1	Eismo sauga ir saugumas
TS5	9,4	4	9,7	4	8,5	5	Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas
TS6	8,3	6	6,9	8	7,4	7	Miesto logistika
TS7	10,7	2	11,1	2	12,7	2	Transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis
TS8	5,7	10	5,4	10	8,3	6	Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas
TS9	7,0	9	4,2	12	3,9	11	Intelektinių transporto sistemų diegimas
TS10	8,1	7	8,6	7	7,3	8	Infrastruktūros prieinamumas ir įperkamumas
TS11	4,7	12	5,9	9	5,4	9	Transporto investicijų efektyvumas
TS12	10,3	3	10,3	3	12,7	3	Oro kokybė ir sveikata
$\chi^2 > \chi^2_{lent}$	37,21 > 19,68		55,70 > 19,68		64,86 > 19,68		

Skačiuojant ekspertų grupių vertinimo W ir χ^2 vertes ir nustatant grupinių įverčių suderinamumą (Podvezko 2005), buvo gauta, kad grupiniai įverčiai atitinka ir yra suderinti, todėl skaičiuojamas bendras teminių sričių reikšmingumas kaip atskirų ekspertų aritmetinio vidurkio reikšmingumas, kuris išreikštas procentais (2.9 lentelė) (2.9 pav.).



2.9 pav. Teminių sričių reikšmingumas pagal skirtingo tipo miestus: a) didieji miestai; b) vidutinio dydžio miestai; c) kurortai ir kurortinės vietovės (sudaryta autoriaus)

Fig. 2.9. Significance of thematic areas in different types of cities: a) big cities; b) middle-sized cities; c) resorts (created by author)

Atliktas teminių sričių reikšmingumų nustatymas parodė, kad Eismo sauga ir saugumas (TS4), Transporto sistemos visuotinimas ir specialiųjų poreikių turinčių žmonių įtrauktis (TS7), Oro kokybė ir sveikata (TS12) TS, nepriklausomai ar tai DM, VM ar KM, yra pačios svarbiausios ir turi vienodą prioritetą (rangą). Šios trys TS atitinkamai miesto tipui sudaro 34,7 proc., 35,2 proc. ir 39,2 proc. visų TS reikšmingumo. Eismo saugumas ekspertų labiausiai vertinamas tuo, kad eismo įvykiuose žuvę eismo dalyviai turi didelį poveikį ekonominiu aspektu – žmogaus žūtis įkainota 647448 Eur., sužalojimas – 58791 Eur. (LAKD 2017). Šios išlaidos įvertinamos pagal padarytą žalą žmogaus sveikatai, turtui, išlaidas tyrimams, gelbėjimo darbams ir darbingumo praradimui. Žmonių turinčių specialiųjų poreikių įtrauktis vertinama tuo, kad sudarant alternatyvias judėjimo galimybes ir pritaikant infrastruktūrą įvairių poreikių žmonėms, mažinamos eismo spūstys, didinamas bevariklio susisiekimo infrastruktūros patrauklumas, plėtojami universalūs dizaino principai. Ekspertai vertina, kad oro tarša Europos miestuose kelių transporto sektoriuje sukelia didelių problemų, nes išmetamų kietųjų dalelių kiekis kenkia žmonių sveikatai ir sukelia mirtinas ligas, o tai sudaro net iki 30 proc..

TS Eismo organizavimo tobulinimas ir judumo valdymas (TS5) visuose miestų tipuose taip pat turi panašų reikšmingumą (rangas atitinkamai – 4, 4, 5). Tai paaiškinti galima tuo, kad judumo valdymas apima tas priemones, kurios turi didelę įtaką DSS ir žmonių keliavimo įpročiams. Pvz. efektyvus automobilių stovėjimo vietų valdymas ar spūsčių mokesčio įvedimas leidžia ženkliai sumažinti

transporto priemonių spūstis gatvėse, o tokios priemonės kaip įvairių transporto rūšių dalijimosi sistemos, susisiekimo sistemą paverčia lanksčia ir sistemos dalyvio neapriboja naudotis tik savo transporto priemone.

Modalinis kelionių pasiskirstymas (TS3) TS visuose miestų tipuose ekspertų vertinama gana prastai (rangas atitinkamai – 11, 11, 12). Ši TS skirta įvertinti skirtingų transporto rūšių naudojimą, atliekamų multimodalinių kelionių skaičių bendroje susisiekimo sistemoje, tačiau tai yra įgyvendintų judumo priemonių rezultatas, kuris tiesiogiai priklauso nuo kitų TS. Ekspertų vertinimas patvirtina faktą, kad ši TS neturi jokio poveikio susisiekimo sistemos pokyčiams, tačiau yra informatyvi vertinant bendrą DSS rezultatą.

Vertinant ekspertų apklausą DM aspektu, žemiausias rangas priskirtas Transporto investicijų efektyvumo (TS11) TS. DSS plėtros tikslas – sukurti patogias alternatyvias galimybes keliauti lyginant su kelionėmis privačiu automobiliu, o tai dažniausiai yra geresnės kokybės, taip pat brangiau kainuojančios infrastruktūros plėtra (pvz. dviračių, pėsčiųjų takai, tiltai) ar dotuojamos paslaugos (pvz. viešasis transportas), kurie tiesioginės finansinės grąžos negeneruoja arba ji yra labai menka. Nauda gaunama ne tiesioginiais būdais – gerėjanti žmonių sveikata (mažesnės sveikatos priežiūros išlaidos), mažėjanti oro tarša (mažėjantis sergamumas, mirtingumas), didesnis fizinis aktyvumas (produktyvumas, darbo našumas).

VM ir KM žemiausias rangas priskirtas Intelektinių transporto sistemų diegimo (TS9) TS. Tai rodo, kad kol kas nedideliuose miestuose ekspertai nemato galimybių integruoti intelektines transporto sistemas, nes tokio dydžio miestuose nesusidaro didelės transporto spūstys, nepastebimas automobilių stovėjimo vietų trūkumas, viešojo transporto sistema neturi didelio potencialo plėstis, o būtent šie aspektai lemia intelektinių transporto sistemų poreikį DSS efektyvumui padidinti.

Siekiant įvertinti DSS efektyvumą ar stebėti įgyvendinamų judumo priemonių poveikį, siūloma vadovautis autoriaus siūlomomis 12 teminių dalių. Verta pabrėžti, kad kiekvienas miestas yra unikalus ir turi savitą susisiekimo sistemą, todėl dalis VR taip pat gali būti skirti tik to konkretaus miesto stebėsenai ir vertinimui. Tokiu atveju rekomenduojama taikyti pasiūlytą principą, kai VR priskiriami prie sukurtų 24 ER, o pastarieji priskiriami prie 12 TS. Tai leistų turėti susistemintą monitoringo sistemą, kurios pagrindu būtų paprasta paskaičiuoti sukuriamą (arba atvirkščiai) poveikį ir gautus rezultatus pateikti universaliu, visiems vienodai taikomu ir suprantamu metodu.

Atsižvelgiant į TS ekspertinio vertinimo rezultatus, efektyviai panaudojant turimus išteklius, rekomenduojama didesnę reikšmę teikti toms TS ir jų ER, kurios turi didesnę reikšmingumą, priklausomai nuo miesto tipo ir dydžio. Vertinant pagal tai, kad atliekant ekspertinę apklausą buvo apklausiami skirtingų interesų susisiekimo ekspertai, galima daryti išvadą, kad TS, kurios turi

didžiausius reikšmingumus, labiausiai atitinka visos visuomenės poreikius ir turės didžiausią poveikį visuomenės judumo įpročių pasikeitimui ir visai DSS.

2.7. Antrojo skyriaus išvados

1. Autoriaus išnagrinėti susisiekimo sistemų plėtros vertinimo modeliai dažniausiai apima didžiausią efektą turinčių judumo priemonių rinkinius, judumo priemonių pagrindu sudarytus judumo indeksus ar judumo priemonių aplinkosauginius, ekonominius ar socialinius aspektus, tačiau nei viename plėtros vertinimo modelyje nėra taikomos skirtingų metodų kombinacijos. Disertacijoje pasiūlytas darnios miesto susisiekimo sistemos plėtros vertinimo koncepcinis modelis išsiskiria tuo, kad apima visus šiuos skirtingus vertinimo modelius ir padeda kompleksiskai vertinti skirtingo tipo miestų susisiekimo sistemas darnaus vystymosi principų (ekonominės naudos, aplinkosaugos gerinimo, socialinės lygybės aspektais) ir daugiakriterių sprendimų paramos metodų kombinacijų pagrindu.
2. Sudarytas darnios miestų susisiekimo sistemos plėtros judumo priemonių rinkinys leis įvertinti potencialų susisiekimo sistemos efektyvumą ir racionalumą. Šis rinkinys sudarytas iš 38 judumo priemonių, kurios mokslininkų, praktikų ir tarptautinių projektų komandų buvo įvertintos kaip didelį poveikį turinčios ir reikšmingos susisiekimo sistemų plėtrai. Šios judumo priemonės suskirstytos pagal 8 temines dalis, kurios aprašo atskiras susisiekimo rūšis, jų valdymą ir veikimą. Atliekant susisiekimo sistemų vertinimą kiekviena judumo priemonė išreiškiama alternatyviais vertinimo rodikliais. Siekiant tikslesnių vertinimo rezultatų, rekomenduojama naudoti didesnę skaičių skirtingo tipo alternatyvių vertinimo rodiklių.
3. Teminių dalių ir judumo priemonių poveikio reikšmingumui nustatyti, taikytas ekspertinis vertinimas, kuris parodė, jog skirtingo tipo miestuose vyrauja skirtingi prioritetai. Vertinant atskiras judumo priemones teminėse dalyse pastebėta, kad vertinimo rezultatai atskirai teminėse dalyse gali būti labai skirtingi. Tai tik patvirtina, kad kiekvieno tipo miestuose vyrauja skirtinga DSS plėtros strategija.
4. DSS plėtros vertinimui, siūloma taikyti skirtingus MCDM uždaviniams spręsti, kurie padidina skaičiavimų patikimumą. Vertinimas atliktas naudojant COPRAS, TOPSIS, ARAS ir EDAS metodus, kurių skaičiavimo principai yra skirtingi, todėl tai lemia skaičiavimų tikslumą. Šie MCDM pasirinkti dėl dažno jų panaudojimo statybos sektoriaus projektuose, urbanistinėje plėtroje ir kituose pritaikomųjų mokslų šakose,

tačiau disertacijoje atliekamoms analizėms ir vertinimams gali būti pasirinkti ir kiti MCDM.

5. Atlikus DSS plėtros vertinimą, rezultatai išreiškiami plėtros koncepcijomis ir plėtros scenarijais, kurie leidžia nustatyti kokia kryptimi vyksta miesto susisiekimo sistemų plėtra ir pagal tai atrinkti judumo priemonės norimam plėtros efektui pasiekti.
6. Autoriaus pasiūlyta DSS stebėjimo sistema leidžia įvertinti susisiekimo sistemos efektyvumą ir stebėti įgyvendintų judumo priemonių poveikį bei laiku priimti atitinkamus sprendimus siekiant sumažinti DSS plėtros nuostolius. Siekiant efektyviau naudoti turimus resursus, sudarant vertinimo sistemą rekomenduojama vadovautis pasiūlytomis stebėsenos 12 teminių sričių, 24 efektyvumo rodikliais ir juos papildančiais vertinimo rodikliais.

Miestų darnių susisiekimo sistemų vertinimas ir rekomendacijų sistema

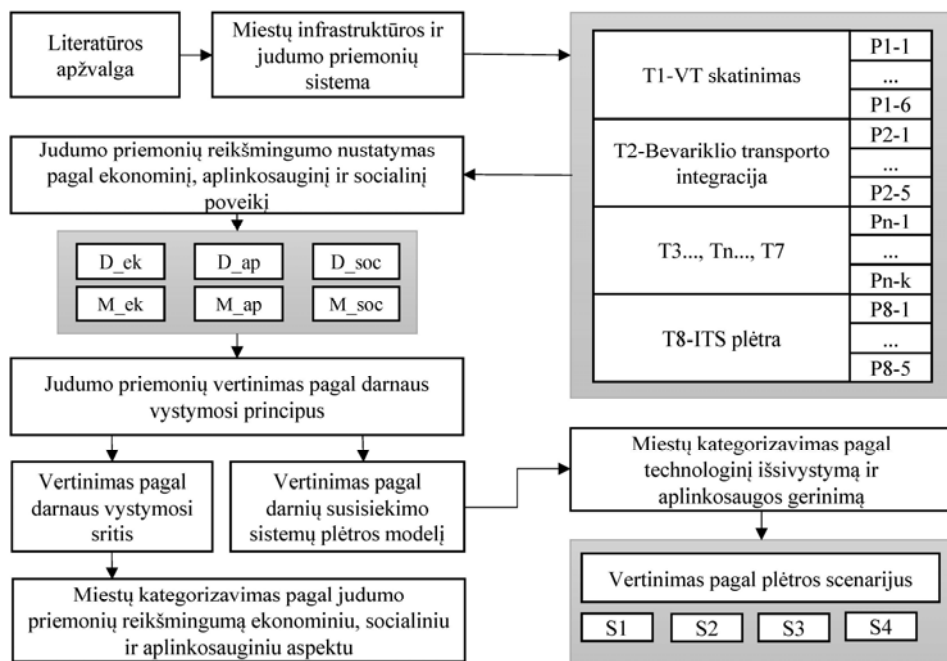
Trečiame skyriuje atlikti esamos ir planuojamos situacijos DSS vertinimai pagal darnaus vystymosi principus ir daugiakriterius sprendimų paramos metodus (aprašyti 2.1 poskyryje ir vizualiai pateikti 2.1 pav.), aprašytus antrame skyriuje. Vertinimai atlikti Lietuvos miestams, suskirstytiems į panašaus tipo grupes (didieji miestai, vidutinio dydžio miestai, kurortai ir kurortinės vietovės) bei turinčius parengtus darnaus judumo mieste planus. Apžvelgti apibendrinti vertinimo rezultatai ir sudaryta DSS plėtros rekomendacijų sistema. Skyriaus tematika kartu su bendraautoriais paskelbti trys autoriaus straipsniai (Burinskienė *et al.* 2017; Damidavičius, Burinskienė 2018; Damidavičius *et al.* 2020).

3.1. Darnių susisiekimo sistemų vertinimas pagal darnaus vystymosi principus

Atlikus mokslinių šaltinių analizę, įvertinus skirtingas judumo priemones ir jų derinius, buvo sudarytas bendras judumo priemonių rinkinys (aprašytas 2.2 poskyryje). Atsižvelgiant į tai, kad dauguma judumo priemonių yra reikšmingos ne vien tik pagal kažkurią iš trijų darnaus vystymosi sritį (ekonominę naudą, aplinkosaugos gerinimą, socialinę lygybę), bet tuo pat metu gali turėti

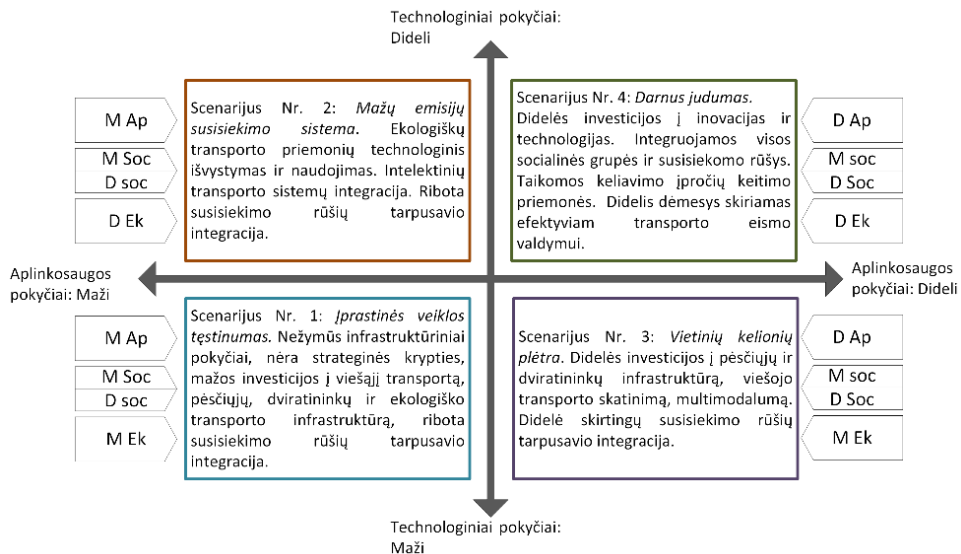
didesnę ar mažesnę reikšmę keliose iš jų, autorius judumo priemonėms priskyrė didesnę (D) arba mažesnę (M) reikšmingumą kiekvienai iš jų (3.1 lentelė) (Damidavičius, Burinskienė 2018). Taip pat pasinaudojus 2.5.2 poskyryje aprašytu DSS plėtros modeliu (toliau – Plėtros modelis), kuriame aprašyti 4 svarbiausi DSS plėtros scenarijai, jis buvo papildytas tais pačiais darnaus vystymosi sričių reikšmingumais (3.2 pav.). To pasekoje, DSS vertinant pagal darnaus vystymosi sritis, bus galima įvertinti pagal kokį plėtros scenarijų yra vystoma DSS ir kokį poveikį plėtrai turi judumo priemonės. Vertinimo procesas pateiktas 3.1 paveiksle.

Atliekant DSS vertinimą pagal darnaus vystymosi sritis – ekonominę naudą, aplinkosaugos gerinimą, socialinę lygybę – buvo nagrinėjami 20 Lietuvos miestų, turinčių parengtus DJMP. Atliekant vertinimą buvo nagrinėjamos dvi situacijos – esamos būklės situacija (E), ir situacija įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemones (P). Rezultatai atitinkamai pateikiami 3.2 lentelės „E“ ir „P“ stulpeliuose.



3.1 pav. Darnių susisiekimo sistemų vertinimas pagal darnaus vystymosi principus (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.1. Assessment of sustainable urban mobility in accordance with the principles of sustainable development (created by author)



3.2 pav. Darnios miestų susisiekimo sistemos plėtros modelis (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.2. A model for developing sustainable urban mobility systems (created by the author)

3.1 lentelė. Darnaus judumo priemonės ir jų reikšmingumai pagal darnaus vystymosi sritis (sudaryta autoriaus)

Table 3.1. Mobility measures and their significance in accordance with the principles of sustainable development (created by author)

Kodas	Priemonė	Ekonominis		Aplinkosauginis		Socialinis		Scenarijus
		D_Ek	M_Ek	D_Ap	M_Ap	D_Soc	M_Soc	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
P1-1	Patogūs viešojo transporto tvarkaraščiai		x		x	x		1
P1-2	Viešojo transporto juostos		x	x		x		3
P1-3	Kelionės bilieto kainos lygis	x			x	x		2
P1-4	Greitasis viešasis transportas (BRT, tramvajus)	x		x		x		4
P1-5	Viešojo transporto stotelės ir terminalai		x		x	x		1
P1-6	Viešojo transporto tinklas		x	x		x		3
P2-1	Pėsčiųjų takai		x	x		x		3
P2-2	Dviračių takai		x	x		x		3
P2-3	Dviračių statymo ir laikymo infrastruktūra		x		x		x	1
P2-4	Dviračių dalinimosi sistema	x		x		x		4

3.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9
P2-5	Apšviesti dviračių ir pėsčiųjų takai		x		x		x	1
P3-1	Eismo stebėjimo kameros	x			x	x		2
P3-2	Saugios sankryžos	x			x	x		2
P3-3	Saugios pėsčiųjų ir dviratininkų perėjės	x			x	x		2
P3-4	Kokybiškos dangos gatvės	x			x		x	2
P3-5	Lėto eismo zonos	x		x		x		4
P4-1	Sąmoningumo didinimo kampanijos, renginiai ir šviečiamoji veikla	x		x		x		4
P4-2	Automobilių stovėjimo vietos		x		x		x	1
P4-3	Automobilio stovėjimo kainų lygis	x		x			x	4
P4-4	Automobilių dalijimosi sistema	x		x		x		4
P4-5	Privataus ir viešojo transporto jungties aikštelės		x	x		x		3
P5-1	Sunkiasvorio transporto eismo ribojimas piko metu		x	x			x	3
P5-2	Konsoliduoti prekių iškrovimo taškai	x			x		x	2
P5-3	Transporto priemonių eismo ribojimai	x		x		x		4
P5-4	Aplinkkeliai	x			x		x	2
P6-1	Susisiekimo infrastruktūra pritaikyta specialiųjų poreikių turintiems žmonėms (SPTŽ)		x		x	x		1
P6-2	Pagrindinių viešojo transporto objektų prieinamumas specialiųjų poreikių turintiems žmonėms (SPTŽ)		x		x	x		1
P6-3	Bendros erdvės		x	x		x		3
P6-4	Viešasis transportas pritaikytas specialiųjų poreikių turintiems žmonėms (SPTŽ)		x	x		x		3
P7-1	Alternatyvaus kuro viešasis transportas (pagal kuro rūšį)	x		x			x	4
P7-2	Alternatyvaus kuro įkrovimo/užpildymo infrastruktūra (pagal kuro rūšį)	x		x			x	4
P7-3	Mažų emisijų zonos	x		x		x		4

3.1 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9
P7-4	Alternatyvaus kuro transporto priemonių naudojimo skatinimas	x		x		x		4
P8-1	Išmaniųjų šviesoforų sistema	x			x		x	2
P8-2	Integruotas VT bilietas	x		x		x		4
P8-3	VT prioriteto sankryžos		x	x		x		3
P8-4	Realaus laiko keleivių informacinės švieslentės		x		x	x		1
P8-5	Spūsčių mokesčio sistema	x			x		x	2

Atliekant šį vertinimą, skaičiuojama kiek vertinamuose miestuose judumo priemonių atitinka tam tikrus Plėtros modelio scenarijus. Tam tikrą scenarijų atitinkančios judumo priemonės susumuojamos (3.1) ir paskaičiuojama jų procentinė dalis nuo visų Plėtros modelio scenarijus atitinkančių judumo priemonių (3.2).

$$Z_{ij} = \sum_{i=1}^j X_{ij}, \text{ kai } i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, 3, 4, \quad (3.1)$$

čia Z_{ij} – i -tojo miesto DSS j -ojo scenarijaus judumo priemonių suma, X_{ij} – i -tojo miesto DSS j -ojo scenarijaus judumo priemonė.

$$L_{ij} = \frac{Z_{ij}}{\sum_{i=1}^j Z_i} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

čia L_{ij} – i -tojo miesto DSS j -ojo scenarijaus procentinė dalis.

Toliau pagal Plėtros modelio 4 vertinimo sritis (dideli ir maži technologiniai pokyčiai, dideli ir maži aplinkosauginiai pokyčiai) atliekamas DSS technologinis ir aplinkosauginis vertinimas. Skaičiuojama pagal (3.3)–(3.6) formules:

$$M_{iMA} = L_{i1} + L_{i2}, \text{ i-tojo miesto maži aplinkosauginiai pokyčiai}; \quad (3.3)$$

$$M_{iDA} = L_{i3} + L_{i4}, \text{ i-tojo miesto dideli aplinkosauginiai pokyčiai}; \quad (3.4)$$

$$M_{iMT} = L_{i1} + L_{i3}, \text{ i-tojo miesto maži technologiniai pokyčiai}; \quad (3.5)$$

$$M_{iDT} = L_{i2} + L_{i4}, \text{ i-tojo miesto dideli technologiniai pokyčiai}. \quad (3.6)$$

Kaip pavyzdys, pateikiami DM vertinimo skaičiavimai 3.2 lentelės A dalyje.

Toliau buvo pasinaudota autoriaus atliktu judumo priemonių priskyrimu didesniajam (D) arba mažesniajam (M) reikšmingumui pagal darnaus vystymosi sritis, pvz., judumo priemonė „Dviračių takai“ turi mažą ekonominį poveikį, tačiau turi reikšmingą aplinkosauginį ir socialinį poveikį, „Kokybiškos dangos gatvės“ turi didelį ekonominį, bet mažą aplinkosauginį ir socialinį poveikį.

Susumuojant kiekvieno nagrinėjamo miesto susisiekimo sistemos esamų ir DJMP numatytų įgyvendinti darnaus judumo priemonių nustatytus reikšmingumus (D_{ek} ; M_{ek} ; D_{ap} ; M_{ap} ; D_{soc} ; M_{soc}) pagal (3.7)–(3.12) formules, vertinamas bendras judumo priemonių poveikis DSS plėtrai pagal darnaus vystymosi principus. Kaip pavyzdys, pateikiami DM vertinimo skaičiavimai (3.2 lentelės B dalyje).

$$\sum D_{ek_i}; \quad (3.7)$$

$$\sum D_{ap_i}; \quad (3.8)$$

$$\sum D_{soc_i}; \quad (3.9)$$

$$\sum M_{ek_i}; \quad (3.10)$$

$$\sum M_{ap_i}; \quad (3.11)$$

$$\sum M_{soc_i}, \quad (3.12)$$

čia i -tojo miesto judumo priemonių nustatyti reikšmingumai.

3.2 lentelė. Miestų susisiekimo sistemų vertinimas pagal darnaus vystymosi sritis ir Plėtros modelį (sudaryta autoriaus)

Table 3.2. Assessment of mobility systems in accordance with the principles of sustainable development and Development Model (created by author)

Judumo priemonės kodas	Scenarijus atitinkantis judumo priemonę										Priemonių poveikio reikšmingumas
	Vilnius		Kaunas		Klaipėda		Šiauliai		Panevėžys		
	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P1-1	1		1		1	1	1		1		M_ek; M_ap; D_soc
P1-2	3	3	3	3	3	3		3			M_ek; D_ap; D_soc
P1-3	2		2		2		2		2		D_ek; M_ap; D_soc
P1-4						4					D_ek; D_ap; D_soc
P1-5	1	1	1		1	1	1		1	1	M_ek; M_ap; D_soc
P1-6	3		3		3		3		3		M_ek; D_ap; D_soc
P2-1	3	3	3		3		3	3	3	3	M_ek; D_ap; D_soc
P2-2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	M_ek; D_ap; D_soc
P2-3	1	1	1	1	1	1		1	1	1	M_ek; M_ap; M_soc
P2-4	4	4	4		4	4		4		4	D_ek; D_ap; D_soc
P2-5	1		1		1		1	1	1		M_ek; M_ap; M_soc
P3-1	2	2	2		2	2	2	2	2	2	D_ek; M_ap; D_soc
P3-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	D_ek; M_ap; D_soc
P3-3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	D_ek; M_ap; D_soc

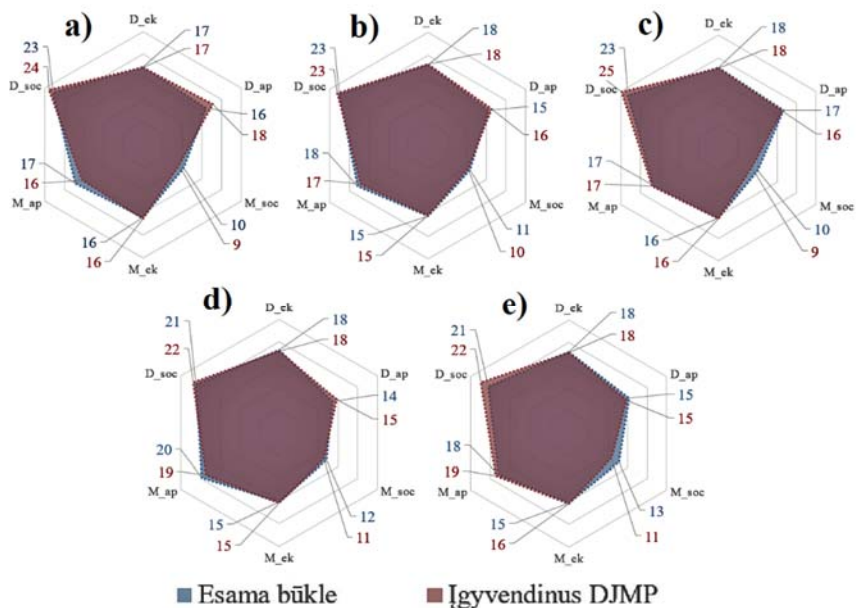
3.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P3-4	2		2		2		2	2	2	2	D ek; M ap; M soc
P3-5								4	4		D ek; D ap; D soc
P4-1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	D ek; D ap; D soc
P4-2	1		1		1		1	1	1	1	M ek; M ap; M soc
P4-3	4		4		4		4		4		D ek; D ap; M soc
P4-4	4		4		4					4	D ek; D ap; D soc
P4-5	3	3			3	3		3			M ek; D ap; D soc
P5-1		3							3		M ek; D ap; M soc
P5-2											D ek; M ap; M soc
P5-3		4	4		4				4		D ek; D ap; D soc
P5-4	2	2	2		2		2		2		D ek; M ap; M soc
P6-1	1		1		1		1	1	1	1	M ek; M ap; M soc
P6-2	1		1		1	1	1		1	1	M ek; M ap; M soc
P6-3		3									M ek; D ap; D soc
P6-4	3		3		3		3		3		M ek; D ap; D soc
P7-1	4	4	4	4	4	4	4		4	4	D ek; D ap; M soc
P7-2	4		4		4		4	4	4		D ek; D ap; M soc
P7-3				4		4					D ek; D ap; D soc
P7-4	4		4		4		4		4		D ek; D ap; D soc
P8-1	2		2	2	2	2	2	2	2		D ek; M ap; M soc
P8-2	4	4			4			4		4	D ek; D ap; D soc
P8-3				3							M ek; D ap; D soc
P8-4	1	1	1	1	1	1		1		1	M ek; M ap; D soc
P8-5											D ek; M ap; M soc
A dalis. Vertinimas pagal Plėtros modelio scenarijus											
Z_{i1} (3.1)	8	3	8	2	8	5	6	5	7	6	
Z_{i2} (3.1)	7	4	7	3	7	4	7	5	7	4	
Z_{i3} (3.1)	6	6	5	3	6	3	4	4	5	2	
Z_{i4} (3.1)	8	5	8	3	9	5	5	5	7	5	
L_{i1} (3.2)	28	17	29	18	27	29	27	26	27	35	
L_{i2} (3.2)	24	22	25	27	23	24	32	26	27	24	
L_{i3} (3.2)	21	33	18	27	20	18	18	21	19	12	
L_{i4} (3.2)	28	28	29	27	30	29	23	26	27	29	
M_{iMA} (3.3)	52	50	54	55	53	53	55	53	54	53	
M_{iDA} (3.4)	48	61	46	55	50	47	41	47	46	41	
M_{iMT} (3.5)	48	50	46	45	47	47	45	47	46	47	
M_{iDT} (3.6)	52	39	54	45	50	53	59	53	54	59	
B dalis. Vertinimas pagal darnaus vystymosi principus											
D ek (3.7)	15	9	15	6	16	9	12	10	14	9	
D ap (3.8)	14	11	13	6	15	8	9	9	12	7	
D soc (3.9)	9	4	9	3	9	3	8	6	10	4	
M ek (3.10)	14	9	13	5	14	8	10	9	12	8	
M ap (3.11)	15	7	15	5	15	9	13	10	14	10	
M soc (3.12)	20	14	19	8	21	14	14	13	16	13	
D ek, proc.	17	17	18	18	18	18	18	18	18	18	
D ap, proc.	16	20	15	18	17	16	14	16	15	14	

3.2 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D soc, proc.	10	7	11	9	10	6	12	11	13	8	
M ek, proc.	16	17	15	15	16	16	15	16	15	16	
M ap, proc.	17	13	18	15	17	18	20	18	18	20	
M soc, proc.	23	26	23	24	23	27	21	23	21	25	

Gauti rezultatai pavaizduojami voratinklinėse diagramose, kurios vizualiai parodo kokią reikšmę numatytos judumo priemonės turi miestų DSS ekonominiu, aplinkosauginiu ir socialiniu aspektu ir kokia kryptimi yra vystomos miestų susisiekimo sistemos technologiniu ir aplinkosauginiu aspektu. Didžiųjų miestų abiejų vertinimų rezultatai pateikti 3.3 ir 3.4 paveiksluose, visų miestų rezultatai pateikti E priede (E1, E2, E3 ir E4 pav.).



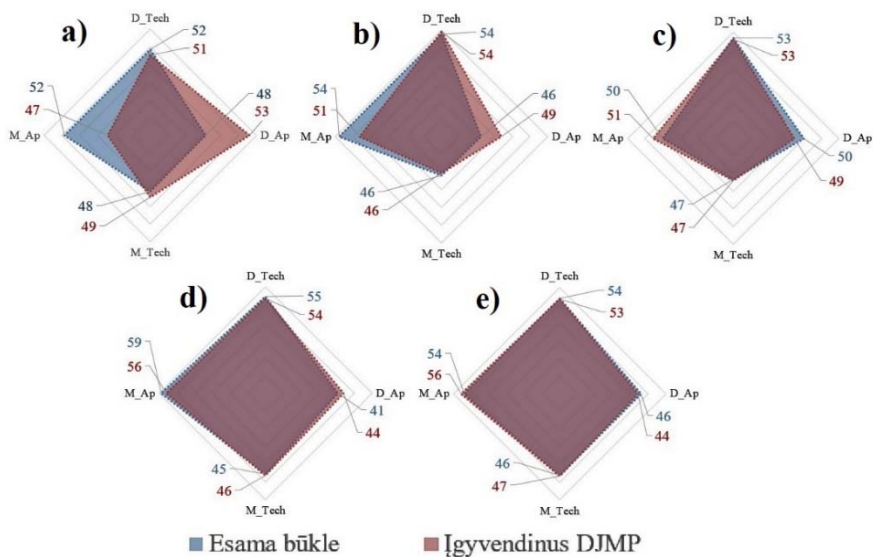
3.3 pav. Susisiekimo sistemų vertinimas pagal Plėtros modelį: a) Vilnius;

b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.3. Assessment of mobility systems in accordance with the Development Model: a) Vilnius; b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (created by author)

Miestų DSS vertinant pagal technologinį ir aplinkosauginį aspektus gauti rezultatai rodo kiek procentiškai įgyvendintų judumo priemonių atitinka kiekviena iš 4 plėtros scenarijų, todėl vaizduojant grafiškai ir norint tiksliai nustatyti kurį plėtros scenarijų miesto susisiekimo sistema atitinka labiausiai, reikia nustatyti gautų rezultatų vidurio tašką. Vidurio taškas ne tik tiksliai parodo kuriuo iš 4

plėtos scenarijumi miesto susisiekimo sistema yra labiausiai plėtojama, bet taip pat leidžia stebėti įgyvendinamų naujų judumo priemonių daromą poveikį, t. y. įgyvendinus judumo priemonę ar jų rinkinį, vidurio taškas juda link to plėtos scenarijaus, kurį labiausiai reprezentuoja įgyvendinamos judumo priemonės (susisteminti poslinkio rezultatai grafiškai vaizduojami 3.3.1 poskyrio 3.8 paveiksle). 3.4 paveiksle pateiktas didžiųjų miestų susisiekimo sistemų esamos situacijos ir situacijos įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemonės vertinimas pagal Plėtos modelį.



3.4 pav. Miestų darnios susisiekimo sistemos vertinimas pagal darnaus vystymosi šritis:
a) Vilnius; b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.4. Assessment of the sustainable urban mobility in accordance with the principles of sustainable development: a) Vilnius; b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (created by author)

Analizuojant rezultatus pastebima, kad Alytaus, Mažeikių, Jonavos, Plungės, Druskininkų, Palangos, Birštono, Neringos ir Trakų miestų esama susisiekimo sistemos labiausiai atspindi S1 plėtos scenarijų, kur vykdomas esamų plėtos krypčių tęstinumas su nedidelėmis investicijomis į viešojo transporto infrastruktūrą, nedideliais pokyčiais transporto priemonių parko valdyme ir alternatyvių degalų naudojime. Vilniaus, Kauno, Šiaulių, Panevėžio, Tauragės ir Visagino miestų esama susisiekimo sistemos labiausiai atspindi S2 plėtos scenarijų, kur ieškoma sprendimų mažinti oro taršą efektyviau valdant esamus eismo srautus ir daugiau integruojant ekologišką transporto priemonių. Marijampolės, Utenos, Kėdainių ir Telšių esama susisiekimo sistemos vienodai

atspindi tiek S1, tiek S2 plėtros scenarijus. Klaipėdos miesto esama DSS vienodai atspindi tiek S2, tiek S4 plėtros scenarijus, kur pastarajame didžiausias dėmesys skiriamas eismo spūsčių mažinimui, racionalaus automobilių stovėjimo valdymui, kokybiško viešojo transporto tinklo plėtrai, didelį dėmesį skiriant visų socialinių grupių judumo didinimui.

Vertinant miestų susisiekimo sistemas po DJMP numatytų priemonių įgyvendinimo, pokyčiai atsirastų Vilniaus miesto susisiekimo sistemoje, kuri labiau atspindėtų S4 plėtros scenarijų, Jonavos miesto susisiekimo sistemoje išryškėtų S3 plėtros scenarijus, Tauragės miesto susisiekimo sistema iš S2 pereitų į S1 plėtros scenarijų, Palangos miesto susisiekimo sistema vienodai atspindėtų tiek S3, tiek S4 plėtros scenarijus, o visų kitų miestų scenarijai nesikeistų, tiesiog sustiprėtų arba susilpnėtų atitinkamo scenarijaus dominavimas, t. y. sustiprėtų jei DJMP yra numatyta daugiausia judumo priemonių pagal esamos būklės plėtros scenarijų ir susilpnėtų, jei DJMP yra numatyta mažiausiai judumo priemonių pagal esamos būklės plėtros scenarijų. Vertinimo rezultatai ir scenarijų pokyčiai, kartu nurodant scenarijaus stiprėjimą arba silpnėjimą, pateikiami 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Miestų darnių susisiekimo sistemų vertinimas pagal Plėtros modelį

Table 3.3. Assessment of sustainable urban mobility in accordance with the Development Model

Miestas	Esamos būklės plėtros scenarijus	Scenarijus po DJMP įgyvendinimo	Scenarijaus dominavimo pokytis*
Vilnius	S2	S4	↑
Kaunas	S2	S2	↓
Klaipėda	S	S2	↑
Šiauliai	S2, S4	S2	↓↓
Panevėžys	S2	S2	↑
Alytus	S1	S1	↓
Marijampolė	S1, S2	S2	↓
Mažeikiai	S1	S1	↓
Jonava	S1	S3	↑↑
Utena	S1, S2	S1	↑
Kėdainiai	S1, S2	S2	↓↓
Telšiai	S1, S2	S1	↑↑
Tauragė	S2	S1	↑
Visaginas	S2	S1, S2	↓↓↓
Plungė	S1	S1	↓↓↓
Druskininkai	S1	S3, S4	↑
Palanga	S1	S1	↓
Birštonas	S1	S1	↑
Neringa	S1	S1	↑
Trakai	S1	S1	↑↑

*stiprėjimas: ↑ mažas, ↑↑ vidutinis, ↑↑↑ didelis; silpnėjimas ↓ mažas, ↓↓ vidutinis, ↓↓↓ didelis

Vertinimas pagal darnaus vystymosi principus parodė, kad visų miestų tiek esamos situacijos, tiek įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemones turi didelį socialinį reikšmingumą, kas pabrėžia, jog DJMP yra orientuoti į žmogaus susisiektimo ir gyvenamosios aplinkos gerinimą. DM grupėje taip pat dominuoja judumo priemonės, kurios turi didesnę ekonominę, tačiau mažesnę aplinkosauginę poveikį, pvz., eismo saugumo priemonės. VM ir KM grupėse taip pat dominuoja mažo ekonominio ir aplinkosauginio poveikio judumo priemonės, todėl įgyvendinant DJMP investuotos lėšos atsipirks per ilgesnį laiko tarpą. Šis aspektas dažnai tampa svarbiu faktoriumi miestų administracijų vadovams priimant sprendimus, todėl kyla grėsmė, kad greituoju metu neatsiras valios aktyviai ir sėkmingai plėtoti darnų judumą miestuose.

Išanalizuotuose miestuose didesni judumo priemonių poveikio pasikeitimai įgyvendinus DJMP numatomi Jonavoje, kur numatyta daugiau didesnę aplinkosauginę reikšmę turinčių judumo priemonių. Kėdainiuose numatyta daugiau didesnę aplinkosauginę ir mažesnę socialinę reikšmę turinčių priemonių, Visaginė numatyta daugiau mažesnę ekonominę reikšmę turinčių judumo priemonių. Kituose miestuose judumo priemonių aplinkosauginis, ekonominis ir socialinis poveikiai keičiasi neženkiai.

Vertinimas pagal darnaus vystymosi principus leidžia įvertinti kokią reikšmę visai miesto susisiektimo sistemai turi esamos arba numatomos įgyvendinti judumo priemonės. Tai gali būti įrankis priimant sprendimus dėl tolimesnės miesto plėtros.

3.2. Darnių susisiektimo sistemų vertinimas daugiakriteriais sprendimų paramos metodais

Daugybė MCDM gali būti taikomi analizuojant judumo priemonių diegimą miestuose. Parezanovic *et al.* (2016) panaudojo COPRAS metodą vertindamos judumo priemones pagal pasirinktus kriterijus, Hickman *et al.* (2012) taikė daugekriterį vertinimą analizuodamas susisiektimo infrastruktūros plėtros galimybes pagal atskirus scenarijus, mokslininkai Podvezko V. ir Sivilevičius H. (2013) naudodami AHP metodą, analizavo susisiektimo sistemas per saugaus eismo prizmę, kiti MCDM taikė analizuodami konkrečias vietas judumo priemonių diegimui (Barauskas *et al.* 2018).

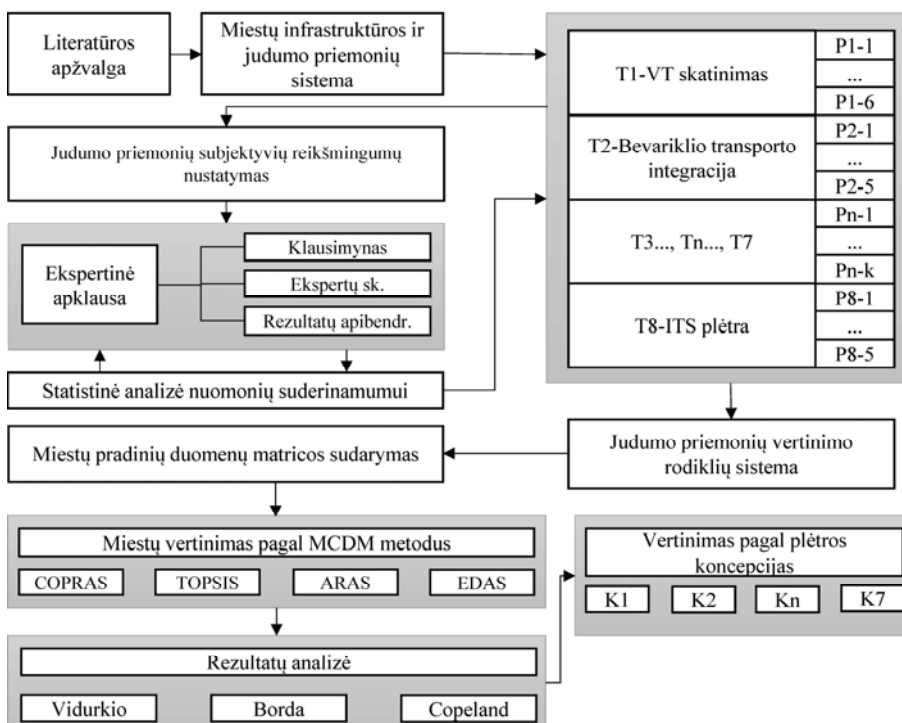
3.2.2 poskyryje, taikant MCDM, atliekamas Lietuvos miestų esamos situacijos vertinimas darnaus judumo požiūriu. 3.2.3 poskyryje pateikiamas Lietuvos miestų būsimos situacijos (įgyvendinus DJMP) MCDM vertinimas.

3.2.1. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų vertinimo procesas

Atliekamo vertinimo tikslas – įvertinti Lietuvos miestus, turinčius parengtus DJMP, judumo požiūriu. Šiam tikslui pasiekti keliami uždaviniai:

- pagal temines dalis sudaryti dažniausiai naudojamų judumo priemonių rinkinius;
- atlikti ekspertinį vertinimą judumo priemonių reikšmingumui nustatyti;
- miestų vertinimui panaudoti COPRAS, TOPSI, ARAS, EDAS metodus;
- atlikti rezultatų analizę taikant vidurkio, Borda ir Copeland metodus;
- atlikti miestų DSS vertinimą MCDM metodais racionaliųjų plėtros koncepcijoms nustatyti.

Tyrimo procesas pateiktas 3.5 paveiksle.



3.5 pav. Vertinimo daugiakriteriais sprendimų paramos metodais procesas (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.5. Assessment process using multi-criteria decision making methods (created by author)

Vertinimo metu, miestai analizuojami naudojant šiuos MCDM: COPRAS, TOPSIS, ARAS, EDAS, aprašytus 2.4 poskyryje, dėl to susiduriama su problema, kad kiekvienas metodas pagal tuos pačius kriterijus pateikia skirtingas reikšmes, todėl praktikoje dažnai naudojamas integruotas MCDM taikymas, kai skirtingų MCDM rezultatai analizuojami rezultatus apibendrinančiais metodais, tokiais, kaip vidurkio, Borda ar Copeland. Toliau straipsnyje yra aprašomas šių metodų taikymas.

Skirtingiems MCDM vertinimo rezultatams apibendrinti praktikoje taikomi Borda (Borda 1781; McLean 1990) ir Copeland (Erlandson 1978; Fishburn 1971) metodai. Abiejų metodų skaičiavimo algoritmas yra vienodas. Alternatyvų ($a_1, a_2, \dots, a_n$) vertinimo matrica A_{ij} ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}$) kuriama pagal taikomus MCDM (M_1, M_2, M_3, M_4) (3.4 lentelė). Apskaičiuojamas kiekvienos alternatyvos vidutinis rangas $A_1, A_2, \dots, A_n$.

3.4 lentelė. Rangai ir jų vidurkiai gauti pagal skirtingus daugiakriterius sprendimų paramos metodus

Table 3.4. The ranks and their averages are derived from different multi-criteria decision making methods

Metodai Alternatyvos	M_1	M_2	...	M_k	Vidutinis rangas
a_1	A_{11}	A_{12}	...	A_{1k}	A_1
a_2	A_{21}	A_{22}	...	A_{2k}	A_2
...	...	...	...	...	...
a_n	A_{n1}	A_{n2}	...	A_{nk}	A_n

Tada vidutinis rangas naudojamas visų alternatyvų racionalumo palyginimui, siekiant nustatyti kuri alternatyva turi mažesnę vidurkį. Alternatyvų palyginimui naudojama A matrica (3.5 lentelė).

3.5 lentelė. Alternatyvų lyginimo A matrica

Table 3.5. Alternative Comparison A matrix

Alternatyvos (vidutinė reikšmė)	Alternatyvos (vidutinė reikšmė)					P_i
	a_1	a_2	a_3	...	a_n	
a_1	—	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}	P_1
a_2	a_{21}	—	a_{23}	...	a_{2n}	P_2
a_3	a_{31}	a_{32}	—	...	a_{3n}	P_3
...	...	...	...	...	...	...
a_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	—	P_n
N_j	N_1	N_2	N_3	...	N_n	

Matricoje lyginamos alternatyvos vertinamos vienetu arba nuliu, kai vienetas reiškia, kad toje eilutėje esanti alternatyva yra racionalesnė už tame stulpelyje esančią alternatyvą, o nulis reiškia, kad alternatyva nėra racionalesnė, arba, kad abi alternatyvos yra vienodos.

Kiekvienos alternatyvos santykinio racionalumo vertės sudedamos horizontaliai (P_i). Kiekvienos alternatyvos santykinio racionalumo vertės sudedamos vertikaliai (N_j) ir yra suskaičiuojami alternatyvos nuostoliai.

Racionalia alternatyva yra laikoma kai:

- A matricos paskutiniame stulpelyje alternatyvos vertė yra didžiausia (Borda metodo atveju);
- Atėmus nuostolius (N_j) iš alternatyvos racionalumo (P_i) jos vertė yra didžiausia (Copeland metodo atveju).

3.2.2. Miestų susisiekimo sistemų esamos situacijos vertinimas taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus

Pasinaudojant 2.2.2 poskyryje ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių ir atskirų judumo priemonių reikšmingumais, ir naudojantis MCDM, sugrupuoti miestai vertinami tarpusavyje siekiant nustatyti, kuris miestas turi racionaliausią (efektyviausią) esamos situacijos susisiekimo sistemą (Damidavičius *et al.* 2020).

Pirmiausia atliekamas atskirų miestų grupių esamos būklės MCDM vertinimas pagal atskiras temines dalis. Pagal MCDM paskaičiuotos prioritetų eilutės nežymiai skiriasi, todėl apskaičiuotos apibendrintos vietos kai kiekvienu metodu gauta prioritetinės eilutės vieta susumuojama.

Mažiausią sumą surinkęs miestas gauna aukščiausią prioriteto vietą. Taip pat, norint patikrinti gautus rezultatus, pasinaudota vidurkio, Borda ir Copeland metodais. Pastebėtina, kad pagal šiuos metodus visos vertinimo prioritetinės eilutės sutapo ir retai skyrėsi nuo apibendrintos vietos. Kaip pavyzdys 3.6 lentelėje pateikiami DM pirmų trijų teminių dalių vertinimo skaičiavimai, o visų miestų skaičiavimai pateikiami C priede. Vertinimo rezultatai taip pat pateikti 3.2.4 poskyrio 3.7 paveiksle.

Analizuojant vertinimo rezultatus, kiekvienoje teminėje dalyje skiriasi racionaliausias miestas ir per visas temines dalis nėra nei vieno miesto, kuris akivaizdžiai turėtų aukščiausius prioritetinių eilučių vietas, pvz., Panevėžio miestas teminėje dalyje Eismo sauga ir saugumas prioritetinėje eilutėje užima aukščiausią vietą, tačiau Alternatyvių degalų ir aplinką mažiau teršiančio transporto skatinimas teminėje dalyje užima žemiausią vietą.

3.6 lentelė. Esamos situacijos didžiųjų miestų daugiakriterių sprendimo priėmimo metodų vertinimo rezultatai
Table 3.6. Assessment of the current situation in big cities by multi-criteria decision making methods

Miestai	Daugiakriteriniai sprendimų paramos metodai										Bendra vieta	Vielių suma	Vieta pagal vidurkį	Vieta pagal Borda	Vieta pagal Copeland
	COPRAS		TOPSIS		ARAS		EDAS								
	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta							
T1 – Viešojo transporto skatinimas															
Vilnius	0,2188	2	0,6242	2	0,1588	2	0,7655	2	8	2	2	2	2	2	2
Kaunas	0,1716	3	0,4723	3	0,128	3	0,5233	3	12	3	3	3	3	3	3
Klaipėda	0,2565	1	0,7322	1	0,1857	1	0,9654	1	4	1	1	1	1	1	1
Šiauliai	0,0772	5	0,0806	5	0,0601	5	0,0016	5	20	5	5	5	5	5	5
Panevėžys	0,0931	4	0,1403	4	0,0717	4	0,0905	4	16	4	4	4	4	4	4
T2 – Bevariklio transporto integracija															
Vilnius	0,2873	1	0,5239	1	0,1885	1	0,7767	1	4	1	1	1	1	1	1
Kaunas	0,1547	3	0,2997	3	0,1028	4	0,2694	3	13	3	3	3	3	3	3
Klaipėda	0,1517	4	0,2841	4	0,1034	3	0,2269	4	15	4	4	4	4	4	4
Šiauliai	0,1256	5	0,2612	5	0,0884	5	0,1148	5	20	5	5	5	5	5	5
Panevėžys	0,2808	2	0,521	2	0,1841	2	0,7285	2	8	2	2	2	2	2	2
T3 – Eismo sauga ir saugumas															
Vilnius	0,1593	3	0,1876	3	0,1262	3	0,1789	3	12	3	3	3	3	3	3
Kaunas	0,203	2	0,356	2	0,154	2	0,3307	2	8	2	2	2	2	2	2
Klaipėda	0,1317	5	0,1463	4	0,1064	5	0,0198	5	19	5	5	5	5	5	5
Šiauliai	0,1363	4	0,1445	5	0,1066	4	0,079	4	17	4	4	4	4	4	4
Panevėžys	0,3697	1	0,6634	1	0,2289	1	0,8566	1	4	1	1	1	1	1	1
T4 – Eismo organizavimas ir judumo valdymas															
Vilnius	0,2875	1	0,5653	2	0,178	2	0,8236	1	6	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
Kaunas	0,1226	5	0,167	5	0,0669	5	0,0269	3	18	5	5	5	5	5	5
Klaipėda	0,1629	4	0,3388	4	0,1204	4	0,2502	4	16	4	4	4	4	4	4
Šiauliai	0,1706	3	0,4363	3	0,1477	3	0,2369	5	14	3	3	3	3	3	3
Panevėžys	0,2563	2	0,5973	1	0,1988	1	0,6774	2	6	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2

Norint nustatyti kuris miestas turi daugiausiai aukščiausių prioritetinės eilutės vietų, sudedamos kiekvieno miesto teminių dalių prioritetinės eilutės vietos. Mažiausią sumą surinkęs miestas gauna aukščiausią prioriteto vietą. Kaip pavyzdys, 3.7 lentelėje pateikiama DM prioritetinių eilių vietų analizė. Visų kitų miestų analizės rezultatai pateikti C priede.

3.7 lentelė. Esamos situacijos teminių dalių prioritetinių eilučių suma pagal atskiras miestų grupes

Table 3.7. Amount of priority lines for the thematic parts of the current situation by grouped cities/towns

Miestas	Teminės dalies prioritetinės eilutės vieta								Vietų suma	Bendra vieta
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
Vilnius	2	1	3	1–2	5	4	1	1	18,5	1
Kaunas	3	3	2	5	2	5	2	3	25,0	3
Klaipėda	1	4	5	4	3	3	4	2	26,0	4
Šiauliai	5	5	4	3	4	2	3	4	30,0	5
Panevėžys	4	2	1	1–2	1	1	5	5	20,5	2

Atlikus miestų vertinimą pagal teminių dalių prioritetines eilutes, DM grupėje Vilniaus miestas gavo aukščiausią apibendrintos prioritetinės eilutės vietą (suma 18,5), o mažiausią gavo Šiaulių miestas (suma 30). VM grupėje aukščiausią apibendrintos prioritetinės eilutės vietą gavo Marijampolė (suma 32), o mažiausią gavo Kėdainių miestas (suma 66,5). KM vertinime aukščiausią prioritetą gavo Druskininkai (suma 15), o mažiausią Birštonas (suma 32,5).

Kiekvienos teminės dalies įtaka bendram vertinimo rezultatui skirtinga, todėl pasinaudojant ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių reikšmingumais, apjungiami atskiri MCDM metodai bendriems miestų susisieikimo sistemų išvystymo lygiams įvertinti. Šiuo atveju sprendimų matricų elementai yra teminių dalių atskirų MCDM metodų vertinimo reikšmės. MCDM metodais gautos didžiausios vertės yra geriausias rezultatas, todėl atliekant vertinimą visi teminių dalių rodikliai yra maksimizuojantys. Atlikto DM ir VM esamos situacijos susisieikimo sistemų vertinimo atskirais MCDM metodais ir apibendrinto vertinimo rezultatai pateikti 3.8 lentelėje, o KM – C priede.

Apibendrinant rezultatus, susisieikimo sistemų vertinimas parodė, kad DM grupėje Vilniaus ir Panevėžio miestų susisieikimo sistemų išvystymo lygis yra didžiausias lyginant su kitais DM. Vertinant gautus reikšmių vidurkius, Vilniaus ir Panevėžio gautos reikšmės, nuo sekančios prioritetinėje eilutėje esančios Klaipėdos, skiriasi daugiau kaip 31 proc. Tai parodo miestų darnaus judumo priemonių įgyvendinimo atotrūkį tarp miestų.

VM vertinimas parodė, kad Utenos ir Mažeikių susisieikimo sistemų išvystymo lygis yra didžiausias. Analizuojant reikšmių vidurkius nepastebimas didesnis atotrūkis tarp miestų.

3.8 lentelė. Esamos situacijos bendras miestų darnių susisieikimo sistemų vertinimas atskirose miestų grupėse
Table 3.8. Overall assessment of the current situation of urban sustainable transport systems by grouped cities/towns

Miestas	COPRAS		TOPSIS		ARAS		EDAS		Reikšmių vidurkis	Viečių suma	Bendra vieta	Veikia pagal vidurkį	Veikia pagal Borda	Vieta pagal Copleland
	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Didieji miestai														
Vilnius	0,2456	1	0,5297	2	0,1836	1	0,7333	2	0,4231	6	1-2	2	2	2
Kaunas	0,1857	4	0,4159	4	0,1389	4	0,3298	4	0,2676	16	4	4	4	4
Klaipėda	0,1968	3	0,4651	3	0,1523	3	0,3683	3	0,2956	12	3	3	3	3
Šiauliai	0,1295	5	0,2043	5	0,1074	5	0,0145	5	0,1139	20	5	5	5	5
Panevėžys	0,2425	2	0,5609	1	0,1786	2	0,7713	1	0,4383	6	1-2	1	1	1
Vidutinio dydžio miestai														
Alytus	0,1275	2	0,4249	7	0,0978	3	0,7324	3	0,3457	15	3	3-5	3-5	3-5
Marijampolė	0,1056	5	0,5366	3	0,0881	5	0,7053	4	0,3589	17	4-5	3-5	3-5	3-5
Mažeikiai	0,1345	1	0,5480	2	0,1014	1	0,7040	5	0,3719	9	2	1-2	1-2	1-2
Jonava	0,1008	6	0,5141	4	0,0868	6	0,8014	1	0,3758	17	4-5	3-5	3-5	3-5
Utena	0,1204	3	0,6013	1	0,0997	2	0,7611	2	0,3956	8	1	1-2	1-2	1-2
Kėdainiai	0,0598	9	0,2428	10	0,0509	9	0,0130	10	0,0916	38	9-10	9-10	9-10	9-10
Telsiai	0,0917	8	0,3602	8	0,0727	8	0,3512	8	0,2190	32	8	8	8	8
Tauragė	0,0962	7	0,4824	5	0,0843	7	0,6183	7	0,3203	26	7	7	6,5	6,5
Visaginas	0,0497	10	0,3227	9	0,0448	10	0,0546	9	0,1179	38	9-10	9-10	9-10	9-10
Plungė	0,1138	4	0,4580	6	0,0936	4	0,6338	6	0,3248	20	6	6	6	6

KM vertinimas parodė, kad Druskininkų atotrūkis nuo kitų KM siekia daugiau kaip 33 proc.

3.8 lentelėje gautos miestų vidutinės reikšmės gali būti naudojamos kaip miestų susisiekimo sistemų išvystymo indeksai, kurie parodo kokia yra miesto santykinė pažanga įgyvendinant darnaus judumo priemones, lyginant su kitais to pačio tipo miestais. Lyginant šiuos indeksus tarpusavyje, galima nustatyti kiek procentiškai skiriasi atskirų miestų susisiekimo sistemų išvystymo lygio efektyvumas, pvz., lyginant Panevėžio miestą (0,4383) su Šiaulių miestu (0,1139), pastarojo susisiekimo sistemos išvystymo lygio efektyvumas sudaro tik 26 proc. Panevėžio miesto išvystymo lygio.

Lyginant abu atliktus vertinimus (MCDM pagal atskiras temines dalis ir MCDM vertinant visą susisiekimo sistemą) pastebima, kad rezultatai prioritetinėse eilutėse skiriasi. Tai priklauso nuo to, kad MCDM vertinimo metu pagal nustatytas teminių dalių reikšmes suteikiant vietas prioritetinėse eilutėse, neįvertinamas realus judumo priemonių įgyvendinimo lygis miestuose, tai parodo tik faktą, kad tam tikro miesto atitinkama teminės dalies reikšmė yra didžiausia lyginant su kitais miestais, tačiau neparodo koks yra tos teminės dalies reikšmingumas bendroje susisiekimo sistemoje.

Atsižvelgiant į abiejų vertinimų rezultatus, galima daryti išvadą, kad nustatant apibendrintą prioritetinės eilutės vietą, kai yra sumuojamos atskiros teminių dalių vietos, galima nustatyti miestą, kuris kiekybiškai įgyvendina daugiau judumo priemonių lyginant su kitais miestais (3.7 lentelė), o pasinaudojus ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių reikšmingumais ir apjungiant MCDM gautas teminių dalių reikšmes, nustatomi miestai, kurių įgyvendintos judumo priemonės turi didesnę poveikį (3.8 lentelė). Taip pat daroma prielaida, kad šių dviejų vertinimų santykis parodo kompleksiskai įgyvendinamų judumo priemonių finansinį racionalumą – kuo žemesnė prioritetinės eilutės vieta (3.7 lentelė) ir kuo didesnė numatoma DSS išvystymo lygio reikšmė (3.8 lentelė), tuo didesnis pasiekiamas DSS plėtros efektyvumas skiriant mažiau finansinių resursų.

3.2.3. Miestų susisiekimo sistemų planuojamos situacijos, įgyvendinus darnaus judumo mieste planus, vertinimas taikant daugiakriterius sprendimų paramos metodus

Pasinaudojant 2.2.2 poskyryje ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių ir atskirų judumo priemonių reikšmingumais, ir naudojantis MCDM, sugrupuoti miestai vertinami tarpusavyje siekiant nustatyti, kuris miestas turės racionaliausią (efektyviausią) DSS įgyvendinus DJMP.

Vertinimo procesas atliekamas tokiu pačiu algoritmu kaip ir 3.2.2 poskyryje. Rezultatai pateikti 3.2.4 poskyrio 3.6 paveiksle. Vertinimo skaičiavimai pagal atskiras temines dalis pateikiami C priede.

Atlikus atskirų miestų grupių planuojamos situacijos MCDM vertinimą pagal atskiras temines dalis, paskaičiuotos prioritetų eilutės nežymiai skiriasi, todėl apskaičiuotos apibendrintos vietos kai kiekvienu metodu gauta prioritetinės eilutės vieta susumuojama. Mažiausią sumą surinkęs miestas gauna aukščiausią prioritetą vietą. Taip pat, norint patikrinti gautus rezultatus, pasinaudota vidurkio, Borda ir Copeland metodais. Pastebėtina, kad pagal šiuos metodus visos vertinimo prioritetinės eilutės sutapo ir retai skyrėsi nuo apibendrintos vietos. Skaičiavimai pateikti C priede.

Analizuojant vertinimo rezultatus, kiekvienoje teminėje dalyje skiriasi racionaliausias miestas ir per visas temines dalis nėra nei vieno miesto, kuris akivaizdžiai turėtų aukščiausią prioritetinių eilučių vietą. Norint nustatyti kuris miestas turi daugiausiai aukščiausių prioritetinės eilutės vietų, sudedamos kiekvieno miesto teminių dalių prioritetinės eilutės vietos. Mažiausią sumą surinkęs miestas gauna aukščiausią prioritetą vietą. Skaičiavimai pateikti C priede.

Atlikus miestų vertinimą pagal teminių dalių prioritetines eilutes, DM grupėje Vilniaus miestas gavo aukščiausią apibendrintos prioritetinės eilutės vietą (suma 19,5), o mažiausią gavo Klaipėdos miestas (suma 31). VM grupėje aukščiausią apibendrintos prioritetinės eilutės vietą gavo Alytus (suma 27,5), o mažiausią gavo Kėdainių miestas (suma 59). KM vertinime aukščiausią prioritetą gavo Druskininkai (suma 15,5), o mažiausią Birštonas (suma 32,5).

Kiekvienos teminės dalies įtaka bendram vertinimo rezultatui skirtinga, todėl pasinaudojant ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių reikšmingumais, apjungiami atskiri MCDM metodai bendriems miestų DSS išvystymo lygiams įvertinti. Šiuo atveju sprendimų matricių elementai yra teminių dalių atskirų MCDM metodų vertinimo reikšmės. MCDM metodais gautos didžiausios vertės yra geriausias rezultatas, todėl atliekant vertinimą visi teminių dalių rodikliai yra maksimizuojantys. Atlikto DM ir VM planuojamos situacijos DSS vertinimo atskirais MCDM metodais ir apibendrinto vertinimo rezultatai pateikti 3.9 lentelėje, o KM – C priede.

Apibendrinant rezultatus, DSS vertinimas parodė, kad DM grupėje Vilniaus miesto DSS išvystymo lygis, įgyvendinus DJMP, būtų didžiausias lyginant su kitais DM. Vertinant gautus reikšmių vidurkius, nepastebimas didelis atotrūkis tarp miestų, todėl tai parodo, kad miestai įgyvendindami DJMP renkasi gan panašaus reikšmingumo darnaus judumo priemones ir jų įgyvendinimo santykinius kiekius.

VM vertinimas parodė, kad Plungės miesto DSS išvystymo lygis, įgyvendinus DJMP, būtų didžiausias, o mažiausias išvystymo lygis numatomas Kėdainių mieste. KM vertinimas parodė, kad Druskininkų miesto DSS išvystymo lygis, įgyvendinus DJMP, būtų didžiausias. Atotrūkis nuo kitų KM, įgyvendinant darnaus judumo priemones, siekia apie 30 proc.

3.9 lentelė. Planuojamos situacijos bendras miestų darnių susisiekimo sistemų vertinimas atskirose miestų grupėse

Table 3.9. Overall assessment of the planned situation of sustainable urban mobility in grouped cities/towns

Miestas	COPRAS		TOPSIS		ARAS		EDAS		Reikšmingumų	Viečių suma	Bendra vieta	Veikia pagal vidurki	Veikia pagal Borda	Copoland
	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta	Reikšmė	Vieta						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Didieji miestai														
Vilnius	0,2087	1	0,4417	2	0,1607	1	0,723	1	0,3835	5	1	1	1	1
Kaunas	0,2062	2	0,3968	5	0,1534	3	0,4426	4	0,2998	14	3-4	3-4	3-4	3-4
Klaipėda	0,1979	4	0,5088	1	0,1496	4	0,3653	5	0,3054	14	3-4	3-4	3-4	3-4
Šiauliai	0,1819	5	0,4361	3	0,1439	5	0,4582	3	0,3050	16	5	5	5	5
Panevėžys	0,2053	3	0,4281	4	0,1589	2	0,6476	2	0,3600	11	2	2	2	2
Vidutinio dydžio miestai														
Alytus	0,1254	2	0,4987	3	0,0911	4	0,8830	1	0,3996	10	2	2-3	2-3	2-3
Marijampolė	0,1070	4	0,4343	5	0,1036	2	0,6063	3	0,3128	14	4	4	4	4
Mažeikiai	0,1139	3	0,5225	1	0,0995	3	0,4472	5	0,2958	12	3	2-3	2-3	2-3
Jonava	0,0894	7	0,3793	7	0,0744	6	0,4480	4	0,2478	24	5-6	5-6	5-6	5-6
Utena	0,0838	8	0,3629	8	0,0812	5	0,2296	8	0,1894	29	8	7-8	7-8	7-8
Kėdainiai	0,0762	9	0,2998	10	0,0619	10	0,0684	10	0,1266	39	10	10	10	10
Telšiai	0,0909	6	0,4209	6	0,0709	8	0,4073	7	0,2475	27	7	7-8	7-8	7-8
Tauragė	0,0738	10	0,3066	9	0,0710	7	0,1076	9	0,1398	35	9	9	9	9
Visaginas	0,1006	5	0,4651	4	0,0702	9	0,4266	6	0,2656	24	5-6	5-6	5-6	5-6
Plungė	0,1389	1	0,5110	2	0,1093	1	0,7583	2	0,3794	6	1	1	1	1

3.10 lentelė. Plėtros koncepcijų vertinimo MCDM rezultatai**Table 3.10.** Results of evaluation of Development concepts by multi-criteria decision making methods

Miestas	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Didieji miestai							
Vilnius	0,3204	0,1342	0,3212	0,2148	0,4587	0,3638	0,3496
Kaunas	0,2852	0,2866	0,1387	0,4814	0,1974	0,0464	0,2396
Klaipėda	0,4193	0,0355	0,3951	0,0957	0,0522	0,111	0,1543
Šiauliai	0,1145	0,4742	0,1935	0,0436	0,119	0,4472	0,4664
Panevėžys	0,108	0,2703	0,2156	0,324	0,3574	0,4266	0,2278
Vidutinio dydžio miestai							
Alytus	0,4086	0,4127	0,3013	0,2562	0,3173	0,4768	0,5121
Marijampolė	0,3811	0,3219	0,1965	0,3262	0,4264	0,1949	0,2042
Mažeikiai	0,1361	0,0264	0,2192	0,4632	0,3603	0,1143	0,014
Jonava	0,2695	0,2442	0,2822	0,2171	0,2356	0,0894	0,133
Utena	0,2101	0,1623	0,1811	0,2189	0,1788	0,1218	0,1364
Kėdainiai	0,0574	0,1843	0,0443	0,3111	0,1405	0,0163	0,0923
Telšiai	0,1525	0,2285	0,2857	0,0967	0,2039	0,3790	0,3817
Tauragė	0,1774	0,1685	0,0947	0,1666	0,2585	0,1782	0,0722
Visaginas	0,4408	0,1035	0,3811	0,0015	0,1540	0,4124	0,4566
Plungė	0,2003	0,2663	0,44	0,1167	0,3651	0,438	0,365
Kurortai ir kurortinės vietovės							
Druskininkai	0,4911	0,4217	0,3668	0,4961	0,5163	0,2883	0,3924
Palanga	0,3498	0,1513	0,3695	0,3622	0,2982	0,4342	0,2844
Birštonas	0,0085	0,1673	0,1541	0,0673	0,2279	0,0950	0,0032
Neringa	0,1883	0,1511	0,3382	0,3708	0,0923	0,2794	0,3599
Trakai	0,2666	0,2566	0,3925	0,1101	0,3455	0,3305	0,3025

Atlikus atskirų teminių dalių vertinimą ir nustatius jų reikšmes, bei pasinaudojant ekspertinio vertinimo metu nustatytais teminių dalių reikšmingumais, apjungiami atskiri MCDM metodai DSS plėtros koncepcijų, aprašytų 2.5.1 poskyryje, vertinimui atlikti. Atliekamas atskirų miestų grupių plėtros koncepcijų MCDM vertinimas. Pagal MCDM paskaičiuotos koncepcijų reikšmės nežymiai skiriasi, todėl apskaičiuotas reikšmių vidurkis, kuris laikomas galutiniu plėtros koncepcijos rezultatu. DSS plėtros koncepcija nustatoma plėtros kryptis, kuri apibrėžiama aiškia infrastruktūrine plėtra, pasirinktos susisiekimo rūšies propagavimu ir reikalingų resursų, judumo priemonėms įgyvendinti, užtikrinimu. MCDM vertinimo rezultatai pateikti 3.11 lentelėje, skaičiavimai pateikti C priede.

3.10 lentelėje žaliai pateikti langeliai rodo didžiausią potencialą turinčias DSS plėtros koncepcijas, kurios atspindi daugiausiai esamoje situacijoje įgyvendintų ir DJMP numatytų judumo priemonių. Galima daryti išvadą, kad pagal šias plėtros sritis DSS sistema, įgyvendinant DJMP, numatoma vystyti labiausiai.

Tai gali būti įrankis norint nuspręsti dėl pasirenkamų finansuoti ir įgyvendinti judumo priemonių poreikio. Raudoni langeliai rodo mažą potencialą turinčias plėtros koncepcijas. Daroma išvada, kad šių plėtros krypčių įgyvendinimui būtų reikalinga daugiausia investicijų.

3.2.4. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų vertinimo apibendrinti rezultatai

Atlikus tiek esamos situacijos, tiek planuojamos situacijos vertinimą MCDM, pastebimi miestų DSS pokyčiai tiek prioritutinės eilutės vietų pasiskirstyme, tiek miestų DSS išvystymo lygio reikšmėse. 3.11 lentelėje pateikiama palyginamoji analizė kaip keičiasi miestų esama situacija prioritutinėje eilutėje ir DSS išvystymo lygio efektyvume, įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemones.

Pagal palyginamus rezultatus matyti, kad įgyvendinus DJMP, DM grupėje pasikeitimų prioritutinėje eilutėje nebūtų, pozicijos išliktų tos pačios, tačiau atsirastų pasikeitimai dėl nustatytų DSS išvystymo lygių reikšmių. Čia pastebimas ženklus Šiaulių miesto pokytis, kuris sudaro net 268 proc. Toks pokytis atsirado dėl to, kad Šiaulių miesto esama situacija, lyginant su kitais DM, vertinama gana prastai, todėl DJMP numatytos priemonės ir jų reikšmingumas leistų miestų DSS išvystymo lygio rodiklio reikšmę priartinti prie kitų vertinamų miestų. Reikšmių sumažėjimas pastebimas Vilniaus ir Panevėžio miestuose. Tai galima paaiškinti tuo, kad esamos situacijos vertinime šių miestų DSS išvystymo lygis buvo vertinamas geriausiai, o įgyvendinus DJMP nebūtų pasiektas toks didelis efektas kaip miestuose, kuriuose DSS nėra labai gerai išvystyta, todėl įrengus kiekybinę ir kokybinę infrastruktūrą, rodikliai tarp miestų supanašėtų, o tai pagrindžiantis rezultatas – artėjančios viena prie kitos DSS išvystymo lygio reikšmės.

VM grupėje prioritutinės eilutės pokyčiai nėra ženkliūs. Įgyvendinus DJMP dažniausiai vieta joje pasikeistų per 1–2 pozicijas (35 proc. miestų) arba liktų tokia pati (45 proc. miestų). Didžiausias pakilimas būtų Visagino ir Plungės miestuose, atitinkamai 9–10 vieta → 5–6 vieta ir 6 vieta → 1 vieta. Šių miestų esamos situacijos vertinimas parodė, kad egzistuojanti DSS infrastruktūra yra mažai išvystyta, o įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemones, būtų pasiektas didelis pokytis visai susisiektimo sistemai ir kasdieniniam gyventojų judumui. Didžiausias neigiamas prioritutinės eilutės pokytis būtų Utenos mieste, kuris iš 1 vietos esamoje situacijoje nukristų į 8 vietą įgyvendinus DJMP. Tokiam pozicijos pasikeitimui įtakos turi DJMP numatytos mažiau efektyvios judumo priemonės ir jų gausa. Vertinant DSS išvystymo lygių reikšmes, didžiausias padidėjimas būtų Kėdainių mieste (padidėtų 38 proc.) ir Visagine (padidėtų 225 proc.), o didžiausias sumažėjimas Utenos (sumažėtų 53 proc.) ir Tauragės (sumažėtų 56 proc.) miestuose.

3.11 lentelė. Miestų susisiekimo sistemų efektyvumo pokyčiai įgyvendinus darnaus judumo mieste planus

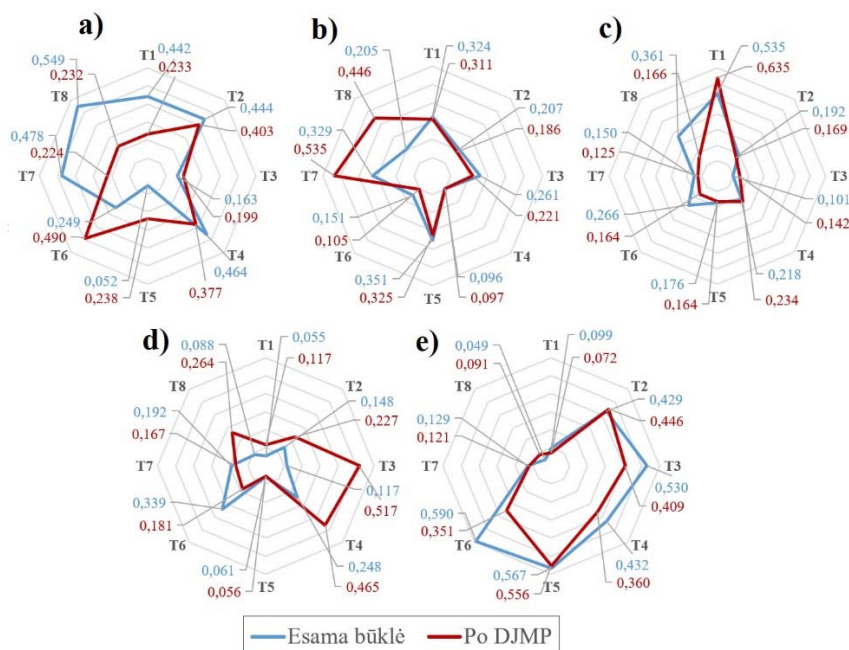
Table 3.11. Changes in the efficiency of urban mobility systems following the implementation of sustainable urban mobility plans

Miestas	Esama situacija		Planuojama situacija		Pokytis*	
	Prior. vieta	Reikšmė	Prior. vieta	Reikšmė	Prior. vieta	Reikšmė
Didieji miestai						
Vilnius	1–2	0,4231	1	0,3835	–	↓
Kaunas	4	0,2676	3–4	0,2998	–	↑
Klaipėda	3	0,2956	3–4	0,3054	–	↑
Šiauliai	5	0,1139	5	0,3050	–	↑↑↑
Panevėžys	1–2	0,4383	2	0,3600	–	↓↓
Vidutinio dydžio miestai						
Alytus	3	0,3457	2	0,3996	↑	↑↑
Marijampolė	4–5	0,3589	4	0,3128	–	↓
Mažeikiai	2	0,3719	3	0,2958	↓	↓↓
Jonava	4–5	0,3758	5–6	0,2478	↓	↓
Utena	1	0,3956	8	0,1894	↓↓↓	↓↓↓
Kėdainiai	9–10	0,0916	10	0,1266	–	↑↑↑
Telšiai	8	0,2190	7	0,2475	↑	↑
Tauragė	7	0,3203	9	0,1398	↓	↓↓↓
Visaginas	9–10	0,1179	5–6	0,2656	↑↑	↑↑↑
Plungė	6	0,3248	1	0,3794	↑↑	↑↑
Kurortai ir kurortinės vietovės						
Druskininkai	1	0,5013	1	0,5174	–	↑
Palanga	4	0,2127	2	0,3648	↑	↑↑↑
Birštonas	5	0,1675	5	0,1579	–	↓
Neringa	2	0,3360	4	0,3012	↓	↓
Trakai	3	0,2400	3	0,3508	–	↑↑↑

*↑↓ Nurodo prioritetinės eilutės vietos pasikeitimą 3 vietomis / nurodo reikšmės pokytį 15 proc.;
 ↑↑↓ nurodo prioritetinės eilutės vietos pasikeitimą 6 vietomis, / nurodo reikšmės pokytį 30 proc.;
 ↑↑↑↓ nurodo prioritetinės eilutės vietos pasikeitimą 9 ir daugiau vietomis / nurodo reikšmės pokytį 45 proc. ir daugiau.

KM grupėje, įgyvendinus DJMP, pasikeitimai prioritetinėje eilutėje nebūtų neženklūs, Palangos ir Neringos miestai susikeistų vietomis. Vertinant miestų DSS išvystymo lygio reikšmių pokytį, didžiausi pakilimai būtų fiksuojami Palangos (padidėtų 71 proc.) ir Trakų (padidėtų 46 proc.) miestuose.

Atlikus tiek esamos, tiek planuojamos situacijos atskirų teminių dalių MCDM vertinimą, gauti rezultatai parodo DJMP numatytų judumo priemonių didėjančią arba mažėjančią poveikį teminių dalių atžvilgiu. Galima daryti išvadą, kad teminių dalių reikšmingumas atspindi miestų plėtros vystymo sritis. E priedo E5 ir E6 paveiksle pateikiamas MCDM vertinimo atskirų teminių dalių reikšmių esamos situacijos ir planuojamos situacijos palyginimas. DM pavyzdys, 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų vertinimo atskirų teminių dalių esamos ir planuojamos situacijos reikšmės: a) Vilnius; b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.6. Significance of the current and planned situation in the individual thematic parts of the evaluation of multi-criteria decision making methods: a) Vilnius; b) Kaunas; c) Klaipėda; d) Šiauliai; e) Panevėžys (created by author)

Vertinant gautus rezultatus, DM grupėje didesni pokyčiai matomi Kauno mieste, kur DJMP įgyvendinimo metu daugiau dėmesio skiriama alternatyvaus kuro infrastruktūros ir intelektinių transporto sistemų diegimo teminėms dalims, Šiauliuose numatoma ženkliai gerinti eismo saugą, o Klaipėdoje kaip ir esamoje situacijoje, numatoma dar labiau vystyti viešojo transporto infrastruktūrą.

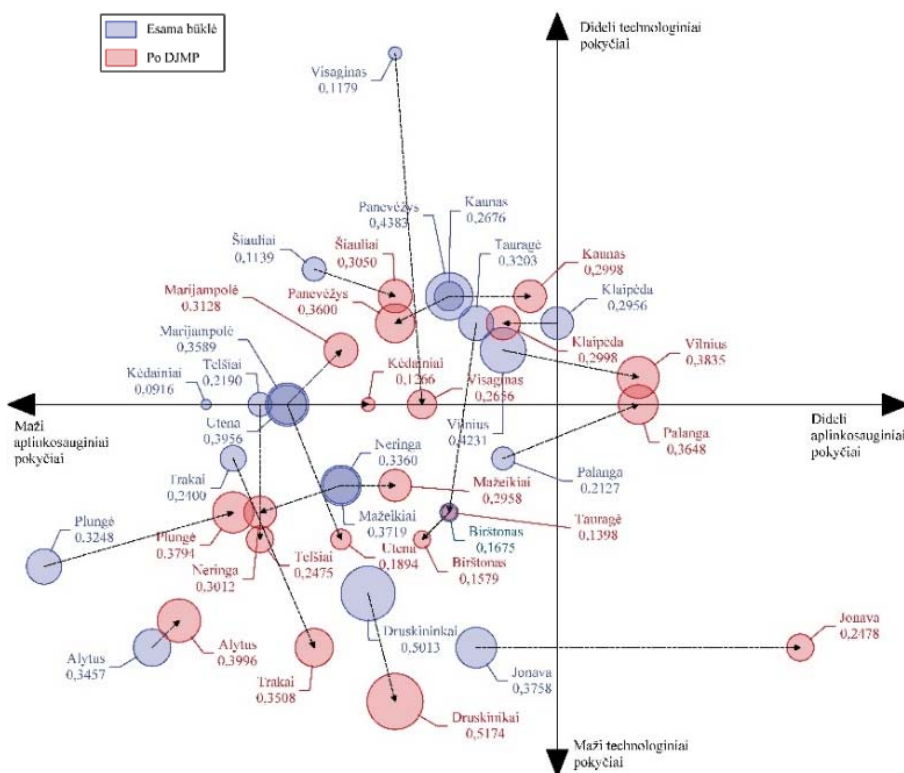
VM grupėje esminiai pokyčiai matomi Alytuje ir Kėdainiuose, kur didesni dėmesį numatoma skirti alternatyvaus kuro infrastruktūrai plėtoti, Jonavoje ir Utenoje matomas ženklus eismo organizavimo ir judumo valdymo priemonių įgyvendinimo potencialas.

KM grupėje prioritetinių teminių dalių pokyčių nenumatoma. Čia dėmesys ir toliau skiriamas toms pačioms teminėms dalims, jose numatant įgyvendinti daugiau judumo priemonių.

3.3. Apibendrinti darnios miestų susisiekimo sistemos plėtos vertinimo rezultatai ir rekomendacijos miestų susisiekimo sistemų plėtrai

3.3.1. Darnių susisiekimo sistemų plėtos pokyčių bendro vertinimo rezultatai pagal darnios plėtos principus ir daugiakriterius sprendimų paramos metodus

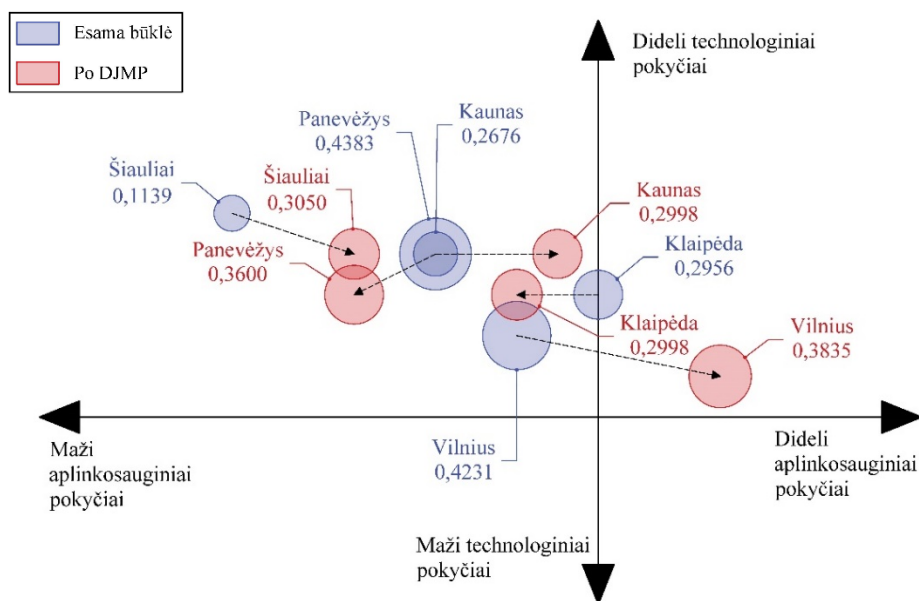
Atlikus 20 Lietuvos miestų vertinimą pagal darnaus vystymosi principus (3.1 poskyris) ir vertinimą taikant MCDM (3.2 poskyris), gauti rezultatai apjungiami norint visapusiškai aprašyti miestų darnių susisiekimo sistemų plėtos pokyčius, priklausančius nuo pasirenkamų judumo priemonių įgyvendinimo. 3.7 paveiksle pateiktas bendras visų vertintų miestų DSS plėtos pokyčių grafinis vaizdavimas.



3.7 pav. Miestų darnių susisiekimo sistemų plėtos pokyčiai (sudaryta autoriaus)
Fig. 3.7. Changes in the development of sustainable urban mobility (created by author)

3.7 paveiksle grafiškai perteikta kokie yra numatomi DSS plėtros pokyčiai įgyvendinus DJMP numatytas judumo priemones. Atliktas vertinimas padeda nustatyti kompleksiskai įgyvendinamų judumo priemonių bendrą poveikį, miesto susisiekimo sistemai. Mėlyno apskritimo pozicija vaizduoja miesto esamos situacijos DSS padėtį pagal technologinį ir aplinkosauginį išsivystymą, raudono apskritimo padėtis vaizduoja miesto technologinį ir aplinkosauginį išsivystymą įgyvendinus DJMP. Apskritimo dydis ir skaitinė vertė nurodo miesto DSS išsivystymo pažangos efektyvumą, t. y., kuo apskritimas didesnis, tuo pažanga yra didesnė. Esamos situacijos ir planuojamos situacijos apskritimus jungianti tiesė rodo tendencingą DSS plėtros kryptį, o jos ilgis nurodo tendencijos stiprumą.

Toliau rezultatai pateikiami ir pagal atskiras miestų grupes (3.8–3.10 pav.).



3.8 pav. Didžiųjų miestų darnių susisiekimo sistemų plėtros pokyčiai (sudaryta autoriaus)

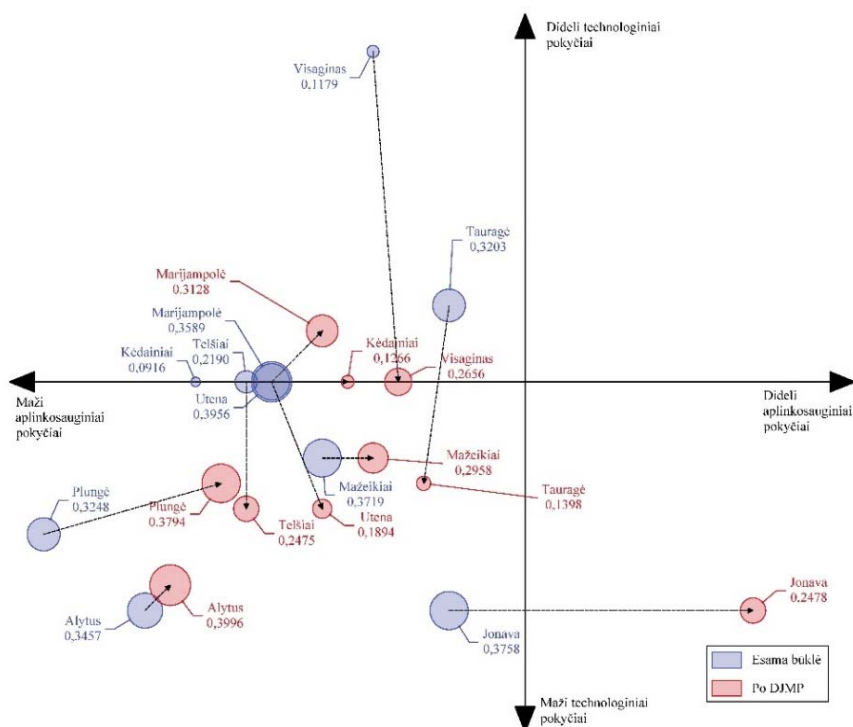
Fig. 3.8. Changes in the development of sustainable urban mobility in big cities (created by author)

Vertinant DM plėtros pokyčius, Vilniaus DJMP numatytų judumo priemonių poveikis labiausiai orientuotas į vietinių kelionių infrastruktūros plėtrą. Nors įgyvendinus DJMP Vilniaus miesto pozicija atitiktų Darnaus judumo plėtros scenarijų (S4), tačiau pokyčių kryptis rodo, kad jei ir toliau bus įgyvendinami panašaus tipo judumo priemonių rinkiniai, miesto DSS turėtų labiausiai artėti link Vietinių kelionių plėtros scenarijaus (S3) požymių. Atsižvelgus į 3.2.3 poskyrio 3.9 lentelės rezultatus, kurie išreiškia kiekybinį judumo priemonių įgyvendinimą,

ir į neženkliai sumažėjusį DSS išvystymo lygio efektyvumą, galima daryti išvadą, kad Vilniaus DJMP numatyta daugiau judumo priemonių, kurios turi didesnę aplinkosauginį ir socialinį poveikį, tačiau turi mažesnį efektyvumą vertinant visą susisiekimo sistemą. Analogiškas vertinimas taikomas ir kitiems miestams.

Kauno miesto numatomi pokyčiai rodo, kad DJMP stengiamasi išlaikyti technologinį išsivystymo lygį, o plėtros kryptis tendencinga Darnaus judumo scenarijui (S4). DSS išvystymo lygio reikšmės padidėjimas ir tendencija link S4 scenarijaus rodo, kad DJMP numatytų judumo priemonių rinkinyje dominuoja efektyvaus eismo valdymo ir ribojimo priemonės, kurios turi didelį reikšmingumą.

DM grupėje didžiausią DSS išvystymo lygio efektyvumo pokytį fiksuotų Šiaulių miestas, kuris nuo prastai vertintos esamos būklės situacijos priartėtų prie kitų miestų efektyvumo lygio įgyvendinus DJMP numatytas priemones, taip pat matoma žymesnė tendencija link Vietinių kelių plėtros scenarijaus (S3).



3.9 pav. Vidutinio dydžio miestų darnių susisiekimo sistemų plėtros pokyčiai (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.9. Changes in the development of sustainable urban mobility in middle-sized towns (created by author)

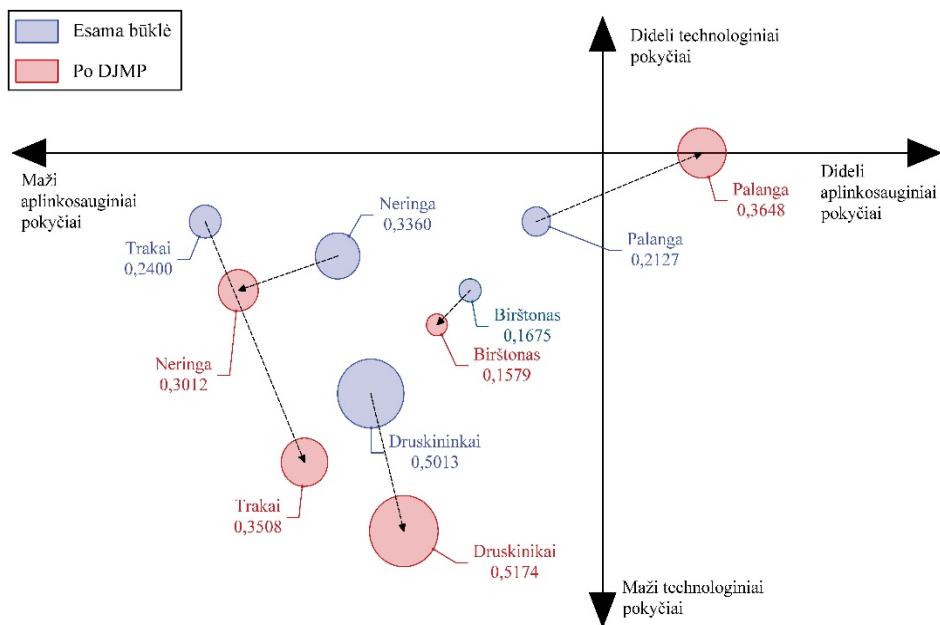
VM grupėje pastebima stiprių tendencijų scenarijų pokyčiuose, pvz. Jonavos miesto DSS įgyvendinus DJMP labiausiai atitiktų Vietinių kelionių plėtos scenarijų (S3), o tendencijos stiprumas parodo didelį aplinkosauginių judumo priemonių poveikį. Atsižvelgiant į tai, kad esamoje situacijoje Jonavos DSS ir taip buvo gana arti S3 scenarijaus, o kryptingas vietinių kelionių judumo priemonių įgyvendinimas leidžia daryti prielaidą, kad Jonavos DSS jau ir dabar yra orientuota į pėsčiųjų ir dviratininkų infrastruktūros kūrimą ir jos kokybės gerinimą. Tačiau tai taip pat parodo, kad miesto DSS trūksta judumo priemonių kompleksiskumo, t. y., mažai įgyvendinamos kito pobūdžio judumo priemonės, pvz. alternatyvaus kuro transportas ir jo infrastruktūra, bei kitos didesnė technologinę reikšmę turinčios judumo priemonės. Visagino miestas tai pat pasižymi stipria scenarijaus pokyčio tendencija.

Esamoje būklėje Visagino DSS technologinių požiūriu vertinama labai gerai (S2), tačiau įgyvendinus DJMP, matoma stipri tendencija link Įprastinės veiklos tęstinumo scenarijaus (S1). Tai yra dėl to, kad vertinant esamą situaciją pastebėta, jog Visagino mieste įgyvendinta ženkliai mažiau judumo priemonių nei kituose miestuose (vidutiniškai apie 50 proc. mažiau), todėl tai parodo, esamos susisiekimo infrastruktūros tinklo nerišlumą ir fragmentinį infrastruktūros diegimą, o įgyvendintas DJMP leidžia sukurti vientisą ir efektyvesnę susisiekimo tinklą. Tą patvirtina ir DSS plėtos išvystymo lygio reikšmė, kuri padidėja daugiau nei dvigubai ($0,1179 \rightarrow 0,2656$). Galima daryti prielaidą, kad dėl mažo judumo priemonių kiekio esamoje situacijoje, taip stipriai išryškėja Visagino miesto judumo priemonių technologinis poveikis, nes pagal Plėtos scenarijų vertinamų judumo priemonių technologinis ir aplinkosauginis poveikis priklauso nuo judumo priemonių kiekio ir jų skirtingo pobūdžio.

Stipria plėtos tendencija link Įprastinės veiklos tęstinumo scenarijaus (S1), pasižymi ir Tauragės, Utenos ir Telšių miestai, kuriuose taip pat kaip ir Visagine, fiksuojamas esamos susisiekimo infrastruktūros tinklo nerišlumas ir fragmentinis infrastruktūros diegimas, todėl šių miestų DJMP numatytos priemonės yra skirtos esamos infrastruktūros plėtrai ir kokybės gerinimui. Priešingai nei Visagine, DSS plėtos įgyvendinimo reikšmė Tauragės ir Utenos miestuose mažėja daugiau nei dvigubai, todėl tai parodo, kad šių miestų esamoje situacijoje įgyvendintos judumo priemonės turi didelį reikšmingumą lyginant su kitų miestų įgyvendintomis judumo priemonėmis, tačiau visiems miestams įgyvendinus DJMP ir sąlyginai suvienodinus infrastruktūros išvystymo situacijas, esamos infrastruktūros plėtra neturi tokio didelio efektyvumo kaip kompleksinis įvairių judumo priemonių įgyvendinimas.

Alytaus, Mažeikių ir Marijampolės plėtos tendencijos nėra stiprios, todėl sunku vertinti tikėtinus plėtos scenarijus ateityje, todėl darom prielaidą, kad šių miestų DSS atitinka esamos plėtos tendencijas ir strategines kryptis. Priešingai nei šie miestai, Plungės ir Kėdainių miestų plėtos tendencijos yra stiprios ir abiejų

kryptys veda link S3 ir S4 plėtros strategijų balanso. Daroma prielaida, kad jei ir toliau bus išlaikoma panaši judumo priemonių rinkinio sudėtis, šių miestų plėtros kryptys išlaikys tokias pačias plėtros tendencijas. Taip pat plėtros tendencijų kryptis link Plėtros modelio centro rodo šių miestų DJMP numatytų judumo priemonių rinkinio kompleksiskumą, t. y. rinkinį sudaro skirtingo tipo priemonės, būdingos visų scenarijų plėtrai.



3.10 pav. Kurortų ir kurortinių vietovių darnių susisiekimo sistemų plėtros pokyčiai (sudaryta autoriaus)

Fig. 3.10. Changes in the development of sustainable urban mobility in resorts (created by author)

KM grupėje išsiskiria Druskininkų miestas, kurio DSS išvystymo lygio efektyvumas tiek esamoje, tiek planuojamoje situacijoje vertinamas labai gerai. Tai parodo, kad DSS užtikrina svarbiausius miestiečių judumo poreikius, o DJMP numatytos priemonės leis esamą susisiekimo tinklą padaryti rišlesnį ir efektyvesnį. Druskininkų miesto DSS padėtis nutolusi nuo Plėtros modelio centro, tai rodo, kad tiek esamoje, tiek planuojamoje situacijoje judumo priemonių rinkiniui trūksta kompleksiskumo, tačiau didelis DSS išvystymo lygio efektyvumas rodo, kad esamos ir numatytos judumo priemonės labai gerai atitinka miestiečių poreikius ir paklausą.

Trakų, Neringos ir Birštono miestų plėtros tendencijos panašios kaip ir Druskininkų, orientuotos į svarbiausios trūkstamos infrastruktūros plėtrą ir kokybės gerinimą.

Iš šios grupės miestų skirtinga plėtros kryptimi nei kiti KM pasižymi Palangos DSS, kurios plėtros tendencijos juda link S4 scenarijaus. Žinant, kad Palangos miestas iš visų KM pasižymi didžiausiu sezoniškumu ir turistų srautų pokyčiais, DJMP numatytų judumo priemonių rinkinys orientuotas į efektyvų susisiekimo sistemų organizavimą ir judumo valdymą, priklausančią nuo metų laiko ir skirtingų turistų poreikių.

3.3.2. Rekomendacijos didinant miestų susisiekimo sistemų darnumą

Pasinaudojant lietuvių mokslininko sukurtu skaitmeninių rekomendacijų ir rodiklių optimizavimo metodu INVAR (Kaklauskas 2016), kuriuo skaičiuojamas nagrinėjamų alternatyvų konkurencingumas, lyginant su kitomis nagrinėjamomis alternatyvomis. Pasinaudojus šio metodo kokybiniu ir kiekybiniu rekomendacijų skaičiavimu, skaičiuojamos galimos pagerinti rodiklių reikšmės pagal geriausios alternatyvos rodiklius. INVAR metodas yra sukurtas COPRAS metodo pagrindu, todėl pirmi INVAR metodo žingsniai yra identiški COPRAS metodui. Skaičiuojant kiekybines rodiklio x_{ij} rekomendacijas i_{ij} , gauname galimus rodiklio x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai $x_{i \max}$ reikšmei. Skaičiavimai atliekami pagal (3.13) formulę:

$$i_{ij} = |x_{ij} - x_{i \max}| \div x_{ij} \times 100\%, \quad (3.13)$$

čia i_{ij} – kiekybinės x_{ij} rodiklio rekomendacijos, parodančios galimus rodiklio x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų optimalus.

Kokybinės rodiklio x_{ij} rekomendacijas r_{ij} parodo galimą rodiklio x_i naudingumo laipsnio N_j pagerinimą procentine išraiška, kai $x_{ij} = x_{i \max}$. r_{ij} parodo kiek procentų pagerėtų alternatyvos naudingumo laipsnis, jei rodiklio reikšmė x_{ij} taptų optimali. Skaičiavimai atliekami pagal (3.14) formulę:

$$r_{ij} = (q_i \times x_{i \max}) \div (S_{-j} + S_{+j}) \times 100\%, \quad (3.13)$$

čia S_{-j} ir S_{+j} alternatyvą apibūdinančių minimizuojamųjų S_{-j} ir maksimizuojamųjų S_{+j} įvertintų normalizuotų rodiklių sumos (pagal COPRAS metodą).

Pasinaudojant kompiuterizuota INVAR metodo rekomendacijų versija, paskaičiuojami kiekybiniai ir kokybiniai judumo priemonių indeksiniai dydžiai. Indeksiniai dydžiai skaičiuojami pagal planuojamos situacijos (po DJMP) pradinių duomenų matricos alternatyvių rodiklių reikšmes, pateiktas B priede.

DM Viešojo transporto skatinimo teminės dalies rekomendacijų fragmentas pateiktas 3.12 lentelėje. Pilnas rekomendacijų rinkinys pateiktas D priede.

Pagal 3.12 lentelės duomenis, nagrinėjant viešojo transporto juostų plėtrą, geriausias indeksas priklauso Klaipėdos miestui (0,1608). Siekiant, kad esamas Kauno viešojo transporto juostų kiekis (viešojo transporto juostų indeksas 0,1301) padidėtų ir pasiektų Klaipėdos lygį, Kaune reikėtų įrengti 23,6 proc. daugiau viešojo transporto juostų (kiekybinė rekomendacija) ir tokiu atveju Kauno miesto viešojo transporto skatinimo teminės dalies reikšmė pagerėtų 4,4363 proc. (kokybinė rekomendacija).

3.12 lentelė. Didžiųjų miestų Viešojo transporto skatinimo teminės dalies kiekybinių ir kokybinių rekomendacijų Sistema (sudaryta autoriaus)

Table 3.12. System of quantitative and qualitative recommendations for the thematic part of public transport promotion in big cities (created by author)

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvos								
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	*	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palygintos alternatyvos Galimybės pagerinti analizuojamą kriterijų, % Galimas alternatyvos rinkos vertės padidėjimas %, įtakojamas pirmiau padidėjusios kriterijaus vertės				
				Vilnius	Kaunas	Klaipėda	Šiauliai	Panevėžys
P1-1. Patogūs viešojo transporto tvarkaraščiai	+	–	0,208	7,6 (0 %) (0 %)	5,28 (44 %) (9 %)	4,91 (55 %) (11 %)	2,49 (206 %) (43 %)	3,4 (124 %) (26 %)
P1-2. Viešojo transporto juostos	+	–	0,188	0,08 (108 %) (20 %)	0,13 (24 %) (4 %)	0,16 (0 %) (0 %)	0,07 (117 %) (22 %)	0 (0 %) (0 %)
P1-3. Kelionės bilietai kainos lygis	-	–	0,095	28,96 (15 %) (1 %)	24,5 (0 %) (0 %)	26,78 (9 %) (1 %)	27 (9 %) (1 %)	30,09 (19 %) (2 %)
P1-4. Greitasis viešasis transportas	+	–	0,183	0 (0 %) (0 %)	0 (0 %) (0 %)	0,01 (0 %) (0 %)	0 (0 %) (0 %)	0 (0 %) (0 %)
P1-5. Viešojo transporto stotelės ir terminalai	+	–	0,12	0,56 (79 %) (9 %)	0,8 (25 %) (3 %)	1 (0 %) (0 %)	0,8 (25 %) (3 %)	0,98 (3 %) (0,3 %)
P1-6. Viešojo transporto tinklas	+	–	0,206	6,31 (159 %) (33 %)	12,6 (30 %) (6 %)	16,36 (0 %) (0 %)	2,2 (646 %) (133 %)	3,5 (368 %) (76 %)

Tokia rekomendacijų sistema leidžia racionaliai planuoti DSS ir įvertinti priimamų sprendimų poveikį. Tai taip pat padeda įvertinti koks yra reikalingas investicijų poreikis norint pasiekti išskeltus plėtros tikslus.

3.4. Trečiojo skyriaus išvados

1. Vertinimas pagal darnaus vystymosi principus, leidžia įvertinti kokią reikšmę visai miesto susisieikimo sistemai turi esamos arba numatomos įgyvendinti judumo priemonės aplinkosauginiu, ekonominiu ir socialiniu aspektu. Vertinimo rezultatai parodė, kad visų miestų tiek esamos situacijos, tiek įgyvendinus DJMP numatytos judumo priemonės turi didelį socialinį reikšmingumą, kas pabrėžia, jog DJMP yra orientuoti į žmogaus susisieikimo ir gyvenamosios aplinkos gerinimą. Taip pat šiuo vertinimu miestai suskirstyti pagal 4 plėtros scenarijus, kurie sudaryti atsižvelgiant į technologinę ir aplinkosauginę pažangą. Esamos situacijos vertinimas parodė, kad visi miestai priklauso Įprastinės veiklos tęstinumo (S1) arba Mažų emisijų susisieikimo (S2) plėtros scenarijams, o įgyvendinus DJMP, Vilniaus miesto DSS atitiks Darnaus judumo plėtros scenarijų (S4), Jonavos miesto DSS atitiks Vietinių kelionių plėtros scenarijų (S3), Palangos miesto DSS vienodai atspindėtų tiek S3, tiek S4 plėtros scenarijus, o visų kitų miestų scenarijai nesikeistų, tiesiog sustiprėtų arba susilpnėtų atitinkamo scenarijaus dominavimas.
2. MCDM vertinimas pagal atskiras miestų grupių temines dalis parodė, kad kiekvienoje teminėje dalyje dominuoja skirtingi miestai, todėl buvo vertinamas teminių dalių reikšmingumas visai DSS. Šis vertinimas parodė, kad esamoje būklėje DM grupėje didžiausias DSS išvystymo lygio reikšmes turi Vilniaus (0,4231) ir Panevėžio (0,4383) miestai, VM didžiausią reikšmę turi Utena (0,3956), KM grupėje didžiausią reikšmę turi Druskininkai (0,5013). Prognozuojama, kad po DJMP įgyvendinimo, DM grupėje didžiausią DSS išvystymo lygio reikšmę turėtų Vilnius (0,3835), VM – Plungė (0,3794), KM grupėje – Druskininkai (0,5174).
3. Pagal gautus vertinimų rezultatus nedaroma prielaida, kad didžiausią dėmesį plėtojant DSS reiktų skirti tik didžiausią reikšmingumą turinčioms judumo priemonėms ar teminėms dalims, nes sėkmingą DSS planavimą lemia kompleksinis judumo priemonių įgyvendinimas. Reiktų atkreipti dėmesį, kad tolygiai įgyvendinant tiek mažo, tiek didesnio reikšmingumo judumo priemonės bus pasiektas bendras DSS išvystymo lygio balansas ir sukurtos papildomos susisieikimo galimybės visuomenei.
4. Pagal ekspertinio vertinimo metu nustatytą teminių dalių ir judumo priemonių poveikio reikšmingumą galima vertinti pasirenkamas įgyvendinti judumo priemonės. Turint mažiau investicijų,

rekomenduojama įgyvendinti tas judumo priemones, kurios, pirmiausia tinka pagal vietos kontekstą ir antra, turi didesnę reikšmingumą ir poveikį visuomenės judumui. Papildomai atliekant vertinimą MCDM, galima nustatyti sukuriamą judumo priemonių poveikį susisiekimo sistemai.

5. Autoriaus pasiūlyta ir INVAR metodu sudaryta rekomendacijų sistema padeda įvertinti judumo priemonių kiekybinį ir kokybinį poveikį DSS, bei žinant šiuos aspektus, suplanuoti investicijų poreikį.

Bendrosios išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, padaryta išvada, kad kitų mokslininkų sukurti susisiekimo sistemų plėtros vertinimo modeliai pasižymi tuo, kad jie sudaryti pagal didžiausią efektą turinčių judumo priemonių rinkinius, judumo priemonių pagrindu sudarytus judumo indeksus ar judumo priemonių aplinkosauginius, ekonominius ar socialinius aspektus, tačiau jais negalima susisiekimo sistemos įvertinti kompleksiskai, t. y. apimant visus šiuos skirtingus vertinimo modelius. Šiai problemai spręsti, disertacijoje pasiūlytas miestų susisiekimo sistemų plėtros vertinimo koncepcinis modelis apjungia aprašytus skirtingus vertinimo modelius ir integruoja daugiakriterius sprendimų paramos metodus skaičiavimams atlikti. Pasiūlytas grafinis rezultatų vertinimas leidžia aiškiau įvertinti miestų susisiekimo sistemų plėtros tendencijas, išvystymo lygio efektyvumą ir judumo priemonių poveikį.

2. Mokslinės literatūros šaltinių, įgyvendintų EK finansuojamų projektų, nacionalinių strategijų bei parengtų darnaus judumo mieste planų pagrindu, sudarytas 38 judumo priemonių rinkinys, kuris mokslininkų, praktikų ir tarptautinių projektų komandų buvo įvertintas kaip turintis didelį poveikį susisiekimo sistemų plėtrai. Įvertinus judumo priemonių paskirtį ir pobūdį, jas rekomenduojama grupuoti pagal pagrindines susisiekimo plėtros kryptis į 8 temines dalis. Subjektyvūs judumo priemonių ir teminių dalių reikšmingumai nustatyti ekspertinio vertinimo būdu, kuris parodė, kad skirtingo tipo miestams būdingas skirtingas judumo priemonių ir jų grupių reikšmingumas.

3. Darnių susisiekimo sistemų išvystymo lygio efektyvumui vertinti, pritaikyti daugiakriteriai sprendimų paramos metodai: COPRAS, TOPSIS, ARAS, EDAS.

Taikant skirtingus vertinimo metodus, rezultatų patikimumui siūloma taikyti apibendrintus reikšmingumus. Šis vertinimas parodė, kad miestų susisiekimo sistemų išvystymo pažanga ir efektyvumas nepriklauso nuo jo geografinio dydžio ir gyventojų skaičiaus. MCDM taikymas susisiekimo sistemų plėtros vertinimui leidžia palyginti miestų susisiekimo sistemų išvystymo lygio efektyvumas, pvz., lyginant Panevėžio miestą (0,4383) su Šiaulių miestu (0,1139), pastarojo susisiekimo sistemos išvystymo lygio efektyvumas sudaro tik 26 proc. Panevėžio miesto išvystymo lygio. Taip pat šis vertinimas parodė, kad didžiausius išvystymo lygio pokyčius turės tie miestai, kurių esamos situacijos vertinimo reikšmės buvo mažiausios.

4. Atliktas vertinimas pagal darnaus vystymosi principus parodė, kad visų miestų esama situacija ir planuojama susisiekimo sistemų plėtra yra orientuota į socialinės gerovės didinimą, t. y. esamos ir planuojamos įgyvendinti judumo priemonės turi didelį socialinį reikšmingumą. Taip pat įvertinta, kad daugumos miestų susisiekimo sistemų plėtros strategija nekinta ir yra skirta susisiekimo sistemos tinklo rišlumui ir efektyvumui didinti.

5. Susisiekimo sistemų plėtros vertinimo koncepcinio modelio išskirtinumas yra jo lankstumas ir jo pritaikomumas. Pasiūlytas koncepcinis modelis nėra uždaras ir gali būti tikslinamas judumo priemonių ar jų grupių pagrindu, priklausomai nuo vertinamų miestų tipo. Taip pat šį modelį galima taikyti ir atskirtų miesto transportinių rajonų vertinimui atlikti bei nustatyti racionaliausias teritorijas judumo priemonių plėtrai.

6. Darnios miesto susisiekimo sistemos plėtros vertinimo koncepcinio modelio praktinis taikymas, padėtų išvengti subjektyvių sprendimų priėmimo ir neracionalios plėtros krypties pasirinkimo, padėtų identifikuoti didesnę efektą turinčias ir mažiau investicijų reikalaujančias plėtros priemones, o nuoseklus pasiūlytos metodologijos taikymas, sukurtų tvirtą pagrindą argumentuotų sprendimų priėmimui. Didesniam koncepcinio modelio praktiniam pritaikomumui ir naudojimui, turėtų būti tęsiami moksliniai tyrimai ir sukurta patogi programinė įranga greitam koncepcinio modelio vertinimo rezultatų gavimui.

Literatūra ir šaltiniai

Accenture 2011. *Building and managing an intelligent city*. Available from Internet: <https://www.fm-house.com/wp-content/uploads/2015/01/Building-Managing-Intelligent-City.pdf>

Albino, V.; Berardi, U.; Dangelico, R. M. 2015. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives, *Journal of Urban Technology*. Vol. 22, No. 1, p. 3–21. <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>

Aloini, D.; Dulmin, R.; Mininno, V.; Pellegrini, L.; Farina, G. 2018. Technology assessment with IF-TOPSIS: An application in the advanced underwater system sector, *Technological Forecasting and Social Change* 131:38–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.010>.

Arsenio, E.; Martens, K.; Ciommo, F. 2016. Sustainable urban mobility plans: bridging climate change and equity targets?, *Research in Transportation Economics* 55: 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2016.04.008>

Atkins 2007. Long term process and impact evaluation of the Local Transport Plan policy: Final report. London, Department for Transport

Barauskas, A., Mateckis, K. J., Palevičius, V., Antucheviciene, J. 2018. Ranking conceptual locations for a park-and-ride parking lot using EDAS method, *GRAŽEVINAR*, 70 (11), 975–983, doi: <https://doi.org/10.14256/JCE.1961.2016>

Bond, T. C., Streets, D. G., Yarber, K. F., Nelson, S. M., Woo, J.-H., Klimont, Z. 2004. A technology-based global inventory of black and organic carbon emissions from

combustion. *Journal of Geophysical research*, Vol. 109, p. 1–43. <http://doi.org/10.1029/2003JD003697>

Borda, J. C. 1781. *Memoire sur les Elections au Scrutiny*; Histoire de l'Academie Royale des Sciences: Paris, France.

Boschetti, F., Maurizi, I., Cré, I. 2014. *Innovative urban transport solutions. How 25 cities learned to make urban transport cleaner and better*. Internetinė prieiga: <https://civitas.eu/sites/default/files/civitas-plus-innovative-urban-transport-solutions-www-final.pdf>

Business Insider 2020. Coronavirus quarantines have reduced air pollution in China. An expert says that won't last long. Internetinė prieiga: <https://www.businessinsider.com/quarantines-air-pollution-china-but-wont-last-for-long-expert-2020-3>

Chakhtoura, C.; Pojani, D. 2016. Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: a framework for Paris and other large cities. *Transport Policy* 50: 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.05.014>

Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Puyenbroeck, T. V. 2007. An introduction to 'benefit of the doubt' composite indicators. *Social Indicators Research*, Vol. 82, 111–145. <http://doi.org/10.1007/s11205-006-9029-7>

City of York Council (CYC). 2011. *City of York Local Transport Plan 2011–2031* [online], [cited 2019-02-26]. Internetinė prieiga: https://www.york.gov.uk/info/20108/local_transport_plan/1430/local_transport_plan_2011-2031

CIVITAS. 2016. CIVITAS CAPITAL project. Internetinė prieiga: <https://www.rupprecht-consult.eu/project/civitas-capital.html>

Costa, M. S. 2008. *An Index of Sustainable Urban Mobility*. PhD thesis, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo at São Carlos, Brazil, (portugališkai).

Dobranskyte-Niskota, A., Perujo, A., Jesinghaus, J., Jensen, P. 2008. Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. LB-NA-23041-EN-C. <http://dx.doi.org/10.2788/54736>

Dur, F., Yigitcanlar, T., Bunker, J. 2010. Towards sustainable urban futures: evaluating urban sustainability performance of the Gold Coast, Australia. 14th IPHS Conference, Istanbul, Turkey.

Durlin, T., Plevnik, A., Balant, M., Mladenovič, L. 2018. *Status of SUMP in European member states. European Programme for Accelerating the Take-up of Sustainable Urban Mobility Plans*. Deliverable No.: D 5.1. Internetinė prieiga: https://sumps-up.eu/fileadmin/user_upload/Tools_and_Resources/Reports/SUMPs-Up_-_SUMP_in_Member_States_report_with_annexes.pdf

Erlandson, R. 1978. System Evaluation Methodologies: Combined Multi-dimensional Scaling and Ordering Techniques. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* Vol. 6, 421–432.

European Commission (EC) 2007. *Green Paper - Towards a new culture for urban mobility*. Internetinė prieiga: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52007DC0551>

European Commission (EC) 2009. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Action plan on Urban Mobility*. Internetinė prieiga: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?qid=1585212440709&uri=CELEX:52009DC0490>

European Commission (EC) 2011. *White Paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system*. Internetinė prieiga: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0144>

European Commission (EC) 2013. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Together towards competitive and resource – efficient urban mobility* [online], [cited 2017-01-05]. Internetinė prieiga: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1585991520554&uri=CELEX:52013DC0913>

European Commission (EC) 2019. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions The European Green Deal*. Internetinė prieiga: https://ec.europa.eu/info/files/communication-european-green-deal_en

European Commission (EC). Directorate General for Energy and Transport. (2006b). *The Urban Transport Benchmarking Initiative*. Year three final report. Internetinė prieiga: <http://www.velomondial.net/UserFiles/File/WWW-transportbenchmarks-org-UTB3-A0-FINAL-REPORT.pdf>

European Court of Auditors (ECA) 2020. *Sustainable Urban Mobility in EU: No substantial improvements is possible without Member States' commitment*. Internetinė prieiga: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/urban-mobility-6-2020/en/>

Fishburn, P. 1971. A Comparative Analyses of Group Decision Methods. *Behav. Sci.* Vol. 16, 538–544.

Freudenberg, M., 2003. *Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/405566708255>

German Road and Transport Research Association (GRTRA) 2013. *Recommendations for Mobility Master Planning*. Internetinė prieiga: https://www.german-sustainable-mobility.de/wp-content/uploads/2015/08/GPSM_Recommendations-for-Mobility-Master-Planning_english_final.pdf

Gillis, D., Semanjski, I., Lauwers, D. 2016. How to Monitor Sustainable Mobility in Cities? Literature Review in the Frame of Creating a Set of Sustainable Mobility Indicators, *Sustainability*. Vol. 8, Issue 1, p. 29. <https://doi.org/10.3390/su8010029>

Ginevicius, R.; Podvezko, V.; Podvezko, A. 2012. Evaluation of Isolated Socio-Economical Processes by a Multi-Criteria Decision Aid Method ESP, in: Ginevicius, R.;

Rutkauskas, A. V.; Stankeviciene, J. (eds.). The 7th International Scientific Conference Business and Management'2012. Selected papers. Vilnius: Technika, 1083–1088.

Greco, S.; Matarazzo, B.; Slowiński, R. 2001. Rough sets theory for multicriteria decision analysis, *European Journal of Operational Research* 129: 1–47. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00167-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00167-3)

Gudienė, N.; Banaitis, A.; Podvezko, V.; Banaitienė, N. 2014. Identification and evaluation of the critical success factors for construction projects in Lithuania: AHP approach, *Journal of Civil Engineering and Management* 20(3): 350–359. DOI: <https://doi.org/10.3846/13923730.2014.914082>.

Gudmundsson, H. 2004. Sustainable Transport and Performance Indicators. *Issues in Environmental Science and Technology*, (20), 35–63. <https://orbit.dtu.dk/en/publications/164e86a4-64e2-4e3e-8687-3e7cbace0b88>

Gühnemann, A. 2016. *CHALLENGE Manual on Monitoring and Evaluation: Assessing the impact of measures and evaluating mobility planning processes*. Internetinė prieiga: <http://www.sump-challenges.eu/>

Haghshenas, H.; Vaziri, M. 2012. Urban sustainable transportation indicators for global comparison, *Ecological Indicators*, Vol. 15 (1): 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010>

Haghshenas, H.; Vaziri, M.; Gholamialam, A. 2015. Evaluation of sustainable policy in urban transportation using system dynamics and world cities data: a case study in Isfahan, *Cities* 45: 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2014.11.003>

Hickman, R., Saxena, S., Banister, D., Ashiru, O. 2012. Examining transport future with scenario analysis and MCA. *Transportation Research, Part A* 46, p. 560–575. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.11.006>

Hwang, C. L.; Yoon, K. 1981. *Multiple attribute decision-making methods and applications. A state of the art survey*, Berlin: Springer-Verlag, 269 p. ISBN 9783540105589

Jacobson, M. Z. 2001. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature*, Vol 409 (6821), p. 695–697. <http://doi.org/10.1038/35055518>

Jakimavicius, M.; Burinskiene, M.; Gusaroviene, M.; Podvezko, A. 2016. Assessing multiple criteria for rapid bus routes in the public transport system in Vilnius, *Public Transport* 8(3): 365–385. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12469-016-0146-7>.

Jollands, N., Lermitt, J., Patterson, M. 2003. *The Usefulness of Aggregate Indicators in Policy Making and Evaluation: A Discussion with Application to Eco-efficiency Indicators in New Zealand*. Australian National University.

Jones, P., Kelly, C., May, A. D., Cinbergy, S. 2009. Innovative approaches to option generation. *European Journal of Transport Infrastructure Research* 9 (3) p. 237–258. <https://doi.org/10.18757/ejtir.2009.9.3.3309>

Joumard, R.; Gudmundsson, H. 2010. Indicators of environmental sustainability in transport. An interdisciplinary approach to methods, *INRETS Recherches*, p.422. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00492823/>

Kaklauskas, A. 2016. Degree of Project Utility and Investment Value Assessments, *International Journal of Computers, Communications & Control* 11(5): 666–683.

Karagiannakidis D.; Sdoukopoulos A.; Gavanas N.; Pitsiava-Latinopoulou M. 2012. *Sustainable urban mobility indicators for medium-sized cities. The case of Serres, Greece*, 2nd Conference on Sustainable Urban Mobility. Internetinė prieiga: https://www.researchgate.net/profile/Nikolaos_Gavanas/publication/263614081_Sustainable_urban_mobility_indicators_for_medium-sized_cities_The_case_of_Serres_Greece/links/5593e27108ae1e9cb42ae7cd/Sustainable-urban-mobility-indicators-for-medium-sized-cities-The-case-of-Serres-Greece.pdf

Karagiannakidis, D., Sdoukopoulos, A., Gavanas, N., Pitsiava-Latinopoulou, M. 2014. *Sustainable urban mobility indicators for medium-sized cities. The case of Serres, Greece*, In 2nd Conference on Sustainable Urban Mobility. http://csum.civ.uth.gr/wp-content/uploads/2017/06/final_full-papers.pdf

Kendall, M. 1975. *Rank correlation methods*. London: Griffin, 2016 p.

Kendall, M. *Rank Correlation Methods*, 4th ed.; Griffin: London, UK, 1970; p. 272.

Kendall, M.G.; Gibbons, J.D. *Rank Correlation Methods*, 5th ed.; Oxford University Press: New York, NY, USA, 1990.

Keshavarz Ghorabae, M.; Zavadskas, E. K.; Olfat, L.; Turskis, Z. 2015. Multi-criteria inventory classification using a new method of Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS), *Informatica* 26(3): 435–451.

KonSULT 2016. *Knowledgebase on Sustainable Urban Land use and Transport* [online], [cited 2020-02-22]. Internetinė prieiga: <http://www.konsult.leeds.ac.uk/>

Lazauskaite, Dovilė. 2015. *Quality analysis and integrated assessment of residential environment of developing suburban settlements*. Doctoral dissertation, Technological Sciences, Civil Engineering (02T).

Li, F., Liu, X., Hu, D., Wang, R., Yang, W., 2009. Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: a case study for China's Jining City. *Landscape and Urban Planning* 90, 134–142.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. 2017. *Statistics on road accidents in Lithuania 2014–2017*. Internetinė prieiga: http://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/eismo_saugumas/statistika/2018/statistika_2014proc.E2proc.80proc.932017.pdf

Lietuvos Respublikos bendrasis planas (LRBP) 2020. *Lietuva 2030*. Internetinė prieiga: <http://www.bendrasisplanas.lt/>

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija (LRSM). 2015. *Darnaus judumo miesto planų rengimo gairės*. Teisės aktų registras. Internetinė prieiga: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a80a7c10c97a11e48a1eddba9d2aea36>

Lietuvos Respublikos Vyriausybė (LRV). 2013. *Nacionalinė susisiekimo plėtros programa 2014–2022 m.* Teisės aktų registras. Internetinė prieiga: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.463278/asr>

Lima, J. P.; Lima, R. S.; Silva, A. N. R. 2014. Evaluation and selection of alternatives for the promotion of sustainable urban mobility, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 162: 408–418. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.222>

Litman, T. 2009c. Sustainable Transportation Indicators - A Recommended Research Program for Developing Sustainable Transportation Indicators and Data. Presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., 2009.

Litman, T. 2016. *Well measured. developing indicators for sustainable and livable transport planning*. Internetinė prieiga: <http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf>

Litman, T., 2009a. *Sustainable transportation indicator data quality and availability*, Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T., 2009b. *Well measured developing indicators for comprehensive and sustainable transport planning*, Victoria Transport Policy Institute.

May, A. D. 2015. Encouraging good practice in the development of Sustainable Urban Mobility Plans. *Case Studies on Transport Policy*, Vol 3 (1), p. 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2014.09.001>

May, A. D. 2016. *CHALLENGE Manual on Measure Selection: Selecting the most effective packages of measures for Sustainable Urban Mobility Plans*. Internetinė prieiga: <http://www.sump-challenges.eu/>

May, A. D., Kelly, C., Shepherd, S., Jopson, A. 2012. An option generation tool for potential urban transport policy packages. *Transport Policy*, 20, p. 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.012>

Malasek, J. 2016. A set of tools for making urban transport more sustainable, *Transportation Research Procedia* 14: 876–885. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.059>

Mameli, F., Marletto, G. 2014. Can National Survey Data be Used to Select a Core Set of Sustainability Indicators for Monitoring Urban Mobility Policies? *International Journal of Sustainable Transportation*, Vol. 8, p. 336–359. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.700000>

Mancini, M. T. 2011. *Urban Planning Based on Scenarios of Sustainable Mobility*. Master thesis, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo at São Carlos, Brazil, (portugališkai).

MaxExplorer tool 2006. Internetinė prieiga: <http://www.epomm.eu/index.php?id=2745>

McLean, I. 1990. The Borda and Condorcet principles: Three medieval applications. *Soc. Choice Welf.* Vol. 2, 99–108.

Nacionalinė darnaus vystymosi strategija (NDVS) 2003. (atnaujinta 2011 m.). Teisės aktų registras. Internetinė prieiga: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.217644/asr>

Nacionalinis energetikos ir klimato srities veiksmų planas 2021–2030 m. (NEKP). Internetinė prieiga: <https://am.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-1/klimato-kaita/nacionalinis-energetikos-ir-klimato-srities-veiksmu-planas-2021-2030-m>

Nenseth, V., Christiansen, P., Hald, M. 2012. Indicators for sustainable urban mobility – Norwegian relationships and comparisons, *TØI Report* 1210/2012, p. 77.

Nocera, S.; Tonin, S.; Cavallaro, F. 2015. Carbon estimation and urban mobility plans: opportunities in a context of austerity, *Research in Transportation Economics* 51: 71–82. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2015.07.009>

Nourry, M., 2008. Measuring sustainable development: some empirical evidence for France from eight alternative indicators. *Ecological Economics* 67, 441–456.

Olofsson, Z., Varhelyi, A., Koglin, T., & Angelevska, B. 2011. Measuring sustainability of transport in the city – development of an indicator-set, Vol. 261, *Bulletin* 3000, p. 99. <http://portal.research.lu.se/portal/files/5433221/1882700.pdf>

Palevicius, V.; Grigonis, V.; Podvieszko, A.; Barauskaite, G. 2016. Developmental analysis of park-and-ride facilities in Vilnius, *PROMET – Traffic & Transportation* 28(2): 165–178. DOI: <http://dx.doi.org/10.7307/ptt.v28i2.1767>.

Palevicius, V.; Sivilevicius, H.; Podvieszko, A.; Griskeviciute-Geciene, A.; Karpavicius, T. 2017. Evaluation of park and ride facilities at communication corridors in a middle-sized city, *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research* 51(2): 231–248.

Parezanovic, T., Bojkovic, N., Petrovic, M., Pejčić-Tarle, S. 2016. Evaluation of Sustainable Mobility Measures Using Fuzzy COPRAS Method. *Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*. Vol 21. No 78. p. 53–62. DOI:10.7595/management.fon.2016.0006

Parfenova, L.; Pugachev, A.; Podvieszko, A. 2016. Comparative analysis of tax capacity in regions of Russia, *Technological and Economic Development of Economy* 22(6): 905–925. DOI: <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1216019>.

Perra, V. M., Sdoukopoulos, A., Pitsiava-Latinopoulou, M. 2017. Evaluation of sustainable urban mobility in the city of Thessaloniki, *Transportation Research Procedia*. Vol. 24, p. 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.103>

Plevnik, A., Balant, M., Rye, T. 2019. *National support frameworks for Sustainable Urban Mobility Planning. National SUMP Supporting Programmes*. Internetinė prieiga: http://sump-network.eu/fileadmin/user_upload/downloads/PROSPERITY_s_National_support_frameworks_for_SUMP-1.pdf

Podvezko, V. 2005. Ekspertų įverčių suderinamumas, Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas 9(2): 101–107. DOI: <https://doi.org/10.1080/13928619.2005.9637688>.

Podvezko, V.; Sivilevičius, H. 2013. The use of AHP and rank correlation methods for determining the significance of the interaction between the elements of a transport system having a strong influence on traffic safety, *Transport* 28(4): 389–403. <http://dx.doi.org/10.3846/16484142.2013.866980>

Podvezko, A.; Podvezko, V. 2014. Absolute and Relative Evaluation of Socio-Economic Objects Based on Multiple Criteria Decision Making Methods, *Engineering Economics* 25(5): 522–529. DOI: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.25.5.6624>.

PublicPolicyEX 2014. *Smart cities, smart Europe*. Internetinė prieiga: www.publicpolicyexchange.co.uk

Reisi, M., Aye, L., Rajabifard, A., Ngo, T. 2014. Transport sustainability index: Melbourne case study. *Ecological Indicators* 43, 288–296. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.03.004>

Rupprecht Consult 2016. *CH4ALLENGE – Addressing Key Challenges of Sustainable Urban Mobility Planning*. Internetinė prieiga: <http://www.sump-challenges.eu/>

Rupprecht consult 2019. Guidelines for developing and implementing a sustainable urban Mobility Plan, second edition. Internetinė prieiga: https://www.eltis.org/sites/default/files/sump-guidelines-2019_mediumres.pdf

Saaty R. W. 1987. The Analytic Hierarchy Process – What is it and how it is used. *Math Modelling*. Vol. 9, No. 3–5, p. 161–176.

Saaty T. L. 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*. Vol 15, No 3, p. 234–281.

Saisana, M., 2011. *Weighting methods, Seminar on composite Indicators: From Theory to Practice*, Ispra, Italy.

Schlingensiepen, J., Mehmood, R., Nemtanu, R., Niculescu, M. 2014. Increasing sustainability of road transport in European cities and metropolitan areas by facilitating autonomic road transport systems (ARTS). *Proceedings on sustainable automotive technologies* 2013: 201–210. http://doi.org/10.1007/978-3-319-01884-3_20

Shergold, I., Parkhurst, G. 2017. *Demonstrating economic benefit from sustainable mobility choices – The EVIDENCE project*. Internetinė prieiga: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/evidence_publishable-report_final_2017.pdf

Shiau, T. A., Liu, J. S. 2013. Developing an indicator system for local governments to evaluate transport sustainability strategies, *Ecological Indicators* 34: 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.001>

Shiau, T. A.; Huang, M. W.; Lin, W. Y. 2013. Developing an indicator system for measuring Taiwan's transport sustainability, *International Journal of Sustainable Transportation* 9(2): 81–92. <https://doi.org/10.1080/15568318.2012.738775>

Silva, A. N. R.; Costa, M. S.; Ramos, R. A. R. 2010. Development and application of I_SUM: An index of sustainable urban mobility. Transportation Research Board Annual Meeting. Internetinė prieiga: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1008.9281&rep=rep1&type=pdf>

Sundberg, R. 2018a. *CIVITAS SUPs-Up Manual on the integration of measures and measure packages in a SUMP for Beginner cities*. Internetinė prieiga: <https://sumps-up.eu/publications-and-reports/>

Sundberg, R. 2018b. *CIVITAS SUPs-Up Manual on the integration of measures and measure packages in a SUMP for Intermediate cities*. Internetinė prieiga: <https://sumps-up.eu/publications-and-reports/>

Sundberg, R. 2018c. *CIVITAS SUPs-Up Manual on the integration of measures and measure packages in a SUMP for Advanced cities*. Internetinė prieiga: <https://sumps-up.eu/publications-and-reports/>

The Urban Transport Roadmap (UTR) 2016. *Study on European Urban Transport Roadmap 2030*. Internetinė prieiga: <http://www.urban-transport-roadmaps.eu/>

United Nations (UN) 2015a. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Internetinė prieiga: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=111&nr=8496&menu=35>

United Nations (UN) 2015b. *Paris Agreement*. Internetinė prieiga: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf

United Nations (UN) 2017. *New Urban Agenda*. Internetinė prieiga: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf>

Van Audenhove, F. J., Korniiichuk, O., Dauby, L., Pourbaix, J. 2014. *The future of urban mobility 2.0: imperatives to shape extended mobility ecosystems of tomorrow*. Available from internet: http://www.uitp.org/sites/default/files/members/140124proc.20Arthurproc.20D.proc.20Littleproc.20proc.26proc.20UITP_Futureproc.20ofproc.20Urbanproc.20Mobilityproc.202proc.200_Fullproc.20study.pdf

Vilniaus miesto savivaldybė (VMS) 2018. *Vilniaus miesto darnaus judumo planas*. Available from internet: <https://judumas.vilnius.lt/vdjp-informacija/>

Wefering F.; Rupprecht S.; Bührmann S.; Böhler-Baedeker S. 2014. *Guidelines. Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan*. IEE programme of the European Union. 150 p. Internetinė prieiga: http://www.eltis.org/sites/default/files/guidelines-developing-and-implementing-a-sump_final_web_jan2014b.pdf

Zapolskytė, S.; Palevičius, V. 2018. Išmaniųjų miestų apžvalga ir analizė, *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – Future of Lithuania*, Vol. 10, p. 1–7. <https://doi.org/10.3846/mla.2018.3267>

Zavadskas, E. K., Turskis, Z. 2010. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making / Naujas adityvinis kriterijų santykių įvertinimo metodas

(aras) daugiakriteriniams uždaviniams spręsti. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159–172. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.10>

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 1996. *Pastatų sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius: Technika. 275 p. (in Lithuanian).

Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Kaklauskas, A. *Multiple Criteria Evaluation of Projects in Construction*; Technika: Vilnius, Lithuania, 1994.

Zavadskas, E. K.; Vilutiene, T. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-Model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and Environment* 2006, 41(5), 621–632.

Zhang, Y., Guindon, B., 2006. Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability Part 1: methodologies for indicator quantification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 8, 149–164.

Zhou, P., Ang, B., Poh, K. 2007. A mathematical programming approach to constructing composite indicators. *Ecological Economics*, Vol 62 (2), 291–297. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.020>

Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Damidavičius, J., Burinskienė, M., Antuchevičienė, J. 2020. Assessing Sustainable Mobility Measures Applying Multicriteria Decision Making Methods. *Sustainability*, 12, 6067. <https://doi.org/10.3390/su12156067> (įtrauktas į *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazę).

Palevičius, V.; Ušpalytė-Vitkūnienė, R.; Damidavičius, J.; Karpavičius, T. 2020. Concepts of Development of Alternative Travel in Autonomous Cars. *Sustainability*, 12, 8841 (įtrauktas į *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazę).

Damidavičius, J., Burinskienė, M., Ušpalytė-Vitkūnienė, R. 2019. A Monitoring System for Sustainable Urban Mobility Plans. *The Baltic journal of Road and Bridge engineering*, Vol. 14 (2), p. 158–177 (įtrauktas į *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazę).

Zapolskytė, S.; Damidavičius, J.; Palevičius, V. 2019. Evaluation of Concepts Related to Travels by Autonomous Vehicles, *Автомобильные дороги и мосты*, № 1(23), p. 49–55. Минск. ISSN: 2225-9082 UDK: 656.

Damidavičius, J., Burinskienė, M. 2018. Assessment of Sustainable Urban Mobility Plans by Sustainable Approach. *Mokslas – Lietuvos ateitis / Science – future of Lithuania*, Vol. 10, p. 1–8. <https://doi.org/10.3846/mla.2018.3360>

Straipsniai kituose leidiniuose

Palevičius, V.; Zapolskytė, S.; Damidavičius, J. 2018. Alternative Travel Planning by Autonomous Vehicles. International Scientific and Technical Conference “Highways: Safety and Reliability” p. 213–222.

Burinskienė M.; Gaučė K.; Damidavičius J. 2017. Successful Sustainable Mobility Measures Selection, The 10th International Conference „Environmental Engineering”, 27–28 April, 2017, Vilnius, Lithuania (įtrauktas į *Clarivate Analytics Web of Science Conference Proceedings* duomenų bazę).

Summary in English

Introduction

Formulation of the problem

The concept of planning sustainable mobility systems has been further explored following the published European Commission's 2011 Transport White Paper (EC 2011). Communication from the Commission to the European Parliament Together Towards Competitive and Resource-Efficient Urban Mobility (EC 2013) described in detail the concept of sustainable urban mobility plans and recommendations for developing sustainable urban mobility systems. Up to date, no European Union regulations or directives governing the sustainable urban planning of mobility systems have been issued in Europe. In addition, European countries keep on managing urban mobility at the local level in consonance to the principle of subsidiarity.

Along with European countries increasingly focusing on the development of sustainable mobility systems, the main focus is a new approach to planning mobility systems, which concentrates on meeting the need for people mobility rather than on ensuring smooth transport traffic.

Each city is unique and has an exclusive transportation system at different levels of development, however, so far, no integrated assessment models have been created, which prevents from evaluating the mobility system in terms of cost-effectiveness and coherence.

Relevance of the Thesis

Urban mobility system development is important for the economic growth of the city, the provision of social services, the ability to move and for ensuring the supply of goods and services. The development of mobility infrastructure requires large financial investments, a long implementation period and constant maintenance and repair, which therefore is important for designing mobility systems bearing in mind a specific impact and effectiveness of the measures to be adopted. Also, given the significant efforts being made to reduce the impact of transport pollution on the environment and climate change, the devised infrastructure must be in line with the aspects of sustainable development thus providing economic benefits, contributing to environmental performance and ensuring social equality in the choice of quality travel.

The start of developing sustainable urban mobility plans in European cities demonstrated that the impact of the provided mobility measures was little known, and planning and implementation processes were often chaotic, despite the strengths and weaknesses of the available mobility system and reliance on intuition, skewed knowledge and experience.

The ability to properly assess the potential of the available mobility system and the impact of the upcoming mobility measures is a critical process for the ambitious climate change mitigation goals set by the European Union, the effective imposition of infrastructure measures and rational investment planning. The employment of the methodology proposed in the thesis opens the opportunity to identify the shortcomings and advantages of the available and upcoming mobility systems in a timely manner and assists in an accurate assessment of developmental trends with respect to sustainable mobility.

The Object of Research

The object of the thesis is to determine the impact of the applied urban mobility infrastructure and mobility measures on the general mobility system in the different types of cities.

The Aim of the Thesis

The thesis is aimed at creating an assessment model for urban mobility system development in line to the principles of sustainable development, consisting of high-impact urban mobility infrastructure and mobility measures, and applying multi-criteria decision making methods.

The Tasks of the Thesis

To accomplish the aim of the thesis, the following objectives must be achieved:

1. To conduct reference analysis focused on defining the general goals of urban mobility system development, formulating the concepts and tendencies of urban growth, identifying the causes of the present problems and showing the potential of using urban mobility infrastructure and mobility measures.

2. To build the sets of the frequently used urban mobility infrastructure and mobility measures having a positive impact and determining the significance of the measures used for developing sustainable mobility systems.

3. employing the developed set of urban mobility infrastructure and mobility measures to assess the quantitative and qualitative parameters of the mobility system for the different types of cities applying multi-criteria decision making methods and to evaluate cities in line to the principles of sustainable development.

4. based on calculation results, framing development concepts and scenarios to identify sustainable trends in mobility system development.

5. To create a system of recommendations for the support and development of multi-criteria assessment decisions on mobility systems.

6. To establish a monitoring system for a sustainable urban mobility structure and proposing the key indicators for monitoring.

The Research Methodology

The thesis includes publications, research, legal acts and development strategies of foreign and Lithuanian scientists, reviews and evaluates the prepared publications and projects financially supported by the European Commission.

The thesis has applied to expert and multi-criteria decision making methods (COPRAS, TOPSIS, ARAS, EDAS) and analytic hierarchy processes, used digital recommendation and index optimization method INVAR.

Scientific Novelty of the Thesis

For preparing the thesis, the following recent findings of civil engineering have been reported:

1. A conceptual model for assessing the development of sustainable urban mobility systems has been proposed thus providing opportunities to integrally assess the progress of sustainable mobility system development in the different types of cities.

2. A system for urban mobility infrastructure and mobility measures has been designed to assess a growth in mobility systems. For metropolitan areas, medium-sized cities and resorts, separate significance for mobility measures and the sets of mobility measures has been determined, which expresses the impact of mobility measures on a specific type of the city.

3. The multi-criteria assessment methodology basically applicable to evaluating the available and upcoming mobility systems in the different types of cities has been suggested.

4. Graphical visualization and analysis measures of the results assessing the development of sustainable mobility systems have been offered.

Practical Value of the Research Findings

The thesis presents the conceptual model for assessing sustainable mobility systems. The model can be used for comparing different alternatives to sustainable mobility system development in consonance to the selected scenario or different sets of urban mobility infrastructure and mobility measures and to monitor the impact and effectiveness of the

employed measures. The practical significance of the introduced assessment model lies in providing the most effective alternative to sustainable mobility system development and in the identification of developmental trends. The use of the model for spatial planning, preparing development strategies and the impact assessment of infrastructure measures should actually help select the most effective and the least investment-required urban mobility infrastructure, mobility measures or the sets of mobility measures.

The application of the advised methodology will help avoid any biased decision-making and the unreasonable choice of the developmental trend, while the use of different multi-criteria decision-making methods will assist in determining the most accurate effectiveness values of alternatives and create a solid basis for decision-making.

The recommended conceptual model for assessing sustainable mobility systems is not fully completed and may be adjusted to the specificity of each city or redesigned to assess other administrative units such as urban mobility areas. The flexibility and applicability of the conceptual model are the major advantages to replace the established ineffective practices in the development of transportation systems.

Defended Statements

1. Urban mobility systems must be seen in a wider context of the principles of sustainable development, i.e. advancing environmental protection, economic benefits and social equality.

2. The progress and effectiveness of urban mobility system development and the importance of mobility infrastructure and mobility measures are subject to the geographical size, population and type of the city.

3. Sustainable urban mobility system development can be assessed applying different multi-criteria decision making methods, and the results obtained indicate the level of sustainable mobility system development.

Approval of the Research Findings

7 research articles dealing with the topic of the thesis have been published: three articles were printed in the science journals reviewed by *Clarivate Analytics Web of Science* (Damidavičius 2019, 2020; Palevičius 2020) one article was issued in other international databases (Zapolskytė *et al.* 2019), three article was posted in the peer-reviewed material of the international conference (Burinskienė *et al.* 2017; Damidavicius 2018; Palevičius *et al.* 2018).

The results of the research conducted in the thesis have been published in four scientific conferences in Lithuania and abroad and include:

- the 10th International Conference *Environmental Engineering* organised in Vilnius, Lithuania, on 27–28 April 2017;
- International Science and Technology Conference *Highways: Safety and Reliability* organised in Minsk, Belarus, on 22–23 November 2018;
- the 21st session of the thematic conference *Civil Engineering and Geodesy* of the Conference for Lithuanian Junior Researchers “Science – Future of Lithuania” called on 23 March 2018;

– the section *Urban Engineering, Roads and Traffic Safety* as a part of the 22nd thematic conference *Civil Engineering and Geodesy* of the Conference for Lithuanian Junior Researchers “Science – Future of Lithuania” held on 29 March 2019.

The Structure of the Thesis

The thesis covers the introduction, three chapters, general conclusions, the lists of references and author's publications related to the topic of the thesis and 4 appendices.

The volume of the thesis is 158 pages, excluding appendices. 46 numbered formulas, 39 figures and 31 tables are included in the text. 123 references have been used for writing the thesis.

Acknowledgment

I would like to thank Prof. Dr Marija Burinskienė, Assoc. Prof. Dr Vytautas Palevičius, Dr Kristina Gaučė, co-authors of publications, and everyone who contributed to the preparation of the dissertation. The biggest thank to my family who has consistently supported and motivated me for all these years.

1. Review of Scientific Literature on Sustainable Urban Mobility Development

The chapter reviews European and national goals in the transport sector, analyses the challenges, opportunities and characteristics of urban mobility systems, examines the processes of sustainable mobility system development and looks at the possibilities of employing of mobility measures.

Up to now, the issue of a negative impact of transport on the environment in Lithuania has been solved through the developmental processes of mobility infrastructure. This further encouraged the use of private cars and increased vehicle congestion thus causing a number of negative consequences like ineffective economy, loss of time, transport pollution and road accidents. The main reason for the current situation lies in irrational urban development, because mobility systems are not adapted to the needs of all ages, social and interest groups and no alternatives to reducing car travel have been proposed.

The uncontrolled urban sprawl appears as one of the most important recent problems that prevents urban transportation systems from operating effectively. As a result, quality public transport services are no longer guaranteed on the outskirts of the city and car use increases, which results in a rising congestion, air pollution and noise as well as in a strong need for investment in infrastructure (roads, engineering communications, social services such as nursery schools etc.).

Sustainable Urban Mobility systems (hereinafter – SUMSs) are crucial for reducing the impact of transport on climate change and for contributing to pollution reduction targets set by the Paris Declaration (UN 2015b). A new strategic and integrated planning approach is necessary for changing recent dependence on the use of fossil fuels and for reducing carbon emissions. Ensuring an efficient, inclusive and climate-friendly urban mobility infrastructure is important for building effective and competitive cities. SUMSs combine development with the better integration of different types of mobility in the city.

In line to the formulated planning concept, the interests of people must be primarily taken into account for organizing mobility. Therefore, the emphasis is put on the involvement of citizens and stakeholders in the process of sustainable mobility planning as well as on changing the mobility habits of city dwellers (EC 2013).

Sustainable urban mobility planning is a strategic and integrated approach for efficiently addressing urban mobility issues. The method is based on decision-making in the long run and requires a thorough assessment of the current situation and forthcoming trends, a mutually acceptable vision and strategic goals and a set of integrated measures (regulatory, promotional, financial, technical and infrastructural) to achieve the established goals, which should be regularly monitored and evaluated (Rupprecht consult 2019). The enforcement of the guidelines and recommendations set out in the EU countries before 2019 has become a complex process due to the fact that all recommendations are unified, developed for medium-sized cities with long-term strategic mobility planning practices and transport specificity characteristic of such cities (Burinskienė *et al.* 2017). A number of studies, pilot projects and impact assessments of mobility measures have been carried out initiating various international, EC-funded projects, and the obtained results have been summarized and presented in the updated guidelines for the development and implementation of European sustainable urban mobility plans (Rupprecht consult 2019).

In Lithuania, pursuant to the recommendations provided in the Guidelines for Sustainable Urban Mobility Planning (SUMP 2015), from the beginning of 2015 to the end of 2019, 20 SUMPs were approved and included 5 metropolitan areas, 10 medium-sized cities, 4 resorts and 1 resort area. The introduced categories were chosen due to the similar types and sizes of the cities prevailing in Europe. The number of inhabitants is one of the grouping criteria and encompasses large cities (hereinafter – LCs) exceeding 100.000 inhabitants and medium-sized cities (hereinafter – MCs) counting from 25.000 to 100.000 inhabitants. The second criterion is the type of the city and embraces resort towns (hereinafter – RTs) having a high degree of seasonality exerting a powerful impact on the functioning of mobility systems. Based on the current and expected situation of these cities, the thesis analyses the proposed urban development model.

SUMS development is subject to urban mobility infrastructure and sustainable mobility measures (hereinafter – mobility measures) that are broad in nature to achieve sustainable development goals in the transport sector and to address the encountered mobility problems (May *et al.* 2012). The establishment of efficient mobility measures is the basis for SUMS planning. Only properly selected mobility measures will ensure that the set goals and objectives are achieved.

So far, only little research has been provided in scientific literature to analyse SUMS development and the impact of sustainable mobility planning on the dwellers of the city. This is a consequence of the long-standing belief that mobility infrastructure must be designed for smooth vehicle traffic rather than for meeting people needs for mobility. To deal with this problem, researchers, mobility experts, local authorities and various research agencies have started creating a few systems for assessing SUMS efficiency and cost-effectiveness in order to identify the mobility measures having the greatest positive impact and economic benefits. The use of sustainable mobility measures manifests itself in a variety of ways some of which constitute country-specific sets of mobility measures

making a profound impact (Sundberg 2018a, b, c; Shergold, Parkhurst 2017; UTR 2016; CONSULT 2016; May 2016; Chakhtoura, Pojani 2016; Nocera et al 2015; Van Audenhove *et al.* 2014; Shiau *et al.* 2013; Haghshen, Vaziri 2012; MaxExplorer 2006;), others develop mobility indices based on mobility measures (Arsenio *et al.* 2016; Reisi *et al.* 2014; Lima *et al.* 2014; Saisana 2011; Mancini 2011; Silva *et al.* 2010; Costa 2008; Zhou *et al.* 2007) and assess sustainable mobility through environmental, economic and social points of view (Burinskienė *et al.* 2017; Nocera *et al.* 2015; Reisi *et al.* 2014; Shiau, Liu 2013; Karagiannakidis *et al.* 2012).

2. The Conceptual Model for Assessing Urban Mobility Infrastructure and Mobility Measures

The chapter presents the author-proposed conceptual model for assessing mobility system development, describes the sets of SUMS mobility measures and the principles of creating sustainable mobility systems and determines the significance of the impact of mobility measures and thematic parts identified during peer review. The considered MCDM methods embrace the COmplex PROportional ASsessment (COPRAS) method, the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), the Additive Ratio Assessment (ARAS) method, the Evaluation on Distance from Average Solution (EDAS) method, provides algorithms and mathematical descriptions for working out solutions and creates a system of alternative indicators required for evaluating MCDM methods. The chapter describes the principles of framing the concepts of SUMS development and devises the SUMS monitoring system.

Urban mobility system development is important for the economic growth of the city, the provision of social services, the ability to move and ensure the supply of goods and services. The development of mobility infrastructure requires large financial investments, a long implementation period, constant maintenance and repairs. Therefore, for the detailed planning of mobility systems, knowledge about the specific impact and effectiveness of the measures to be implemented plays a crucial role. Also, considering enormous effort being taken to reduce the impact of transport pollution on the environment and climate change, the designed infrastructure must be in line with the aspects of sustainable development thus providing economic benefits, contributing to an increase in environmental performance and ensuring social equality in the preference of quality travel.

In order to plan mobility systems in a sustainable way and taking into account all above mentioned aspects, the conceptual model for assessing urban mobility system development has been developed integrally analysing the impact of mobility systems pursuant to the principles of sustainable development and to the efficacy and effect of the selected mobility measures (Fig. S2.1).

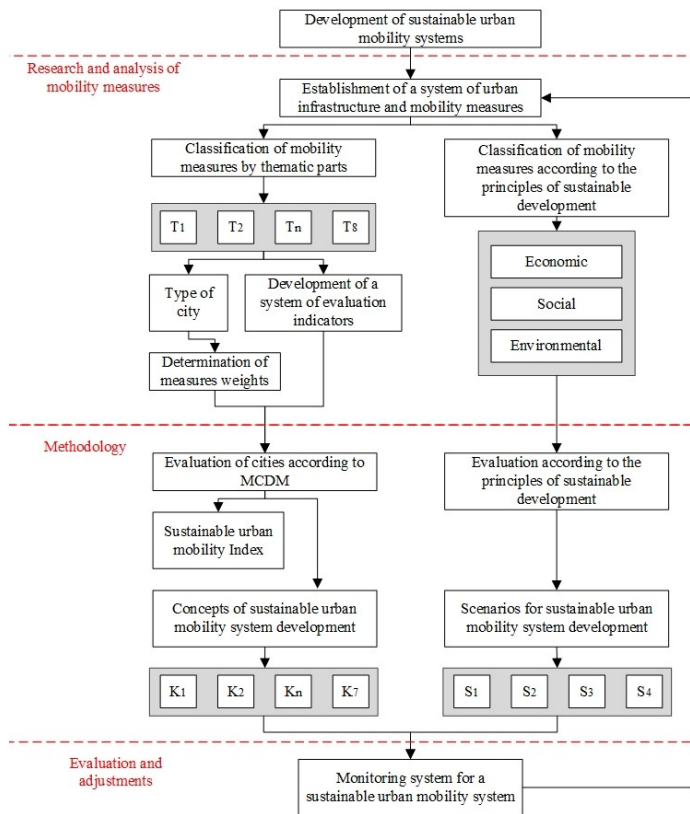


Fig. S2.1. The conceptual model for assessing urban mobility system development (created by the author)

38 mobility measures were selected following the processes of revising scientific literature, assessing prepared international projects and examining the created sets of mobility measures. Conforming to the type of impact, mobility measures fall into 8 thematic parts, including Promotion of Public Transport (T1), Integration of Non-Motorized Communications (T2), Traffic Safety and Security (T3), Improving organisation of traffic and mobility management (T4), Urban Logistics (T5), Promoting universality of infrastructure (T6), Promoting alternative fuels and more environmentally-friendly vehicles (T7), Deployment of Intelligent transport systems (T8). The selected mobility measures are described in Table S2.1.

The biased significance of mobility measures was determined by interviewing sustainable mobility experts, transport specialists, academicians, advisers and the representatives of municipal administrations, stakeholders and NGOs having experience in working with sustainable mobility, urban planning and the implementation of infrastructure measures.

Table S2.1. Selected mobility measures

Code	Mobility measure	Code	Mobility measure
T1	Promotion of public transport	P4-1	Awareness Campaign, Events and Promotional Activities
T2	Non-motor vehicle integration	P4-2	Car parking management
T3	Traffic safety and transport security	P4-3	Parking Charges
T4	Improvement to traffic organization and mobility management	P4-4	Car Sharing
T5	City logistics	P4-5	Park & Ride
T6	Integration of people with special needs	P5-1	A driving ban for lorries
T7	Promotion of alternative fuels and clean vehicles	P5-2	Urban Consolidation Centres
T8	Assessment of demand for Intelligent transport systems demand	P5-3	Access restrictions
P1-1	Conventional Timetable	P5-4	New road construction
P1-2	Bus priority lanes	P6-1	Mobility infrastructure for people with disabilities
P1-3	PT tickets and fare levels	P6-2	Accessibility of the main transport points
P1-4	Rapid PT transit	P6-3	Shared spaces
P1-5	PT Terminals and Interchanges/Stops	P6-4	Accessible PT
P1-6	PT network	P7-1	Alternative fuel PT
P2-1	Pedestrian routes, networks	P7-2	Alternative fuel supply infrastructure
P2-2	Cycle Networks	P7-3	Low emission zones
P2-3	Cycle Parking and Storage	P7-4	Promotion of alternative fuel vehicles
P2-4	Bike Sharing	P8-1	Intelligent traffic light system
P2-5	Lightning the cycle and pedestrian network	P8-2	Integrated Ticketing
P3-1	Traffic cameras	P8-3	Bus priority intersections
P3-2	Safety intersections	P8-4	Real Time Passenger Information
P3-3	Safety pedestrian and cycling crossing facilities	P8-5	Congestion charging
P3-4	Road Maintenance		
P3-5	Low speed zones		

Once the weights of mobility measures were determined, baseline data on 20 cities having sustainable urban mobility plans were further collected on the basis of the introduced set of mobility measures. Having collected the baseline data, the peer review of the cities (alternatives) was carried out using multi-criteria decision making (hereinafter – MCDM) methods focused on creating a cumulative indicator for each alternative.

The conducted research employed the following MCDM methods: COPRAS, TOPSIS, ARAS, EDAS.

For planning SUMSs, knowledge of all external factors affecting urban mobility, i.e. demography, climate change, the development of information technology, etc., is

required. To assess possible changes and have a stronger basis for making strategic decisions, the concepts and scenarios of urban sprawl are being developed in order to define the upcoming developmental trends.

The concept of SUMS development defines the development alternative expressed in clear infrastructural growth, the promotion of the selected mode of mobility and provision for necessary resources. The concept of development frequently depends on the size and characteristics of the city, the development level of mobility systems and the surrounding areas. The conceptual model for assessing SUMS development, based on thematic parts, proposes the concepts and definitions of SUMS development in consonance to the thematic categories provided by the EU initiative CIVITAS (Boschetti *et al.* 2014) (Fig. S2.2).

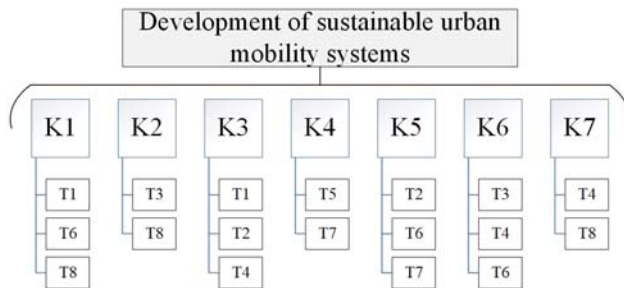


Fig. 2.2. The formulation of the concept of sustainable mobility system development on the basis of thematic parts (created by the author)

For rational SUMS development, it is important to accurately identify the strategy and vision of the city, the upcoming trend in urban sprawl and the expected situation of the city within the periods of 10, 20 or 50 years. Thus, development scenarios as guidelines for any development decisions, including SUMSs, are created. Development scenarios were constructed using the R. Hickman's (2013) model in line to which SUMS development was assessed conforming to two components – technological development and environmental improvement. Development scenarios are presented in Fig. S3.1.

The application benefits of the above introduced scenarios involve the result-focused planning of the most effective mobility measures considering the specificity of the city and development opportunities. The proposed scenarios should be particularly useful for the cities at the start of SUMS development

3. Assessing Sustainable Urban Mobility Systems And Proposed Recommendations System

The chapter gives the assessment of the current and expected situation of SUMSs in consonance to the principles of sustainable development and multi-criteria making methods. The assessment involved Lithuanian cities divided into similar types of groups (large cities, medium-sized cities, resorts and resort areas) and having prepared sustainable urban mobility plans. The generalized assessment results have been reviewed.

Assessment in Line to the Principles of Sustainable Development. Given that the significance of most mobility measures is underlined considering one of the three

sustainable development areas (economic benefits, environmental improvement, social equality) and may simultaneously be more or less important in several of them, the author of the thesis has attributed greater (G) or limited (L) significance for each of the areas (Damidavičius, Burinskienė 2018). Also, the use of R. Hickamn-described SUMS development model (hereinafter – the Development Model) portraying 4 most important SUMS development scenarios has been supplemented with the same significances in the areas of sustainable development (Fig. S3.1). As a result, SUMS assessment in terms of sustainable development will provide the opportunity to evaluate the development scenario created for SUMS enlargement and the impact of mobility measures on development.

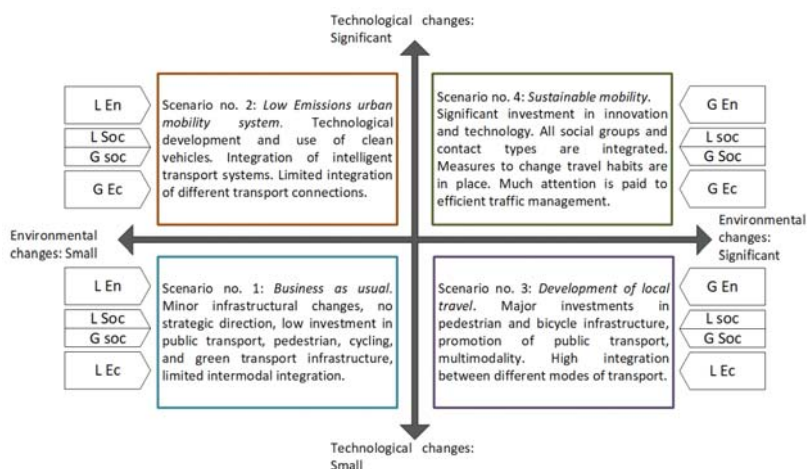


Fig. S3.1. A model for developing sustainable urban mobility systems (created by the author)

SUMS assessment in line to the areas of sustainable development, including economic benefits, environmental improvement and social equality, examined 20 Lithuanian cities having prepared SUMP. The performed assessment covered two situations – current and the expected one following the implementation of the SUMP-proposed mobility measures.

The obtained results of SUMS assessment considering technological and environmental aspects demonstrate the percentage of the introduced mobility measures agreeing to each of the 4 development scenarios. Therefore, to graphically present and precisely establish the development scenario most appropriate for the urban mobility system, determining the midpoint of the obtained results is required. The midpoint shows exactly the best option for the development scenario of the urban mobility system and allows monitoring the impact of the implemented new mobility measures, i.e. subsequent to the employment of a mobility measure or a set of mobility measures, the midpoint moves towards the development scenario mainly represented by the used mobility measures. Pursuant to the Development Model, Annex E (Fig. E1, E2) shows the assessment of the current situation of 20 urban mobility systems and the assessment of the situation following the implementation of the SUMP-proposed mobility measure.

The analysis of the obtained results shows that the mobility systems available in Alytus, Mažeikiai, Jonava, Plungė, Druskininkai, Palanga, Birštonas, Neringa and Trakai mostly reflect the S1 development scenario focused on the continuity of recent developmental trends, including small investments in public mobility infrastructure, minor changes in vehicle fleet management and the use of alternative fuels. The present mobility systems of Vilnius, Kaunas, Šiauliai and Panevėžys cities and Tauragė and Visaginas towns mainly expose the S2 development scenario that concentrates on solutions to reducing air pollution by more effective management of the existing traffic flows and the greater integration of environmentally friendly vehicles. The available mobility systems of Marijampolė, Utena, Kėdainiai and Telšiai towns equally reflect both S1 and S2 development scenarios. The operating SUMSs of Klaipėda city equally reflect both S2 and S4 development scenarios where the latter largely concentrates on reducing traffic congestion, rational parking management, constructing a high-quality public transport network and turns a strong focus on increasing the mobility of all social groups.

Table S3.1. The assessment of sustainable urban mobility systems in line to the Development Model

City/Town	Status scenario	Post-SUMP scenario	Change in scenario dominance *
Vilnius	S2	S4	↑
Kaunas	S2	S2	↓
Klaipėda	S	S2	↑
Šiauliai	S2, S4	S2	↓↓
Panevėžys	S2	S2	↑
Alytus	S1	S1	↓
Marijampolė	S1, S2	S2	↓
Mažeikiai	S1	S1	↓
Jonava	S1	S3	↑↑
Utena	S1, S2	S1	↑
Kėdainiai	S1, S2	S2	↓↓
Telšiai	S1, S2	S1	↑↑
Tauragė	S2	S1	↑
Visaginas	S2	S1, S2	↓↓↓
Plungė	S1	S1	↓↓↓
Druskininkai	S1	S3, S4	↑
Palanga	S1	S1	↓
Birštonas	S1	S1	↑
Neringa	S1	S1	↑
Trakai	S1	S1	↑↑

* increase: ↑ small, ↑↑ modest, ↑↑↑ large; decrease ↓ small, ↓↓ modest, ↓↓↓ large

The assessment of urban mobility systems following the implementation of the SUMP-proposed measures has disclosed possible changes in Vilnius city mobility system more likely reflecting the S4 development scenario, whereas the mobility system in Jonava should take the S3 development scenario, the mobility system in Tauragė should move from the S2 to S1 development scenario, the mobility system in Palanga should equally reflect both the S3 and S4 development scenarios and the scenarios of the rest of Lithuanian cities should remain unchanged thus strengthening or weakening the

dominance of the respective scenario, i.e. the scenario should improve in the case SUMP involves the major part and should degrade in the case SUMP provides the least amount of mobility measures in line to the development scenario for the current situation. Assessment results and variations in the scenarios indicating the strengthening or weakening scenario are shown in Table S3.1.

Assessment Using Multi-Criteria Decision Making Methods. Along with the applied MCDM methods, the conducted assessment covers the current situation of Lithuanian cities in terms of sustainable mobility and the situation of Lithuanian cities having implemented MCDM methods for SUMP. The conducted assessment is aimed at evaluating Lithuanian cities having prepared SUMP in terms of mobility. The cities have been analysed using MCDM methods. However, the problem of the conducted analysis emerges because each method gives different values conforming to the same criteria, and therefore the integrated application of MCDM methods is frequently used, i.e. the results obtained employing different MCDM methods are analysed with reference to finding-summarizing techniques like Medium, Borda, or Copeland.

The significance of the thematic parts and individual mobility measures identified during peer review along with the employed MCDM methods assisted in grouping the cities to evaluate with each other in order to determine the city having the most rational (effective) mobility system in the current situation (Damidavičius *et al.* 2020).

The first step is to assess the current situation of the individual groups of cities applying MCDM methods in line to individual thematic parts. The analysis of assessment results demonstrates that the most rational city is different in each thematic section, and not a single city clearly having the highest positions of priority lines exists in all thematic parts. To find out the city having the highest number of the places of priority lines, the places of the priority lines of thematic parts in each city are summed up. The city counting the lowest amount is given the highest place of priority.

To sum up the obtained results, the assessment of mobility systems has disclosed that the development level of mobility systems in Vilnius and Panevėžys cities is the highest in the group of LCs compared to other LCs. The assessment of the obtained mean values demonstrates that the values obtained in Vilnius and Panevėžys cities differ from the those of Klaipėda in the next priority line by more than 31 percent. This shows the gap in the implementation of sustainable urban mobility measures between the cities.

The mean urban values announced in column 10 of Table S3.2 can be used as indices for urban mobility system development, which shows the relative progress of the city in implementing sustainable mobility measures compared to the other cities of the same type. Comparing the calculated indices with each other allows determining percentage difference in the effectiveness level of mobility system development in individual cities, for example, a comparison of Panevėžys (0.4383) with Šiauliai (0.1139) shows that the effectiveness of the development level of the latter makes only 26 % compared to the development level of Panevėžys.

Next, the assessment of the expected situation (following the implementation of the SUMP-proposed measures) of the same cities is performed applying the same calculation algorithm as in the case of the current situation.

The gap between Druskininkai and other RTs in implementing sustainable mobility measures makes around 30 %. The assessment of both the current and expected situation

using MCDM methods has shown that variations in SUMSs are observed both in the distribution of priority line locations and in the values of the SUMS development level of the cities.

Table S3.2 provides a comparative analysis of changes in the priority line considering the current situation of the cities and shows fluctuations in the effectiveness of the SUMS development level following the implementation of mobility measures provided in SUMP.

The results of assessing the individual thematic parts of both the current and expected situation employing MCDM methods show an increasing or decreasing impact of the SUMP-proposed mobility measures in terms of thematic parts. Thus, the significance of thematic parts reflects the areas of urban development. Annex E (Fig. E5 and Fig. E6) shows a comparison of the current and expected situation considering the values of assessing individual thematic parts applying MCDM methods.

The Results of the General Assessment of Variations in the Development of Sustainable Mobility systems in Line to the Principles of Sustainable Development and Multi-Criteria Decision Making Methods. The assessment of 20 Lithuanian cities in line to the principles of sustainable development and assessment using MCDM methods demonstrate that the obtained results are combined in order to fully describe variations in SUMS development subject to the implementation of optional mobility measures.

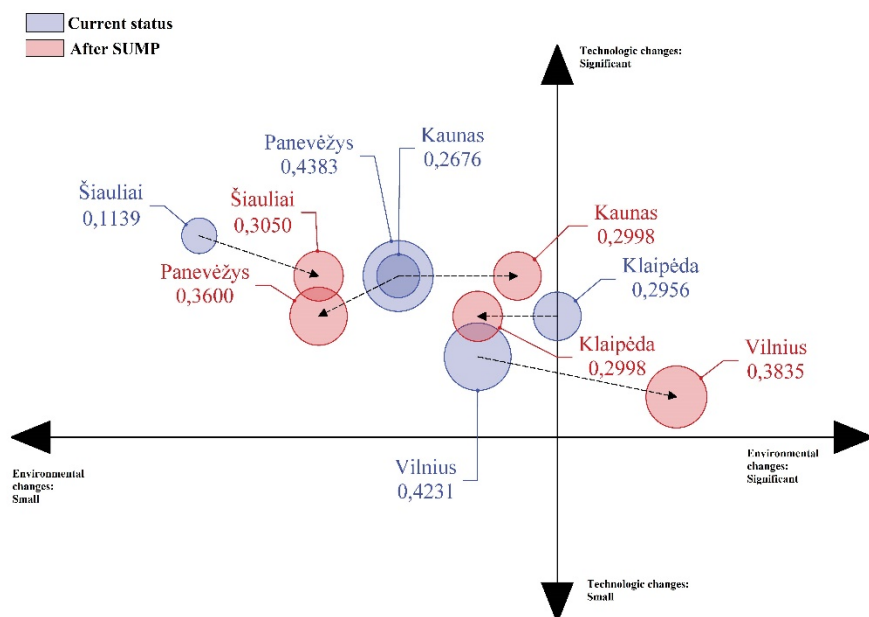


Fig. S3.2. Variations in the development of sustainable mobility systems in large cities (created by the author)

Fig. S3.2 graphically shows the expected variations in SUMS development following the implementation of the SUMP-proposed mobility measures. The performed assessment

helps determine the overall impact of the integrally implemented mobility measures on the urban mobility system. The position of the blue circle depicts the SUMS position of the current situation in the city in line to technological and environmental development, the position of the red circle portrays the technological and environmental development of the city following the implementation of SUMP. The size and numerical value of the circle indicate the effectiveness of the progress of SUMS development, i.e. the larger is the circle, the greater is progress. The line connecting the circles of the current and expected situation points out the biased trend of SUMS development, while the length of the line indicates the strength of the trend.

Table S3.2. Variations in the effectiveness of urban mobility systems following the implementation of sustainable urban mobility plans

City/Town	Status scenario		Post-SUMP scenario		Difference*	
	Rank	Value	Rank	Value	Rank	Value
Big cities						
Vilnius	1–2	0,4231	1	0,3835	–	↓
Kaunas	4	0,2676	3–4	0,2998	–	↑
Klaipėda	3	0,2956	3–4	0,3054	–	↑
Šiauliai	5	0,1139	5	0,3050	–	↑↑↑
Panevėžys	1–2	0,4383	2	0,3600	–	↓↓
Middle-sized cities						
Alytus	3	0,3457	2	0,3996	↑	↑↑
Marijampolė	4–5	0,3589	4	0,3128	–	↓
Mažeikiai	2	0,3719	3	0,2958	↓	↓↓
Jonava	4–5	0,3758	5–6	0,2478	↓	↓
Utena	1	0,3956	8	0,1894	↓↓↓	↓↓↓
Kėdainiai	9–10	0,0916	10	0,1266	–	↑↑↑
Telšiai	8	0,2190	7	0,2475	↑	↑
Tauragė	7	0,3203	9	0,1398	↓	↓↓↓
Visaginas	9–10	0,1179	5–6	0,2656	↑↑	↑↑↑
Plungė	6	0,3248	1	0,3794	↑↑	↑↑
Resorts						
Druskininkai	1	0,5013	1	0,5174	–	↑
Palanga	4	0,2127	2	0,3648	↑	↑↑↑
Birštonas	5	0,1675	5	0,1579	–	↓
Neringa	2	0,3360	4	0,3012	↓	↓
Trakai	3	0,2400	3	0,3508	–	↑↑↑

*↑↓ show variations in the position of the priority line by 3 places / indicate variations in the value by 15 %; ↑↑↓↓ show variations in the position of the priority line by 6 places / indicate variations in the value by 30 %; ↑↑↑↓↓↓ show variations in the position of the priority line by 9 places and more / indicate variations in the value by 45 % and higher.

Fig. S3.2 summarizes in detail the overall assessment of large cities. As for the assessment of variations in the development of large cities, the impact of the SUMP-proposed mobility measures in Vilnius mostly focuses on the expanding the infrastructure of local travels. Although the position of Vilnius city should agree with the Sustainable

Mobility Development Scenario (S4) having implemented SUMP, however, the direction of variations shows that in the case similar types of the sets of mobility measures continue to be employed, urban SUMSs should mainly approach the features provided in the Local Travel Development Scenario (S3). Taking into account the slightly reduced effectiveness of the SUMS development level, it can be assumed that Vilnius SUMP provides more mobility measures having a greater environmental and social impact but lower effectiveness in assessing the entire mobility system.

The expected changes in Kaunas city show that SUMP strives to maintain the level of technological development, and the developmental trend is biased in favour of the Sustainable Mobility Development Scenario (S4). An increase in the value of the SUMS development level and the trend towards the S4 scenario show that effective traffic management and restriction measures having high significance predominate in the set of the SUMP-proposed mobility measures.

In view of the group of large cities, Šiauliai shows the most dramatic variation in the effectiveness of the SUMS development level. The city should approach the effectiveness level of other cities from the poorly assessed current situation after implementing SUMP measures. Also, a more significant trend towards the Local Travel Development Scenario (S3) is observed.

General Conclusions

1. The conducted analysis of the reviewed literature demonstrates that the examined models for assessing the development of mobility systems have been designed in consonance to the most effective sets of mobility measures, mobility indexes made on the basis of mobility measures or the environmental, economic or social aspects of mobility measures. The conceptual model for assessing SUMS development proposed in the thesis highlights different assessment models and helps integrally evaluate different types of urban mobility systems on the basis of the principle of sustainable development (economic benefits, environmental improvement, social equality) and on account of the combinations of multi-criteria decision making methods. The suggested graphical evaluation of the findings allows a clearer assessment of developmental trends towards urban mobility systems, the effectiveness of the development level and the impact of mobility measures.

2. Based on examined scientific literature, the implemented European Commission funded projects, national strategies and prepared sustainable urban mobility plans, a set of 38 mobility measures was developed, which was assessed by researchers, practitioners and international project teams as having a significant impact on the development of transport systems. Researchers, practitioners and international project teams have found the above introduced measures as having a significant impact on mobility system development. Conforming to the purpose and nature, mobility measures fall into 8 thematic parts describing the main trends in mobility development. The biased significance of mobility measures and thematic parts has been determined carrying out peer review showing that urban mobility measures and the groups of mobility measures have varying significance for different types of cities and are subject to the nature, type and purpose of the city.

3. To assess the effectiveness level of sustainable mobility system development, multi-criteria decision making methods COPRAS, TOPSIS, ARAS and EDAS have been applied. When using different assessment methods, generalized significance is proposed for obtaining reliable results. The conducted assessment has shown that the progress and effectiveness of SUMS development do not hinge on geographical size and population figures. The application of MCDM to the evaluation of the development of communication systems allows to compare the efficiency of the level of development of urban transport systems, for example, comparing Panevėžys city (0.4383) with Šiauliai city (0.1139), the efficiency of the latter development level is only 26%. Panevėžys city development level. The performed assessment has also disclosed that the cities having the lowest values of the current situation will expect the largest changes in the level of development.

4. The assessment carried out in line to the principles of sustainable development has showed that the current situation in all cities and the expected sustainable mobility system development are focused on increasing social welfare, i.e. the available and expected mobility measures have high social significance. The development strategy for most cities has been found does not change from the present-day policy and is aimed at increasing the connectivity and effectiveness of the mobility system network.

5. The uniqueness of the conceptual model for assessing sustainable mobility system development covers the flexibility and applicability of the model, which is a great advantage in an effort to change the established inefficient practice of mobility system development. The proposed conceptual model is not a fully completed pattern and can be revised on the basis of mobility measures or the groups of mobility measures subject to the type of the cities being assessed. The model can also be applied for assessing the isolated urban mobility areas and for prioritizing the most rational areas for expanding mobility measures.

6. Applying the conceptual model for a practical assessment of SUMS development should assist in avoiding any biased decision-making and irrational development trends and help pick out the most effective and the least investment-intensive development measures. The consistent application of the proposed methodology should provide a solid basis for reasoned decision-making. For the greater practical applicability and use of the conceptual model, research should proceed thus creating user-friendly software to enable the assessment results of the conceptual model to be obtained without much effort.

Priedai³

A priedas. Judumo priemonių ir teminių dalių reikšmingumų nustatymo ekspertinės apklausos rezultatai ir skaičiavimai

B priedas. Pradinių duomenų matrica daugiakriteriam vertinimui

C priedas. Daugiakriterių sprendimų paramos metodų skaičiavimai ir rezultatai

D priedas. Miestų darnių susisiekimo sistemų plėtros rekomendacijų sistema

E priedas. Rezultatų grafinis pateikimas voratinklinėmis diagramomis

F priedas. Disertacijos autoriaus sąžiningumo deklaracija

G priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje

H priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

³ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

Jonas DAMIDAVIČIUS
DARNAUS JUDUMO PRIEMONIŲ
INTEGRAVIMO PAGAL MIESTO SUSISIEKIMO
SISTEMOS INFRASTRUKTŪRĄ MODELIS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
Statybos inžinerija (T 002)

MODEL FOR THE INTEGRATION OF
SUSTAINABLE MOBILITY MEASURES
ACCORDING TO THE INFRASTRUCTURE
OF THE URBAN MOBILITY SYSTEM

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Civil Engineering (T 002)

2021 04 20 14,5 sp. I. Tiražas 20 egz.
Leidinio el. versija <https://doi.org/10.20334/2021-010-M>
Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,
Spausdino BĮ UAB „Baltijos kopija“,
Kareivių g. 13B, 09109 Vilnius