

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Kornelija RATKEVIČIŪTĖ

EISMO SAUGUMO GERINIMO PRIEMONIŲ
PAGRINDIMO MODELIS
LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIAMS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2009

Disertacija rengta 2005–2009 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Mokslinis vadovas

prof. dr. Donatas ČYGAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

VG TU leidyklos TECHNIKA 1681-M mokslo literatūros knyga
<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-9955-28-508-3

© VG TU leidykla TECHNIKA, 2009

© Ratkevičiūtė, K., 2009

El. paštas: kornelija.ratkeviciute@ap.vgtu.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Kornelija RATKEVIČIŪTĖ

MODEL FOR THE SUBSTANTIATION
OF ROAD SAFETY IMPROVEMENT
MEASURES ON THE ROADS
OF LITHUANIA

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2009

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2005–2009.

Scientific Supervisor

Prof Dr Donatas ČYGAS (Vilnius Gediminas Technical University, Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamos Lietuvos automobilių kelių eismo saugumo problemos. Pagrindiniai tyrimo objektai – eismo įvykiai, saugaus eismo gerinimo priemonės ir jų pagrindimo metodikos, „juodosios dėmės“ ir avaringi ruožai valstybinės reikšmės automobilių keliuose bei matematinis eismo įvykių modeliavimas. Pagrindinis disertacijos tikslas – sukurti efektyvų eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo modelį. Sukurto modelio taikymo sritis yra potencialiai pavojingiausių Lietuvos automobilių kelių ruožų situacijos gerinimas, „juodųjų dėmių“ naikinimas.

Darbe sprendžiami keli pagrindiniai uždaviniai: saugaus eismo rodiklių analizė ir vertinimas įdiegus specialias priemones Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose bei kitose užsienio šalyse taikomų panašių saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizė ir vertinimas.

Disertaciją sudaro įvadas, penki skyriai, rezultatų apibendrinimas, naudotos literatūros ir autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašai bei 21 priedas.

Įvadiniamе skyriuje aptariama tiriamoji problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas bei uždaviniai, mokslinis darbo naujumas, praktinė darbo rezultatų reikšmė, ginamieji teiginiai.

Pirmame skyriuje pateikiami pagrindiniai duomenys apie Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklą, automobilizacijos lygio kitimą, pagrindinius avaringumo rodiklius, saugų eismą veikiančius pagrindinius veiksnius.

Antrame skyriuje pateikiama taikomų tyrimo metodų apžvalga. Pateikta Lietuvoje, Suomijoje, Baltarusijoje, Lenkijoje ir kitose užsienio šalyse taikomų eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų apžvalga ir vertinimas.

Trečiame skyriuje pateikiamas Lietuvos automobilių keliuose 1999, 2000, 2001 ir 2002 m. įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo vertinimas.

Ketvirtame skyriuje pateikiamas patobulinto eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo Lietuvos sąlygoms modelio aprašas.

Penktame skyriuje pateiktas matematinių modelių taikymas eismo įvykiams prognozuoti Lietuvos Respublikos magistraliniuose keliuose.

Disertacijos tema išspausdinti 8 moksliniai straipsniai: trys – periodiniame mokslo žurnale, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą, vienas – konferencijų medžiagoje, referuotoje ISI Proceedings duomenų bazėje (Thomson ISI duomenų bazėje); trys – recenzuojamose tarptautinių konferencijų medžiagoje; vienas – jaunųjų mokslininkų konferencijos medžiagoje. Disertacijos tema perskaityti 6 pranešimai Lietuvos ir kitų šalių mokslinėse konferencijose.

Abstract

The dissertation studies road safety problems on the roads of Lithuania. The main objects of research – road accidents, road safety improvement measures and their substantiation methodologies, black spots and high-accident road sections on the roads of national significance, mathematical modelling of road accidents. The main aim of the dissertation is to construct the effective model for the substantiation of road safety measures. The area for the use of the model constructed is the improvement of potentially most dangerous sections on the roads of Lithuania and the elimination of black spots.

The main tasks solved in this work are as follows: analysis and evaluation of road safety indices after implementation of special measures on the roads of national significance of Lithuania, also analysis and evaluation of similar methodologies for the substantiation of road safety measures used in other foreign countries.

The dissertation consists of four parts including *Introduction*, *5 chapters*, *Conclusions*, *References* and *21 Annexes*. General characteristic of the dissertation describes the studied problem, topicality of the work, the formulated aim and tasks, scientific novelty, practical value of results and the defended propositions of the work.

Chapter 1 gives the main data on the road network of national significance of Lithuania, the change in the level of vehicle ownership, the basic accident indices and the essential factors influencing road safety.

Chapter 2 gives a review of research methods used, review and evaluation of methodologies for the substantiation of road safety measures in Lithuania, Finland, Belarus, Poland and other countries.

Chapter 3 gives the evaluation of the effect of road safety measures implemented on the roads of Lithuania in 1999, 2000, 2001 and 2002.

Chapter 4 describes the improved model for the substantiation of road safety measures under Lithuanian conditions.

Chapter 5 presents the use of mathematical models for the forecasting of road accidents on the main roads of the Republic of Lithuania.

8 scientific articles were published on the topic of the dissertation: three – in a periodical scientific journal included into the list of Thomson ISI Web of Science; one – in the proceedings abstracted in the ISI Proceedings Database (in Thomson ISI Database); three – in the reviewed proceedings of international conferences; one – in the proceedings of the young scientists' conference. On the topic of dissertation 6 presentations were made in the scientific conferences held in Lithuania and other countries.

Sąvokos

Šiame darbe vartojamos sąvokos

Automobilis – bet kokia motorinė transporto priemonė, skirta važiuoti keliu, vežti krovinius ir (ar) keleivius arba vilkti kitas transporto priemones. Prie automobilių taip pat priskiriami troleibusai, nebėginės elektrinės transporto priemonės, kurioms energija tiekama elektros laidais. Prie automobilių nepriskiriami motociklai, lengvieji keturračiai motociklai, keturračiai motociklai, mopedai, traktoriai ir savaeigės mašinos.

Avaringas ruožas – tai kelio ruožas, kuriame avaringumo rodikliai dar nepasiekė ribinių reikšmių, tačiau reikia imtis prevencinių priemonių, kad jame neatsirastų „juodoji dėmė“.

Automobilizacijos lygis parodo, kiek transporto priemonių tenka 1000-iui šalies gyventojų.

Eismo dalyvis – asmuo, dalyvaujantis kelių eisme (vairuotojas, pėsčiasis, keleivis).

Eismo įvykis – įvykis kelyje, viešose arba privačiose teritorijose, kurio metu, dalyvaujant judančiai transporto priemonei, žuvo ar buvo sužeista žmonių, sugadinta ar apgadinta bent viena transporto priemonė, krovinsys, kelias, jo statiniai ar bet koks kitas įvykio vietoje buvęs turtas.

Eismo organizavimas – transporto priemonių ir eismo dalyvių judėjimo keliais reguliavimo teisinių ir techninių priemonių bei tvarkomųjų veiksmų kompleksas.

Eismo saugumas – kelių eismo ypatybių visuma, rodanti, kiek eismo dalyviai yra apsaugoti nuo eismo įvykių ir jų padarinių.

Eismo saugumo užtikrinimas – veikla, kuria siekiama užkirsti kelią eismo įvykiams, sušvelninti jų padarinius.

„Juodoji dėmė“ – kelio ruožas, kuriame avaringumo rodikliai viršijo ribines reikšmes ir kuriame reikia nedelsiant imtis priemonių saugaus eismo situacijai gerinti. Pagal dabartinį metu taikomą metodiką „juodąja dėme“ vadinami tokie 500 metrų kelių ruožai, kuriuose per 4 metus įvyko 4 ir daugiau įskaitiniai eismo įvykiai ir avaringumo koeficientas:

- $AK_{\min} = 0,5$ keliams su skiriamąja juosta;
- $AK_{\min} = 0,8$ keliams be skiriamosios juostos.

Kelias – eismui skirta ir naudojama žemės arba statinio paviršiaus juosta per visą jos plotį, įskaitant važiuojamąją dalį, sankryžas, šaligatvius, kelkraščius, pėsčiųjų ir dviračių takus, skiriamąsias juostas.

Kelio saugumo auditas – nustatyta tvarka atliekamas išsamus techninis kelio projekto saugumo charakteristikų patikrinimas visais projekto rengimo ir įgyvendinimo etapais, pradedant planavimu ir baigiant kelio priežiūros darbais, taip pat eksploatuojamo kelio būklės įvertinimas kelių eismo saugumo užtikrinimo požiūriu.

Pėstysis – asmuo, esantis kelyje ne transporto priemonėje, taip pat važiuojantis neįgalių vežimėliu, riedučiais, riedlente, paspirtuku, vedantis dviratį, mopedą, motociklą, traukiantis (stumiantis) rogutes, vaikišką ar kitokią vežimėlį. Pėsčiuoju nelaikomas kelyje dirbantis asmuo.

Sankryža – kelių susikirtimo, susijungimo arba atsišakojimo viename lygyje vieta, įskaitant atvirus plotus, kuriuos sudaro minėti kelių susikirtimai, susijungimai arba atsišakojimai. Sankryžomis nelaikomos vietos, kur išvažiuojama iš kelio į esančias šalia jo teritorijas arba įvažiuojama į kelią iš esančių šalia jo teritorijų.

Skiriamoji kelio juosta (skiriamoji juosta) – konstrukcinis kelio elementas (apželdintas veja, želdiniais arba su kelio danga, kurioje įrengti apsauginiai atitvarai), skiriantis gretimas važiuojamąsias kelio dalis ir nenumatytas transporto priemonėms važiuoti arba sustoti (stovėti).

Slenkmuo – menama fiksuoto ilgio atkarpa, kurią perkeliančiam kelyje tikrinama avaringumo ruožo buvimo sąlyga.

Transporto priemonė – priemonė žmonėms ir (arba) kroviniams, taip pat ant jos sumontuoti stacionariai įrangai vežti. Ši sąvoka taip pat apima traktorius, savaeigės mašinos ir eismui ne keliais skirtas transporto priemones.

Vairuotojas – asmuo, vairuojantis transporto priemonę. Vairuotojams gali būti prilyginami asmenys, dalyvaujantys eisme pagal šiame įstatyme apibrėžtus papildomus reikalavimus (vadeliotojai, raiteliai, asmenys, varantys keliu gyvulius ar paukščius), taip pat asmenys, kurie moko vairuoti.

Žymėjimai

Santrumpos

AK – avaringumo koeficientas, vienas iš pagrindinių avaringumo rodiklių, charakterizuojantis eismo įvykių skaičių, tenkantį 1 mln. automobilių, pravažiuojančių 1 km kelio ruožu per metus.

AT – eismo įvykių tankis, vienas pagrindinių avaringumo rodiklių, kuris parodo eismo įvykių skaičių, tenkantį vieno kilometro kelio ruožui per metus.

aut./parą – automobilių per parą.

BVP – bendrasis vidaus produktas.

ES – Europos Sąjunga.

GDV – grynoji dabartinė vertė (*Net Present Value – NPV*).

HDM – kelių plėtros ir valdymo modelis (*Highway Development and Management Tool*).

LAKIS – Lietuvos automobilių kelių informacinė sistema.

N/S – naudos ir sąnaudų santykis (*Benefit/Cost Ratio – B/C*).

TARVA – kelių saugaus eismo priemonių poveikį įvertinantis modelis (*a Tool for Estimation of Traffic Safety Effects of Road Improvements*).

TARVAL – kelių saugaus eismo priemonių poveikį įvertinantis modelis, pritaikytas Lietuvos sąlygoms.

TINA – transporto infrastruktūros poreikių įvertinimas (*Transport Infrastructure Needs Assessment*); ES organizacija, nustatanti transeuropinių koridorių ir europinės reikšmės kelių plėtros prioritetus.

TKTI – VĮ Transporto ir kelių tyrimo institutas.

TP – transporto priemonė.

VGN – vidinė grąžos norma (*Internal Rate of Return – IRR*).

VMPEI – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas.

VTT – Suomijos techninių tyrimų centras (*Technical Research Centre of Finland*).

Turinys

IVADAS	1
Tiriamoji problema.....	1
Darbo aktualumas.....	3
Tyrimų objektas	4
Darbo tikslas	4
Darbo uždaviniai	4
Tyrimų metodika.....	5
Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė.....	5
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	6
Ginamieji teiginiai.....	6
Darbo rezultatų aprobavimas	6
Disertacijos struktūra	7
 1. LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIŲ TINKLO IR AVARINGUMO RODIKLIŲ ANALIZĖ	 9
1.1. Automobilių kelių tinklas, automobilizacijos lygis ir avaringumo rodikliai	9
1.2. Saugų eismą veikiančių pagrindinių veiksnių analizė.....	15
1.3. Saugų eismą reglamentuojančių dokumentų analizė.....	19
1.4. „Juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymo metodikos analizė.....	21
1.5. Saugaus eismo gerinimo būdai ir priemonės.....	22
1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas	27

2. LIETUVOJE IR UŽSIENIO ŠALYSE TAIKOMŲ SAUGAUS EISMO GERINIMO PRIEMONIŲ PAGRINDIMO METODIKŲ ANALIZĖ.....	29
2.1. Taikomi tyrimo metodai	30
2.2. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimas Lietuvos automobilių keliams	34
2.3. Suomijoje taikoma saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika	36
2.4. Konfliktinių eismo taškų Švedijos automobilių keliuose nustatymo metodika	40
2.5. Saugaus eismo priemonių pagrindimo metodika Baltarusijoje	44
2.6. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika Lenkijoje.....	48
2.7. Atskirose šalyse taikomų metodikų palyginimas	50
2.8. Antrojo skyriaus išvados.....	52
3. AVARINGUMO RODIKLIŲ TYRIMAI IR VERTINIMAS LIETUVOS AUTOMOBILIŲ KELIUOSE.....	53
3.1. Lietuvos automobilių keliuose 1999–2002 m. įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizė.....	54
3.2. Iš dalies pasiteisinusių saugaus eismo gerinimo priemonių analizė ir vertinimas	60
3.3. Tyrimo rezultatų analizė ir vertinimas	62
3.4. Trečiojo skyriaus išvados.....	63
4. TYRIMO DUOMENŲ TAIKYMAS SAUGAUS EISMO GERINIMO PRIEMONIŲ PAGRINDIMO MODELIUOSE	65
4.1. Duomenų taikymo saugaus eismo priemonių pagrindimo modeliuose svarba	65
4.2. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modelio tobulinimas Lietuvos sąlygomis	67
4.3. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo patobulinto modelio patikra.....	77
4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados.....	80
5. EISMO ĮVYKIŲ MODELIAVIMAS	83
5.1. Eismo įvykių skaičiaus prognozavimas	83
5.2. Eismo įvykių skaičiaus priklausomybė nuo kelio ruožo ilgio ir eismo intensyvumo	87
5.3. Statistinių duomenų apie „juodąsias dėmes“ analizė	89
5.4. Priemonių, skirtų eismo įvykių skaičiui „juodosiose dėmėse“ mažinti, parinkimo optimizavimas	94
5.5. Penktojo skyriaus išvados.....	98
BENDROSIOS IŠVADOS.....	99
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	101
AUTORIAUS PUBLIKACIJOS DISERTACIJOS TEMA.....	107
PRIEDAI	109
1 priedas. Lietuvoje naudojamų eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos TARVAL matematinis modelis	111

2 priedas. Naudojamos eismo saugumo priemonės ir jų poveikio koeficientai pirmojoje TARVAL programos versijoje	115
3 priedas. Laiko iki eismo įvykio nustatymas (TA)	117
4. priedas. Konfliktinės situacijos registravimo forma	118
5 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Baltarusijoje	119
6 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Lenkijoje	123
7 priedas. 1999 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas	125
8 priedas. 2000 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas	151
9 priedas. 2001 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas	154
10 priedas. 2002 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas	159
11 priedas. Dalinai pasiteisinusių saugaus eismo gerinimo priemonių vizualinių tyrimų medžiaga ir saugaus eismo situacijos analizė	166
12 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonės ir jų poveikio koeficientai TARVAL, TARVA, Baltarusijos ir Lenkijos metodikose	192
13 priedas. „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ kompiuterinės programos naudotojo vadovas	196
14 priedas. Bandomųjų skaičiavimų rezultatai	222
15 priedas. Po bandomųjų skaičiavimų patikslinti saugaus eismo priemonių poveikio koeficientai	243
16 priedas. Įvairaus ilgio magistralinių kelių ruožų vidutinio eismo įvykių skaičiaus priklausomybė nuo eismo intensyvumo ir kelio ruožo ilgio	247
17 priedas. Atsitiktinių dydžių santykinų dažnių poligonai	251
18 priedas. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų skaičiaus priklausomybė nuo eismo intensyvumo ir nuo kelio ruožo ilgio	253
19 priedas. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų skaičiaus prognozė skirtingų tipų „juodosiose dėmėse“	254
20 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašas atskiroms magistralinių kelių grupėms	263
21 priedas. Sudarytas matematinio modelio projektas įskaitiniams eismo įvykiams magistraliniuose keliuose prognozuoti	272

Contents

INTRODUCTION	1
The investigated problem	1
Importance of the thesis	3
The object of research	4
The aim of the thesis	4
The tasks of the thesis	4
Research methodology	5
Importance of scientific novelty	5
Practical significance of achieved results	6
The defended propositions	6
Approval of the results	6
Dissertation structure	7
1. LITHUANIAN ROAD NETWORK AND ACCIDENT RATE ANALYSIS	9
1.1. Road network, vehicle ownership level and accident indices	9
1.2. Analysis of the main factors having the effect of road safety	15
1.3. Analysis of documents aimed at road safety regulation	19
1.4. Analysis of methodology for the determination of black spots and high-accident road sections	21
1.5. Methods and measures for the improvement of road safety	22
1.6. Conclusions of Chapter 1 allocating tasks for the dissertation	27

2. ANALYSIS OF METHODOLOGIES FOR THE SUBSTANTIATION OF ROAD SAFETY MEASURES USED IN LITHUANIA AND FOREIGN COUNTRIES	29
2.1. Research methods used	30
2.2. Substantiation of road safety improvement measures for the roads of Lithuania	34
2.3. Methodology for the substantiation of road safety improvement measures in Finland	36
2.4. Methodology for the determination of conflict points on the roads of Sweden	40
2.5. Substantiation of road safety improvement measures in Belarus	44
2.6. Substantiation of road safety improvement measures in Poland	48
2.7. Comparison of methodologies of different countries	50
2.8. Conclusions of Chapter 2	52
3. RESEARCH AND EVALUATION OF ACCIDENT INDICES ON THE ROADS OF LITHUANIA	53
3.1. Analysis of the effect of road safety improvement measures implemented on the roads of Lithuania in 1999–2002	54
3.2. Analysis and evaluation of partly-justified road safety improvement measures	60
3.3. Analysis and evaluation of research results	62
3.4. Conclusions of Chapter 3	63
4. THE USE OF RESEARCH DATA IN THE MODELS FOR THE SUBSTANTIATION OF ROAD SAFETY MEASURES	65
4.1. Importance of data used in the models for the substantiation of road safety improvement measures	65
4.2. Improvement of the method for the substantiation of road safety measures under Lithuanian conditions	67
4.3. A test of the improved model for the substantiation of road safety measures	77
4.4. Conclusions of Chapter 4	80
5. ACCIDENT MODELLING	83
5.1. Forecasts of accident number	83
5.2. Dependency of the number of accidents on the length and traffic volume of road section	87
5.3. Analysis of statistical data on black spots	89
5.4. Optimization of the selection of measures aimed at the reduction of the number of accidents on black spots	94
5.5. Conclusions of Chapter 5	98
GENERAL CONCLUSIONS	99
REFERENCES	101
LIST OF THE AUTHOR’S SCIENTIFIC PUBLICATIONS ON THE TOPIC OF DISSERTATION	107

APPENDIXES	109
Appendix 1. Mathematical model of the methodology for the substantiation of road safety improvement measures TARVAL currently used in Lithuania.....	111
Appendix 2. Road safety measures and their impact coefficients used in the first version of TARVAL software.....	115
Appendix 3. Determination of time before the accident (TA).....	117
Appendix 4. Registration form for the conflict situation.....	118
Appendix 5. Effect of road safety improvement measures on the number of accidents in Belarus	119
Appendix 6. Effect of road safety improvement measures on the number of accidents in Poland	123
Appendix 7. Detail evaluation of road safety improvement measures implemented in 1999 on the selected road sections	125
Appendix 8. Detail evaluation of road safety improvement measures implemented in 2000 on the selected road sections	151
Appendix 9. Detail evaluation of road safety improvement measures implemented in 2001 on the selected road sections	154
Appendix 10. Detail evaluation of road safety improvement measures implemented in 2002 on the selected road sections	159
Appendix 11. Material of observational studies and analysis of safety situation of the partly-justified road safety improvement measures	166
Appendix 12. Road safety improvement measures and their impact coefficients in the methodologies of TARVAL, TARVA, Belarus and Poland	192
Appendix 13. User's manual for the computer program "Evaluation of road safety measures"	196
Appendix 14. Results of test calculations	222
Appendix 15. Impact coefficients of road safety measures corrected after the test calculations	243
Appendix 16. Dependency of the average number of accidents on the sections of the main roads of various length on different traffic volume and length of road section.....	247
Appendix 17. Polygons of random values relative rates	251
Appendix 18. Dependency of the number of accidents and their victims on traffic volume and length of road section	253
Appendix 19. Forecast for the number of accidents and their victims in different-type black spots.....	254
Appendix 20. The list of road safety improvement measures for the constituted three groups of the main roads.....	263
Appendix 21. Draft mathematical model for forecasting fatal and injury accidents on the main roads	272

Ivadas

Tiriamoji problema

Transportas yra svarbi Lietuvos Respublikos ekonominės ir socialinės infrastruktūros dalis, kurios funkcija – tenkinti visuomenės ir ūkio subjektų poreikius vežant krovinius bei keleivius. Jis turi tiesioginę įtaką šalies ekonomikos augimui plėtojant tarptautinę ir vidaus prekybą, turizmą bei įgyvendinant pamatinius bendrosios rinkos principus – laisvą žmonių, prekių, paslaugų judėjimą.

Lietuvos transporto infrastruktūros tinklas gana gerai išplėtotas ir kelių sektoriuje sudaro 99,8 proc. ES vidurkio. Lietuvos Respublikoje eksploatuojama 79 984 km automobilių kelių, iš jų 21 320 km – valstybinės reikšmės automobilių kelių (LR susisiekimo... 2008).

Lietuvos teritoriją kerta tarptautinės svarbos I transporto koridorius ir jo atšaka IA, taip pat IX transporto koridoriaus atšakos IXB ir IXD. Platus šalies kelių ir geležinkelių tinklas, Klaipėdos valstybinis jūrų uostas ir tarptautiniai oro uostai sudaro palankias sąlygas vidaus bei tarptautiniam krovinių ir keleivių judėjimui, vidaus ir tarptautinės prekybos plėtojimui, turi didelę reikšmę šalies ekonomikai. Svarbu, kad Lietuvos, kaip tranzito valstybės, keliai būtų geri, saugūs, o gerai išvystyta infrastruktūra būtų patogi ir kroviniui, ir keleiviniui transportui.

Lietuvai integruojantis į Vakarų Europos ekonominę erdvę, sparčiai kinta šalies transporto sistema. Dinamiškas automobilių skaičiaus ir vežimų poreikio kitimas iki 2009 m. lėmė eismo intensyvumo augimą. Kasdienių eismo įvykių rizikos tikimybė, transporto priemonių sangrūdų ir nuolatiniai eismo trikdžiai kelia daugelio transporto priemonių vairuotojų ir visuomeninio transporto naudotojų nusivylimą, didina jų psichologinę įtampą, taigi ir avaringumą. Todėl avaringumas yra vienas pagrindinių rodiklių, atspindinčių transporto sistemoje vykstančius procesus, teigiamą ar neigiamą jų raidą.

Eismo įvykiai automobilių keliuose yra viena iš labai svarbių problemų Europos ir viso pasaulio mastu. Skaičiuojama, kad nuostoliai dėl eismo įvykių Europos Sąjungoje siekia apie 1–1,5 % BVP. Lietuvoje šie nuostoliai yra dar didesni. Eismo įvykiai mūsų šalyje kasmet atneša didžiulių nuostolių valstybei, sukelia skausmą žuvusiųjų ir sužeistųjų šeimoms. Siekiant mažinti avaringumą, būtina vykdyti valstybinę eismo saugos gerinimo politiką. Viena svarbių saugaus eismo gerinimo krypčių – inžinerinių saugaus eismo priemonių diegimas avaringuose automobilių kelių ruožuose. Pagrindinis saugaus eismo užtikrinimo veiklos tikslas – numatyti tokias priemones, kurios padėtų išvengti skaudžių eismo įvykių pasekmių bei sumažinti eismo dalyvių klaidingo elgesio atvejų.

Nagrinėjant įskaitinių eismo įvykių išsidėstymą Lietuvos automobilių keliuose pastebima, kad jie dažnai kartojasi tose pačiose vietose. Apskaičiavus avaringumo rodiklius identifikuojamos „juodosios dėmės“ ir avaringi ruožai, tuomet išanalizavus eismo įvykių priežastis reikia imtis atitinkamų eismo saugumo gerinimo priemonių eismo įvykių koncentracijos vietoms eliminuoti.

Saugaus eismo gerinimo būdų ir priemonių įdiegimas turi teikti naudą visuomenei. Diegiamų eismo saugumo gerinimo priemonių ekonominio vertinimo metu nustatomas kiekvienos planuojamos priemonės poveikis bei gaunama ekonominė nauda.

Iki šiol Lietuvos automobilių keliuose diegiamoms eismo saugumo gerinimo priemonėms vertinti buvo taikoma 1995 m. Suomijos techninių tyrimų centre sukurta metodika, kuri šiuo metu nebeatitinka dabartinių mūsų šalies sąlygų. Ši metodika taikoma esamoms „juodosioms dėmėms“ naikinti skirtų eismo saugumo gerinimo priemonių vertinimui, tačiau negali būti taikoma eismo įvykių prognozei bei avaringų ruožų atsiradimo prevencijai naujai tiesiamuose bei rekonstruojamuose kelių ruožuose.

Darbo aktualumas

Lietuvai įstojus į Europos Sąjungą ir plečiantis ekonominiams ryšiams su ES šalimis, iki 2009 m. kasmet didėjo tiek tranzitiniai srautai Lietuvos keliuose, tiek automobilizacijos plėtra. Integruojant šalies kelių transportą į Europos transporto sistemą, saugus eismas keliais tampa prioritetine sritimi. Lietuva saugaus eismo požiūriu yra padidintos rizikos šalis, todėl saugiam eismui šalies keliais užtikrinti būtina imtis visokeriopų priemonių, kurių visuma leistų siekti užsibrėžtų tikslų vykdant kompleksines ar specialiąsias programas.

Tarptautinės eismo nelaimių statistikos duomenimis, Lietuva yra viena iš nedaugelio Europos šalių, kurioje kasmet žūva daugiausia žmonių tenkančių vienam mln. gyventojų, lyginant su kitomis Europos Sąjungos šalimis. 1994–2008 m. Lietuvoje eismo įvykiuose žuvo 10 681 žmogus, 102 850 buvo sužalota. Dažniausiai nukenčia jauni žmonės, visuomenė patiria didelių moraliinių ir materialinių nuostolių. Eismo įvykių metu gautos traumos yra labai sunkios: laikoma, kad vienam žuvusiajam tenka 3, likę invalidais. Per minėtą laikotarpį žuvo daugiau kaip 10 000 žmonių, taigi invalidų per tuos metus dėl eismo įvykių padaugėjo 30 000. Dėl eismo įvykių patiriami nuostoliai įvairiais vertinimais yra skirtingi. Pagal Lietuvoje parengtą metodiką šie nuostoliai kasmet sudaro apie 1,3–1,5 mlrd. Lt.

2001 m. rugsėjo mėnesį Europos Komisijos patvirtintoje Baltojoje knygoje buvo užsibrėžtas tikslas žuvusiųjų eismo įvykiuose skaičių iki 2010 m. sumažinti perpus (nuo 50 000 iki 25 000 per metus) (European Commission... 2001). Tai padaryti turi būti siekiama suvienodinant baudų dydžius, įrengiant papildomas priemones saugiam eismui užtikrinti, įdiegiant naujas ir pažangias technologijas. Įstojusi į Europos Sąjungą, Lietuva taip pat prisiėmė šį Europos Sąjungos šalis vienijantį tikslą: iki 2010 m. sumažinti eismo įvykiuose žuvusiųjų skaičių 50 %, t. y. pasiekti, kad Lietuvoje iki 2010 m. eismo įvykiuose žūtų ne daugiau kaip 350 žmonių. Deja, statistiniai duomenys liudija, kad eismo saugumas automobilių keliuose iki šiol Lietuvoje yra vienas blogiausių Europos Sąjungoje. „Juodųjų dėmių“ skaičius Lietuvos automobilių keliuose yra didelis, todėl būtina sukurti efektyvų eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo modelį, kuris leistų parinkti eismo saugumo gerinimo priemones, pirmiausi tuose kelių ruožuose, kuriuose avaringumo rodikliai viršija ribines reikšmes.

Esama avaringumo situacija rodo, kad priemonės ir būdai, kurių šiuo metu imamasi saugaus eismo situacijai pagerinti, yra nepakankami. Reikalingi išsamūs avaringumo tyrimai bei nuoseklios pagal jų rezultatus atliekamos analizės ne tik visos šalies, bet ir atskirų regionų bei miestų mastu. Būtina kompleksškai įvertinti esamą situaciją nagrinėjamoje kelių tinklo dalyje, tiksliai parodysiančią eismo saugumo gerinimo priemonių suteiktą efektą, bei naudą.

Disertacijoje atliktų avaringumo tyrimų rezultatai parodė, kad šiuo metu Lietuvoje taikoma saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika neleidžia tiksliai parinkti saugaus eismo gerinimo priemonių avaringuose ruožuose, prognozuoti eismo įvykius bei priemones šių įvykių prevencijai. Todėl būtina ją tikslinti, įvertinus Lietuvos ir kitų šalių patirtį, taikyti matematinės statistikos bei optimizavimo matematinius modelius eismo įvykių prevencijai. Šios metodikos tobulinimas ir apibrėžia disertacijos darbo aktualumą.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – įskaitinių eismo įvykių koncentracijos vietos („juodosios dėmės“, avaringi ruožai), eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo modelis, matematinis tikimybinis modelis eismo įvykių skaičiui valstybinės reikšmės magistraliniuose keliuose prognozuoti. Eksperimentinis objektas – Lietuvos automobilių keliuose 1995–2007 m. įvykę įskaitiniai eismo įvykiai. Lyginami avaringumo duomenys, imti prieš diegiant eismo saugumo gerinimo priemones ir praėjus ketveriems metams po jų įdiegimo.

Darbo tikslas

Mokslinio darbo tikslas – patobulinti saugaus eismo priemonių pagrindimo metodiką „juodosioms dėmėms“ šalinti ir sudaryti matematinį modelį įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti bei sudaryti optimizavimo uždavinį, modeliuojantį optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių parinkimą Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti šiuo metu Lietuvoje taikomos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos analizę.
2. Atlikti saugaus eismo rodiklių analizę ir vertinimą įdiegus specialias priemones Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose bei įvertinti taikomos metodikos efektyvumą.
3. Išanalizuoti ir įvertinti kitose užsienio šalyse taikomas panašias saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikas.
4. Įvertinus kitų šalių patirtį bei Lietuvoje taikomos metodikos trūkumus, sudaryti efektyvų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modelį.

5. Atlikti naujos programinės įrangos testavimą ir bandomuosius skaičiavimus.

6. Išnagrinėti matematinių metodų taikymą įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti.

7. Sudaryti matematinių modelių įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti bei sudaryti optimizavimo uždavinį, modeliuojantį optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių pasirinkimą Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Tyrimų metodika

Sprendžiant moksliniame darbe iškeltus uždavinius ir siekiant įgyvendinti darbo tikslą, taikyti įvairūs tyrimų metodai. Statistiniai metodai (aprašomoji statistika, laiko eilučių matematiniai modeliai, koreliacinė ir regresinė analizė) taikyti analizuojant avaringumo rezultatus, gautus prieš įdiegiant eismo saugumo gerinimo priemones avaringuose Lietuvos automobilių kelių ruožuose bei praėjus ketveriems metams po jų įdiegimo. Išanalizuoti 1995–2007 m. Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose įvykusių įskaitinių eismo įvykių duomenys. Lyginamosios analizės metodas taikytas atliekant Lietuvos ir užsienio šalyse taikomų eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizę. Optimizavimo metodai (tiesinis programavimas, dalinis sveikaskaitis programavimas) taikyti parinkus statistinius matematinius modelius eismo įvykiams prognozuoti.

Darbo mokslinis naujumas ir jo reikšmė

Aprobuota užsienio šalių patirtis leido patobulinti saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modelį ir pritaikyti Lietuvos eismo sąlygoms.

Pirmą kartą vertinimo modelis sudarytas remiantis per 12 metų avaringuose Lietuvos automobilių kelių ruožuose įgyvendintų inžinerinių saugaus eismo priemonių analizės rezultatais bei užsienio šalių patirtimi. Naudojant *Microsoft Office Access* programą buvo sukurta duomenų bazė, kuri veikia kaip atskira programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“. Sukurta ir bandomaisiais skaičiavimais patikrinta programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“ įvertina avaringame ruože arba „juodojoje dėmėje“ numatomų diegti inžinerinių eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumą, taikant siūlomus saugaus eismo gerinimo priemonių poveikio, elastingumo, eismo intensyvumo bei prevencijos priemonių kainų augimo prognozių koeficientus. Atsižvelgiant į ekonominę situaciją šalyje, programa leidžia prognozuoti eismo įvykius bei jų nuostolius.

Pateikiamas matematinis modelis eismo įvykiams prognozuoti ir modeliuoti optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių pasirinkimą Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Sudarytas eismo saugumo gerinimo priemonių vertinimo modelis ir parengta kompiuterinė programa gali būti taikomi eismo saugumo gerinimo priemonių ekonominiam pagrindimui atlikti prieš įdiegiant eismo saugumo gerinimo priemones avaringuose Lietuvos automobilių kelių ruožuose ir „juodosiose dėmėse“.

Sudarytas matematinio tikimybinio modelio projektas ir optimizavimo uždavinys gali būti naudojamas eismo įvykių prognozei, optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių pasirinkimui „juodosiose dėmėse“ esančiose Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Ginamieji teiginiai

1. Lietuvos automobilių keliuose diegiamas saugaus eismo gerinimo priemonės būtina vertinti socialiniu ir ekonominiu aspektais.
2. Diegiamoms saugaus eismo gerinimo priemonėms vertinti reikia taikyti šiuolaikines metodikas, įvertinančias dabartines esamas avaringumo, eismo intensyvumo ir kitas sąlygas.
3. Diegiamoms saugaus eismo priemonėms vertinti turi būti sukurtos specialios kompiuterinės programos, leidžiančios naudoti automobilių kelių informacinių sistemų duomenų bazes, apdoroti didelį kiekį duomenų ir atlikti gana sudėtingus matematinius skaičiavimus.
4. Lietuvos automobilių keliuose būtina diegti saugaus eismo gerinimo priemones ne vien tik avaringuose kelių ruožuose ir „juodosiose dėmėse“, bet pasitelkus matematinius statistinius modelius prognozuoti eismo įvykių koncentracijos vietas ir užkirsti kelią avaringų ruožų susidarymui.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema išspausdinti aštuoni moksliniai straipsniai: trys – periodiniame mokslo žurnale, įtrauktame į Thomson ISI Web of Science sąrašą (Ratkevičiūtė

et al. 2007, Kapski *et al.* 2007, Kapski *et al.* 2008); vienas – konferencijų medžiagoje, referuotoje ISI Proceedings duomenų bazėje (Thomson ISI duomenų bazėje) (Ratkevičiūtė *et al.* 2008); trys – recenzuojamose tarptautinių konferencijų medžiagose (Čygas *et al.* 2004; Ratkevičiūtė *et al.* 2006a; Vitkienė *et al.* 2008); vienas – jaunųjų mokslininkų konferencijos medžiagoje (Ratkevičiūtė 2006b).

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

- Tarptautinėje konferencijoje *3rd European Transport Congress* 2004 m. Opatijoje, Kroatijoje.
- Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „*Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities*“ 2006 m. Vilniuje.
- Tarptautinėje konferencijoje „*On Safe Roads in the XXI Century*“ 2006 m. Budapešte, Vengrijoje.
- Tarptautinėje konferencijoje „*Environmental Engineering*“ 2008 m. Vilniuje.
- Tarptautinėje konferencijoje «*Наука – образованию, производству, экономике*» 2008 m. Minske, Baltarusijoje.
- Tarptautinėje konferencijoje *XXVII International Baltic Road Conference* 2009 m. Rygoje, Latvijoje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, penki skyriai ir rezultatų apibendrinimas, pateiktas 21 priedas.

Darbo apimtis – 110 puslapių, neskaitant priedų, tekste naudota 37 numeruotos formulės, 26 paveikslai ir 22 lentelės.

Lietuvos automobilių kelių tinklo ir avaringumo rodiklių analizė

Šiame skyriuje pateikiami pagrindiniai duomenys apie Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklą, automobilizacijos lygio kitimą, pagrindinius avaringumo rodiklius, saugų eismą veikiančius pagrindinius veiksnius.

1.1. Automobilių kelių tinklas, automobilizacijos lygis ir avaringumo rodikliai

Lietuvos keliai pagal reikšmę skirstomi į valstybinės reikšmės ir vietinės reikšmės kelius. Valstybinės reikšmės keliai pagal paskirtį skirstomi į magistralinius, karšto ir rajoninius kelius, kurie vienas nuo kito skiriasi atliekama funkcija, eismo kokybės lygiu, geometriniais parametrais ir pan. Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės automobilių kelių tinklą ir inžinerinius jų statinius tvarko prie Susisiekimo ministerijos įkurta Lietuvos automobilių kelių direkcija, kurios pagrindinis uždavinys – įgyvendinti automobilių kelių tinklo plėtojimo, kelių tiesimo, taisymo, priežiūros, infrastruktūros tobulinimo ir eismo saugumo organizavimo darbų politiką. Vietinės reikšmės automobilių kelius ir gatves prižiūri savivaldybės.

Lietuva turi gerą, net palyginti su Vakarų standartais, kelių tinklą. 1.1 lentelėje lyginami Baltijos ir kai kurių kitų valstybių duomenys apie automobilių kelių tinklą. 2009 m. sausio 1 d. Lietuvoje buvo 21 320,23 km valstybinės reikšmės automobilių kelių, iš jų 1 748,47 km (8,2 %) – magistralinių, 4 946,47 km (23,2 %) – krašto ir 14 625,30 km (68,6 %) – rajoninių. Tūkstančiui Lietuvos gyventojų tenka 6,36 km, o tūkstančiui kvadratinį kilometrų teritorijos – 326,53 km valstybinės reikšmės kelių (Lietuvos automobilių kelių informacinė sistema LAKIS).

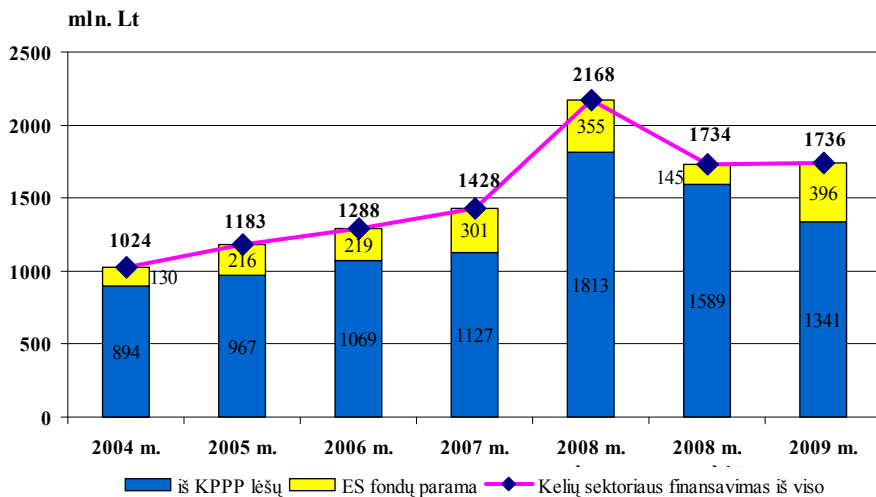
1.1 lentelė. Baltijos ir kai kurių kitų valstybių automobilių kelių tinklas

Table 1.1. Road network of the Baltic States and other countries

Šalis	Šalies plotas, tūkst. km ²	Kelių ilgis, tūkst. km	Šalies kelių tinklo tankis, km/km ²	Šalies kelių tinklo tankis, palyginti su Lietuva
Lietuva	65,3	21,3	0,33	1,00
Latvija	64,6	20,5	0,33	1,00
Estija	45,2	14,8	0,33	1,03
Lenkija	312,7	165	0,53	1,66
Suomija	337	2401	0,71	2,22
Prancūzija	544	392	0,72	2,25
Vengrija	93	106	1,14	3,53
Austrija	83,8	100	1,19	3,72
Olandija	41,2	100	2,43	7,59
Belgija	30,5	135	4,42	13,81

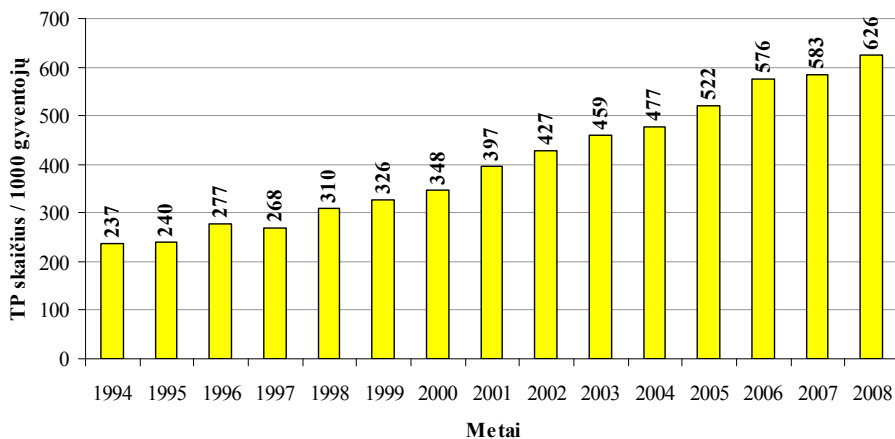
Kelių transporto tinklui plėsti, modernizuoti, remontuoti bei užtikrinti jo funkcionavimą naudojamos Kelių priežiūros ir plėtros programos bei Europos Sąjungos lėšos (LR susisiekimo... 2001; Lietuvos automobilių... 2009). Kelių sektoriaus paskutiniųjų kelerių metų finansavimo dinamika bei prognozės pateiktos 1.1 paveiksle (LAKD 2008).

Transporto priemonių Lietuvoje kasmet daugėja. Per pastaruosius 15 metų transporto priemonių skaičius išaugo 2,4 karto ir 2008 m. siekė per 2 mln. vienetų. Automobilizacijos lygio Lietuvoje kitimo dinamika pateikta 1.2 paveiksle.



1.1 pav. Valstybinės reikšmės kelių finansavimo dinamika 2004–2009 m.

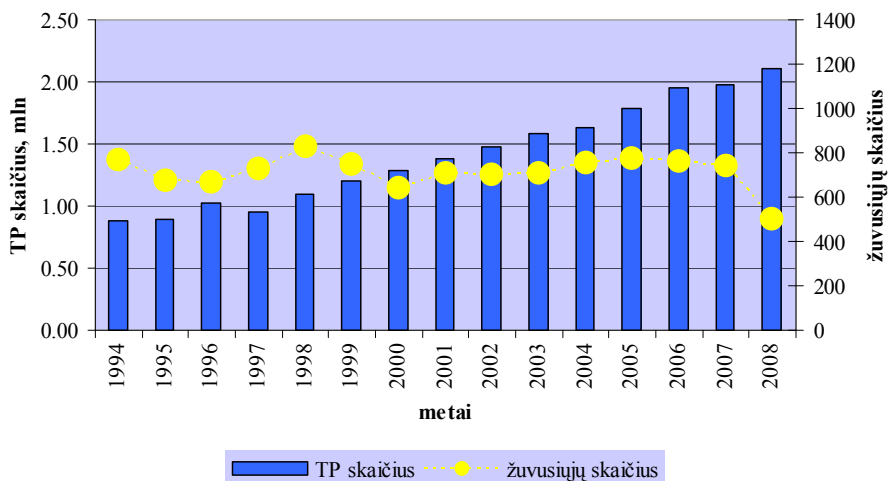
Fig. 1.1. Dynamics in the financing of roads of national significance, 2004–2009



1.2 pav. Automobilizacijos lygio kitimo dinamika Lietuvoje 1994–2008 m.

Fig. 1.2. Dynamics in the change of vehicle ownership level, 1994–2008

Nors transporto priemonių skaičius ir vidutinis metinis paros eismo intensyvumas kasmet didėja, tačiau žuvusiųjų eismo įvykiuose mažėja (1.3 pav.). Dėl kasmet tobulėjančių transporto priemonių (oro pagalvės, modernūs saugos diržai, stabdžių antiblokavimo sistemos, sustiprintas automobilio kėbulas ir kt.) eismo įvykių pasekmės yra lengvesnės (VĮ Regitra... 2009).

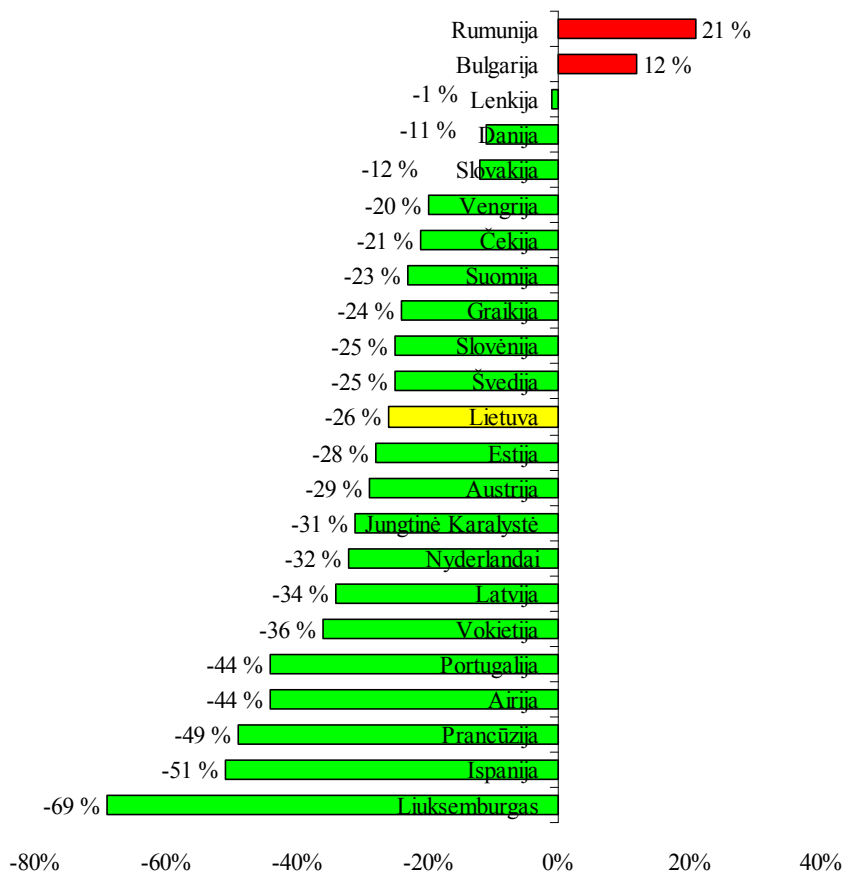


1.3 pav. Transporto priemonių ir žuvusiųjų skaičius 1994–2008 m.

Fig. 1.3. Number of vehicles and people killed in 1994–2008

Palyginti su kitomis Europos Sąjungos valstybėmis, Lietuvoje avaringumo rodikliai yra vieni blogiausių. Tarp Europos Sąjungos valstybių Lietuva metams bėgant pirmauja pagal žuvusiųjų skaičių, tenkantį 1 mln. gyventojų. Nors Lietuvoje avaringumo rodikliai prasčiausi Europoje, tačiau pagal žuvusiųjų skaičiaus eismo įvykiuose sumažėjimą nuo 2007 m. iki 2008 m. mūsų šalis pirmauja tarp Europos Sąjungos valstybių (European Commission... 2009).

Saugaus eismo užtikrinimas automobilių keliuose ir gatvėse yra vienas svarbiausių šių dienų uždavinių Lietuvos ir visos ES transporto srityje. Europos Sąjungos šalių transporto ministrai 2000 m. išipareigojo per 2001–2010 metų laikotarpį žuvusiųjų eismo įvykiuose skaičių sumažinti 50 % (European Commission... 2001). ES šalys viena po kitos šiuos išipareigojimus įtvirtino nacionaliniu lygmeniu. 1.4 pav. pateiktas žuvusiųjų žmonių skaičiaus pokytis procentais Europos Sąjungos šalyse nuo 2001 metų.



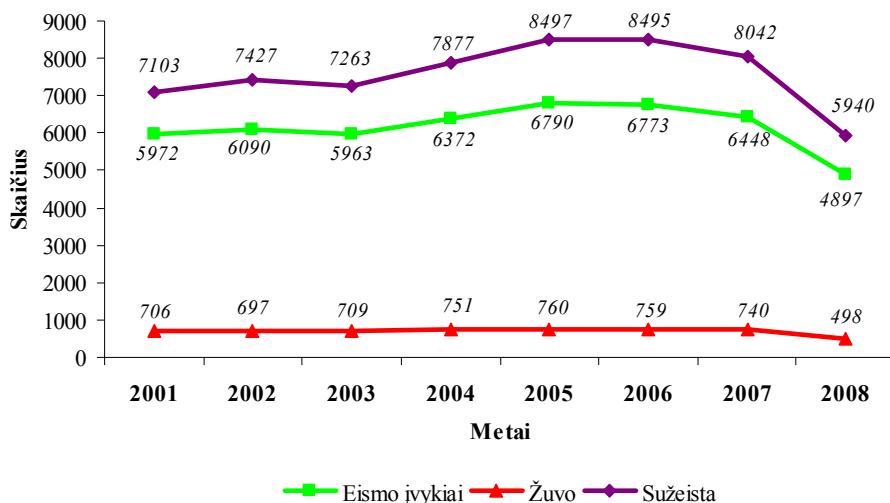
1.4 pav. Žuvusiųjų skaičiaus pokytis ES šalyse 2001–2008 m.
Fig. 1.4. Change in the number of people killed in EU countries, 2001–2008

2008 m. eismo įvykiuose žuvusiųjų skaičius Lietuvoje buvo vienas mažiausių per pastaruosius 40 metų. Toks spartus avaringumo mažėjimas pasiektas tik suvienijus visų suinteresuotų institucijų pajėgas bendram darbui gelbėjant žmonių gyvybes. Puikus rezultatas pasiektas itin sugriežtinus eismo dalyvių kontrolę, keletą metų nuosekliai diegiant inžinerines eismo saugą gerinančias priemones, aktyviai vykdant švietėjišką veiklą, todėl pastebimai pasikeitė eismo

dalyvių kultūra ir atsakomybė kelyje, o atlikti įvairūs mokslo tiriamieji darbai leido daug efektyviau dirbti ir perimti tinkamą užsienio šalių patirtį.

2008 m. Lietuvoje užregistruoti 4897 eismo įvykiai, kurių metu 498 žmonės žuvo ir 5940 buvo sužeista. 2008 m., palyginti su 2007 m., įvyko 24,1 % mažiau įskaitinių eismo įvykių, žuvusių žmonių skaičius šiuose įvykiuose sumažėjo 32,7 %, sužeistų – 26,1% (1.5 pav.) (Statistikos departamentas... 2009; Lietuvos policijos... 2009).

Gyvenamosiose teritorijose dėl didesnio eismo intensyvumo įvyksta apie 65 % įskaitinių eismo įvykių, juose sužeidžiama apie 63 % visų nukentėjusiųjų, tačiau kadangi miestuose ir gyvenvietėse važiuojama lėčiau, juose įvykusių eismo įvykių pasekmės ne tokios skaudžios – žuvusiųjų skaičius šiose vietose sudaro apie 30 % visų žuvusių eismo dalyvių Lietuvos keliuose (Lietuvos automobilių... 2003–2009).



1.5 pav. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų kitimo dinamika 2001–2008 m.

Fig. 1.5. Dynamics in the change of accidents and their victims 2001–2008

Apie 35 % visų šalyje įvykusių eismo įvykių įvyksta valstybinės reikšmės keliuose, tačiau dėl didesnio leistino greičio žuvusiųjų skaičius šiuose keliuose sudaro apie 70 % visų eismo įvykiuose žuvusių eismo dalyvių (1.2 lentelė). Pagrindinės eismo įvykių priežastys valstybinės reikšmės keliuose – leistino greičio nesilaikymas, saugaus greičio nepasirinkimas, saugaus atstumo nesilaikymas, saugos diržų nenaudojimas, kelių eismo taisyklių pažeidimai, vairavimas ar

kitoks dalyvavimas eisme apsvaigus nuo alkoholio (Lietuvos automobilių... 2003–2009).

1.2 lentelė. Eismo įvykiai ir nukentėjusieji užmiesčio ir gyvenamojoje teritorijoje 2008 m.

Table 1.2. Accidents and their victims in rural and built-up areas, 2008

Kelio reikšmė	Eismo įvykiai	Žuvo	Sužeista
Valstybiniai keliai	1711	346	2227
Magistraliniai	454	106	583
Krašto	764	155	1014
Rajoniniai	493	85	630
Vietiniai keliai	3186	152	3713
Iš viso	4897	498	5940

1.2. Saugų eismą veikiančių pagrindinių veiksnių analizė

Norint padidinti eismo saugumą būtina žinoti pagrindinius veiksnius ir galimybę daryti jiems įtaką. Šiame skyriuje nagrinėjami veiksniai, susiję su automobilių keliais ir miestų gatvėmis, išoriniai veiksniai, veiksniai, susiję su automobiliais, važiavimo būdu ir kt. (1.6 pav.).

Kiekviena ES valstybė saugų eismą veikiančius veiksnius vertina skirtingai, tačiau visos šalys sutaria dėl jų sąsajos reikšmės. Labai svarbi yra grandis „Eismo dalyvis – transporto priemonė – kelias (aplinka)“. Eismo įvykis gali įvykti dėl neigiamos vieno iš šios grandies veiksnio įtakos arba dėl keleto iš jų tarpusavio sąveikos, labai retai dėl visų veiksnių kartu (Jasiūnienė 2003; Pumputis 2006).

Vairavimo sėkmę lemia trys pagrindiniai asmeninių savybių lygiai (Barjonet 2001):

- **galimybė išmokti valdyti automobilį ir jį vairuoti paprasčiausiomis eismo sąlygomis** (normalus regėjimas, klausa, atmintis, gebėjimas atlikti koordinuotus judesius, gebėjimas teisingai įvertinti erdvinius objektus, įvertinti atstumą ir jo pasikeitimą objektui judant. Nepakankamas bet kurios iš šių savybių išugdymas yra pavojingas eismo situacijose, nes jas kompensuoti gana sunku);
- **galimybė vairuoti automobilį sudėtingomis eismo sąlygomis** (tai įprastų, būdingų visiems žmonėms savybių pasireiškimo greitis. Ypač svarbu sugebėti greitai ir tiksliai reaguoti netikėtose, kritinėse situacijose);

- **gebėjimas keisti savo reakciją ir reguliuoti veiksmus, keičiantis situacijai** (dėl tam tikrų gebėjimų ir ilgų treniruočių bei patyrimo įgyjamas vairuotojo psichinės veiklos plastiškumas, kuris padeda sąmoningai kontroliuoti greitus veiksmus, elgtis taip, kaip reikalauja susiklosčiusi eismo situacija).



1.6 pav. Saugų eismą veikiantys veiksniai
Fig. 1.6. Factors having the effect on road safety

Žmogus, norintis vairuoti automobilį, turi išlaikyti egzaminą, gauti vairuotojo pažymėjimą. Daugelyje šalių kalbama ir apie kvalifikacijos kursus vairuotojams, kad būtų galima prisiminti tai, kas pamiršta, susipažinti su eismo naujovėmis. Pėstiesiems jokių kursų nėra ir kiekvienas, gebantis eiti, yra visateisis eismo dalyvis. Tyrimai rodo, kad pėsčiųjų ir vairuotojų santykiuose tam tikrą vaidmenį turi ir mimika, gestai ir judesio prognozė (Элвик *et al.* 1996; Barjonet 2001):

- vairuotojas tuo greičiau praleis pėstijį, kuo aiškiau ir ryžtingiau jis pareiškia šį savo ketinimą (čia svarbu savalaikis bei abipusis žvilgsnio kontaktas ar ranka duotas ženklas);
- vairuotojo teikiama pirmenybė pėsčiajam ir šio padėkos ženklas skatina eismo dalyvius panašioje situacijoje pakartoti pasisekusį elgesį.

Eismo dalyvio amžius turi didelę įtaką eismo įvykių atsiradimo rizikai. Kiekvienos amžiaus grupės žmogus pasižymi tam tikrais specifiniais, tik tam amžiui būdingais asmenybės bruožais, mąstymo, dėmesio, atminties ypatumais.

Eismo įvykių rizikos pokyčio kreivė priklausomai nuo vairuotojų amžiaus turi parabolės, nukreiptos į viršų, formą. Jaunų (iki 25 metų) ir pagyvenusių (per 65 metų) vairuotojų rizika didesnė, o vidutinio amžiaus vairuotojų (nuo 25 iki 64 metų) rizika šiek tiek mažesnė už vidutinį lygį (Lepeška 1996; Barjonet 2001).

Didelei jaunų vairuotojų eismo įvykių rizikai paaiškinti Norvegijos instituto SINTEF (Scandinavia's research... 2009) atlikti tyrimai nustatė psichologinius ir socialinius veiksnius, darančius įtaką jaunų vairuotojų polinkiui į eismo įvykius, ir akcentavo tokius pagrindinius veiksnius, kurie apibendrintai vadinami jaunų vairuotojų sindromu:

- subjektyvus savo galimybių supratimas, sukeliantis didelį norą vairuoti transporto priemones;
- perdėtas pasitikėjimas savimi ir turimų vairavimo įgūdžių pervertinimas;
- saviraiškos siekimas;
- noras įrodyti savo visavertiškumą ir atkreipti į save kitų dėmesį;
- aštrių pojūčių siekimas;
- vairavimas dėl malonumo, vakarais, tamsiu paros metu ir išeiginėmis dienomis;
- kolektyvo įtaka;
- patirties stoka.

Ypač aktuali problema tiek Lietuvoje, tiek užsienio šalyse – neblaivūs eismo dalyviai kelyje. Alkoholio paveikti jie sukelia eismo įvykius dėl dviejų priežasčių:

- pablogėja žmogaus fiziologiniai rodikliai (sumažėja matymo ryškumas, sulėtėja ir tampa ne tokios tikslios kūno funkcijos),
- sumažėja dėmesys.

Fiziologinių rodiklių pablogėjimas nėra problema, jeigu eismo dalyviai elgiasi dėmesingai. Tačiau alkoholis sumažina dėmesingumą, padidindamas subjektyvų įsitikinimą, kad žmogus lengvai susitvarkys su eismo saugumo sunkumais (Barjonet 2001).

Daugumoje šalių vairuoti apsvaigus nuo alkoholio nėra uždrausta, tačiau yra nustatytas ribinis alkoholio kiekis kraujyje, išreikštas promilėmis. 1.3 lentelėje pateikiamas leistinas vairuotojų alkoholio kiekis kraujyje kai kuriose užsienio šalyse.

1.3 lentelė. Leidžiamas alkoholio kiekis vairuotojo kraujyje užsienio šalyse
Table 1.3. Permissible alcohol content in driver's blood in foreign countries

Šalis	Alkoholio koncentracija kraujyje, promilėmis ‰
Čekija, Slovakija	0,0
Lenkija, Švedija, Norvegija, Portugalija, Rumunija, Rusija, Vengrija	0,2
Lietuva	0,4
Belgija, Bulgarija, Suomija, Islandija, Austrija, Prancūzija, Latvija, Kroatija, Danija, Nyderlandai, Turkija, Jugoslavija, Ispanija	0,5
Vokietija, Italija, Liuksemburgas, Šveicarija, Jungtinė Karalystė	0,8

Pagrindinės eismo įvykių priežastys valstybinės reikšmės keliuose – leistino greičio nesilaikymas, saugaus greičio nepasirinkimas, saugaus atstumo nesilaikymas, saugos diržų nenaudojimas, kelių eismo taisyklių pažeidimai, vairavimas ar kitoks dalyvavimas eisme apsvaigus nuo alkoholio.

Vairuotojai netgi identiškomis sąlygomis skirtingai pasirenka važiavimo greitį. Transporto priemonės, judėdamos ta pačia kryptimi skirtingu greičiu, anksčiau ar vėliau patenka į konfliktinę situaciją viena su kita. Gali susidaryti automobilių spūstis, didinanti riziką atsitrenkti į transporto priemonę iš galo. Daugybė tyrimų liudija, kad vairuotojams važiuojant greičiu, kuris gerokai skiriasi nuo vidutinio transporto priemonių srauto judėjimo greičio, galimybė patekti į eismo įvykį didesnė negu tiems, kurie to greičio laikosi. Tai reiškia, kad vairuotojui, važiuojančiam didesniu greičiu negu vidutinis, taip pat vairuotojui, važiuojančiam mažesniu greičiu negu vidutinis, rizikos laipsnis yra didesnis, lyginant su vairuotoju, kuris važiuoja vidutiniu greičiu (Элвик *et al.* 1996; Barjonet 2001).

Įvairios žmogaus veiklos (kalbėjimas mobiliojo ryšio telefonu, rūkymas ir pan.), kurias jis atlieka vairuodamas automobilį, dažniausiai daro neigiamą poveikį jo gebėjimui saugiau vairuoti. Jos, atliekamos vairuojant, veikia vairuotojo susitelkimą, atitraukia jo dėmesį nuo įvykių kelyje ir, kilus sudėtingesnei eismo situacijai kelyje, gali tapti nelaimės priežastimi (Элвик *et al.* 1996).

Daugelis besikeičiančių žmoniškųjų veiksnių buvo tikrinami siejant juos su eismo įvykiais. Tai įvairios chroniškos ligos, intelektas, asmeniniai veiksniai, įvairūs žmogaus, kaip eismo dalyvio, patirties aspektai ir daugelis elgesio pokyčių (t. y. kelionės be poilsio trukmė, baudos balų kiekis ir t. t.) (Barjonet 2001).

Santykinis eismo įvykių skaičius priklauso nuo vietovės reljefo. Nustatyta, kad avaringumas didesnis keliuose su besikeičiančiu reljefu (su staigiais posūkiais, staigiais nuolydžiais ir pan.) nei keliuose, einančiuose per vienodo reljefo vietovę. Santykinis eismo įvykių skaičius priklauso nuo prisijungiančių kelių ir sankryžų skaičiaus vienam kelio kilometrui.

1.3. Saugų eismą reglamentuojančių dokumentų analizė

Šiame skyriuje apžvelgiami pagrindiniai dokumentai, kurie reglamentuoja saugų eismą Lietuvos Respublikos automobilių keliuose. Eismo saugumas keliuose ir jo užtikrinimas, avaringumo mažinimas yra pagrindinis Kelių priežiūros ir plėtros programos (KPPP) įgyvendinimo uždavinys (LR kelių... 1995; LR susisiekimo... 2001; LR nutarimas... 2009). Vykdam KPPP įgyvendinamas strateginis tikslas – prižiūrėti ir plėtoti valstybinės reikšmės kelius, tenkinti augančio kelių transporto eismo poreikius, siekti mažinti eismo įvykių skaičių dėl infrastruktūros trūkumų, šviesti visuomenę saugaus eismo klausimais, įgyvendinti ES techninius reikalavimus keliams, integruoti Lietuvos kelius į ES kelių tinklą. Prioritetinės programos sritys:

- saugaus eismo užtikrinimas;
- kelių ir tiltų priežiūra;
- kelių tinklo plėtra;
- nacionalinis darnaus vystymosi strategijos principų įgyvendinimas.

KPPP įgyvendinama vadovaujantis Lietuvos Respublikos kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymu (LR kelių... 2002).

Pagrindinis teisės aktas, reglamentuojantis eismo saugą Lietuvoje, yra Saugaus eismo automobilių keliais įstatymas Nr. VIII-204, priimtas 2000 m. spalio 12 d. Lietuvos Respublikos Seimo nutarimu (LR saugaus eismo... 2000). Šis įstatymas nustato saugaus eismo automobilių keliais Lietuvos Respublikoje teisinius pagrindus, valstybės institucijų pareigas įgyvendinant saugaus eismo politiką, pagrindines eismo dalyvių, kelių priežiūros institucijų, policijos pareigūnų

teises ir pareigas, taip pat pagrindinius su transporto priemonių technine būkle bei jos tikrinimu, transporto priemonių registravimu susijusius reikalavimus, siekiant apsaugoti eismo dalyvių bei kitų asmenų gyvybę, sveikatą ir turtą, gerinti transporto ir pėsčiųjų eismo sąlygas, mažinti neigiamą motorinių transporto priemonių poveikį aplinkai. Kelių įstatymas nustato saugaus eismo reikalavimus keliams, jų projektavimui, tiesimui ir priežiūrai, kelio statiniams, įrenginiams, techninėms eismo reguliavimo priemonėms ir su tuo susijusias kelių savininkų bei kitų institucijų pareigas.

1968 m. lapkričio 8 d. Vienoje priimta ir 1971 m. gegužės 1 d. Ženevoje pasirašyta „Kelio ženklų ir signalų konvencija“, kurioje susitariančios šalys pripažįsta, kad norint palengvinti tarptautinį kelių eismą ir padidinti kelių saugą, būtina tarptautiniu mastu suvienodinti kelio ženklus, signalus, simbolius ir kelių ženklinimą. Lietuvoje ši konvencija įsigaliojo 1992 m. lapkričio 20 d. (LR tarp-tautinis... 2002).

Valstybinė saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 metų programa patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005 m. liepos 8 d. nutarimu Nr. 759 (LR vyriausybės... 2005). Valstybinės saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 metų programos paskirtis – sudaryti kryptingo ir ilgalaikio saugaus eismo gerinimo sąlygas, numatyti ir įgyvendinti atitinkamas priemones, padėsiančias sumažinti avaringumą keliuose, kad eismo sauga keliuose būtų pasiekta ne mažinant žmonių judėjimo laisvę, bet padarant ją saugesnę. Šia programa taip pat siekiama įgyvendinti Europos Sąjungos tikslą – iki 2010 metų perpus sumažinti žuvusiųjų kelių eismo įvykiuose skaičių. Teisinį šios programos pagrindą sudaro Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas. Ši programa parengta vadovaujantis Europos Bendrijos komunikatu „Dvigubas aukų skaičiaus sumažinimas Europos Sąjungos kelių eismo įvykiuose – bendra pareiga“, kuriame suformuluota veiklos strategija padės įgyvendinti Europos Sąjungos užsibrėžtą tikslą – iki 2010 metų perpus sumažinti žuvusiųjų per eismo įvykius skaičių.

Visoje Lietuvos Respublikos teritorijoje eismo keliais tvarką nustato „Kelių eismo taisyklės“ (KET) (LR Vyriausybės... 2002). KET yra suderintos su Saugaus eismo automobilių keliais įstatymo (LR saugaus... 2000) nuostatomis. Kelių eismo taisyklėse nustatytos visų eismo dalyvių pareigos, keleivių ir krovinių vežimo taisyklės, apibrėžtos eismo reguliavimo, kelio ženklinimo, ženklų, signalų reikšmės ir charakteristikos, važiavimo, manevravimo ypatumai, leistini važiavimo greičiai gyvenamosiose ir užmiesčio teritorijose, saugos diržų naudojimas, apibrėžti transporto priemonių reikalavimai ir pan. Instrukcijos, taisyklės ir kiti įstatymų lydymieji aktai, nustatantys eismą keliuose, specialiųjų krovinių vežimą, transporto priemonių naudojimą ir priežiūrą, važiavimą uždaroje teritorijoje, negali prieštarauti šioms taisyklėms.

1.4. „Juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymo metodikos analizė

Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodika buvo patvirtinta Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2004 m. liepos 22 d. (LR susisiekimo... 2004). Šios metodikos tikslas – apibrėžti padidinto avaringumo kelio ruožo sąvoką ir, atsižvelgiant į tam tikrus transporto eismo parametrus, įvertinti tokių ruožų pavojingumo laipsnį.

Kelio ruožo avaringumo laipsniui nustatyti naudojami šie avaringumo rodikliai:

- eismo įvykių tankis AT ;
- avaringumo koeficientas AK .

Avaringumo koeficientas AK rodo eismo įvykių skaičių, tenkanti 1 mln. automobilių, pravažiuojančių vieno kilometro kelio ruožu per vienerius metus:

$$AK = \frac{A \cdot 10^6}{365 \cdot N \cdot L \cdot m}, \quad (1.1)$$

čia: A – eismo įvykių skaičius nagrinėjamame kelio ruože per 4 metus; N – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą; L – nagrinėjamo kelio ruožo ilgis, km; m – metų skaičius ($m = 4$).

Eismo įvykių tankis AT parodo eismo įvykių skaičių, tenkanti vieno kilometro kelio ruožui per metus:

$$AT = \frac{A}{L \cdot m}, \quad (1.2)$$

čia: A – eismo įvykių skaičius nagrinėjamame kelio ruože per 4 metus; L – nagrinėjamo kelio ruožo ilgis, km; m – metų skaičius ($m = 4$).

Priešingai nei avaringumo koeficientas AK , eismo įvykių tankis AT nelemia avaringo kelio ruožo ar „juodosios dėmės“ nustatymo sąlygų. Eismo įvykių tankio AT skaitinė išraiška nustato eismo įvykių koncentraciją atitinkamame kelio ruože, todėl šis rodiklis naudojamas jau nustatytų avaringų ruožų ar „juodųjų dėmių“ pavojingumo lygiui įvertinti.

Avaringi kelių ruožai nustatomi naudojant slenkmenį. Slenkmens ilgis L pastovus ir lygus $L = 500$ m. Slenkmuo yra slenkamas kelio kilometražo didėjimo kryptimi nuo vienos eismo įvykio vietos prie kitos eismo įvykio vietos. Jei slenkmenis ilgyje per 4 metus įskaitinių eismo įvykių $A_{fakt.}$ įvyko daugiau nei A_{min} , toks ruožas įtraukiamas į avaringų ruožų sąrašą:

$$A_{fakt.} > A_{min}, \quad (1.3)$$

čia: $A_{\text{fakt.}}$ – tikrasis eismo įvykių skaičius, kuris gali įvykti kelio ruože per 4 metus; A_{min} – minimalus eismo įvykių skaičius, $A_{\text{min}} = 3$.

Avaringo ruožo ilgis yra atstumas tarp pirmo ir paskutinio eismo įvykio, patenkančio į slenkmenų ilgį. Toliau slenkmuo perkeliamas į kito eismo įvykio vietą ir vėl tikrinama sąlyga (1.3). Persidengiantys avaringi ruožai sujungiami į vieną ir jo ilgis yra atstumas tarp pirmo eismo įvykio ir paskutinio. Sudarius avaringų kelių ruožų sąrašą apskaičiuojamas avaringumo koeficientas AK ir nustatomos „juodosios dėmės“. Valstybinės reikšmės kelio ruožas laikomas „juodąja dėme“, jei per 4 metus nagrinėjame kelio ruože įvykusių eismo įvykių faktinis skaičius tenkina 1.3 sąlygą, o avaringumo koeficientas AK tenkina sąlygą:

$$AK \geq AK_{\text{min}}, \quad (1.4)$$

čia AK – avaringumo koeficientas, apskaičiuojamas pagal (1.1) formulę:

$AK_{\text{min}} = 0,5$ keliams su skiriamąja juosta;

$AK_{\text{min}} = 0,8$ keliams be skiriamosios juostos.

„Juodosioms dėmėms“ ir avaringiems ruožams nustatyti naudojami policijos eismo priežiūros tarnybos prie Lietuvos Respublikos vidaus reikalų ministerijos surinkti duomenys apie įskaitinius eismo įvykius šalies keliuose. Nustačius viso Lietuvos magistralinių ir krašto kelių tinklo „juodąsias dėmes“ sudaromas „juodųjų dėmių“ žemėlapis.

„Juodosios dėmės“ sąvoka yra skirtinga atskirose šalyse. Norvegijoje kelio ruožas įvardijamas „juodąja dėme“, jei 100 m kelio ruože per 4 metus įvyko 4 ar daugiau įskaitinių eismo įvykių, kelio ruožas yra avaringas, jei 1 km kelio ruože per 4 metus įvyko 10 ar daugiau įskaitinių eismo įvykių (Elvik 2004).

1.5. Saugaus eismo gerinimo būdai ir priemonės

Pagrindinis saugaus eismo užtikrinimo veiklos tikslas – numatyti tokias priemones, kurios padėtų išvengti skaudžių eismo įvykių pasekmių bei sumažinti eismo dalyvių klaidingo elgesio atvejus. Lietuvos Respublikos automobilių keliuose kasmet diegiamos įvairios saugaus eismo gerinimo priemonės. Pirmiausia jos diegiamos tuose kelių ruožuose, kuriuose avaringumo rodikliai viršijo ribines reikšmes („juodosiose dėmėse“).

Norint parinkti tinkamas eismo saugumą gerinančias priemones, būtina nustatyti eismo įvykių sukėlusias priežastis bei įtaką dariusius veiksniai. Šis uždavinys yra svarbiausias eismo saugumo specialistams ir bandomas spręsti strategiškai visoje ES kuriant bendras metodikas. Šių metodikų pagrindas – saugu

eismą veikiančių veiksmų identifikavimas ir juos atitinkančių saugaus eismo gerinimo priemonių įdiegimas į avaringą ruožą.

1.4 lentelėje pateiktos eismo saugumo gerinimo priemonės, kurias įdiegus buvo gerokai sumažintas avaringumas 2005 m. Suomijos valstybinės reikšmės automobilių keliuose (Peltola 2000; Čygas *et al.* 2009).

1.4 lentelė. 2005 m. Suomijos valstybinės reikšmės automobilių keliuose įdiegtų efektyviausių eismo saugumo gerinimo priemonių sąrašas

Table 1.4. The list of the most effective road safety improvement measures implemented on the national roads of Finland in 2005

Eismo saugumo gerinimo priemonė	Išvengtų eismo įvykių skaičius per metus	Proporcija, %
Automatinių greičio matavimo kamerų įrengimas	13,7	38,5
Kelio apšvietimo atnaujinimas	4,6	12,8
Kelio dangos ženklinimas medžiagomis, sukeliančiomis mechaninį akustinį efektą	3,1	8,6
Kelio apšvietimo atramų pakeitimas plastiškomis	2,5	7,0
Apsauginių kelio atitvarų įrengimas	1,8	5,1
Sankryžų ženklinimo atnaujinimas	1,2	3,4
Kelių priežiūros žiemą tobulinimas	1,1	2,9
Signalinių stulpelių įrengimas	0,9	2,5
Važiavimo greičio ribojimas	0,9	2,5
Greitį slopinančių kalnelių įrengimas	0,4	1,2
Kitos priemonės	4,8	13,6
Visos priemonės:	34,9	100,0

Sudarius „juodųjų dėmių“ sąrašą, reikia imtis priemonių, kurios pagerintų avaringumo situaciją. Šiam tikslui pasiekti turi būti atliekama detali „juodųjų dėmių“ analizė. Analizė atliekama naudojant eismo įvykių duomenų lenteles. Šiose lentelėse surašoma svarbiausia informacija, nurodyta eismo įvykio apskaitos kortelėje. Detali „juodųjų dėmių“ analizė padeda atskleisti daugelio eismo įvykių aplinkybes bei priežastis ir leidžia parinkti pasiūlymus inžinerinėms priemonėms įgyvendinti, kurios padėtų sumažinti tikimybę eismo įvykiui įvykti. Saugaus eismo specialistai, prieš priimdami eismo saugumo gerinimo sprendimus konkrečiame avaringame ruože, atlieka vizualinius tyrimus, kurių metu analizuoja eismo įvykius sukėlusias priežastis, įvertina esamą eismo situaciją ruože.

1.5 lentelė. Automobilių kelių projektavimo, tiesimo ir priežiūros priemonės, gerinančios eismo saugumą

Table 1.5. Road design, construction and maintenance measures improving road traffic safety

Eismo saugumą gerinančių priemonių grupė	Eismo saugumo rodiklių gerinimo būdai
1	2
1.1. Transporto srautų išskyrimas	Pėsčiųjų ir dviračių eismo šaligatviai Pėsčiųjų ir dviračių takai Pėsčiųjų tiltai ir požeminės perėjos
1.2. Didesnio pralaidumo nauji automobilių keliai	Automagistralės Greitkeliai
1.3. Aplinkkeliai	
1.4. Magistralinės gatvės	
1.5. Sankryžų kanalizavimas	Horizontalaus ženklinimo arba iškilios saugumo salelės šalutiniuose keliuose Horizontalaus ženklinimo arba iškilios saugumo salelės visuose susikertančiuose keliuose Eismo juosta posūkiui į kairę Eismo juosta posūkiui į dešinę Eismo juostos platinimas sankryžoje važiuojantiems tiesiai (alternatyva eismo juostos įrengimui posūkiui į kairę)
1.6. Žiedinės sankryžos	
1.7. Sankryžų rekonstrukcija	Susikertančių kelių kampų statinimas (artinimas 90° kampui) Sankryža ant pakeltos dangos Matomumo gerinimas
1.8. Sankryžų išskaidymas	X formos sankryžos išskirstymas į dvi T formos sankryžas
1.9. Skirtingo lygio sankryžos	
1.10. Kelio skersinio profilio tobulinimas	Eismo juostų skaičiaus didinimas Kelio platinimas Sustiprintų kelkraščių platinimas Iškilios saugumo salelės išilgai važiuojamosios dalies Tiltų platinimas
1.11. Kelkraščių tobulinimas	Kelkraščio šlaitų nuolydžio mažinimas Atstumo nuo važiuojamosios dalies iki pastovių kliūčių kelkraštyje didinimas Pastovių kliūčių kelkraštyje naikinimas

1.5 lentelės pabaiga

1	2
1.12. Kelio ir matomumo sąlygų gerinimas	Horizontalių ir vertikalių kreivių spindulių didinimas Bendras naudojamų kelių pagerinimas
1.13. Kelio rekonstrukcija, tobulinimas	Kelio skersinio ir išilginio profilio tobulinimas
1.14. Kelio atitvarai	Betoniniai atitvarai Plieniniai atitvarai Trosiniai atitvarai
1.15. Priemonės prieš eismo įvykius su laukiniais gyvūnais	Išpėjamieji ženklai apie laukinius gyvūnus Tinklo tvoros nuo laukinių gyvūnų Matomumo gerinimas miško vietovėje Laukinių gyvūnų populiacijos retinimas Laukinius gyvūnus atbaidančių kvapų naudojimas Laukinių gyvūnų perėjos įrengimas virš važiuojamosios dalies Požeminių perėjų įrengimas laukiniams gyvūnams
1.16. Horizontalių kreivių tobulinimas	Išpėjamųjų ir greičio ribojimo ženklų įrengimas prieš kreives Kelio platinimas kreivėse
1.17. Kelio apšvietimas	Kelio apšvietimo įrengimas ant lanksčių atramų Standžių kelio apšvietimo atramų pakeitimas plastiškomis
1.18. Saugumas tuneliuose	
1.19. Poilsio aikštelės, aptarnavimo bei paslaugų zonos	
1.20. Kelių priežiūros tobulinimas	Bendras dangos paviršiaus atnaujinimas Kelio lygumo tobulinimas Automobilių ratų sukibimo su kelio danga pagerinimas Kelių priežiūra žiemą Šaligatvių, pėsčiųjų ir dviračių takų priežiūra žiemą Remonto darbų vietų ženklinimo, aptvėrimo tobulinimas

1.6 lentelė. Transporto eismo reguliavimas**Table 1.6.** Traffic control

Eismo saugumo rodiklių gerinimo būdų grupės	Gerinimo būdai
2.1. Gatvės rekonstravimas, pritaikant ją mažesniems greičiams	Poilsio zonos Pėsčiųjų ir dviratininkų takai Greičio mažinimo kalneliai ir (arba) pėsčiųjų perėja ant pakeltos dangos Šaligatvių platinimas sankryžose Važiuojamosios dalies kreivinimas (S formos posūkiai) Automobilių statymo vietų ženklavimas Iškili saugumo salelė pėsčiųjų perėjoje Saugumo salelių apželdinimas Saugumo salelių įrengimas naudojant skirtingų spalvų trinkelės ar tašytus akmenis (grindinys)
2.2. Pėsčiųjų gatvių įrengimas	
2.3. Sisteminio kelių tinklo sukūrimas	Privažiuojamųjų kelių tankio mažinimas Pravažiavimo pirmumo teisės reglamentavimas
2.4. Eismo reguliavimas sankryžose	Būtinybės duoti kelią sankryžoje reguliavimas Būtino sustojimo sankryžoje reguliavimas Šviesoforais reguliuojamos sankryžos Šviesoforais reguliuojamos pėsčiųjų perėjos
2.5. Greičio reguliavimas	Greičio apribojimas Greičio reguliavimas inžinerinėmis priemonėmis Greičio matavimo įrenginiai
2.6. Eismo zonos naudojimo reguliavimas	Horizontalusis kelio ženklavimas Pėsčiųjų ir dviratininkų eismo reguliavimas Sustojimo vietų reguliavimas Vienpusio eismo reguliavimas Reversinio eismo reguliavimo zona Visuomeninio transporto juostos ir sustojimų saugumo užtikrinimas
2.7. Ypatingas eismo reguliavimas	Dinaminis maršruto parinkimo reguliavimas Besikeičiantys tablo, reguliuojantys eismą Įspėjimas apie kelio darbus Saugumo užtikrinimas geležinkelio pervažose

1.5 ir 1.6 lentelėse pateikiamos įvairių tipų automobilių kelių tiesimo, projektavimo, priežiūros bei transporto eismo reguliavimo priemonės (Burinskienė *et al* 2007; Elvik *et al.* 2004; Paliulis 2007; Элвик *et al.* 1996), naudojamos daugelyje pasaulio šalių, taip pat ir Lietuvoje.

„Juodosioms dėmėms“ pašalinti Lietuvos automobilių keliuose diegiamos ne tik pigios, bet ir brangiai kainuojančios priemonės. Pagrindinės priemonės yra šios:

- kelio ženklų ir atramų keitimas;
- sugadintų ženklų atstatymas;
- apsauginių atitvarų įrengimas;
- papildomas staigių posūkių ženklinimas, greičio ribojimas, signalinių stulpelių statymas;
- magistralinių ir krašto kelių ženklinimas;
- labai prastos dangos taisymas, vandens nuvedimo nuo kelio dangos paviršiaus sutvarkymas, kelio sukibimo su ratu koeficiento pagerinimas;
- pėsčiųjų takų įrengimas;
- pėsčiųjų ir dviratininkų trasų tinklo plėtojimas;
- greičio mažinimo priemonės (kelio važiuojamosios dalies siaurinimas, centrinių saugumo salelių įrengimas, kalnelių įrengimas);
- pavojingų sankryžų rekonstrukcija;
- kelio dangos platinimas, įrengiant papildomą eismo juostą;
- skirtingų eismo krypčių atskyrimas, įrengiant mažas centro saleles;
- šalikelėse augančių medžių šalinimas;
- pėsčiųjų šaligatvių ir autobusų sustojimo peronų įrengimas.

Užsienio šalių patirtis rodo, kad pradiniam etape yra daug efektyviau atlikti nedidelius pakeitimus daugelyje „juodųjų dėmių“, negu išnaudoti visas pinigines lėšas keletui „juodųjų dėmių“.

1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Lietuvos automobilių keliuose esančios avaringumo situacijos analizė rodo, kad pagrindiniai avaringumo rodikliai yra blogiausi tarp Europos Sąjungos šalių.
2. 2008 m. tapo istoriniais metais saugaus eismo srityje, kai žuvusiųjų skaičius Lietuvos automobilių keliuose sumažėjo 31,1 %, o sužeistųjų 26,3 %, palyginti su 2007 m. Šie teigiami poslinkiai pasiekti automobilių keliuose diegiant inžinerines saugaus eismo gerinimo priemones, vykdam aktyvią švie-

tėjišką veiklą, atliekant įgyvendinamų techninių projektų bei specialiųjų planų saugumo auditą, sugriežtinus nuobaudas už kelių eismo taisyklių pažeidimus.

3. Diegiant inžinerines saugaus eismo gerinimo priemones yra naikinami avaringi kelių ruožai ir „juodosios dėmės“ Lietuvos automobilių keliuose. Kiekviena įdiegta saugaus eismo gerinimo priemonė turi duoti tam tikros naudos visuomenei, todėl būtina nustatyti jų poveikį saugiam eismui.

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti šiuo metu Lietuvoje taikomos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos analizę.
2. Atlikti saugaus eismo rodiklių analizę ir vertinimą įdiegus specialias priemones Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose bei įvertinti taikomos metodikos efektyvumą.
3. Išanalizuoti ir įvertinti kitose užsienio šalyse taikomas panašias saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikas.
4. Įvertinus kitų šalių patirtį bei Lietuvoje taikomos metodikos trūkumus, sudaryti efektyvų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modelį.
5. Atlikti naujos programinės įrangos testavimą ir bandomuosius skaičiavimus.
6. Išnagrinėti matematinių metodų taikymą įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti.
7. Sudaryti matematinį modelį įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti bei sudaryti optimizavimo uždavinį, modeliuojantį optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių pasirinkimą Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Lietuvoje ir užsienio šalyse taikomų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizė

Saugaus eismo gerinimo priemonių, atitinkančių konkrečią situaciją, tinkamas parinkimas lemia avaringumo sumažėjimą kaip siektiną tikslą. Norint parinkti tinkamas eismo saugumą gerinančias priemones, būtina nustatyti eismo įvykius sukėlusias priežastis ir juos veikiančius veiksnius. Šis uždavinys yra vienas svarbiausių eismo saugumo specialistams ir bandomas spręsti strategiškai visoje ES kuriant bendras metodikas. Šių metodikų pagrindas – saugų eismą skatinančių veiksnių identifikavimas ir juos atitinkančių saugaus eismo gerinimo priemonių įdiegimas avaringame kelio ruože. Vertinant parinktas saugaus eismo gerinimo priemones reikia nustatyti jų poveikį saugiam eismui (Elsennar, Abou-raad 2005).

Eismo saugumą gerinančios priemonės pirmiausia yra diegiamos tuose kelio ruožuose, kuriuose pastebimas reguliarus eismo įvykių kartojimasis. Prieš diegiant priemones būtina atlikti išsamią analizę, nustatyti avaringumą didinančias priežastis bei eismo saugumą lemiančius veiksnius. Identifikavus eismo įvykių priežastis, parenkamos atitinkamos eismo saugumą gerinančios priemonės (Hakkert, Gitelman 2004).

Šiame skyriuje pateikiama taikomų tyrimo metodų apžvalga. Pateikta eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų apžvalga ir vertinimas. Atlikta Suomijoje, Baltarusijoje, Lenkijoje ir Skandinavijos šalyse taikomų eismo saugumo gerinimo priemonių parinkimo bei pagrindimo metodikų analizė. Skyriuje išnagrinėta Lietuvoje naudojamos diegiamų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos TARVAL programa (European Commission... 2007; Ratkevičiūtė *et al.* 2007; Ratkevičiūtė *et al.* 2008).

2.1. Taikomi tyrimo metodai

Statistinės analizės metodai

Statistika – tai ne paprastas skaičiavimas, o sistemingas ir tikslingas požymių, reiškinių ir daiktų žymėjimas skaitmenimis, atsižvelgiant į tam tikras jų ypatybes. Yra trys pagrindiniai statistikos darbo etapai:

- statistinis stebėjimas;
- duomenų sumavimas;
- statistinė analizė.

Statistinis stebėjimas gali būti ištisinis ir dalinis. Ištisinis statistinis stebėjimas apima visus be išimties stebimos visumos vienetus, kurie registruojami be jokių praleidimų. Šitaip surinkta medžiaga vėliau klasifikuojama ir analizuojama.

Visus tokio tyrimo etapus tiria ir nagrinėja taikomosios statistikos dalis, vadinama aprašomoji statistika (Čekanavičius, Murauskas 2000; Martišius, Kėdaitis 2003; Martišius, Kėdaitis 2004). Aprašomosios statistikos tyrimo objektas yra statistinių metodų ir procedūrų visuma, orientuota į generalinių visumų tyrimą. Procesų aprašymas – bene svarbiausias aprašomosios statistikos tikslas. Jam pasiekti taikoma daugybė įvairių statistinių metodų ir procedūrų: grupavimas, vidurkiai, indeksai, koreliacija ir regresinė analizė, kiti daugiamatės statistinės analizės metodai (Čekanavičius, Murauskas 2000). Aprašomoji statistika – tai duomenų sisteminimo ir grafinio vaizdavimo metodai. Aprašomosios statistikos metodų taikymas yra labai svarbus statistinio uždavinio sprendimo etapas. Dažnai išsamus surinktos informacijos aprašymas ir duomenų grafikai leidžia daryti pagrįstas išvadas apie visos populiacijos nagrinėjamas savybes.

Taikomosios statistikos teorija iš esmės yra matematiniais, dažniausia tikimybiniais skaičiavimais grindžiama statistinė masinių procesų ir reiškinių tyrimų metodologija. Ji jungia tikimybių ir matematinės statistikos teorijas su konkrečių masinių procesų empiriniais statistiniais skaičiavimais, įrodymais ir samprotavimais (Čekanavičius, Murauskas 2004).

Statistinę duomenų analizę galima atlikti įvairiai: tiek naudojant specialias programas statistiniams skaičiavimams atlikti (Statistica, Epi Info 2000; Stadia,

SPSS), tiek naudoti esamus kompiuterio resursus, t. y. naudoti *MS Windows* galimybes.

Laiko eilutės

Atliekant regresinę ir koreliacinę analizę yra įvertinami tik patys duomenys, o ne eilės tvarka, kuria jie buvo gauti. Kai duomenys renkami reguliariais laiko intervalais, reikšmę įgyja ne tik patys duomenys, bet ir jų gavimo tvarka. Statistiniai duomenys, surinkti reguliariais laiko intervalais, yra vadinami laiko eilutėmis. Analizuojant laiko eilutes sprendžiami du pagrindiniai uždaviniai:

1. Nagrinėjamų duomenų prigimties nustatymas, t. y. išskyrimas pagrindinių veiksnių, darančių įtaką duomenims.
2. Ateities rezultatų prognozavimas (Sakalauskas 1998).

Koreliacinė ir regresinė analizė

Norint suprasti procesų ir reiškinių esmę, reikia ištirti jų ryšius su kitais procesais ir reiškiniais. Pirmiausia kyla klausimas apie priežastis, lemiančias konkretų procesą ar reiškinių vyksmą. Labai svarbu skirti priežastį nuo padarinio – priežastis visada eina pirmiau už padarinį. Tačiau ne viskas, kas vyksta pirmiau už tam tikrą įvykį, yra to įvykio priežastis – juk diena nėra nakties priežastis.

Dažniausia neįmanoma nustatyti visų kokio nors įvykio priežasčių, todėl stengiamasi išskirti tik pagrindines priežastis ir pagal jas prognozuoti padarinius. Du atsitiktinius dydžius x ir y gali sieti funkcinė ir stochastinė (tikimybių teorija ir matematinė statistika vienu žodžiu vadinamos stochastika) arba kitaip – statistinė priklausomybė. Jei atsitiktinai išskėtę skriestuvo kojeles nubrėztume apskritimą, tai apskritimo spindulys x ir skritulio plotas y yra atsitiktiniai dydžiai, kurie susieti formule $y = \pi \cdot x^2$. Tokius atsitiktinius dydžius sieja funkcinė priklausomybė $y = f(x)$. Priklausomybė nuo keleto išskirtų veiksnių vadinama statistine. Jei $y = f(x, x_1, x_2, \dots, x_m, \dots)$ pažymėtume bendrą y priklausomybę, tai $y = F(x)$ reikštų statistinę y priklausomybę nuo x .

Regresija įvertina statistinio ryšio formą, o koreliacinė analizė – to ryšio stiprumą. Koreliacinė analizė padeda įvertinti statistinio ryšio $y = f(x_i)$ stiprumą ir kartu atrinkti veiksnus, darančius didžiausią įtaką y priklausomybei $y = f(x, x_1, x_2, \dots, x_m, \dots)$ (Sakalauskas 1998; Bakštyš 2006).

Optimizavimo uždaviniai ir jų sprendimo metodai

Optimalus sprendinys – tai geriausias (lot. *optimus* – geriausias) sprendinys. Bet visais atžvilgiais geriausio sprendinio negali būti, todėl sprendinius priimančias asmuo turi suvokti optimalumo sąlyginumą. Sprendinio optimalumas priklauso nuo to, pagal kokį kriterijų (gr. *kriterion* – požymis, pagal kurį kas nors vertinama, nustatoma, klasifikuojama) sprendimas yra priimamas. Dažnai optimalumo kriterijus vadinamas tikslo funkcija. Kriterijų nustato sprendimą priimančias asmuo. Kriterijus yra priemonė, padedanti įvertinti tiek pageidaujamus (efektyvumas, patikimumas), tiek nepageidaujamus (nuostoliai) rezultatus. Pirmuoju atve-

ju siekiama kriterijaus maksimizavimo, antruoju – minimizavimo (Rutkauskas 1990).

Didelį indėlį į statybos technologijos ir vadybos sritį tobulindamas daugiakriterinius metodus įnešė prof. E. K. Zavadskas (Zavadskas *et al.* 1994; Zavadskas *et al.* 2001). Pastaruoju metu daug dėmesio skiriama matricinio lošimo teorijos taikymui įvairiems statybos uždaviniams spręsti (Peldschus, Zavadskas 1997; Zavadskas *et al.* 2002; Zavadskas *et al.* 2003).

Norint optimalų sprendinių nustatyti taikant matematinio programavimo metodus, reikia uždavinį aprašyti matematinėmis išraiškomis, t.y. sudaryti optimizavimo uždavinio matematinį modelį. Matematinis modelis – tai sistema matematinių išraiškų (priklausomybių), aprašančių pagrindines modeliuojamo objekto savybes, rodiklius ir ryšius tarp jų. Į optimizavimo uždavinio matematinį modelį įeina tikslo funkcija $f(x)$, išreiškianti pasirinktą optimalumo kriterijų, taip pat priklausomybės, aprašančios specifines sąlygas, kurias turi tenkinti nagrinėjamo uždavinio sprendinys (Kalanta 2003, 2007). Disertacijoje buvo taikomi tiesinio programavimo uždaviniai. Sudarant tiesinio programavimo uždavinį, kaip ir kiekvieną operacijų tyrimo modelį, turi būti apibrėžiami kintamieji, kurių optimalias reikšmes reikia rasti, tikslo funkcija, kurią reikia optimizuoti, ir apribojimai, kuriuos turi tenkinti kintamieji. Tiesinio programavimo modelis gali būti užrašytas kanoninėje, standartinėje arba bendrojoje formoje. Sprendžiant kiekvieną tiesinio programavimo uždavinį reikia surasti tokias kintamųjų $x_1, x_2, \dots, x_n$ reikšmes, kurios suteiktų didžiausią (arba mažiausią) reikšmę tikslo funkcijai ir tenkintų tiesinius apribojimus:

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^n c_j x_j, \\ & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m_1, \\ & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = m_1 + 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0, \end{aligned} \quad (2.1)$$

kai $j = 1, \dots, n_1$, ir x_j bet kokio ženklo, kai $j = n_1 + 1, \dots, n$.

Saugaus eismo gerinimo būdų ir priemonių ekonominio vertinimo metodikos analizė

Ekonominis projektų pagrindimas atliekamas vadovaujantis TINA reglamentu Nr. 15-98 (European Commission... 1998) bei „Investicijų projektų sąnaudų ir naudos analizės vadovu“, įteigiu nėra rimtų argumentų taikyti kitą metodiką.

Ekonominis saugaus eismo priemonių vertinimas atliekamas taikant naudos ir sąnaudų analizės metodiką, apskaičiuojant svarbiausius ekonominius kiekvienos saugaus eismo priemonės įverčius (European Commission... 1998; European Commission... 2008; Ratkevičiūtė 2004):

- grynoji dabartinė vertė, GDV (angl. *Net Present Value*, NPV);
- dabartinės naudos vertės ir dabartinės sąnaudų vertės santykis, N/S (angl. *Benefit/Cost Ratio*, B/C);
- vidinė gražos norma, VGN (angl. *Internal Rate of Return*, IRR);
- atsipirkimo laikas (angl. *Payback Period*, PBP).

Pagal naudos ir sąnaudų metodiką priemonė ekonomiškai įvertinama lyginant naudą, kurią sudaro išvengtų eismo įvykių kaina, su sąnaudomis, kurias sudaro priemonės įdiegimo kaina. Kasmet išvengtų eismo įvykių nauda apskaičiuota įvertinus prognozuojamą vidutinį eismo intensyvumo kitimą keliuose.

Ekonominiai skaičiavimai atliekami pasirinkus saugaus eismo priemonės rekomenduojamą 20 metų gyvavimo ciklą ir 5 proc. diskonto normą.

Gyvavimo ciklas – tai laiko tarpas nuo priemonės įdiegimo pradžios iki naujų investicijų poreikio.

Diskonto norma – rodiklis, kuriuo būsimosios sąnaudos ar pajamos diskontuojamos į dabartines vertes.

Diskontavimas – būsimų pinigų srautų vertės perskaičiavimas į dabartinę vertę.

Priemonės GDV skaičiuojamos pagal šią formulę:

$$GDV = \sum_{t=0}^n \frac{G_t}{(1+r)^t}, \quad (2.2)$$

čia G_t – t -ųjų metų priemonės pinigų srautas. Jis išreiškiamas naudos ir sąnaudų skirtumu; r – diskonto norma, $r = 5$ proc.; t – metai (0, 1, 2, ..., 20).

$$G_t = P_t - I_t, \quad (2.3)$$

čia P_t – t -ųjų metų nauda; I_t – t -ųjų metų sąnaudos.

Priemonės grynoji dabartinė vertė apskaičiuojama susumuojant atskirų metų diskontuotus pinigų srautus, įskaitant ir pradinę investiciją:

Jei $GDV > 0$, tai reiškia, kad iš investicijos prognozuojama gauti pinigų srautus, didesnius už grynąją investicijos vertę. Priemonę pelninga įdiegti.

Jei $GDV < 0$, tai reiškia, kad tokia priemonė neturėtų būti diegiama.

Jei $GDV = 0$, tai yra ribinis atvejis.

Grynoji dabartinė vertė priklauso nuo diskonto normos: kuo ji aukštesnė, tuo mažesnė GDV .

N/K santykis – tai dabartinės naudos vertės ir dabartinės sąnaudų vertės santykis. Priemonę galima diegti, jeigu santykis N/K yra lygus mažiausiai vienam. N/K santykis gali būti:

$N/K > 1$, tai priemonę galima įrengti. Tada jos grynoji dabartinė vertė yra teigiama.

$N/K < 1$, tai priemonės atsisakoma. Jos grynoji dabartinė vertė yra neigiama.

$N/K = 1$, tai yra ribinis atvejis. Priemonės grynoji dabartinė vertė lygi nuliui.

Vidinė grąžos norma (VGN) rodo, kokia turi būti diskonto norma, kad diskontuota nauda būtų lygi diskontuotoms sąnaudoms, t. y. priemonės grynoji dabartinė vertė per savo visą gyvavimo ciklą būtų lygi 0. Šiuo atveju priemonę apsimokės įrengti, nes būsimos pajamos padengs išlaidas.

Priemonė pasirenkama, jei jos $VGN \geq 5$ proc. Priemonės atsisakoma, jei $VGN < 5$ proc. VGN skaičiuojama:

$$\sum_{t=0}^n \frac{G_t}{(1 + VGN)^t} = 0, \quad (2.4)$$

čia: G_t – t ųjų metų priemonės pinigų srautas; t – metai (0, 1, 2, ..., 20).

Priemonės atsipirkimo laikas – tai metų, per kuriuos atgaunamos į priemonę įdėtos investicijos, skaičius. Atsipirkimo laikas apskaičiuojamas sumuojant būsimus pinigų srautus, kol bendra jų suma tampa teigiama. Atsipirkimo laiko skaičiavimo seka: prie metų prieš visišką sąnaudų padengimą pridedama nepadengtų diskontuotų sąnaudų suma ir padalinama iš visiškai padengtų diskontuotų pinigų srauto sumos.

2.2. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimas Lietuvos automobilių keliams

Saugaus eismo gerinimo būdų parinkimas ir priemonių įdiegimas avaringuose ruožuose turi duoti tam tikros naudos. Vertinant būtina nustatyti kiekvienos planuojamos įdiegti priemonės poveikį.

1997 m. Suomijos techninių tyrimų instituto VTT ekspertai, remdamiesi savo šalies patirtimi (Suomijos saugaus eismo priemonių poveikio modelis TARVA, versija 3.10), atliko kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda avaringumo analizę, pasiūlė saugaus eismo priemonių poveikio koeficientus ir adaptavo savąjį modelį Lietuvai, pavadinę jį TARVAL (Finnish National... 1998). Ši metodika taikoma Lietuvoje iki šiol, nors akivaizdu, kad per 11 metų ji morališkai paseno ir neatitinka realios eismo saugumo situacijos Lietuvos automobilių keliuose. Pačioje Suomijoje per praėjusį laikotarpį sukurta daugiau kaip 10 patobu-

lintos metodikos versijų (šiuo metu naudojama versija 4.10), savo sistemas turi sukūrusios ir kai kurios kitos valstybės (Peltola 2000; Peltola 2007; Čygas *et al.* 2009).

1998 m. Lietuvoje adaptuota sena TARVAL metodika ir pagal ją sukurta pirmoji kompiuterinės programos versija (TARVAL matematinis modelis pateiktas 1 priede) leidžia prognozuoti įskaitinių eismo įvykių sumažėjimą per vienerius metus, įvertinus 4 metų avaringumą, eismo intensyvumą bei siūlomas saugaus eismo gerinimo priemones. Kiekvienai saugaus eismo gerinimo priemonei buvo nustatytas tam tikras poveikio koeficientas, rodantis, kiek galėtų sumažėti esamas avaringumas, įdiegus atitinkamą priemonę. Inžinerinių priemonių poveikio koeficientai pagal TARVAL modelį pateikti 2 priede. Norint atlikti eismo saugumo gerinimo priemonių ekonominio įvertinimo skaičiavimus kompiuterine programa TARVAL, reikia apskaičiuoti nuostolius dėl eismo įvykių. Iki 2006 m. nuostoliams dėl eismo įvykių skaičiuoti buvo taikoma metodika, parengta 1995 m. VĮ Transporto ir kelių tyrimo institute (VĮ TKTI... 1995). Nuo 2006 m. nuostolių, patiriamų dėl eismo įvykių, dydis skaičiuojamas pagal Europos Sąjungos sudarytą bendrą metodiką Europos Sąjungos šalims (Beckel *et al.* 2006).

TARVAL koeficientai homogeniniams kelio ruožams sudaromi šioms darbų grupėms:

- kelio rekonstrukcijai;
- kelio aplinkos gerinimui (apšvietimas, stulpelių įrengimas, kt.);
- sankryžų rekonstrukcijai;
- greičio ribojimui;
- kitoms priemonėms.

Reikia pabrėžti, kad skaičiuojant operuojama ne sveikaisiais skaičiais, o dešimtainiais, naudojant skaitmenis po kablelio (VĮ TKTI... 2006c). Gaunami rezultatai pavaizduoti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Išvengtų eismo įvykių su sužeistaisiais ir žuvusiaisiais skaičiaus per metus išraiška (pavyzdys)

Table 2.1. Expression of the number of avoided fatal and injury accidents per year (example)

	Esama padėtis	Planuojama padėtis	Skirtumas
Eismo įvykių skaičius per metus	32,47	27,51	4,96
Žūsta per metus	1,32	1,07	0,25
Sužeidžiama per metus	7,47	6,55	0,92

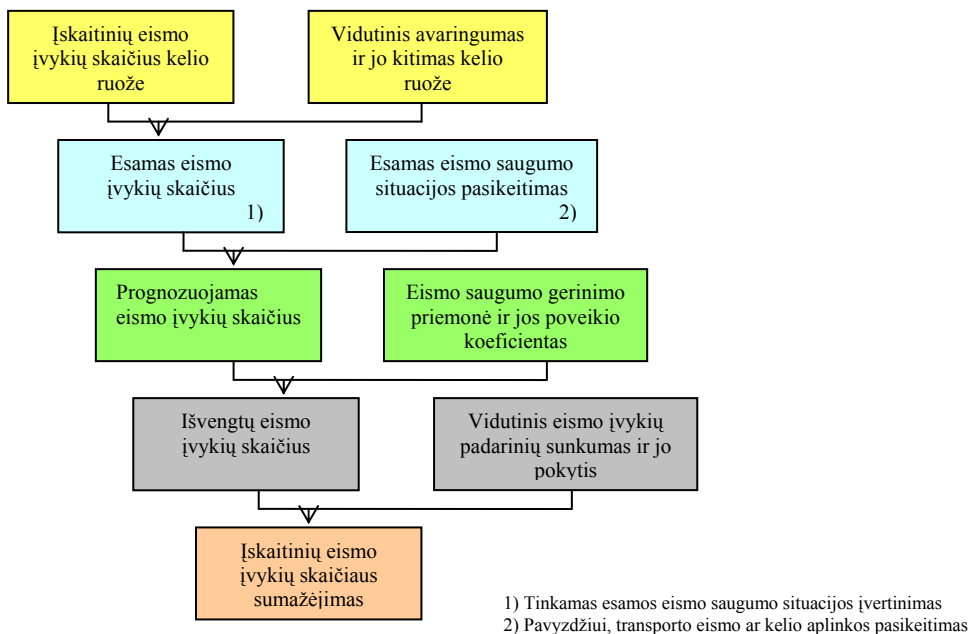
Apskaičiavus išvengtų eismo įvykių skaičių per metus, atliekama naudos ir sąnaudų analizė, įvertinus diegiamų eismo saugumo gerinimo priemonių vidutinės diegimo sąnaudas, eismo intensyvumą, avaringumą.

Suomijoje sukurta ir nuo 1998 m. Lietuvoje taikoma saugaus eismo priemonių vertinimo metodika TARVAL nebuvo tobulinta iki šiol. Ši metodika nebeatitinka dabartinių mūsų šalies sąlygų ir yra skirta jau susidariusių „juodųjų dėmių“ naikinimui skirtoms priemonėms vertinti automobilių keliuose. Ši metodika negali būti taikoma avaringų ruožų atsiradimo prevencijai naujai tiesiamuose ir rekonstruojamuose kelių ruožuose (Ratkevičiūtė *et al.* 2006a).

2.3. Suomijoje taikoma saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika

1990 m. pradžioje Suomijoje buvo pradėta kurti metodika bei kompiuterinė programa, kuria naudojantis būtų galima patikimai ir nesunkiai įvertinti saugaus eismo gerinimo priemonių efektą. Atlikus daug mokslinių tyrimų 1995 m. Suomijos mokslinių tyrimų centras sukūrė programą TARVA. Pavadinimas TARVA kilo iš suomiškų žodžių pirmųjų raidžių, kurie reiškė „Eismo saugumo priemonių efektyvumo vertinimas naudojant poveikių koeficientus“ (*Evaluation of Safety Effects Using Effect Coefficients*). Iš esmės TARVA buvo sukurta ir pritaikyta naudoti Suomijos automobilių keliams, tačiau tais pačiais metais buvo sukurta angliška šios programos versija, kuri pritaikyta Lietuvos automobilių keliuose diegiamoms saugaus eismo gerinimo priemonėms pagrįsti ir pavadinta TARVAL. Ši programa, kurios pagrindą sudaro gana paprasti skaičiavimo algoritmai, gali būti nesunkiai pritaikyta ir kitoms užsienio šalims, kurios turi panašią automobilių kelių, transporto bei eismo įvykių duomenų bazę. Naudojant sudėtingus eismo įvykių modelius (*Accident Models*) išskildavo sunkumų vertinant eismo saugumo gerinimo priemonių naudą. TARVA programą kuriantys specialistai nustatė, kad norint apskaičiuoti tikėtiną eismo įvykių skaičių kelio ruože nediegiant eismo saugumo priemonių, reikia remtis eismo įvykių modeliais bei eismo įvykių duomenimis konkrečiame kelio ruože. Eismo saugumo gerinimo priemonių efektas tuomet gali būti apskaičiuojamas remiantis atliktais patikimais skaičiavimais, naudojant eismo įvykių modelius kartu su eismo įvykių duomenimis konkrečiame kelio ruože, įvertinant tikėtiną eismo įvykių skaičių be saugumo priemonių ir tų priemonių duodamą efektą jas įdiegus. Naudojant programą TARVA galima apskaičiuoti ne tik tikėtiną eismo įvykių skaičių, bet ir jų pasekmių sunkumą (su žuvusiais ar sužeistais) atsižvelgiant į kiekvieną eismo saugumo gerinimo priemonę, numatomą diegti kelio ruože.

Nustačius išvengtų įskaitinių eismo įvykių skaičių per metus, įdiegus eismo saugumo gerinimo priemones, galima nesunkiai apskaičiuoti nuostolių, patiriamų dėl eismo įvykių, sumažėjimą. Žinant eismo saugumo gerinimo priemonės įdiegimo sąnaudas, apskaičiuojama, kuri eismo saugumo priemonė yra efektyviausia (Peltola 2000). Atliekant skaičiavimus TARVA programa, reikalingi duomenys apie kelio, transporto eismo, avaringumo situaciją bei eismo saugumo gerinimo priemonės įrengimo kainą. Visa ši informacija suvedama į specialią duomenų bazę, kurioje ji apdorojama. Eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumo nustatymo procesą sudaro keturi etapai. Pagrindiniai skaičiavimo etapai yra šie: 1) esamos eismo saugumo situacijos įvertinimas nagrinėjamame kelio ruože; 2) eismo saugumo gerinimo priemonių poveikio koeficientų taikymas priemonių teikiamai naudai nustatyti (2.1 pav.) (TARVA... 2008).



2.1 pav. Eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumo skaičiavimo etapai naudojant programą TARVA

Fig. 2.1. Stages for calculating the effect of road safety improvement measures with TARVA software

1. Patikimas eismo įvykių įvertinimas kiekviename homogeniniame kelio ruože atliekamas bendrai vertinant vidutinį avaringumo lygį, transporto priemonių nuvažiuotų kilometrų skaičių bei eismo įvykių statistiką praeityje. Taikant empirinį Bajeso metodą (*Empirical Bayesian Method*), į bendrą formulę sujungiama informacija apie eismo įvykius praeityje ir į tinkamiausią eismo įvykių modelį bei atsitiktinį eismo įvykių pakitimą. Kuo didesnis atsitiktinis eismo įvykių pakitimas, tuo avarijos modelis yra reikšmingesnis už eismo įvykių statistiką.

2. Patikimas prognozuojamų eismo įvykių skaičiaus nustatymas, nediegiant eismo saugumo gerinimo priemonių, atliekamas įvertinant eismo intensyvumo augimo koeficientą ir eismo įvykių statistinius duomenis praeityje.

3. Eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumas išreiškiamas jų poveikio koeficientais. Šie koeficientai gauti įvairiose šalyse atlikus daugelį mokslinių tyrimų, atsižvelgiant į nagrinėtų šalių skirtumus organizuojant eismą bei skirtingą eismo dalyvių elgesį. Poveikių koeficiento reikšmės pavyzdys: žiedinės sankryžos įrengimas 15 % sumažina eismo įvykių su pėsčiaisiais ir dviratininkais skaičių, 50 % sumažina eismo įvykius su automobiliais skaičių, tačiau eismo įvykiams su gyvūnais neduoda jokio efekto.

4. Įdiegus eismo saugumo gerinimo priemonę ne tik sumažėja eismo įvykių skaičius, bet ir eismo įvykių pasekmės būna lengvesnės. Naudojant TARVA programą galima nustatyti, kiek sumažės prognozuojamų eismo įvykių padariniai. Naudojant apskaičiuotą įskaitinių eismo įvykių procentinį sumažėjimą ir žinant vidutinės eismo įvykių pasekmes (mirtys/100 įskaitinių eismo įvykių) ir jų pokytį, TARVA programa apskaičiuoja, kiek kasmet išvengiama eismo įvykių su mirtinomis pasekmėmis. Eismo įvykių padarinių sunkumo pokyčio koeficientų reikšmės pavyzdys: žiedinės sankryžos įrengimas 30 % sumažina eismo įvykių su pėsčiaisiais ir dviratininkais pasekmių sunkumą, 50 % sumažina eismo įvykių pasekmes su automobiliais, eismo įvykiams su gyvūnais neduoda jokio efekto (Peltola 2007).

TARVA programoje suvesta apie 100 iš anksto numatytų eismo saugumo gerinimo priemonių ir jų poveikių koeficientai, tačiau prireikus galima įvesti ir tam tikras papildomas priemones.

Saugaus eismo gerinimo priemonės ir jų poveikio avaringumui koeficientai TARVA metodikoje (kurių nėra lietuviškoje versijoje TARVAL) pateikti 2.2 lentelėje.

Suomijoje 1995 m. sukurta programa TARVA per daugiau kaip 13 metų jos naudojimo laikotarpį buvo patobulinta daugiau kaip 10 kartų. Paskutinės šios programos versijos leidžia ne tik parinkti saugaus eismo gerinimo priemones avaringuose kelių ruožuose, bet ir prognozuoti eismo įvykius naujai tiesiamuose bei rekonstruojamuose automobilių keliuose. Tai leidžia iš anksto parinkti reikiamas saugaus eismo priemones ir vykdyti eismo įvykių prevenciją.

2.2 lentelė. Eismo saugumo gerinimo priemonės TARVA metodikoje, kurių nėra lietuviškoje TARVAL versijoje

Table 2.2. Road safety improvement measures of TARVA methodology not included into the Lithuanian TARVAL version

Priemonės Nr.	Eismo saugumo gerinimo priemonė	Poveikio koeficientai TARVA eismo įvykiams su:		
		automobiliais	pėsčiais ir dviračiais	gyvūnais
1	2	3	4	5
261	Papildomos eismo juostos įrengimas	0,95	0,95	1
265	Priešingų krypčių transporto eismo atskyrimas	0,83	1	1
287	Nežymus sankryžos tobulinimas	0,95	0,95	1
290	Saugumo salelių įrengimas šalutiniame kelyje	0,95	0,95	1
305	Sankryžos su geležinkeliu tobulinimas	0,95	0,95	1
501	Kelio šlaitų nuolydžių mažinimas	0,95	1	1
504	Kliūčių šalinimas kelkraščiuose (medžių kirtimas ir pan.)	0,95	1	1
521	Leistino važiavimo greičio ribojimas	0,95	0,95	0,95
639	Kelio atitvarų tobulinimas	0,975	1	1
640	Kelio važiuojamosios dalies krašto ženklavimas medžiagomis, sukeliančiomis mechaninį akustinį efektą	0,97	1	1
641	Kelio važiuojamosios dalies ašinės linijos ženklavimas medžiagomis, sukeliančiomis mechaninį akustinį efektą	0,97	1	1
653	Transporto priemonių važiavimo greitį slopinančių kalnelių įrengimas	0,85	0,85	0,85
671	Greičio padidinimas nuo 30 iki 40 km/h	1,098	1,098	1,098
672	Greičio mažinimas nuo 40 iki 30 km/h	0,911	0,911	0,911
673	Greičio padidinimas nuo 30 iki 40 km/h	1,205	1,205	1,205
674	Greičio mažinimas nuo 50 iki 30 km/h	0,83	0,83	0,83
685	Greičio mažinimas nuo 80 iki 60 km/h	0,83	0,83	0,83
686	Greičio mažinimas nuo 80 iki 50 km/h	0,756	0,756	0,756
901	Lenkimo juostos įrengimas	0,924	0,41	0,5

2.4. Konfliktinių eismo taškų Švedijos automobilių keliuose nustatymo metodika

Švedija neturi parengusi eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos, panašios į Lietuvoje naudojamą TARVAL. Tačiau jų turima ir taikoma metodika *Traffic Conflict Technique* leidžia nustatyti transporto priemonių eismo konfliktines situacijas, kylančias tarp atskirų eismo dalyvių, kelio ruože ar sankryžoje, dar prieš įvykstant eismo įvykiams. Turint tokius duomenis galima iš anksto parinkti eismo saugumo gerinimo priemones, kurios padėtų užkirsti kelią galimiems eismo įvykiams (Hyden 1987; Lund University... 1992; Lund University... 1994).

Eismo konfliktinių taškų nustatymo metodikos pradininkas yra automobilių gamintojas „General Motors“ Jungtinėse Amerikos Valstijose. Automobilių gamintojai norėjo sukurti metodiką, kuria galėtų įvertinti transporto priemonės dizaino įtaką eismo saugumui. 1970 m. Lundo mieste (Švedija) ši metodika buvo pradėta tobulinti. Siekiant tobulinti transporto eismo organizavimą labai svarbu nustatyti pavojingas vietas ir (arba) situacijas kelyje, išsiaiškinti, kodėl jos yra pavojingos. Taikant konfliktinių eismo taškų nustatymo metodiką (*The Traffic Conflict Technique*) nesudėtingai galima nustatyti pavojingas vietas bei situacijas kelyje. Konfliktinių situacijų nustatymo metodika paremta stebėjimo metodu, kai pavojingos situacijos kelyje bei rimti eismo konfliktai užfiksuojami stebėtojo (žmogaus) sekančio realią situaciją. Dažniausiai prieš atliekant kelio rekonstrukciją ar diegiant eismo saugumo gerinimo priemonę tam tikrame kelio ruože reikia atlikti jau įvykusių eismo įvykių statistikos analizę. Tačiau remiantis šia metodika galima užbėgti eismo įvykiams už akių ir tirti pavojingas situacijas, vadinamas „beveik eismo įvykis“ („*Almost an Accident*“), jas išanalizuoti ir imtis tam tikrų prevencinių priemonių. Taip pat galima atlikti tyrimus, ar įdiegta saugaus eismo gerinimo priemonė yra efektyvi, ar ne. Labai pavojingos eismo situacijos susidarymas kelyje yra beveik tas pat, kaip ir rimtas eismo įvykis (2.2 pav.). Skirtumas tik tas, kad šiuo atveju susidūrimo nėra ir nukentėjusiųjų nėra, nes kažkuris eismo dalyvis ėmėsi tam tikrų veiksmų eismo įvykiui išvengti (stabdymas, važiavimo trajektorijos pakeitimas ir kt.).

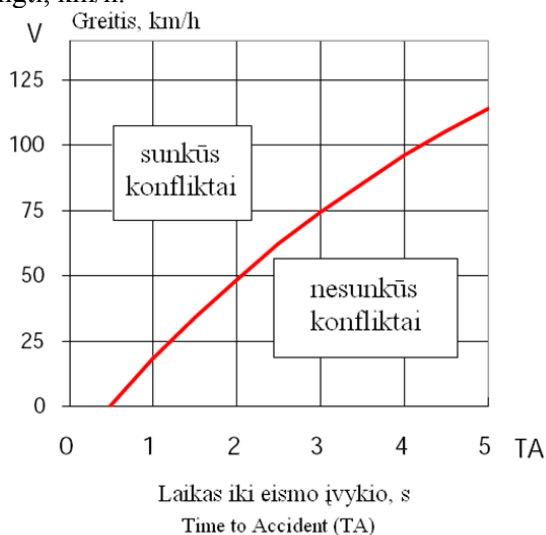
Atliekant tyrimus pagal šią metodiką nereikia sudėtingos aparatūros ar įrenginių. Jau po savaitės treniruočių inžinierius gali atlikti minėtus tyrimus. Konfliktinių eismo taškų nustatymo metodika yra veiksmingesnė, jei vienu metu remiamasi keletu metodų, pavyzdžiui, eismo dalyvių elgesio tyrimais, eismo įvykių analize, įvairių eismo dalyvių sąveikos tarpusavyje tyrimais (Lund University... 1992; Almqvist, Hydén 1995).

mo taško ir greitį tuo momentu, kai buvo pradėta imtis veiksmų (*Evasive Action*) susidūrimui išvengti (3 priedas) (Lund University... 2007):

TA – laikas iki eismo įvykio (*Time to Accident*), s;

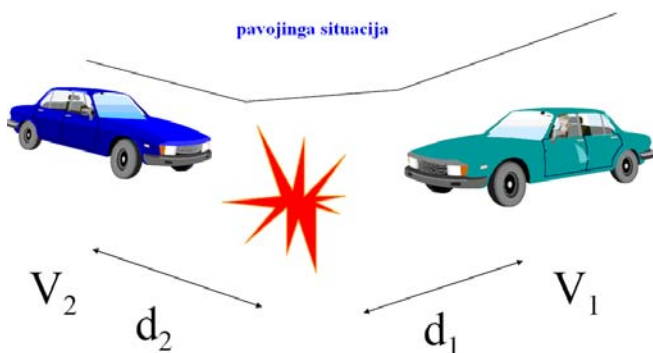
d – atstumas iki galimo susidūrimo taško, m;

v – greitis tuo momentu, kai buvo pradėta imtis veiksmų (*Evasive Action*) susidūrimui išvengti, km/h.



2.3 pav. Riba tarp sunkių ir lengvų konfliktinių situacijų kelyje
(Lund University... 1994; Archer 2001)

Fig. 2.3. Boundary between the heavy and slight conflict situation on the road (Lund University... 1994; Archer 2001)



2.4 pav. Konfliktinės situacijos pavyzdys

Fig. 2.4. Example of conflict situation

Norint pritaikyti eismo konfliktinių situacijų analizę praktikoje, reikia atlikti stebėjimus laikotarpiu nuo 3 iki 5 dienų. Tyrimą turi atlikti specialiai parengtas ir mokytas specialistas. Specialistai rengiami Lundo universitete, Švedijoje, tačiau prireikus mokymai gali būti vykdomi ir kituose Švedijos miestuose ar užsienyje. Intensyvūs mokymo kursai trunka vieną savaitę, o mokymus sudaro teorinė ir praktinė dalys. Stebėtojo užduotis – nustatyti konfliktinę situaciją ir ją aprašyti, taip pat apytiksliai nustatyti atstumą iki galimo konflikto taško bei transporto priemonių važiavimo greitį. Stebėti reikalingos šios priemonės: registravimo lapas, rašiklis, atitinkama apranga, filmavimo kamera, greitį fiksuojantis įrenginys (nėra būtina). Dažniausia vienos dienos stebėjimus sudaro šeši ar septyni vienos valandos laiko intervalai. Paprastai visi stebėjimai yra fiksuojami filmavimo kamera, kuri pastatoma tokioje vietoje, kad filmavimo laukas apimtų visą tiriamą ruožą. Filmavimas reikalingas tolesnei ir tikslesnei eismo sąlygų analizei tiriamame kelio ruože atlikti. Filmuotos medžiagos analizavimas kartu atlieka ir mokomąją funkciją.

Vizualinių tyrimų metu konfliktinės situacijos analizei stebėtojas turi užpildyti specialią „Konfliktinės situacijos registravimo“ formą (4 priedas), kurioje fiksuojami šie duomenys (Lund University... 2007):

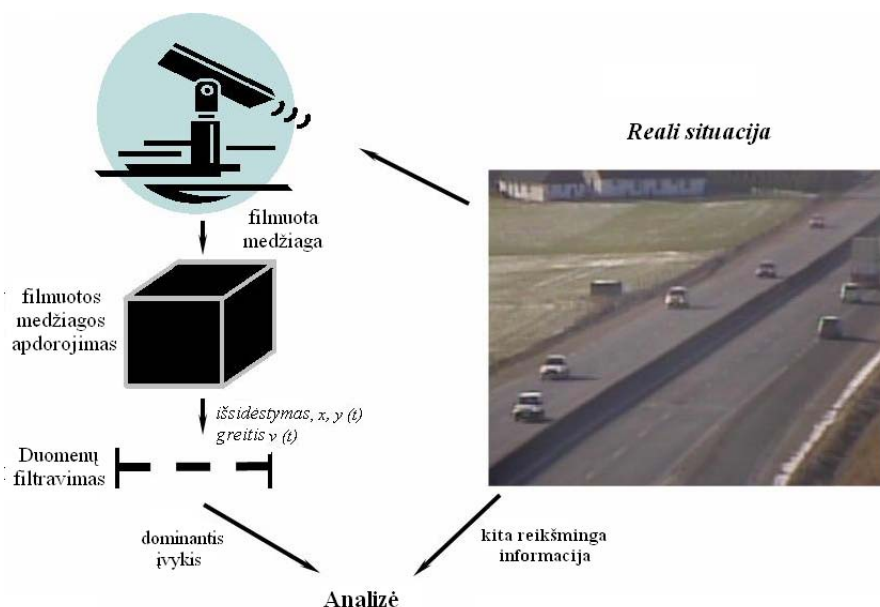
1. Bendrieji duomenys (tikslus vizualinių tyrimų laikas, vieta, oro sąlygos, kelio dangos būklė ir kt.).

2. Duomenys apie užfiksuotą konfliktinę situaciją (eismo dalyvių ir transporto priemonių, tarp kurių kilo konfliktinė situacija, rūšis, amžius, lytis, atstumas iki galimo konflikto taško, važiavimo greitis ir kt.).

3. Grafinė konfliktinės situacijos schema.

Eismo saugumo situaciją kelyje galima apibūdinti įvairiai. Pavyzdžiui, eismo saugumas gali būti apibūdinamas įvykusių eismo įvykių skaičiumi, tačiau tai nėra pats geriausias būdas eismo saugumui vertinti. Norint atlikti eismo saugumo situacijos analizę neužtenka vien tik apskaičiuoti tikėtinų eismo įvykių skaičių. Būtina įvertinti riziką eismo įvykiui įvykti, ir tai turi būti eismo saugumo situacijos analizės pagrindas.

Iki šiol visus vizualinius tyrimus kelyje ir gautų rezultatų analizę atliko žmogus, tačiau šiuo metu konfliktinių situacijų nustatymo metodika yra tobulinama. Lundo universiteto mokslininkai kuria kompiuterinę programą – automatinę vaizdo analizės sistemą (2.5 pav.), kuri padeda konfliktines situacijas kelyje, atstumus iki galimo susidūrimo taško bei transporto priemonių greičius fiksuoti stacionaria vaizdo kamera. Gauti duomenys apdorojami kompiuteriu (Jonsson 2007; Lund University... 2007).



2.5 pav. Automatinė vaizdo analizės sistema

Fig. 2.5. Automatic image analysis system

2.5. Saugaus eismo priemonių pagrindimo metodika Baltarusijoje

Saugaus eismo gerinimo priemonėms parinkti ir įdiegti Baltarusijos Respublikoje naudojamos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo rekomendacijos. Šios rekomendacijos sudarytos remiantis Baltarusijoje ir užsienio šalyse atliktų tyrimų rezultatais. Tyrimų metu buvo analizuojamos eismo sąlygos tuose kelio ruožuose, kuriuose įvyksta daugiausia eismo įvykių (Республиканское унитарное... 2001). Eismo įvykių koncentracijos ruožai nustatomi remiantis šiais rodikliais:

- įskaitinių eismo įvykių skaičiumi nagrinėjamame kelio ruože;
- santykinio avaringumo koeficientu (eismo įvykių skaičius, tenkantis 1 mln. aut. km), apskaičiuojamu pagal formulę:

$$Z = \frac{n \cdot 10^6}{N \cdot L \cdot m \cdot 365}, \quad (2.5)$$

čia: n – eismo įvykių skaičius nagrinėjamame kelio ruože per tam tikrą laiką; N – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas, aut./parą; L – nagrinėjimo kelio ruožo ilgis, km; m – metų skaičius (I–III kategorijos keliams – 3 metai, IV–V kategorijos – 5 metai).

Kai vidutinis metinis eismo intensyvumas yra didesnis nei 3000 aut./parą, eismo įvykių koncentracijos ruožams priskiriami tie kelių ruožai, kuriuose įskaitinių eismo įvykių skaičius per skaičiuojamą laikotarpį yra ne mažesnis nei nurodytas 2.3 lentelėje, o santykinio avaringumo koeficientas yra ne mažesnis kaip 0,3.

2.3 lentelė. Įskaitinių eismo įvykių skaičius per skaičiuojamą laikotarpį
Table 2.3. Number of fatal and injury accidents in a calculated period

Eismo intensyvumas, aut./parą	Mažiausias įskaitinių eismo įvykių skaičius jų koncentracijos ruožuose per trejus metus, kai ruožo ilgis yra, m				
	iki 200	200–400	400–600	600–800	800–1200
3000–7000	3	3	3	4	4
7000–11 000	3	3	4	4	5
11 000–13 000	3	3	4	5	5
13 000–15 000	3	4	4	5	6
15 000–17 000	3	4	5	5	6
17 000–20 000	4	4	5	6	7
Daugiau negu 20 000	4	4	6	6	8

Eismo įvykių koncentracijos ruožai nustatomi taip:

- Nuo atsitiktinai parinkto eismo įvykio adreso (pvz., pirmo nuo kelio pradžios) nuosekliai atidedamas atstumas („šablonas“) nuo didesnių reikšmių iki mažesnių jų pasikeitimo diapazone, nurodytų 2.3 lentelėje. Kiekvienai tokiu būdu nustatomi kelio atkarpa nustatomas eismo įvykių su nukentėjusiais žmonėmis skaičius per apskaičiuojamą laiką ir pagal (2.5) formulę apskaičiuojamas santykinio avaringumo koeficientas. Remiantis šių skaičiavimų rezultatais, nustatoma mažiausio ilgio (iš nagrinėjamų) kelio atkarpa, kurioje yra eismo įvykių koncentracija. Eismo įvykių koncentracijos ruožo ilgis laikomas lygiu nagrinėjamos kelio atkarpos nuo pirmojo iki paskutinio eismo įvykio ilgiui.

- Nuo eismo įvykio adreso kelyje atmatuojamas tas pats atstumas ir kiekviena kelio atkarpa apskaičiuojama taip pat. Remiantis šių nagrinėjamų kelio ruožų skaičiavimų rezultatais, nustatoma eismo įvykių koncentracijos vieta arba jos nebuvimas.

- Nuosekliai pereinant nuo vieno eismo įvykio adreso prie kito, atliekami minėti veiksmai. Skaičiavimai pasibaigia, kai apskaičiuojamas paskutinio eismo įvykio nagrinėjamo kelio ruožo adresas.

▪ Jeigu gretimų eismo įvykių koncentracijos ruožų vietos turi sutampančių zonų, jas reikėtų nagrinėti kaip vieną eismo įvykių koncentracijos ruožą.

Informacija apie visus eismo įvykius teikiama Valstybinės automobilių inspekcijos padaliniuose, rajonų arba miestų valstybinėse automobilių inspekcijos vidaus reikalų valdybose (toliau – VAI padaliniai), respublikinių automobilių kelių įmonėse, respublikinėje įmonėje „Belavtostrada“, sričių projektavimo, remonto ir statybos organizacijose ir respublikinėje įmonėje „Kompiuterių centras“ (Республиканское унитарное... 2001; Kapski *et al.* 2007; Ratkevičiūtė *et al.* 2008).

Renkant informaciją apie visus eismo įvykius, naudojama:

- eismo įvykio apskaitos kortelė (VAI padaliniai);
- žinios apie eismo įvykį (respublikinių automobilių kelių įmonės, „Belavtostrada“ ir projektavimo, remonto ir statybos organizacija);
- eismo įvykio administracinė medžiaga (VAI padaliniai);
- eismo įvykių bendrojo naudojimo keliuose statistikos duomenys („Kompiuterių centras“).

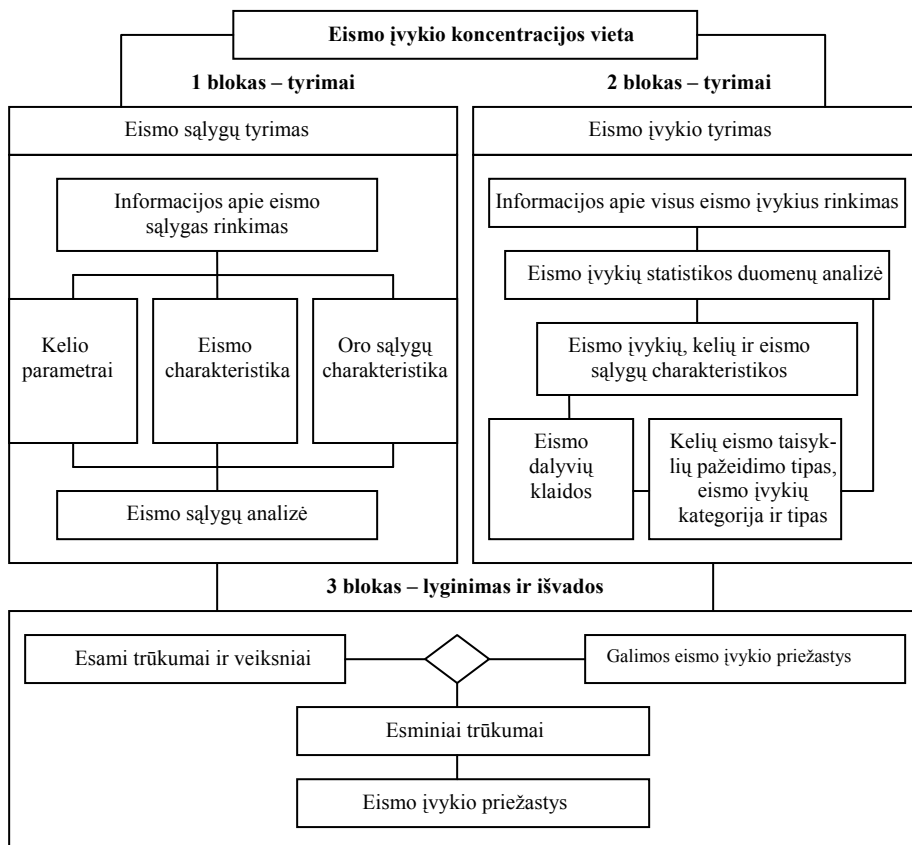
Norint gauti duomenis apie eismo intensyvumą keliuose, naudojami Baltarusijos kelių inžinerinio techninio centro surinkti duomenys. Juose apie kiekvieną eismo įvykių koncentracijos ruožą turi būti pateikta ši informacija:

- vidutiniai metiniai eismo intensyvumo per parą duomenys;
- vidutiniai mėnesiniai kiekvieno mėnesio eismo intensyvumo per parą duomenys;
- vidutiniai paros kiekvienos savaitės dienos eismo intensyvumo duomenys;
- vidutiniai valandos eismo intensyvumo per parą duomenys.

Baltarusijoje taikomoje metodikoje prognozuojama eismo įvykių skaičiaus sumažėjimo tikimybė vieneto dalimis nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus ir eismo įvykių su nukentėjusiais žmonėmis sumažėjimo tikimybė. 2.4 lentelėje pateikta dalis eismo saugumo gerinimo priemonių ir jų įtaka eismo įvykių skaičiui. Šioje metodikoje nurodyta daugiau nei 100 eismo saugumo gerinimo priemonių ir jų įtaka saugaus eismo gerinimui (5 priedas). Eismo įvykių priežasčių jų koncentracijos vietose nustatymo tvarka nurodyta 2.6 pav. (Департамент «Белавтодор»... 2008).

2.4 lentelė. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Baltarusijoje
Table 2.4. Effect of road safety improvement measures on the number of accidents in Belarus

Eil. Nr.	Saugaus eismo gerinimo priemonės	Eismo įvykių skaičiaus sumažėjimo tikimybė vieneto dalimis	
		nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus	eismo įvykiai su nukentėjusiais
1.1	Kreivėje		
1.1.1	Kreivės spindulio didinimas	0,67	0,63
1.1.2	Viražų įrengimas su važiuojamosios dalies platinimu	0,36	0,27
1.1.3	Matomumo gerinimas kreivėje	0,22	0,65
1.1.4	Eismą reguliuojančios salelės įrengimas	0,34	0,59
1.1.5	Atitvarų įrengimas kreivėje	0,16	0,32
1.1.6	Nukreipiančiųjų elementų įrengimas: esant 2-iems eismo juostoms esant daugiau nei 2-iems eismo juostoms	0,14 0,52	0,16 0,10
1.1.7	Įspėjamųjų kelio ženklų įrengimas arba jų atnaujinimas: esant 2-iems eismo juostoms esant daugiau nei 2-iems eismo juostoms	0,44 0,52	0,55 0,40
1.1.8	Įspėjamųjų kelio ženklų ir nukreipiančiųjų elementų įrengimas	0,22	0,41
1.1.9	Važiuojamosios dalies krašto ir ašinės linijos ženklinimas kreivėse, ženklų įrengimas	0,52	0,25
1.2	Kelių ruožai įkalnėse ir nuokalnėse		
1.2.1	Papildomos eismo juostos į įkalnę įrengimas	0,45	0,25
1.2.2	Skiriamosios juostos įrengimas išgaubtose kreivėse išilginiame profilyje	0,55	0,62
1.2.3	Atitvarų įrengimas nuokalnėse	0,12	0,16



2.6 pav. Eismo įvykių priežasčių, jų koncentracijos ruožuose nustatymo tvarka

Fig. 2.6. Procedure for the determination of accident causes and accident concentration on road sections

2.6. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika Lenkijoje

Lenkijos transporto ministerija vykdo saugaus eismo programą GAMBİT 2005 (Kelių eismo saugumo gerinimo šalies programa 2005–2007–2013). Į šios programos vykdymą įtraukta daug Lenkijos žinybinių institucijų, kurios dirba visos kartu siekdamos pagerinti eismo saugumo situaciją šalyje.

GAMBİT 2005 programoje yra pateikta metodika, kuria naudojantis galima apskaičiuoti naudą, gaunamą įdiegus eismo saugumo gerinimo priemones.

(Ministerstwo Infrastruktury... 2005). Metodikoje nurodyta daugiau nei 70 eismo saugumo gerinimo priemonių ir jų įtaka saugaus eismo gerinimui (6 priedas), 2.5 lentelėje pateikta dalis eismo saugumo gerinimo priemonių ir jų įtaka eismo įvykių skaičiui. Lenkijoje taikomoje metodikoje prognozuojamas susidūrimų su transporto priemonėmis, su dviračiais ir pėsčiaisiais sumažėjimas (%) (Programa Likwidacji... 2006).

2.5 lentelė. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Lenkijoje
Table 2.5. Effect of road safety improvement measures on the number of accidents in Poland

	Eismo saugumo gerinimo priemonė	Eismo įvykių ir susidūrimų sumažėjimas, %	
		su transporto priemonėmis	su dviratininkais ir pėsčiaisiais
1	Dviračių ir pėsčiųjų takų įrengimas	0	37
2	Dviračių ir pėsčiųjų perėjų įrengimas skirtingame lygyje	0	90
3	Saugumo salelių įrengimas važiuojamosios dalies ašyje	20	50
4	Saugumo salelės įrengimas sankryžos zonoje	20	70
5	Šviesoforas pėsčiųjų perėjoje	5	12
6	Kelio dangos ženklinimas pėsčiųjų perėjų vietose	5	28
7	Eismo juostos platinimas	0	15
8	Iškilios pėsčiųjų perėjos įrengimas	0	49
9	Atitvarų įrengimas	0	30
10	Asfalto dangos įrengimas žemos kategorijos keliuose	Padidėjo 10 %	Padidėjo 10 %
11	Dangos šiurkštumo sankryžoje didinimas	57	57
12	Iškilios skiriamosios juostos įrengimas, esamoje važiuojamojoje dalyje	90	50
13	Kelio apšvietimo įrengimas ant standžių atramų	10	30
14	Kelio apšvietimo įrengimas ant plastiškų atramų	15	30
15	Apšvietimo atramų keitimas iš standžių į plastiškus	5	0
16	Pastovių kliūčių šalinimas kelkraščiuose	80	0
17	Tinklo tvoros nuo žvėrių įrengimas kelkraščiuose	40 % įvykių su gyvūnais sumažėjimas	

2.6 lentelė. Kitos saugaus eismo gerinimo priemonės, kurioms nereikia didelių investicijų

Table 2.6. Other road safety improvement measures which need no large investments

Eismo saugumo gerinimo priemonė	Eismo įvykių skaičiaus sumažėjimas, %	
	su transporto priemonėmis	su pėsčiaisiais ir dviratininkais
Kameros, fiksuojančios transporto priemonės, pravažiavusias degant raudonam šviesoforo signalui, įrengimas (sankryžose arba reguliuojamose pėsčiųjų perėjose)	30	15
Transporto priemonių važiavimo greitį fiksuojančios kameros įrengimas	35	50
Saugos diržų naudojimas	45 % mažiau žuvusių, 50 % mažiau sužeistų	
Automobilių kelių priežiūros žiemą kokybės gerinimas	5	5

2.6 lentelėje nurodytos eismo saugumo gerinimo priemonės, kurioms nereikia didelių investicijų, tačiau yra labai efektyvios gerinant eismo saugumą automobilių keliuose.

2.7. Atskirose šalyse taikomų metodikų palyginimas

Lygindami atskirose šalyse taikomas metodikas TARVAL (Lietuvos), TARVA (Suomijos), Baltarusijos ir Lenkijos, matomi šie pagrindiniai jų skirtumai:

- Baltarusijoje ir Lenkijoje taikomos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos yra sudėtingesnės negu TARVAL ar TARVA.
- Lenkijos metodikoje prognozuojamas susidūrimų sumažėjimas (%) su transporto priemonėmis, su dviratininkais ir pėsčiaisiais.
- Baltarusijos metodikoje prognozuojama eismo įvykių skaičiaus sumažėjimo tikimybė vieneto dalimis nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus ir eismo įvykių su nukentėjusiais sumažėjimo tikimybė.
- Lietuviškoje TARVAL ir Suomiškoje TARVA metodikų versijoje prognozuojami poveikio koeficientai eismo įvykiams su automobiliais, eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais, eismo įvykiams su gyvūnais.
- Poveikio koeficientai eismo įvykiams su gyvūnais išskirti tik TARVAL ir TARVA metodikose (nei Baltarusijos, nei Lenkijos metodikose jų nėra).

Lyginant atskirų nagrinėtų metodikų tą pačią saugaus eismo gerinimo priemonių prognozuojamus poveikio koeficientus, pastebima, kad jie skiriasi:

- Lietuviškoje TARVAL versijoje atitvarų įrengimas eismo įvykiams su automobiliais poveikio koeficientą numato 0,8; eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais – 0,95; eismo įvykiams su gyvūnais – 1.
- Baltarusijos metodikoje atitvarų įrengimas (nepriklausomai nuo jų tipo) eismo įvykio skaičiaus sumažėjimo tikimybę vieneto dalimis nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus numato 0,19; eismo įvykiai su nukentėjusiaisiais – 0,25.
- Lenkijos metodikoje atitvarų įrengimas eismo įvykių ir susidūrimų sumažėjimą (%) su transporto priemonėmis numato 0; su dviračiais ir pėsčiaisiais – 30.
- Lietuviškoje TARVAL versijoje pėsčiųjų ir dviratininkų takų įrengimas eismo įvykiams su automobiliais poveikio koeficientą numato 1; eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais – 0,7; eismo įvykiams su gyvūnais – 1.
- Baltarusijos metodikoje dviratininkų takų įrengimas eismo įvykių skaičiaus sumažėjimo tikimybę vieneto dalimis nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus numato 0,11; eismo įvykių su nukentėjusiais – 0,15.
- Lenkijos metodikoje dviračių takų įrengimas eismo įvykių ir susidūrimų sumažėjimą (%) su transporto priemonėmis numato 0; su dviračiais ir pėsčiaisiais – 20.

Suomijoje taikoma saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika TARVA yra labai artima lietuviškai šios programos versijai TARVAL, tačiau šiuo metu ji yra daug naujesnė ir skiriasi nuo pradinės TARVA programos versijos. Suomijos techninių tyrimų centro specialistai nuolat ją tobulina ir pritaiko dabartinei eismo situacijai šalies automobilių keliuose. Todėl eismo saugumo gerinimo priemonės, pagrindžiamos su patobulinta TARVA versija, yra kur kas tikslesnės. Naujausia TARVA programos versija taip pat leidžia prognozuoti eismo įvykius naujai tiesiamuose ir rekonstruojamuose automobilių kelių ruožuose, parinkti eismo saugumą gerinančias priemones ir vykdyti eismo įvykių prevenciją.

Švedija neturi parengusi eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos, panašios į Lietuvoje taikomą TARVAL. Tačiau šios šalies turima ir naudojama metodika *Traffic Conflict Technique* leidžia nustatyti konfliktines transporto priemonių eismo situacijas, kylančias tarp atskirų eismo dalyvių, kelio ruože ar sankryžoje, dar prieš įvykstant eismo įvykiams. Turint tokius duomenis galima parinkti eismo saugumo gerinimo priemones, kurios padėtų užkirsti kelią galimiems eismo įvykiams.

2.8. Antrojo skyriaus išvados

1. Palyginę Lietuvoje, Suomijoje, Švedijoje, Baltarusijoje ir Lenkijoje taikomas metodikas matome, kad:
 - Lenkijos metodikoje prognozuojamas susidūrimų sumažėjimas (%) su transporto priemonėmis, su dviračiais ir pėsčiaisiais.
 - Baltarusijos metodikoje prognozuojama eismo įvykių skaičiaus sumažėjimo tikimybė vieneto dalimis nuo bendrojo eismo įvykių skaičiaus ir eismo įvykių su nukentėjusiais sumažėjimo tikimybė.
 - Švedijoje taikoma konfliktinių taškų nustatymo bei priimta TARVA metodika leidžia prognozuoti konfliktines eismo situacijas atskiruose kelių ruožuose ir parinkti prevencines saugaus eismo gerinimo priemones iki tol, kol šis ruožas dar netapo „juodąja dėme“.
 - Lietuviškoje TARVAL versijoje prognozuojami poveikio koeficientai eismo įvykiams su automobiliais, eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais, eismo įvykiams su gyvūnais.
 - Poveikio koeficientai eismo įvykiams su gyvūnais išskirti tik TARVA ir TARVAL metodikose (nei Baltarusijos, nei Lenkijos metodikose jų nėra).
2. Baltarusijos, Lenkijos ir Suomijos naujausia TARVA metodikos versijoje numatyta daugiau eismo saugumo gerinimo priemonių nei TARVAL metodikoje. Šios priemonės užsienio šalių metodikose yra labiau išskaidytos į atskiras sudėtines dalis, tai leidžia tiksliau jas parinkti saugaus eismo situacijai gerinti.
3. Būtina plėsti saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašą ir tikslinti šių priemonių poveikio koeficientus TARVAL metodikoje. Tai leistų tiksliau jas parinkti atskiroms Lietuvos kelių „juodosioms dėmėms“.
4. Būtina atnaujinti bei modernizuoti programos TARVAL senąją versiją. Tai leistų tiksliai ir nesudėtingai parinkti saugaus eismo priemones avaringuose automobilių kelių ruožuose.
5. Būtina išnagrinėti matematinių metodų taikymo galimybes ir parinkti modelius įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti.

Avaringumo rodiklių tyrimai ir vertinimas Lietuvos automobilių keliuose

Šiame skyriuje pateikiamas Lietuvos automobilių keliuose 1999, 2000, 2001 ir 2002 m. įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo vertinimas. Tuo tikslu išnagrinėti įskaitiniai eismo įvykiai ir jų priežastys 1995–2006 m. Siekiant išanalizuoti tik iš dalies pasiteisinusias saugaus eismo gerinimo priemones, buvo atlikti vizualiniai tyrimai ir detali saugaus eismo situacijos analizė tuose avaringuose kelių ruožuose, kuriuose tik iš dalies pasiteisino 1999, 2000, 2001 ir 2002 m. įdiegtos saugaus eismo gerinimo priemonės (Čygas *et al.* 2008). Atlikta saugaus eismo rodiklių analizė, leido parengti pasiūlymus ir rekomendacijas saugaus eismo priemonių pagrindimo metodikai tobulinti bei tolesniems tyrimams pagrįsti (Ratkevičiūtė *et al.* 2007; Čygas *et al.* 2004).

3.1. Lietuvos automobilių keliuose 1999–2002 m. įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizė

Norint atlikti įdiegtų eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumo analizę buvo kaupiami ir analizuojami avaringumo duomenys automobilių kelių ruožuose, kuriuose buvo įdiegtos eismo saugumo gerinimo priemonės. Avaringumo duomenys buvo lyginami prieš įdiegiant eismo saugumo gerinimo priemones ir praėjus 4 metams po jų įdiegimo (Hauer 2005). Atliekant įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizę buvo vertinami keturi etapai. Pasirinkti 48 avaringi kelių ruožai, kuriuose buvo įdiegtos saugaus eismo gerinimo priemonės 1999, 2000, 2001 ir 2002 m., t. y. buvo analizuojami 1995–2006 metų įskaitinių eismo įvykių duomenys.

Ekonominis vertinimas atliktas naudos ir sąnaudų analizės metodu. Pagal šį metodą projektas įvertintas lyginant naudą, kurią sudaro nuostolių dėl eismo įvykių ekonomija, su sąnaudomis, kurias sudaro saugaus eismo priemonių įdiegimas (VĮ TKTI 1995; Beckel *et al.* 2006). Ekonominis saugaus eismo priemonių vertinimas atliktas atskirai kiekvienai „juodajai dėmei“. Jautrumo analizė, atlikta pagal tris jautrumo testus (eismo intensyvumo augimo, saugaus eismo priemonių sąnaudų ir įvertinimo laikotarpio pokyčio), visi 48 nagrinėti atvejai rodė, kad investicijos į saugaus eismo priemones atsipirks (VĮ TKTI 1998; Čygas *et al.* 2007).

Kiekviena įdiegta saugaus eismo priemonė turi duoti tam tikros naudos. Todėl vertinant siūlomas priemones būtina nustatyti jų poveikį saugiam eismui. Šiuo metu Lietuvoje naudojama Suomijoje sukurta vertinimo metodikos TARVA adaptuota lietuviškoji versija TARVAL (Finnish National... 1998). Ši metodika leidžia prognozuoti eismo įvykių sumažėjimą per vienerius metus, įvertinus ketverių metų avaringumo rodiklius, eismo intensyvumą bei parinktas saugaus eismo gerinimo priemones. TARVAL programoje kiekviena eismo saugumo gerinimo priemonė turi tam tikrą suteiktą kodą (2 priedas).

Detali eismo įvykių statistika pateikiama 7–10 prieduose. Žemiau esančioje 3.1 lentelėje pateikta vieno avaringo kelio ruožo 4-ių metų eismo įvykių statistika prieš eismo saugumo gerinimo priemonės įdiegimą ir 4 metai po įdiegimo.

3.2 lentelėje pateikti apibendrinti eismo įvykių bei avaringumo rodiklių duomenys, visų nagrinėtų 48 kelių ruožų. Skaičiuojant avaringumo sumažėjimą, saugaus eismo gerinimo priemonių įdiegimo metų avaringumo duomenys nebuvo analizuojami ir vertinami, nes nėra tikslių duomenų, kurį mėnesį buvo įrengtos eismo saugumą gerinančios priemonės. 3.2 lentelėje pilkuose langeliuose

esantys skaičiai rodo eismo įvykių skaičiaus ir avaringumo koeficientų neigiamą pokytį įdiegus priemonę (Čygas *et al.* 2007; Čygas *et al.* 2008).

3.1 lentelė. Kelio A7 Marijampolė–Kybartai 24,22–27,24 km ruožo eismo įvykių statistika 1995–2003 m.

Table 3.1. Road accident statistics of the road A7 Marijampolė–Kybartai 24,22–27,24 km section, 1995–2003

Eil. Nr.	Data	Kelio Nr.	Km	Eismo įvykio rūšis	Žuvo	Sužeista
<i>Vilkaviškio rajono savivaldybė, kelias A7 (24,22–27,24 km)</i>						
1995–1998						
1	1995	A7	25,00	Susidūrimas su dviračiu	0	1
2	1995	A7	26,00	Susidūrimas	0	2
3	1996	A7	24,50	Susidūrimas su dviračiu	1	0
4	1997	A7	26,20	Susidūrimas su dviračiu	0	1
5	1997	A7	26,88	Susidūrimas	2	1
6	1997	A7	27,09	Užvažiavimas ant pėsčiojo	1	0
				Viso:	4	5
1	1999	A7	25,30	Užvažiavimas ant pėsčiojo	0	1
2000–2003						
1	2000	A7	25,23	Užvažiavimas ant pėsčiojo	1	0
2	2001	A7	24,70	Susidūrimas	1	1
3	2001	A7	27,00	Susidūrimas	0	1
4	2002	A7	24,80	Užvažiavimas ant pėsčiojo	1	0
5	2002	A7	26,02	Susidūrimas	0	2
6	2002	A7	26,14	Apvirtimas	0	1
7	2003	A7	24,28	Susidūrimas su dviračiu	0	1
8	2003	A7	24,50	Susidūrimas	0	2
				Viso:	3	8

3.2 lentelė. Eismo įvykių skaičiaus ir avaringumo koeficiento pokytis Lietuvos automobilių kelių ruožuose, įdiegus saugaus eismo gerinimo priemones 1999, 2000, 2001 ir 2002 m.

Table 3.2. Change in the number of accidents and accident rate on the road sections of Lithuania after implementation of road safety improvement measures in 1999, 2000, 2001 and 2002

Eil. Nr.	Kelio Nr.	Ruožo pradžia, km	Ruožo pabaiga, km	Ruožo ilgis, km	Saugaus eismo gerinimo priemonės Nr.	VMPEL aut./parą	VMPEL aut./parą	Eismo įvykių sk.	Žuvusiųjų sk.	Sužeistųjų sk.	Eismo įvykių sk.	Žuvusiųjų sk.	Sužeistųjų sk.	Žuvusiųjų sk.	Sužeistųjų sk.	AK prieš įdiegimą	AK 4 metai po įdiegimo	Faktinis AK sumažėjimas	Prognozuotas AK
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1999 m. įdiegtos priemonės						1995–1998	2000–2003	Iš viso 1995–1998 m.			Iš viso 2000–2003 m.			2000–2003 m. išvengta eismo įvykiuose per metus		1995–1998	2000–2003		
1	A1	86,30	87,20	0,90	901	4800	5017	12	3	13	7	3	6	0	1,75	1,90	0,92	0,98	1,71
2	A1	104,38	105,40	1,02	901	8500	9042	4	1	5	3	0	4	0,25	0,25	0,32	0,19	0,12	0,28
3	A1	110,40	111,20	0,80	901	9000	10250	9	3	6	1	1	0	0,5	1,5	0,86	0,07	0,78	0,77
4	A1	120,40	120,90	0,50	101, 901	8500	8970	5	2	3	1	0	1	0,5	0,5	0,81	0,13	0,67	0,70
5	A1	259,80	260,30	0,50	901	4800	5121	4	2	3	2	1	7	0,25	–1	1,14	0,47	0,68	1,03
6	A2	9,05	12,00	2,95	901	11000	11670	15	3	18	5	1	6	0,5	3	0,32	0,09	0,23	0,28
7	A4	15,00	15,50	0,50	209, 412	10500	11040	8	2	9	9	0	17	0,5	–2	1,04	0,97	0,07	0,78
8	A6	7,00	14,30	7,30	101, 204, 604, 901	8600	9710	55	13	57	42	9	57	1	0	0,60	0,35	0,25	0,54
9	A6	28,00	28,40	0,40	105, 204, 409	5800	6150	7	1	7	4	2	2	–0,25	1,25	2,07	0,97	1,10	1,95

3.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	A7	24,22	27,24	3,02	101	4331	4789	6	4	5	8	3	8	0,25	-0,75	0,31	0,33	-0,02	0,26
11	A7	38,70	40,80	2,10	101	3528	3879	6	2	4	14	4	17	-0,5	-3,25	0,55	1,02	-0,47	0,46
12	A8	57,60	63,90	6,30	604, 608, 702, 703, 704, 901	7500	8102	61	10	66	5	0	5	2,5	15,25	0,88	0,06	0,83	0,78
13	A8	64,00	64,40	0,40	401	7200	7150	5	1	6	0	0	0	0,25	1,5	1,19	0,00	1,19	0,86
14	A9	54,80	56,30	1,50	101, 901	6500	6780	6	3	5	7	2	7	0,25	-0,5	0,42	0,41	0,01	0,36
15	A9	56,30	57,20	0,90	101	6500	6780	5	1	4	4	0	8	0,25	-1	0,59	0,39	0,19	0,49
16	A9	71,45	72,60	1,15	103, 105, 901	5446	6478	10	1	12	7	4	4	-0,75	2	1,09	0,56	0,53	0,97
17	A11	10,80	12,37	1,57	901	5800	5970	5	2	3	1	0	1	0,5	0,5	0,38	0,06	0,31	0,34
18	A13	2,05	3,07	1,02	407	5700	5840	8	2	18	12	1	20	0,25	-0,5	0,94	1,20	-0,26	0,85
19	A13	5,60	6,30	0,70	407	5700	5840	5	0	12	4	1	6	-0,25	1,5	0,86	0,58	0,28	0,78
20	A13	10,20	10,30	0,10	409	5700	5840	6	0	7	0	0	0	0	1,75	7,21	0,00	7,21	6,84
21	101	17,00	17,30	0,30	409	5500	6102	5	0	10	1	0	1	0	2,25	2,08	0,33	1,75	1,97
22	102	24,70	25,40	0,70	204, 409	2913	3012	6	0	8	2	2	0	-0,5	2	2,02	0,56	1,45	1,92
23	120	14,20	14,80	0,60	101	2600	2970	5	2	4	1	1	3	0,25	0,25	2,20	0,33	1,86	1,82
24	130	7,60	9,15	1,55	103, 105, 901	5000	5342	18	0	20	27	3	33	-0,75	-3,25	1,59	1,94	-0,35	1,41
25	132	2,50	4,45	1,95	209, 407, 206, 901	4864	5741	8	1	11	4	0	4	0,25	1,75	0,58	0,21	0,36	0,51

3.2 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
26	140	6,60	7,40	0,80	106, 409	5000	5100	7	2	6	2	0	2	0,5	1	1,20	0,29	0,91	1,12
27	141	8,65	12,10	3,45	101, 203, 901	7243	7600	15	2	18	14	1	22	0,25	-1	0,41	0,32	0,09	0,36
28	153	0,95	1,90	0,95	101, 105	3600	3756	4	2	3	1	0	2	0,5	0,25	0,80	0,17	0,63	0,70
2000 m. įdiegtos priemonės						1996– 1999	2001– 2004	Iš viso 1996–1999 m.			Iš viso 2001–2004 m.			2001–2004 m. išvengta cismo įvykiuose per metus		1996– 1999	2001– 2004		
1	A10	35,30	36,63	1,33	101	3210	4099	3	2	1	3	1	3	0,25	-0,5	0,48	0,38	0,10	0,34
2	A8	24,95	26,00	1,05	101	2810	3139	4	0	4	6	2	9	-0,5	-1,25	0,93	1,25	-0,32	0,65
3	A1	116,00	116,62	0,62	901	13593	15983	3	1	2	0	0	0	0,25	0,5	0,24	0,00	0,24	0,19
4	A1	122,00	122,70	0,70	901	9758	15983	3	1	7	1	0	1	0,25	1,5	0,30	0,06	0,24	0,23
5	A5	5,40	6,79	1,39	901	5023	8393	4	0	5	2	0	2	0	0,75	0,39	0,12	0,27	0,30
2001 m. įdiegtos priemonės						1997– 2000	2002– 2005	Iš viso 1997–2000 m.			Iš viso 2002–2005 m.			2002–2005 m. išvengta cismo įvykiuose per metus		1997– 2000	2002– 2005		
1	141	205,20	207,20	2,00	206	7413	7782	3	1	5	8	3	11	-0,5	-1,5	0,14	0,31	-0,17	0,12
2	133	24,00	25,50	1,50	401	2621	3658	5	3	5	0	0	0	0,75	1,25	0,87	0,00	0,87	0,52
3	120	12,45	14,60	2,15	101	1680	1874	3	0	4	3	1	5	-0,25	-0,25	0,57	0,44	0,13	0,40
4	A6	135,10	135,90	0,80	901	3270	3843	3	0	3	4	2	3	-0,5	0	0,79	0,77	0,01	0,60
5	A6	22,80	26,30	3,50	704, 901, 604, 203	8998	10135	11	6	8	6	0	7	1,5	0,25	0,24	0,10	0,14	0,15
6	1906	35,80	38,92	3,12	101	250	283	4	0	5	2	0	2	0	0,75	4,39	1,35	3,04	3,07

3.2 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2002 m. įdiegtos priemonės						1998–2001	2000–2003	Iš viso 1998–2001 m.			Iš viso 2003–2006 m.			2003–2006 m. išvengta eismo įvykiuose per metus		1998 – 2001	2000– 2003		
1	A5	57,2	58,2	1,00	402	8295	11501	7	3	9	8	1	15	0,5	–1,5	0,58	0,48	0,10	0,18
2	A10	40,75	41	0,58	101	3991	4818	6	0	9	2	1	1	–0,25	2	1,78	0,49	1,29	1,58
3	A11	136	136,6	0,60	203	4012	5647	5	1	6	10	0	14	0,25	–2	1,42	2,02	–0,60	1,22
4	A12	9	13,4	4,40	101	1154	1482	4	0	4	3	2	1	–0,5	0,75	0,54	0,32	0,22	0,50
5	A12	43,82	49,48	5,66	101	3499	3705	12	4	25	5	0	9	1	4	0,42	0,16	0,25	0,38
6	122	71,8	76,8	5,00	203	1968	2736	4	2	2	2	0	3	0,5	–0,25	0,28	0,10	0,18	0,26
7	128	42,2	44,3	2,10	101	4081	6479	7	3	7	3	0	3	0,75	1	0,56	0,15	0,41	0,44
8	141	176	179,9	3,90	206, 410, 508, 603, 801	2624	2737	14	6	19	6	0	10	1,5	2,25	0,94	0,39	0,55	0,67
9	141	207,2	210	2,80	502, 607, 801	5224	8738	8	0	14	8	3	14	–0,75	0	0,38	0,22	0,15	0,09

Atlikus įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizę, nustatyta:

- Iš 1999 m. 28-iose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių jos pasiteisino 15-oje ruožų. Likusiuose 13-oje ruožų lauktų eismo saugumo pagerėjimo rezultatų nepasiekta. Laukiamo avaringumo koeficiento sumažėjimo nepasiekta 4-iose ruožuose.
- Iš 2000 m. 5-iose avaringuose kelių ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių jos pasiteisino 3-iuose ruožuose. Prognozuoto avaringumo koeficiento sumažėjimo negauta 1-ame kelio ruože.
- Iš 2001 m. 6-iose avaringuose kelių ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių jos pasiteisino 3-iuose ruožuose. Lauktų avaringumo koeficiento sumažėjimo rezultatų negauta 1-ame kelio ruože.
- Iš 2002 m. 9-iose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių jos pasiteisino 3-iuose kelio ruože. Likusiuose 6-iose ruožuose lauktų eismo saugumo pagerėjimo rezultatų nepasiekta. Avaringumo koeficiento sumažėjimo nepasiekta 1-ame kelio ruože.

3.2. Iš dalies pasiteisinusių saugaus eismo gerinimo priemonių analizė ir vertinimas

Siekiant išanalizuoti tik iš dalies pasiteisinusias saugaus eismo gerinimo priemones, buvo atlikti vizualiniai tyrimai ir detali saugaus eismo situacijos analizė tuose 24-iose avaringuose kelių ruožuose, kuriuose tik iš dalies pasiteisino 1999, 2000, 2001 ir 2002 m. įdiegtos saugaus eismo gerinimo priemonės (Čygas *et al.* 2008). Vizualinių tyrimų metu buvo analizuojama kelio aplinka, eismo dalyviai, jų elgesys, transporto priemonių sudėtis ir važiavimo greičiai, analizuotos galimos priežastys, kodėl nepasiteisino įdiegtos priemonės. 11 priede pateiktas visų 24-ių avaringų kelių ruožų aprašymas, toliau pateikiamas vieno avaringo kelio ruožo aprašymas, kuriame po eismo saugumo gerinimo priemonių įdiegimo avaringumo situacija nepagerėjo.

A7 kelias Marijampolė – Kybartai 24,22–27,24 km

1995–1998 metais šiame magistralinio kelio ruože įvyko 6 įskaitiniai eismo įvykiai, kuriuose žuvo 4 ir buvo sužeisti 6 eismo dalyviai. Pagrindinės eismo įvykių priežastys susidūrimas su dviračiu. 1999 metais šiame kelio ruože buvo įrengtas pėsčiųjų ir dviračių takas, kuris neturėjo įtakos avaringumo mažėjimui. Nesant šiame kelio ruože papildomų eismo saugumo gerinančių priemonių eismo įvykių su sužeistaisiais skaičius toliau didėjo. 2000–2003 metais eismo įvykių skaičius su sužeistaisiais padidėjo 0,75 eismo įvykiais/metus.

Ruožas yra šalia Vilkaviškio (2 km iki miesto). Šiame ruože kelias A7 kertasi su keliu iš Vilkaviškio: sudėtinga, paini sankryža, daug iškilų salelių. Vyks-

ta intensyvus pėsčiųjų ir dviratininkų eismas išilgai ir skersai kelio, sudarydamas avaringas situacijas. A7 kelio dešinėje pusėje yra įrengtas pėsčiųjų dviratininkų takas, tačiau nepaisant to žmonės naudojami važiuojamąja kelio dalimi. Šiame ruože dviratininkui ar pėsčiajam yra labai sudėtinga kirsti važiuojamąją dalį. Pagrindinės eismo įvykių rūšys: susidūrimai su dviračiu ir užvažiavimas ant pėsčiojo.



3.1 pav. A7 kelio Marijampolė – Kybartai ruožas 24,22–27,24 km

Fig. 3.1. The road A7 Marijampolė – Kybartai 24,22–27,24 km section



3.2 pav. A7 kelio Marijampolė – Kybartai ruožas 24,22–27,24 km

Fig. 3.2. The road A7 Marijampolė – Kybartai 24,22–27,24 km section

Atlikus vizualinius tyrimus visuose avaringuose kelių ruožuose, kuriuose tik iš dalies pasiteisino įdiegtos priemonės nustatyta, kad dažniausiai nepasiteisina dviračių takų įrengimas. Atlikta eismo įvykių analizė po šių priemonių įrengimo parodė, kad didžioji dalis eismo įvykių įvyksta žiemos sezono metu. Galima daryti išvadą, kad tuo metu pėsčiųjų ir dviratininkų takai yra nepakankamai prižiūrimi ir pėstieji bei dviratininkai yra priversti naudotis kelio važiuojamąja dalimi. Viena dažniausių avaringumo priežasčių kelių ruožuose kertančiuose gyvenvietes yra kelio parametrai, įvažiavus į gyvenvietę iš užmiesčio kelio jie nesikeičia, tai leidžia transporto priemonių vairuotojams nemažinti greičio iki 50 km/h važiuojant per miestelį ir važiuoti tokiu pačiu greičiu kaip ir užmiestyje.

3.3. Tyrimo rezultatų analizė ir vertinimas

Išnagrinėjus saugaus eismo gerinimo priemonių, įdiegtų Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose pagrindimo rezultatus 1995–2006 m., atlikus avaringumo rodiklių analizę po specialių priemonių įdiegimo bei detalai išanalizavus tik iš dalies pasiteisinusias saugaus eismo gerinimo priemones, nustatyta, kad šiuo metu Lietuvoje naudojama saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika neleidžia gana tiksliai parinkti saugaus eismo gerinimo priemonės avaringuose kelių ruožuose.

Atlikus užsienio šalyse naudojamų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizę ir įvertinus dabartinę eismo saugumo situaciją Lietuvos automobilių keliuose, teikiami šie pasiūlymai Lietuvoje taikomai metodikai tobulinti:

- tikslingiausia Lietuvoje patobulinti iki šiol taikomą saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodiką TARVAL;
- būtina atnaujinti ir papildyti Lietuvoje naudojamų saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašą;
- būtina patikslinti naudojamus saugaus eismo gerinimo priemonių poveikio koeficientus;
- remiantis metodika TARVAL reikia sukurti šiuolaikinę kompiuterinę programą „Saugaus eismo priemonių vertinimas“, kurią įdiegti būtų nesudėtinga ir prieinama automobilių kelių specialistams, neturintiems specialaus informatikos srities išsilavinimo;
- reikia atlikti sukurtos kompiuterinės programos testavimą ir bandomuosius skaičiavimus;
- kiekvienais metais programą papildyti naujausiais duomenimis apie eismo įvykius, vidutinį metinį paros eismo intensyvumą.

3.4. Trečiojo skyriaus išvados

1. Atlikus įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizę 48-iose avaringuose kelių ruožuose, kuriuose buvo įdiegtos saugaus eismo gerinimo priemonės, nustatyta, kad lauktų eismo saugumo pagerėjimo rezultatų nepasiekta 24-iose kelių ruožuose, t. y. 50 %; laukiamo avaringumo koeficiento sumažėjimo nepasiekta – 7-iose kelių ruožuose, t.y. 15 %; įdiegtos eismo saugumo gerinimo priemonės pasiteisino 24-iose kelių ruožuose, t. y. 50 %.
2. Išnagrinėjus Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo rezultatus 1995–2006 m., atlikus avaringumo rodiklių analizę po specialių priemonių įdiegimo bei detalai išanalizavus tik iš dalies pasiteisinusias saugaus eismo gerinimo priemones, nustatyta, kad šiuo metu Lietuvoje naudojama saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika neleidžia pakankamai tiksliai pagrįsti saugaus eismo gerinimo priemonių įdiegimo avaringuose kelių ruožuose.

Tyrimo duomenų taikymas saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modeliuose

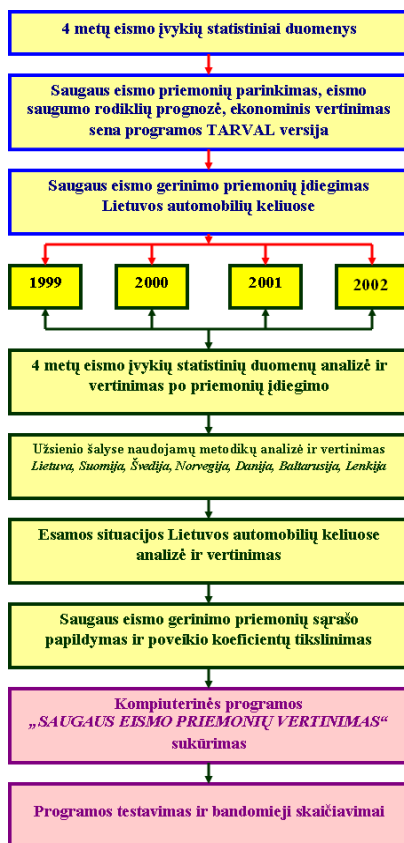
4.1. Duomenų taikymo saugaus eismo priemonių pagrindimo modeliuose svarba

Lietuvoje sudarytos išsamios eismo įvykių duomenų bazės, tiksliai fiksuojamos eismo įvykių vietos. Labai padidėjo kitų duomenų, reikalingų avaringumo analizei, kiekis ir tikslumas: eismo intensyvumas ir jo kitimas, saugaus eismo priemonės, tikslios jų įrengimo vietos ir pan. Visa tai leidžia sukaupti patikimus duomenis, jais remiantis atlikti detalią avaringumo analizę, patikslinti saugaus eismo priemonių sąrašą, jų poveikio koeficientus, tiksliau prognozuoti avaringumo rodiklius, atlikti ekonominius įvertinimus. Lietuvoje sukaupta patirtis rodo, kad būtina kuo skubiau atnaujinti saugaus eismo priemonių parinkimo ir jų poveikio įvertinimo modelį bei jį pritaikyti dabartinei Lietuvos automobilių kelių situacijai.

3 skyriuje ir 7–11 disertacijos prieduose pateikta atliktų avaringumo tyrimų analizė parodė, kad iki šiol naudojama TARVAL programa nepakankamai tiksliai įvertina diegiamas priemones ir prognozuoja saugaus eismo rodiklius. Todėl

buvo būtina ją tikslinti, įvertinus Lietuvos ir kitų šalių patirtį bei dabartinę eismo saugumo situaciją Lietuvos automobilių keliuose.

Lietuvoje taikomos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos tobulinimo etapai pateikti 4.1 pav. Tobulinant Lietuvoje iki šiol taikomą metodiką buvo atsižvelgta į per 12 metų Lietuvoje įgyvendintų inžinerinių saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizės rezultatus (7–11 priedai), užsienio šalių patirtį bei metodikas, saugaus eismo gerinimo priemonės ir jų poveikį saugiam eismui (12 priedas) (Čygas *et al.* 2009). 15 priede pateiktas papildytas priemonių sąrašas ir siūlomi poveikio koeficientai. Saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašas papildytas 59-iomis naujomis priemonėmis, kurios nebuvo naudojamos.



4.1 pav. Lietuvoje taikomos saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikos tobulinimo etapai

Fig. 4.1. Stages for the improvement of methodology used for the substantiation of road safety measures in Lithuania

4.2. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo modelio tobulinimas Lietuvos sąlygomis

Saugaus eismo priemonių vertinimo kompiuterinę programą sudaro dvi pagrindinės dalys (4.2 pav.):

- normatyvinės lentelės;
- duomenys ir skaičiavimai.



4.2 pav. Saugaus eismo priemonių vertinimo programos pagrindinis langas

Fig. 4.2. Main window of the computer program “Evaluation of Road Safety Measures”

4.2.1. Normatyvinės lentelės

Prieš pradėdant darbą su programa, būtina įvesti naujausius pradinio duomenis į paruoštas normatyvines lenteles (4.3 pav.).

4.3 pav. Normatyvinės lentelės

Fig. 4.3. Normative tables

Eismo įvykio kaina

Eismo įvykio kaina nustatoma pagal Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos generalinio direktoriaus įsakymu patvirtintus įkainius. Paskutiniai įkainiai patvirtinti 2008-11-19 įsakymu Nr. V-410 ir sudaro (4.4 pav.):

Žuvusiojo kaina, Lt	2010615
Sužeistojų kaina, Lt	182569
Techninio įvykio kaina, Lt	5797
Žuvusiojo kaina, Eu	0
Sužeistojų kaina, Eu	0
Techninio įvykio kaina, Eu	0
Metai:	2008

Išvest į Excel Išėiti

4.4 pav. Eismo įvykio įkainiai 2008 metams

Fig. 4.4. Cost of an accident in 2008

Jeigu norima analizuoti ankstesniais metais taikytas priemones ir jų efektyvumą, reikia naudoti tuo laikotarpiu galiojusius įkainius.

Eismo saugumo gerinimo priemonės

Eismo saugumo gerinimo priemonių poveikio lentelėje sukaupiti duomenys yra svarbiausi saugaus eismo valdymo sistemos įėjimo duomenys. Poveikio koeficientai skirstomi į tris grupes: eismo įvykiams su automobiliais, eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais, eismo įvykiams su gyvūnais. Taip pat nustatomas eismo įvykių pasekmių pokytis įdiegus tam tikras eismo saugumo

gerinimo priemonės. Saugaus eismo gerinimo priemonės gali turėti nevienodą įtaką eismo įvykių pasekmėms, todėl, atlikus papildomus tyrimus, poveikio koeficientus galima diferencijuoti pagal eismo įvykių pasekmes.

Priemonės gali būti standartinės ir individualios, kurios sistemoje dar neįvestos, tačiau yra galimybė įvesti naujas eismo saugumo gerinimo priemones.

Saugaus eismo gerinimo priemonių lentelėje yra įvesti šie duomenys:

Pavadinimas – eismo saugumo gerinimo priemonės pavadinimas.

Poveikio koeficientai įskaitiniams eismo įvykiams:

- *Su automob.* – prognozuojamas eismo saugumo gerinimo priemonės poveikio koeficientas eismo įvykiams su automobiliais (pagal eismo įvykių rūšis: 1. susidūrimas, 4. užvažiavimas ant kliūties, 5. apvirtimas, 7. atsitrenkimas į stovintį automobilį).
- *Su pėsč. ir dvir.* – prognozuojamas eismo saugumo gerinimo priemonės poveikio koeficientas eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais (pagal eismo įvykių rūšis: 2. susidūrimas su dviračiu, 3. užvažiavimas ant pėsčiojo).
- *Su gyvūn.* – prognozuojamas eismo saugumo gerinimo priemonės poveikio koeficientas eismo įvykiams su gyvūnais (pagal eismo įvykių rūšis: 6. kitos autoavarijos, pagal eismo įvykių schemas – Nr. 90 kitos autoavarijos – užvažiavimas ant gyvūno).

Poveikio koeficientas eismo įvykiams su sužeistaisiais parodo, kokia eismo įvykių dalis išliks įgyvendinus atitinkamą priemonę, pvz., poveikio koeficientas 0,9 reiškia, kad įgyvendinus priemonę tos grupės avaringumas sumažės 10 %.

Eismo įvykių pasekmių pokytis (Reduction of severity):

- *Žuv. su aut.* – prognozuojamas eismo įvykių su automobiliais pasekmių pokytis, įdiegus eismo saugumo gerinimo priemonę.
- *Žuv. su p. ir dvir.* – prognozuojamas eismo įvykių su pėsčiaisiais ir dviratininkais pasekmių pokytis, įdiegus eismo saugumo gerinimo priemonę.
- *Žuv. su gyvūn.* – prognozuojamas eismo įvykių su gyvūnais pasekmių pokytis, įdiegus eismo saugumo gerinimo priemonę.

Eismo įvykių pasekmių pokytis (*Reduction of severity*) parodo papildomą priemonės poveikį (Peltola 2000; Peltola 2007). Pavyzdžiui, tarkime, kad tam tikrame ruože įgyvendinama priemonė „Automatizuotos greičio kontrolės diegimas“. Šios eismo saugumo gerinimo priemonės poveikio koeficientas įskaitiniams eismo įvykiams su automobiliais yra 0,65, o eismo įvykių su automobiliais pasekmių pokytis yra 0,08. Tai reiškia, kad įgyvendinus priemonę prognozuojama, jog įskaitinių eismo įvykių skaičius sudarys 65 %, o tų eismo įvykių pasekmės – 59,8 % buvusio lygio ($0,65 \cdot (1 - 0,08) = 0,598$). Jeigu būtų įgyvendinama priemonė „Eismo juostų paplatinimas žemesnės kategorijos keliuose“, prognozuojamos eismo įvykių pasekmės padidėtų 15,5 %, palyginti su buvusiuoju lygiu ($1,1 \cdot (1 - (-0,05)) = 1,155$).

Mato vnt. –priemonės, kurios įrengimo kaina skaičiuojama, mato vienetas.

Vnt. kaina, tūkst. Lt – mato vieneto įrengimo ekonominė kaina, tūkst. Lt. Ekonominė kaina reiškia kainą be pridėtinės vertės mokesčio.

Priež. kaina, tūkst. Lt – mato vieneto ekonominė priežiūros kaina per metus, tūkst. Lt.

Poveikio laikas – laikas metais, per kurį priemonė nusidėvi pagal galiojančias normas.

Būtina pabrėžti, kad visos lentelėje pateiktos kainos yra orientacinės ir gali būti naudojamos tik pradiniam skaičiavimams: saugaus eismo priemonių prioritetams nustatyti, ilgametei ar vidutinio laikotarpio programai sudaryti ir pan. Analizuojant konkrečius projektus ir planuojant konkrečias priemones būtina taikyti duomenis iš sąmatų, o jei jų nėra – kainas skaičiuoti sustambintais rodikliais. Apskaičiuotas kainas reikia įvesti į lentelę.

Eismo intensyvumo ir eismo įvykio kainos prognozė

Saugaus eismo priemonės ilgalaikė nauda gali būti apskaičiuota tik sudarius eismo intensyvumo, statybos ir priežiūros kainų kitimo bei eismo įvykio kainų kitimo prognozę (palyginę 2008 m. ir 2006 m. eismo įvykio kainą matome, kad per 2 metus žuvusiojo kaina padidėjo 17 %).

Prognozė sudaroma planuojamam įgyvendinamos priemonės eksploatavimo laikotarpiui (t. y. iki to laiko, kol likutinė jos vertė pasidaro lygi 1 Lt).

„Automobilių kelių investicijų vadove“, patvirtintame 2006 m. spalio 31 d. Lietuvos automobilių kelių direkcijos generalinio direktoriaus įsakymu Nr. V-304, rekomenduojama taikyti 4 % eismo įvykio kainos metinį augimą ir 2,5 % statybos ir priežiūros kainos metinį augimą (VI TKTI... 2006c). Eismo intensyvumo prognozei sudaryti pagal buvusį daugiametį kitimą konkrečiame kelyje reikia atsižvelgti į kelio reikšmę, planuojamą gyvenamąją ir verslo plėtrą prie kelio ir pan.

Šiuo metu, kai vis didesnę masą įgauna ekonominė ir finansinė krizė, buvusios rekomendacijos netinka. Prognozes būtina koreguoti, atsižvelgiant į faktinius pokyčius. Skirtingai nuo eismo intensyvumo prognozės, kuri turėtų būti sudaryta kiekvienam nagrinėjamam kelio ruožui, eismo įvykio ir statybos ar priežiūros kainos prognozės turi būti bendros visai Lietuvai.

4.2.2. Duomenys ir skaičiavimai

Suvedus duomenis į normatyvines lenteles atliekami skaičiavimai. Skaičiavimų dalis sudaro trys etapai:

- duomenų įvedimas;
- eismo įvykių ir eismo įvykių nuostolių prognozės skaičiavimai;
- ekonominiai skaičiavimai.

Duomenų įvedimas

Duomenų įvedimo sritis parodyta 4.5 paveiksle.

Pasirinkite, kokiam keliui atliksite saugaus eismo priemonių vertinimą

☒ valstybinės reikšmės kelias ☐ kiti keliai arba gatvės

Kelias: 131

Pavadinimas: Alytus-Simnas-Kalvarija

Ruožo pradžia, km: 3 Ruožo ilgis (km): 0.500

Ruožo pabaiga, km: 3.5

Elastingumo koeficientas: 0.20

Maksimalus avaringumo koef.: 0.80

Techninių įvykių skaičius:

Laikotarpis nuo: 2005 iki: 2008 metų sk.: 4

Skaičiavimo laikotarpis: 20

Skaičiavimo data: 2009.01.01

Duomenys iš LAKIS

VMPEI (aut/para): 3369

Bendras įskaitinių įvykių sk.: 4

Bendras sužeistų žmonių sk.: 6

Bendras žuvusių žmonių sk.: 0 sužeista: žuvo:

Įsk. įvykių su automob. skaičius:	4	6	0
Įsk. įvykių su pėsč., dvirat. sk.:	0	0	0
Įsk. įvykių su gyvūn. skaičius:	0	0	0

Avaringumo koef.: 1.63 Avarių tankis: 2.00

4.5 pav. Duomenų įvedimo sritis

Fig. 4.5. Data input area

Duomenų įvedimo etapas detalai aprašytas 13 priede pateiktoje vartotojo instrukcijoje.

Elastingumo koeficientas

Elastingumo koeficientas parodo avaringumo priklausomybės laipsnį nuo eismo intensyvumo, jeigu nebūtų diegiamos saugaus eismo priemonės. Dėl tobulėjančių automobilių (oro pagalvės, modernūs saugos diržai, stabdžių antiblokavimo sistemos, sustiprintas automobilio kėbulas ir pan.) bei gerėjančios eismo dalyvių kultūros avaringumo pokytis nebūtinai atitinka eismo intensyvumo pokytį.

Išskaitinių eismo įvykių pokytis i metais ΔA_i gali būti prognozuojamas taip:

$$\Delta A_i = a \cdot e \cdot \Delta S_i, \quad (4.1)$$

čia a – bazinis eismo įvykių skaičius nulinais metais vienam mln. km; e – elastingumo koeficientas; ΔS_i – nuvažiuotų kilometrų skaičiaus pokytis, mln.

Pavyzdžiui, elastingumo koeficientas $e = 1$ reiškia, kad dvigubai padidėjus eismo intensyvumui avaringumas išsaugys taip pat dvigubai; $e = 0,5$ reiškia, kad dvigubai padidėjus eismo intensyvumui, avaringumas išsaugys 1,5 karto; $e = 0$ reiškia, kad avaringumas, augant eismo intensyvumui ir nediegiant saugaus eismo priemonių, nedidės.

Būtina pabrėžti, kad atlikti tokius skaičiavimus yra ypač sudėtinga, nes per visą analizuojamą laikotarpį keičiasi ne tik automobiliai ir vairavimo kultūra, bet taip pat diegiamos ir saugaus eismo priemonės. Tiksliai nustatyti, kokią įtaką avaringumui sudaro kiekviena komponentė, praktiškai neįmanoma. Todėl parenkant elastingumo koeficientą apsiribojama prielaidomis.

Analizuojant avaringumą Lietuvoje galima daryti prielaidą, kad per praėjusius keliolika metų iki 2007 m. avaringumas po truputį didėjo, nors ir ne taip sparčiai, kaip eismo intensyvumas. Per visą tą laikotarpį buvo įdiegta daug inžinerinių saugaus eismo priemonių, atlikta automobilių kelių rekonstrukcijos darbų, kurie turėjo didelę įtaką mažinant avaringumo augimą. Todėl galima daryti prielaidą, kad iki 2008 m. elastingumo koeficientas e buvo artimas vienetui. Šį koeficientą rekomenduojama naudoti analizuojant avaringumą iki 2008 m.

Tikėtina, kad 2008 m. įvyko lūžis eismo dalyvių kultūroje, todėl prognozuojant avaringumą ateityje rekomenduojama taikyti elastingumo koeficientą, lygų 0,15 ar 0,2.

Skaičiavimo laikotarpis

Skaičiavimo laikotarpis pasirenkamas pagal prognozuojamą eismo saugumo gerinimo priemonės gyvavimo laikotarpį. Rengiant projektus Europos Sąjungos fondams rekomenduojama taikyti 25 metų skaičiavimo laikotarpį. Rengiant projektus valstybės investicijų programai rekomenduojama taikyti 20 metų skaičiavimo laikotarpį.

Maksimalus avaringumo koeficientas $AK_{\max}$

Įvedamas ranka, kelių be skiriamosios juostos $AK_{\max} \leq 0,8$, kelių su skiriamąja juosta $AK_{\max} \leq 0,5$.

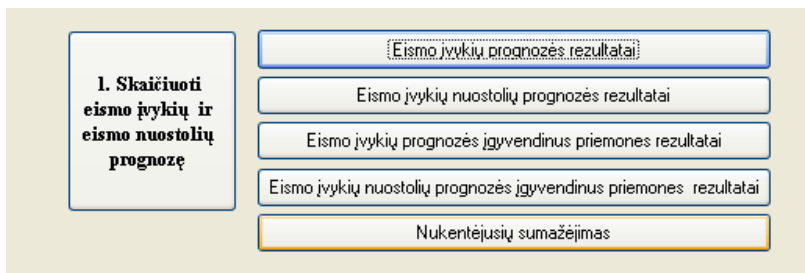
Duomenys iš LAKIS

„Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programoje įvesti vidutinio metinio paros eismo intensyvumo duomenys nuo 2005 m. iki 2008 m. bei išskaitinių eismo įvykių duomenys nuo 1997 m. iki 2008 m. Norint atlikti skaičiavimus anksčiau metais, šiuos duomenis reikia įvesti ranka. Taip pat kiekvienais metais į

programą reikia įvesti naujausius duomenis apie eismo intensyvumą bei eismo įvykius.

Eismo įvykių ir eismo įvykių nuostolių prognozės skaičiavimai

Eismo įvykių ir eismo įvykių nuostolių prognozės skaičiavimų meniu langas pateiktas 4.6 pav.



4.6 pav. Eismo įvykių ir eismo įvykių nuostolių prognozės skaičiavimai

Fig. 4.6. Forecast calculations of accidents and accident losses

Ekonominiai skaičiavimai

Ekonominis projektų vertinimas atliekamas apskaičiuojant ekonominius rodiklius. Vertinant nustatoma, ar ekonominiu požiūriu projektą tikslinga įgyvendinti socialiniu-ekonominiu požiūriu. Jei nagrinėjamos kelios alternatyvos, nustatoma, kuri iš jų yra priimtiniausia.

Saugaus eismo priemonių vertinimo programoje atliekamų ekonominių skaičiavimų tikslas – nustatyti ar, taikant Europos Sąjungos rekomenduojamą metodiką, pasirinktos saugaus eismo priemonės yra naudingos socialiniu-ekonominiu aspektu, t. y. ar prognozuojama nauda bus didesnė už planuojamas išleisti lėšas.

Ekonominiai skaičiavimai atliekami pagal Europos Komisijos regioninės plėtros direktorato parengto vadovo „Investicijų projektų sąnaudų ir naudos analizės vadovas“ bei Europos Komisijos darbo dokumento Nr. 4 „Ekonominės naudos analizės atlikimo metodikos gairės“ rekomendacijas (European Commission... 2002; Europos komisija... 2006).

Būtina atlikti kiekvienos planuojamos priemonės skaičiavimus, jeigu renigiama galimybių studija, prašant paramos iš Europos Sąjungos fondų, arba projektas yra įtrauktas į Valstybės investicijų programą.

Skaičiavimų esmė – diskontuotos naudos palyginimas su diskontuotomis sąnaudomis. Pinigų srautas išreiškiamas naudos ir sąnaudų skirtumu, kurį reikia įvertinti atsižvelgiant į būsimą pinigų nuvertėjimą ateityje. Nuvertėjimas nustatomas diskontuojant būsimas sąnaudas ir būsimą naudą pagal diskonto normą

(t. y. kapitalo metinį palūkanų nuvertėjimą). Diskontuoti pradėdama pirmaisiais statybos metais.

Prieš imant skaičiuoti, programinė įranga pasiūlo patvirtinti arba pasirinkti diskonto normą intervale tarp 1,025 ir 1,15. Pagal nustatytuosius parametrus „naujosioms“ Europos Sąjungos šalims 2007–2013 metams siūloma taikyti rekomenduojamą normą, lygią 1,055. Kitokią diskonto normą reikėtų įvesti, jeigu Europos Sąjungos arba Lietuvos institucijos pakeistų reikalavimus.

Prieš pradėdant skaičiuoti, reikia pasirinkti, kokios kainos – kintamos ar pastovios – bus taikomos:

- skaičiuojant kintamomis kainomis taikomi eismo intensyvumo ir kainų prognozės lentelėje pateikti koeficientai (13 priedas);
- skaičiuojant pastoviomis kainomis šie koeficientai prilyginami 1.

Nuolat augant ekonomikai rekomenduojama taikyti kintamas kainas. Šalims, kurių būsimas vystymasis neaiškus, rekomenduojama taikyti pastovias kainas (užsienio ekspertai maždaug iki 1997–1998 m. tokią metodiką taikė Lietuvai). Jeigu dabartinė ekonominė krizė užsitęs ir prognozės taps visiškai nepatikimos, bus tikslinga taikyti pastovias kainas.

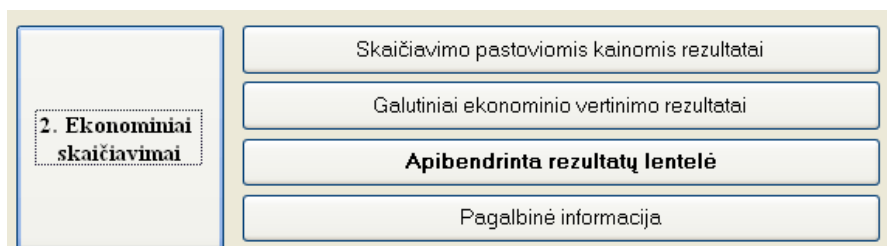
Kadangi, taikant pastovias kainas, gaunami mažesni ekonominiai rodikliai, palyginimui galima naudoti abu būdus. Vartotojo patogumui programoje skaičiavimai abiem būdais atliekami iš karto, t. y. galima traktuoti, kad iš karto atliekama jautrumo analizė pagal vieną iš komponentų.

Jeigu, skaičiuojant tiek kintamomis, tiek nuolatinėmis kainomis, projekto ekonominiai rodikliai yra teigiami, galima teigti, kad projektas yra patrauklus.

Tačiau jeigu skaičiuojant pastoviomis kainomis rezultatai bus nepatenkinami, vadinasi, projektas yra rizikingas. Šiuo atveju reikia:

- keisti planuojamas diegti eismo saugumo gerinimo priemones;
- diegiant tas pačias eismo saugumo gerinimo priemones atpiginti projektą garantuojant tokį pat avaringumo sumažėjimą.

4.7 pav. parodyta, kokie rezultatai gali būti apskaičiuoti šiame etape.



4.7 pav. Ekonominių rodiklių skaičiavimai
Fig. 4.7. Calculations of economic indices

Pagrindiniai įverčiai, naudojami projekto ekonominėje analizėje, yra šie:

- grynoji dabartinė vertė GDV;
- vidinė gražos norma VGN;
- naudos ir sąnaudų santykis N/S (projekto rentabilumas).

Projekto GDV parodo projekto absoliutų efektą, atsižvelgiant į laiko veiksnį per projekto gyvavimo laikotarpį. GDV apskaičiuojama pagal (4.2) formulę:

$$N = \sum_{t=1}^k \frac{G_t}{(1+r)^t}, \quad (4.2)$$

čia: N – projekto GDV; G_t – t -ųjų metų projekto pinigų srautas; r – diskonto norma; k – projekto gyvavimo laikotarpis.

$$G_t = P_t - I_t, \quad (4.3)$$

čia: P_t – t -ųjų metų nauda; I_t – t -ųjų metų sąnaudos.

Vienas svarbiausių ekonominių rodiklių yra **vidinė gražos norma** – VGN . Projekto VGN laikoma diskonto norma r' , esant kuriai projekto pinigų srautų grynoji dabartinė vertė yra lygi 0, t. y.:

$$VGN = r', \text{ kai } N = f(r') = 0, \quad (4.4)$$

čia: VGN – vidinė gražos norma; N – projekto GDV.

Šis rodiklis nusako investicijų rentabilumą ir parodo maksimalų leistiną santykinį (procentinį) investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas tampa nerentabilus. Pagal reikalavimus projektas yra priimtinas, jei $r' \geq 5,5\%$.

Naudos ir sąnaudų santykis N/S (projekto rentabilumas):

$$N/S = N_{\text{disk}} / I_{\text{disk}}, \quad (4.5)$$

čia: N/S – naudos ir sąnaudų santykis; N_{disk} – diskontuota nauda; I_{disk} – diskontuotos sąnaudos.

Apibendrinta rezultatų lentelė. Šioje lentelėje pateikiami duomenys apie kelio ruožą, kuriame numatoma diegti atitinkamas eismo saugumo gerinimo priemonės, pateikiami šio kelio ruožo eismo intensyvumo, avaringumo duomenys, numatomos diegti eismo saugumo gerinimo priemonės ar jų kompleksas, pateikiami apibendrinti prognozuojamo efektyvumo duomenys įdiegus priemo-

nes. Programa pagal ekonominius rodiklius bei prognozuojamą avaringumo koeficientą pati įvertina projekto patrauklumą, kuris gali būti:

I NEPATENKINAMAS:

- Jei $VGN < 5,5 \%$, $AK > 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK > 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Ekonominis projekto patrauklumas nepatenkinamas. Rekomenduojama projektą iš esmės keisti arba jo atsisakyti.

- Jei $VGN < 5,5 \%$, $AK \leq 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK \leq 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Projekto patrauklumas nepatenkinamas.

II PATENKINAMAS:

- Jei $5,5 \% \leq VGN < 8 \%$, $AK > 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK > 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Ekonominis projekto patrauklumas patenkinamas. Projektą būtina persvarstyti.

- Jei $5,5 \% \leq VGN < 8 \%$, $AK \leq 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK \leq 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Projekto patrauklumas patenkinamas.

III GERAS:

- Jei $8 \% \leq VGN < 12 \%$, $AK > 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK > 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Ekonominis projekto patrauklumas geras. Avaringumo koeficientas didelis, projektą tikslinga persvarstyti.

- Jei $8 \% \leq VGN < 12 \%$, $AK \leq 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK \leq 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Projekto patrauklumas geras.

IV LABAI GERAS:

- Jei $VGN > 12 \%$, $AK > 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK > 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Ekonominis projekto patrauklumas labai geras. Avaringumo koeficientas didelis, projektą tikslinga persvarstyti.

- Jei $VGN > 12 \%$, $AK \leq 0,8$ kelių be skiriamosios juostos ir $AK \leq 0,5$ kelių su skiriamąja juosta:

Projekto patrauklumas labai geras.

4.3. Saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo patobulinto modelio patikra

Kompiuterinės programos testavimo pagrindinis tikslas – įsitikinti, ar visi programiniai moduliai veikia nepriekaištingai. Tuo tikslu įvedami pradiniai duomenys ir vykdomi visi programos meniu lange numatyti galiniai skaičiavimai. Detalūs bandomųjų skaičiavimų rezultatai pateikti disertacijos 14 priede.

Bandomieji skaičiavimai atlikti tuose kelių ruožuose, kuriuose, įdiegus eismo saugumo gerinimo priemones ar jų kompleksą, laukto avaringumo koeficiento sumažėjimo nepasiekta. Skaičiuojant nuostolius dėl eismo įvykių buvo naudoti skaičiuojamais metais galioję įkainiai eismo įvykiams su žuvusiais ir sužeistais bei techniniams eismo įvykiams (pavyzdys 4.1 lentelėje). Atsižvelgus į 4.2 skyriuje pateiktas rekomendacijas, elastingumo koeficientas buvo pasirinktas $e = 1$, ekonominiai rodikliai skaičiuoti taikant pastovias kainas. Skaičiuojant naujai sudarytu modeliu, buvo tikrinama koks prognozuojamas eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumas būtų gautas, jei vertintume anksčiau numatytas įdiegti priemones (pavyzdys 4.2 lentelėje) ir kokie sprendimai galėtų išspręsti saugaus eismo problemas avaringame kelio ruože (pavyzdys 4.3 lentelėje). Žemiau esančiose 4.1, 4.2 ir 4.3 lentelėse pateikiami bandomųjų skaičiavimo rezultatai avaringame A7 kelio Marijampolė–Kybartai 24,22–27,24 km ruože. Visų bandomųjų skaičiavimų rezultatai pateikiami 14 priede.

4.1 lentelė. A7 kelio Marijampolė–Kybartai 24,22–27,24 km ruože atliekant bandomuosius skaičiavimus naudoti įverčiai

Table 4.1. Values used for test calculations of the road A7 Marijampolė–Kybartai 24,22–27,24 km section

1999 m.	
Elastingumo koeficientas	1,00
Eismo įvykio kaina su žuvusiais, Lt	1089925
Eismo įvykio kaina su sužeistais, Lt	88133
Techninio eismo įvykio kaina, Lt	4790
Diskonto norma	5 %
Skaičiuojant kainą	pastovios

4.2 lentelė. Bandomųjų skaičiavimų kelio A7 24,22-27,24 km ruože rezultatai (prognozuojamas anksčiau numatytų eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumas)

Table 4.2. Results of test calculations of the road A7 24,22-27,24 km section (the forecasted effect of road safety improvement measures)

Duomenys apie objektą			
Pavadinimas	Reikšmė		
Kelio nr.	A7		
Kelio pavadinimas	Marijampolė–Kybartai–*Kaliningradas		
Ruožo pradžia, km	24,22		
Ruožo pabaiga, km	27,24		
Ruožo ilgis, km	3,020		
Naudotas elastingumo koef.	1,00		
Avaringumo koef.	0,31		
Avarių tankis	0,50		
VMPEI (aut/parą)	4331		
Techninių įvykių sk.	Duomenų nėra		
Avaringumas per laikotarpį (nuo–iki)	1995–1998		
Bendras įskaitinių įvykių skaičius	6		
Bendras sužeistų žmonių skaičius	5		
Bendras žuvusių žmonių skaičius	4		
Skaičiavimo laikotarpis	20		
Įgyvendinamos saugaus eismo priemonės			
Pėsčiųjų/dviračių takai atskirti skiriamąja juosta nuo važiuojamosios kelio dalies			
Prognozuojamas poveikis			
	Be priemonių	Įgyvendinus priemones	Pokytis
Įskaitinių eismo įvykių	38,729	36,4051	2,3239
Sužeistų žmonių	32,2766	30,3402	1,9364
Žuvusių žmonių	25,8166	24,2678	1,5488
Avaringumo koeficientas	0,31	0.3	0,01
Avarių tankis	0,64	0.6	0,04
Ekonominiai rodikliai			
Dabartinė sąnaudų vertė, tūkst. Lt	1331,377		
Dabartinė naudos vertė, tūkst. Lt"	1506,201		
VGN, %	6,7		
GDV, tūkst.Lt	174,824		
N/S	1,13		
PROJEKTO PATRAUKLUMAS PATENKINAMAS.			
PROJEKTA BŪTINA PERSVARSTYTI.			

4.3 lentelė. Bandomųjų skaičiavimų kelio A7 24,22-27,24 km ruože rezultatai (prognozuojamas naujas scenarijus, su papildomomis eismo saugumo gerinimo priemonėmis)

Table 4.3. Results of test calculations of the road A7 24,22-27,24 km section (the forecasted new scenario with additional road safety improvement measures)

Duomenys apie objektą			
Pavadinimas	Reikšmė		
Kelio nr.	A7		
Kelio pavadinimas	Marijampolė–Kybartai–*Kaliningradas		
Ruožo pradžia, km	24,220		
Ruožo pabaiga, km	27,240		
Ruožo ilgis, km	3,020		
Naudotas elastingumo koef.	1,00		
Avaringumo koef.	0,31		
Avarių tankis	0,50		
VMPEI (aut/para)	4331		
Techninių įvykių sk.	Duomenų nėra		
Avaringumas per laikotarpį (nuo–iki)	1995–1998		
Bendras įskaitinių įvykių skaičius	6		
Bendras sužeistų žmonių skaičius	5		
Bendras žuvusių žmonių skaičius	4		
Skaičiavimo laikotarpis	20		
Igyvendinamos saugaus eismo priemonės			
Pėsčiųjų/dviračių takai atskirti skiriamąja juosta nuo važiuojamosios kelio dalies			
Plieninių atitvarų įrengimas kelkraščiuose			
Prognozuojamas poveikis			
	Be priemonių	Igyvendinus priemones	Pokytis
Įskaitinių eismo įvykių	38,729	33,9815	4,7475
Sužeistų žmonių	32,2766	28,7265	3,5501
Žuvusių žmonių	25,8166	22,2457	3,5709
Avaringumo koeficientas	0,31	0,28	0,03
Avarių tankis	0,64	0,56	0,08
Ekonominiai rodikliai			
Dabartinė sąnaudų vertė, tūkst. Lt	1925,357		
Dabartinė naudos vertė, tūkst. Lt"	3407,378		
VGN, %	14,2		
GDV, tūkst.Lt	1482,021		
N/S	1,77		
PROJEKTO PATRAUKLUMAS LABAI GERAS.			

Atlikus bandomuosius skaičiavimus „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programa, buvo įsitikinta, kad ji veikia gerai, gana tiksliai galima apskaičiuoti diegiamų eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumą (14 priedas). Pastebėta, jog norint pasiekti teigiamų avaringumo rezultatų, reikia taikyti ne pavienes eismo saugumo gerinimo priemones, bet, išsigilinus į nagrinėjamo kelio ruožo eismo sąlygas, eismo įvykių rūšis ir kelią supančią aplinką, reikia numatyti eismo saugumo gerinimo priemonių kompleksą. Pavyzdžiui, jei numatoma nutiesti pėsčiųjų ir dviratininkų taką už važiuojamosios kelio dalies, reikia numatyti ir saugias eismo sąlygas pėstiesiems bei dviratininkams kirsti važiuojamąją kelio dalį, nes tikėtina, jog jie migruoja iš vienos kelio pusės į kitą; jei numatoma įrengti autobusų stotelę, reikia numatyti saugų pėsčiųjų perėjimą į kitą kelio pusę; jei planuojama platinti eismo juostas, reikia kitomis eismo saugumo gerinimo priemonėmis užtikrinti leistino greičio laikymąsi ir t. t.

Remiantis bandomųjų skaičiavimų rezultatais buvo dar kartą patikslinti saugaus eismo gerinimo priemonių poveikio koeficientai (15 priedas) (Čygas *et al.* 2009).

4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Atlikus kitose užsienio šalyse taikomų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizę ir vertinimą buvo sukurta šiuolaikinė kompiuterinė programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“, kuri įvertina avaringame ruože arba „juodojoje dėmėje“ numatomų diegti inžinerinių eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumą, taikant siūlomus saugaus eismo gerinimo priemonių poveikio, elastingumo, eismo intensyvumo bei prevencijos priemonių kainų augimo prognozių koeficientus, atsižvelgiant į ekonominę situaciją šalyje, programa leidžia prognozuoti eismo įvykius bei jų nuostolius.
2. Rekomenduojama kiekvienais metais programą papildyti naujausiais duomenimis apie eismo įvykius ir vidutinį metinį paros eismo intensyvumą.
3. Saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašas papildytas 59-iomis naujomis priemonėmis. Naujojoje „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programoje yra 131 priemonė. Yra galimybė įvesti individualias eismo saugumo gerinimo priemones.
4. Atlikti bandomieji skaičiavimai „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programa tuose kelių ruožuose, kuriuose avaringumo koeficientas įdiegus eismo saugumo gerinimo priemones buvo didesnis nei prognozavo TARVAL metodika. Gauti rezultatai įtikino, kad programa veikia gerai, naudojantis ja

- galima apskaičiuoti diegiamų eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumą.
5. Atlikus bandomuosius skaičiavimus su „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programa galima teigti, kad norint pasiekti teigiamų avaringumo rezultatų, reikia taikyti ne pavienes eismo saugumo gerinimo priemones, bet išsiginus į nagrinėjamo kelio ruožo eismo sąlygas, eismo įvykių rūšis ir kelią supančią aplinką, reikia numatyti eismo saugumo gerinimo priemonių kompleksą.
 6. Būtina nuolat prižiūrėti įdiegtas eismo saugumo gerinimo priemones, nes skaičiuojant priemonių efektyvumą į skaičiavimus įtraukiamos ir priežiūros sąnaudos.
 7. Sukurta ir testais bei bandomaisiais skaičiavimais įvertinta kompiuterinė programa leidžia prognozuoti eismo įvykius bei jų nuostolius, įgyvendinus saugaus eismo gerinimo priemones, atlikti ekonominius skaičiavimus esant įvairiems scenarijams. Ši programa gali ir turi būti naudojama diegiamų saugaus eismo gerinimo priemonių naudingumui nustatyti socialiniu bei ekonominiu aspektu.

Eismo įvykių modeliavimas

Europos parlamento ir tarybos direktyvoje 2008/96/EB 2008 m. lapkričio 19 d. „Dėl kelių infrastruktūros saugumo valdymo“ yra numatyta, jog valstybės narės turi užtikrinti, kad būtų atliekami poveikio kelių saugumui vertinimai, didelio avaringumo kelių ruožų klasifikavimas bei kelių tinklo saugumo lygių nustatymas (Europos parlamento... 2008).

Sukurta kompiuterinė programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“ gali būti naudojama vertinant „juodosiose dėmėse“ diegiamų priemonių efektyvumą. Norint prognozuoti avaringumo situaciją naujai tiesiamuose arba rekonstruojamuose automobilių kelių ruožuose ir neleisti juose susidaryti „juodosioms dėmėms“, reikia atlikti avaringų kelių ruožų ir „juodųjų dėmių“ eismo saugumo situacijos matematinį modeliavimą naudojant istorinius avaringumo duomenis.

5.1. Eismo įvykių skaičiaus prognozavimas

Eismo įvykių skaičiui magistraliniuose Lietuvos automobilių keliuose (ketvirčiais – 3 mėnesių laikotarpiu) prognozuoti buvo taikomas laiko eilučių statistinis matematinis modelis. Kadangi nagrinėjant statistinius duomenis apie eismo įvykių skaičių laiko eilutėje vyksta ryškūs sezoniniai kitimai (5.1 ir 5.2 pav.), buvo

ieškoma regresinės kreivės, gerai atspindinčios sezoninius kitimus. Atsitiktinį dydį – eismo įvykių skaičių per 3 mėnesius (ketvirtį) – pažymėkime Y .

$$\hat{y} = a_0 + at + a_1t_1 + a_2t_2 + a_3t_3, \quad (5.1)$$

čia: $\hat{y}$ – prognozuojama vidutinė Y reikšmė; t – trendo kintamasis; t_i – kintamasis, įgyjantis reikšmę 1 i -tajame metų ketvirtyje ir reikšmę 0 kituose ketvirčiuose (ketvirtąjį metų ketvirtį atitinka kintamųjų reikšmės)

Sezoninius svyravimus aprašo regresijos lygtys (gautos naudojant *Microsoft Excel* įrankį *Data Analysis*):

$$\hat{y} = 190,19 + 0,69t - 76,64t_1 - 81,63t_2 - 22,11t_3, \quad (1997-2006) \quad (5.2)$$

$$\hat{y} = 187,32 + 0,60t - 72,92t_1 - 74,70t_2 - 16,49t_3, \quad (1997-2007) \quad (5.3)$$

$$\hat{y} = 193,52 + 0,02t - 67,78t_1 - 69,54t_2 - 14,48t_3, \quad (1997-2008) \quad (5.4)$$

5.1 lentelė. Prognozavimo rezultatų patikimumas ir adekvatumas

Table 5.1. Reliability and adequacy of forecasting results

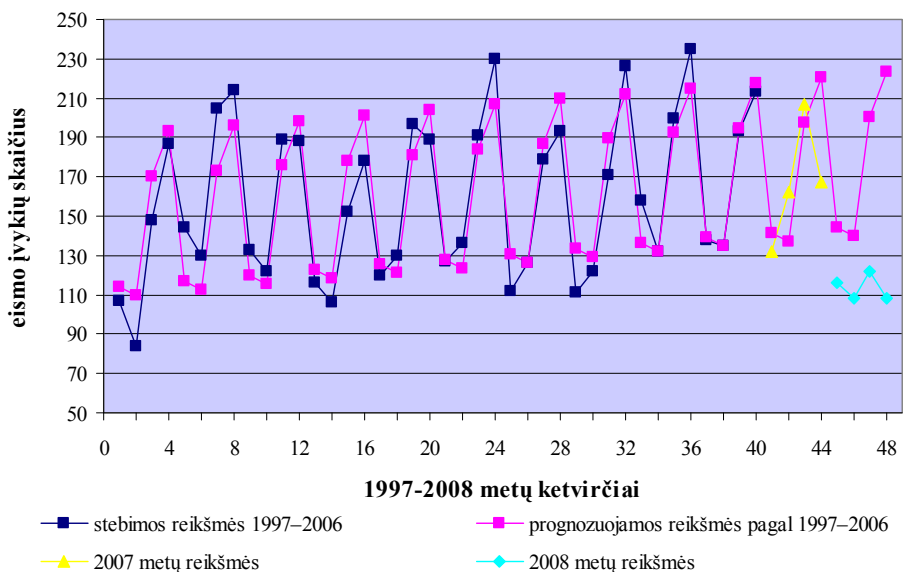
Statistiniai duomenys	Stebėjimų (ketvirčių) skaičius	R	R^2	Standartinė įvertinimo paklaida	p
1997–2006 m.	40	0,92	0,85	16,59	8,41E-14
1997–2007 m.	44	0,90	0,80	18,19	2,41E-13
1997–2008 m.	48	0,79	0,63	25,31	8,23E-09

čia: p – tikimybė padaryti klaidą atmetus hipotezę, kad kintamieji t, t_1, t_2, t_3 yra nesvarbūs, vertinant atsitiktinio dydžio Y reikšmes; R^2 – determinacijos koeficientas, rodantis, kokia dalimi (procentu) kintamieji t, t_1, t_2, t_3 paaiškina atsitiktinio dydžio Y reikšmių sklaidą (kuo R^2 arčiau vienetui, tuo regresinė kreivė geriau tinka eksperimentiniams duomenims); R – koreliacijos koeficientas, koreliacijos tarp kintamųjų stiprumo matas (kuo R arčiau 1 arba -1 , tuo stipresnis koreliacinis ryšys sieja nagrinėjamus kintamuosius)

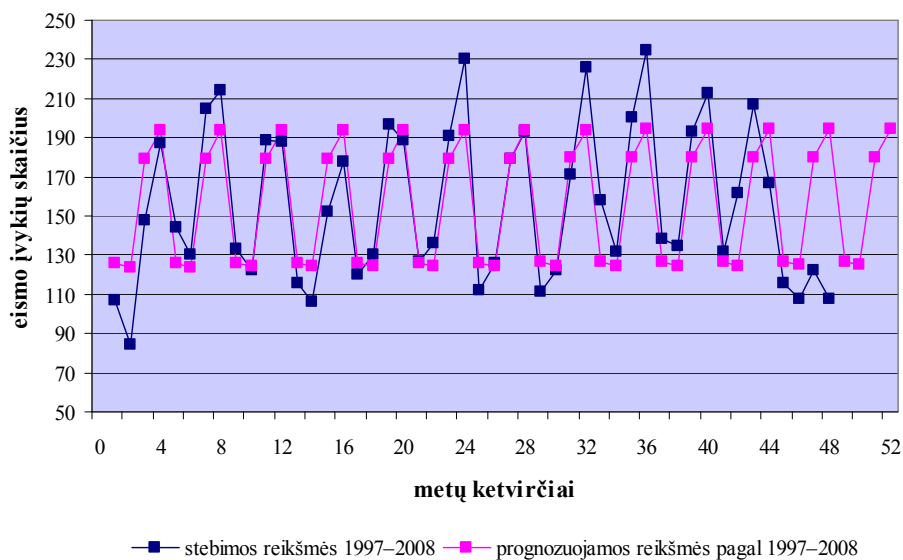
Koreliacijos koeficiento reikšmės rodo gana stiprų koreliacinį (tiesinį) statistinį ryšį tarp atsitiktinio dydžio Y ir kintamųjų t, t_1, t_2, t_3 (5.1 lentelė).

Koreliacijos koeficiento reikšmės rodo gana stiprų koreliacinį (tiesinį) statistinį ryšį tarp atsitiktinio dydžio Y ir kintamųjų t, t_1, t_2, t_3 .

5.1 paveiksle pateikta stebėjimų (1997–2008 m.) ir prognozuojamųjų (naudojantis 1997–2006 m. duomenimis) Y reikšmių priklausomybė nuo laiko. 2007 metams prognozuojamos reikšmės buvo gana tikslios, palyginti su tais metais stebėtomis, o prognozuojamos reikšmės 2008 metams buvo visai neteisingos, nes 2008 metais kiekvieną ketvirtį buvo užfiksuota kur kas mažiau eismo įvykių.



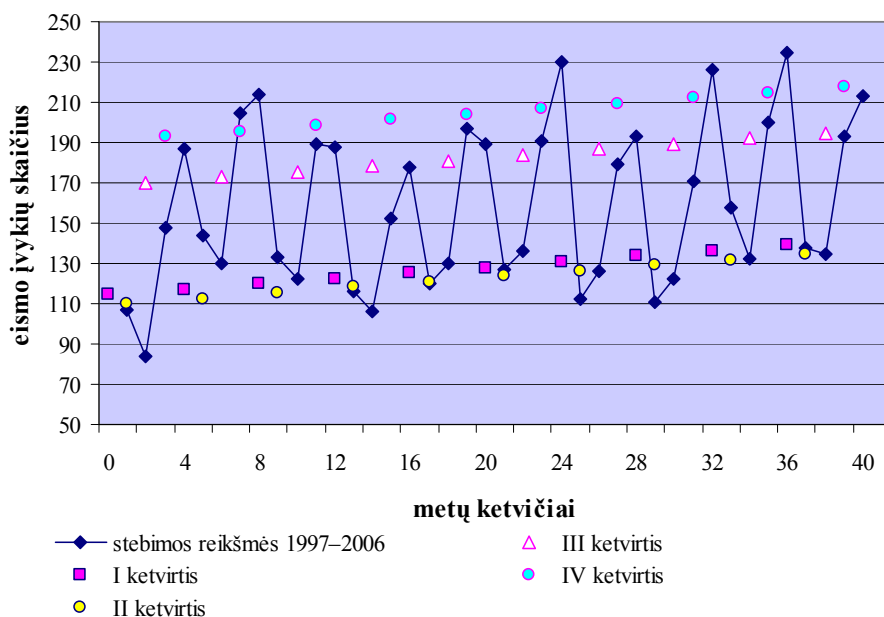
5.1 pav. Y įverčiai gaunami pagal (5.1) regresijos lygtį
Fig. 5.1. Y -values obtained by the regression equation (5.1)



5.2 pav. Y įverčiai gaunami pagal (5.4) regresijos lygtį
Fig. 5.2. Y -values obtained by the regression equation (5.4)

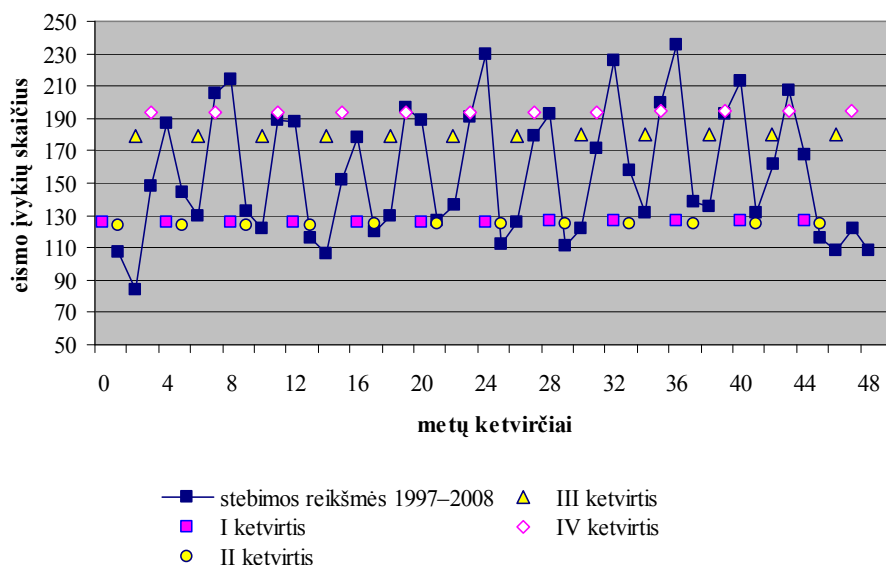
5.3 ir 5.4 paveiksluose pateiktas augantis (didejantis) tiesinis trendas, kai buvo naudoti 1997 ir 2006 metų duomenys, ir nebeaugantis (beveik pastovus), kai buvo panaudoti 2007 ir 2008 metų statistiniai duomenys apie eismo įvykius.

5.3 ir 5.4 paveiksluose matyti, kad III ir IV ketvirtį per vienuolika metų (1997–2007 m.) buvo užfiksuota gerokai daugiau eismo įvykių nei I arba II ketvirtį. 2008 metų eismo įvykių statistika sugriauna ir šį dėsningumą. Stebima taip pat didesnė atsitiktinio dydžio Y sklaida III ir IV ketvirtį, palyginti su I ir II ketvirčiais.



5.3 pav. Prognozė kiekvienam metų ketvirčiui atskirai (pagal (5.2) regresijos lygtį)

Fig. 5.3. Separate forecast for each quarter of the year (by regression equation (5.2))



5.4 pav. Prognozė kiekvienam metų ketvirčiui atskirai
(pagal (5.4) regresijos lygtį)

Fig. 5.4. Separate forecast for each quarter of the year (5.4))

Eismo įvykių skaičiaus sumažėjimas tik vienais 2008 m. dar nėra statistiškai reikšmingas tam, kad gautume krintantį tiesinį trendą arba kokį nors netiesinį trendą. Tam reikalingi tolesni avaringumo situacijos Lietuvos automobilių keliuose stebėjimai.

5.2. Eismo įvykių skaičiaus priklausomybė nuo kelio ruožo ilgio ir eismo intensyvumo

Nagrinėsime atsitiktinį dydį X – eismo įvykių skaičių per 4 metus tam tikro ilgio L kelio ruože, kuriame vidutinis metinis paros eismo intensyvumas N yra žinomas. Apsiribosime šio atsitiktinio dydžio nagrinėjimu magistraliniams Lietuvos automobilių keliams, naudosime 2004–2007 metų duomenys.

Regresinė analizė rodo, kad tarp dydžių X , L ir N nėra koreliacinės (tiesinės statistinės) priklausomybės. Buvo pasirinktas netiesinis regresinis modelis:

$$X = aN^b L^c. \quad (5.5)$$

Surasta tiesinė statistinė priklausomybė (5.6), kuri pasirodė esanti gana stipri, nes gautas koreliacijos koeficientas $R = 0,9724$ ir determinacijos koeficientas $R^2 = 0,9455$:

$$\ln X = \ln a + b \ln N + c \ln L. \quad (5.6)$$

Kadangi buvo gauti tiesinės regresijos koeficientai $\ln a = 0$ ($a = 1$), $\ln b = 0,12264$ ir $\ln c = 0,704033$, X vidurkio įverčio priklausomybė nuo eismo intensyvumo N ir kelio ruožo ilgio L gali būti užrašyta formule:

$$X = N^{0,12264} L^{0,70403}, \quad (5.7)$$

arba

$$X = \exp(0,12264 \ln N + 0,704033 \ln L). \quad (5.8)$$

Standartinė vidutinė vertinimo paklaida čia yra 1,9689 (beveik du eismo įvykiai). Beveik 95 % atsitiktinio dydžio X reikšmių sklaidos (išsibarstymo) galima paaiškinti priklausomybe nuo kelio ruožo ilgio L ir eismo intensyvumo N tame ruože. Tik 5 % lieka priklausomybei nuo kitų atsitiktinių priežasčių.

Magistraliniai keliai buvo suskirstyti į tris grupes K_1, K_2 ir K_3 pagal avaringumo lygį, kuris buvo stebimas (skaičius prie A žymi magistralinio kelio numerį):

- didžiausias grupėje $K_1 = \{A1, A5, A6, A9, A11, A14\}$,
- mažesnis grupėje $K_2 = \{A7, A8, A12, A13, A16\}$ ir
- mažiausias grupėje $K_3 = \{A2, A3, A4, A10, A15\}$.

Magistraliniai keliai A17 ir A18 nebuvo vertinti, nes apie juos nebuvo pakankamai duomenų. Kai atsitiktiniam dydžiui X (eismo įvykių skaičius per 4 metus tam tikro ilgio L kelio ruože, kuriame eismo intensyvumas N yra žinomas) buvo pritaikytas regresinės priklausomybės modelis (5.5) kiekvienai kelių grupei, buvo gauti tikslesni X vidurkio įverčiai X_i , $i = 1, 2, 3$, kurių parametrai pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė. Kiekvienai kelių grupei pritaikytos regresinės priklausomybės modelio (5.5) patikimumas

Table 5.2. Reliability of regression dependency model (5.5) adjusted to each road group

X_i	b	c	R	R^2	Standartinė paklaida
$i = 1$	0,130977	0,700834	0,984038	0,968332	1,7778
$i = 2$	0,149279	0,676219	0,972405	0,945571	1,9284
$i = 3$	0,036646	0,812941	0,972405	0,945571	1,9284

16 priede pateikti grafikai, kurie parodo vidutinio eismo įvykių skaičiaus priklausomybę nuo eismo intensyvumo įvairaus ilgio kelio ruožuose skirtingose (ankščiau sudarytose) magistralinių kelių grupėse, bei eismo įvykių skaičiaus priklausomybę nuo kelio ruožo ilgio esant įvairiam eismo intensyvumui skirtingose kelių grupėse.

5.3. Statistinių duomenų apie „juodąsias dėmes“ analizė

Nagrinėsime atsitiktinį dydį X , kuris yra eismo įvykių skaičius per 4 metus kelio ruožuose, kurie vadinami „juodosiomis dėmėmis“. Yra žinomas kiekvienos „juodosios dėmės“ kelio ruožo ilgis ir eismo intensyvumas, taip pat eismo įvykių skaičius (per 4-ius metus), sužeistųjų ir žuvusiųjų skaičius bei eismo įvykių pobūdis – eismo įvykiai su automobiliais, eismo įvykiai su pėsčiaisiais ir dviratininkais. Eismo įvykių su gyvūnais nevertinome, nes nagrinėjant 2004–2007 m. avaringumą Lietuvos magistraliniuose keliuose tokio pobūdžio eismo įvykių pasitaikė itin retai, statistika leidžia nevertinti stipriai išsiskiriančių reikšmių.

Panaudojus didelio tūrio imtį ($n = 7095$), buvo rastos žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičiaus viename eismo įvykyje pagrindinės skaitinės charakteristikos (aprašomoji statistika). Prognozuojant buvo įvertinti įskaitiniai eismo įvykiai 1997–2008 m. Lietuvos Respublikos magistraliniuose keliuose.

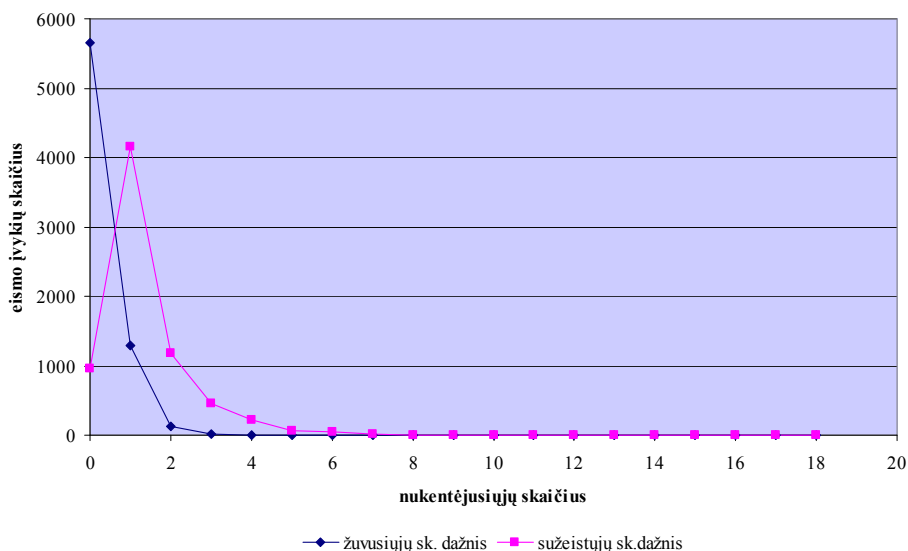
Atsitiktinių dydžių – žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičiaus viename eismo įvykyje (skirtingų tipų: su transporto priemonėmis ir su pėsčiaisiais, ir dviratininkais) aprašomosios statistikos rezultatai leidžia teigti, kad žūtys du kartus dažnesnės įvykiuose su dviratininkais ir pėsčiaisiais nei eismo įvykiuose su transporto priemonėmis. Sužeidimai du kartus dažnesni eismo įvykiuose su transporto priemonėmis nei įvykiuose su pėsčiaisiais ir dviratininkais. Tai rodo ir šių atsitiktinių dydžių santykinių dažnių poligonai (5.5 pav. ir 17 priedas).

5.3 lentelė. Žuvusiųjų ir sužeistųjų skaičiaus viename eismo įvykyje pagrindinės skaitinės charakteristikos

Table 5.3. Main numerical characteristics of the number of people killed and injured in one road accident

<i>Žuvusieji eismo įvykiuose su transporto priemonėmis (m)</i>		<i>Sužeistieji eismo įvykiuose su transporto priemonėmis (m)</i>	
Mean (α_m)	0.190491385	Mean (β_m)	1.542145594
Standard Error	0.009387453	Standard Error	0.021694717
Median	0	Median	1
Mode	0	Mode	1
Standard Deviation	0.525529734	Standard Deviation	1.214129103
Sample Variance	0.276181501	Sample Variance	1.47410948
Kurtosis	20.47407754	Kurtosis	61.11576781
Skewness	3.808774502	Skewness	4.625977649
Range	6	Range	26
Minimum	0	Minimum	0
Maximum	6	Maximum	26
Sum	597	Sum	4830
Count	3134	Count	3132

<i>Žuvusieji eismo įvykiuose su pėsčiais ir dviratininkais (dp)</i>		<i>Sužeistieji eismo įvykiuose su pėsčiais ir dviratininkais (dp)</i>	
Mean (α_{dp})	0.391472868	Mean (β_{dp})	0.655813953
Standard Error	0.009903578	Standard Error	0.010703981
Median	0	Median	1
Mode	0	Mode	1
Standard Deviation	0.503039387	Standard Deviation	0.543694794
Sample Variance	0.253048625	Sample Variance	0.295604029
Kurtosis	-0.873052948	Kurtosis	7.213970177
Skewness	0.654735527	Skewness	0.749399865
Range	3	Range	6
Minimum	0	Minimum	0
Maximum	3	Maximum	6
Sum	1010	Sum	1692
Count	2580	Count	2580



5.5 pav. Sužeistųjų ir žuvusiųjų viename eismo įvykyje skaičiaus poligonai (7095 eismo įvykiai, 1997–2008 m. duomenys)

Fig. 5.5. Polygons of the number of people killed and injured in one road accident (7095 accidents, data of 1997–2008)

Norint rasti eismo įvykių skaičiaus regresinę priklausomybę nuo „juodosios dėmės“ ilgio ir eismo intensyvumo šiame ruože, vėl buvo pasirinktas netiesinis regresinis modelis (5.5). Statistinis modelis geresnis, kai $a = 1$.

5.4 lentelė. Eismo įvykių skaičiaus regresinė priklausomybė nuo „juodosios dėmės“ ilgio ir eismo intensyvumo

Table 5.4. Regression dependency of the number of accidents on the length and traffic volume of black spot

X_i	b	c	R	R^2	Standartinė paklaida
Vidutinio eismo įvykių skaičiaus įvertis	0,210661	0,161412	0,984	0,968	1,37054

Regresijos lygties $X = N^{0,210661} L^{0,161412}$ determinacijos koeficientas ir prognozavimo paklaida šiek tiek padidėja, kai naudojami papildomi regresoriai – skirtingos kelių kategorijos (AM–V pagal tuo metu galiojusį STR 2.06.03:2001 „Automobilių keliai“), todėl tolesniuose tyrimuose jų atsisakyta.

Analizuojant magistraliniuose keliuose esančių „juodųjų dėmių“ eismo įvykių 2004–2007 m. statistinius duomenis, duomenys buvo grupuojami atsižvelgiant į „juodosios dėmės“ tipą t :

- t_1 – I grupė „juodosios dėmės“, kuriose nėra sankryžų;
- t_2 – II grupė „juodosios dėmės“, kuriose yra vieno lygio sankryžų;
- t_3 – III grupė „juodosios dėmės“, kuriose yra dviejų lygių sankryžos.

I grupės „juodųjų dėmių“ buvo 26, II grupės – 70, III grupės – 14. Šis grupavimas leido gana patikimai kiekvienoje grupėje atskirai prognozuoti vidutinių eismo įvykių skaičių (pažymėta X_1, X_2, X_3), atskirai su automobiliais ir su pėsčiaisiais ir dviratininkais (pažymėta X_{1m}, X_{2m}, X_{3m} ir $X_{1dp}, X_{2dp}, X_{3dp}$) ir vidutinius skaičius žuvusiųjų bei sužeistųjų per 4 metus (pažymėta Z_1, Z_2, Z_3 ir S_1, S_2, S_3).

Visose „juodosiose dėmėse“ statistinių modelių (5.9)–(5.13) regresijos lygčių parametrų įverčiai pateikti 5.5 lentelėje.

$$X_i = aN^bL^c, \quad (5.9)$$

$$X_{im} = aN^bL^c, \quad (5.10)$$

$$X_{idp} = aN^bL^c, \quad (5.11)$$

$$Z_i = aN^bL^c, \quad (5.12)$$

$$S_i = aN^bL^c, \quad (5.13)$$

čia: N – vidutinis metinis paros eismo intensyvumas nagrinėjamame kelio ruože, aut./parą; L – nagrinėjamo kelio ruožo ilgis, km; b – regresijos koeficientas, įvertinantis priklausomybę nuo eismo intensyvumo; c – regresijos koeficientas, įvertinantis priklausomybę nuo kelio ruožo ilgio; $i = 1, 2, 3$; $a = 1$.

Visų tipų ($t = 1, 2, 3$) „juodosiose dėmėse“ gautos regresijos lygtys prognozuoja nagrinėjamų atsitiktinių dydžių vidurkius su paklaidomis iš intervalo (1; 2,3), determinacijos koeficientai R^2 įgyja reikšmes iš intervalo (0,69; 0,99), todėl galima teigti, kad nagrinėjamų atsitiktinių dydžių priklausomybė nuo eismo intensyvumo „juodojoje dėmėje“ ir nuo „juodosios dėmės“ ilgio nemažai paaiškina atsitiktinių dydžių $X_1, X_2, X_3, X_{1m}, X_{2m}, X_{3m}$ ir $X_{1dp}, X_{2dp}, X_{3dp}, Z_1, Z_2, Z_3$ bei S_1, S_2, S_3 sklaidą (reikšmių išsibarstymą) (5.5 lentelė).

Kaip skiriasi skirtingų eismo įvykių prognozė, žuvusiųjų ir sužeistųjų prognozė I, II ir III grupės „juodosiose dėmėse“ pavaizduota 18 ir 19 prieduose esančiuose grafikuose. Grafikai buvo gauti fiksuojant regresijos lygtyje vieno iš kintamųjų (L arba N) reikšmę ir suradus priklausomybę nuo kito.

Fiksuojant kelio ruožo ilgį tiriamas eismo įvykių priklausomybė nuo eismo intensyvumo, pastebima, kad trumpame kelio ruože (0,1 km) daugiausia eismo

įvykių tenka II grupės „juodosioms dėmėms“. Ilgesniuose kelio ruožuose (1,1 km) didžiausias eismo įvykių skaičius gautas II ir III grupės keliuose. 2 km kelio ruožuose II grupės „juodosiose dėmėse“ eismo įvykių skaičius mažiausias. Ilgesniuose kelio ruožuose eismo įvykių skaičius auga greičiau didėjant eismo intensyvumui nei trumpesniuose kelio ruožuose (18 ir 19 priedai).

Fiksuoiant eismo intensyvumą, tiriama eismo įvykių skaičiaus priklausomybė nuo kelio ruožo ilgio. Esant mažam intensyvumui (8000 aut./parą) labiausiai eismo įvykių skaičius daugėja, didėjant kelio ruožo ilgiui III grupėje. I grupėje buvo stebėti kelio ruožo ilgiai iki 1 km, II grupėje iki 1,5 km ir III grupėje – iki 2 km.

5.5 lentelė. Magistraliniuose keliuose esančiose „juodosiose dėmėse“ statistinių modelių regresijos lygčių parametrų įverčiai

Table 5.5. Values of parameters of regression equations of the statistical models on the black spots of the main roads

Atsitiktinis dydis	b	c	R	R^2	Standartinė paklaida	Imties tūris n
X_1	0,218769	0,350104	0,9940	0,98806	1,1999	26
X_2	0,211643	0,133534	0,9840	0,9682	1,3740	70
X_3	0,223181	0,272786	0,9840	0,9675	1,4580	14
X_{1m}	0,195522	0,338564	0,9513	0,9050	1,6023	26
X_{2m}	0,188668	0,040053	0,9680	0,9370	1,5302	70
X_{3m}	0,180496	0,16526	0,9372	0,87828	1,8838	14
X_{1dp}	0,113577	0,182558	0,8345	0,6964	1,7641	26
X_{2dp}	0,110025	0,195395	0,8323	0,6927	1,7024	70
X_{3dp}	0,138831	0,319391	0,8617	0,7424	2,0377	14
Z_1	0,119344	0,11985	0,8879	0,7883	1,6606	26
Z_2	0,097776	0,05959	0,8339	0,6954	1,7120	70
Z_3	0,12431	0,224044	0,9538	0,9098	1,4170	14
S_1	0,263146	0,432065	0,9638	0,9288	1,7311	26
S_2	0,245374	0,025207	0,9708	0,9425	1,7054	70
S_3	0,241955	0,214514	0,9392	0,8821	2,3058	14

5.4. Priemonių, skirtų eismo įvykių skaičiui „juodosiose dėmėse“ mažinti, parinkimo optimizavimas

Šiame disertacijos poskyryje pateiktas priemonių, skirtų eismo įvykių skaičiui „juodosiose dėmėse“ mažinti, parinkimo optimizavimas. Buvo sudaryti atskiri matematiniai modeliai.

Daroma prielaida, kad jei jokių eismo saugumo gerinimo priemonių nediegsime, tai „juodosiose dėmėse“ per ateinančius 4-erius metus įvyks vidutiniškai (esant žinomai standartinei paklaidai) tiek eismo įvykių, kiek prognozuoja gautosios regresinės priklausomybės pagal kiekvienos „juodosios dėmės“ parametrus L ir N .

Atskiros eismo saugumo gerinimo priemonės turi skirtingą poveikį eismo įvykiams su automobiliais ir eismo įvykiams su pėsčiaisiais ir dviratininkais, todėl pradinis optimizavimo modelis sudarytas eismo įvykiams su automobiliais ir eismo įvykiams su pėsčiaisiais bei dviratininkais.

Turime prognozuojamus vidutinius eismo įvykių su transporto priemonėmis ir eismo įvykių su pėsčiaisiais ir dviratininkais skaičius kiekvienai „juodajai dėmei“ iš konkrečios grupės (I, II arba III). Kai konkrečioje grupėje yra m juodųjų dėmių, šiuos skaičius pažymėsime $\overline{y_{im}}$ ir $\overline{y_{idp}}$, čia indeksas i parodo „juodosios dėmės“ numerį ($i = 1, 2, \dots, m$).

Žinomi saugaus eismo gerinimo (prevencijos) priemonių ($j = 1, 2, \dots, n$) poveikio koeficientai eismo įvykiams su transporto priemonėmis s_{mj} ir su pėsčiaisiais ir dviratininkais s_{dpj} (15 priedas).

Bendras vidutinis eismo įvykių skaičius prognozuojamas i -tojoje dėmėje, įdiegus j -ąją prevencijos priemonę:

$$a_{ij} = \overline{y_{im}}s_{mj} + \overline{y_{idp}}s_{dpj}. \quad (5.14)$$

Vidutinis eismo įvykių su transporto priemonėmis sumažėjimas įdiegus j -ąją prevencijos priemonę i -tojoje dėmėje:

$$d_{imj} = \overline{y_{im}} - \overline{y_{im}}s_{mj}. \quad (5.15)$$

Vidutinis eismo įvykių su pėsčiaisiais ir dviratininkais sumažėjimas įdiegus j -ąją prevencijos priemonę i -tojoje dėmėje:

$$d_{idpj} = \overline{y_{idp}} - y_{idp} s_{dpj} . \quad (5.16)$$

Gaunama eismo įvykių skaičiaus pokyčių matrica:

$$\begin{aligned} & \|d_{imj}\| \quad \text{ir} \quad \|d_{idpj}\|, \\ & i = 1, 2, \dots, m_i, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad \sum_{i=1}^{m_1} d_i . \end{aligned} \quad (5.17)$$

Sudaroma žuvusiųjų skaičiaus pokyčių matrica:

$$\left\| \overline{\alpha_m} d_{imj} + \overline{\alpha_{dp}} d_{idpj} \right\|, \quad (5.18)$$

čia: $\overline{\alpha_m}$ – vidutinis žuvusiųjų skaičius viename eismo įvykyje su transporto priemonėmis, $\overline{\alpha_{dp}}$ – vidutinis žuvusiųjų skaičius viename eismo įvykyje su pėsčiaisiais ir dviratininkais.

Optimalaus prevencijos priemonių parinkimo ir „juodosios dėmės“, kurioje bus diegiama prevencijos priemonė, optimalaus parinkimo, siekiant maksimaliai sumažinti žuvusiųjų skaičių, matematinis modelis:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^m d_i , \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq k , \\ & \sum_{j=1}^n (\overline{\alpha_m} d_{imj} + \overline{\alpha_{dp}} d_{idpj}) x_{ij} \geq d_i , \quad i = 1, 2, \dots, m , \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1 , \quad i = 1, 2, \dots, m , \\ & 0 \leq x_{ij} \leq 1 , \quad i = 1, 2, \dots, m , \quad j = 1, 2, \dots, n_1 , \\ & x_{ij} = \begin{cases} 0 , & j = n_1 + 1, \dots, n , \quad i = 1, \dots, m , \\ 1 , & j = 1, 2, \dots, n_1 , \quad i = 1, \dots, m , \end{cases} \end{aligned} \quad (5.19)$$

čia: k – leidžiamų parinkti prevencijos priemonių skaičius; kintamojo x_{ij} , $j = n_1 + 1, \dots, n$, reikšmė 1 sprendinyje reiškia, kad i -tojoje „juodojoje dėmėje“ tikslinga diegti j -ąją prevencijos priemonę. Šio kintamojo reikšmė 0 rodo, kad

tai daryti būtų neoptimalu; $\sum_{i=1}^m d_i$ – suminis prognozuojamas žuvusiųjų skaičiaus sumažėjimas, įgyvendinus optimalų prevencijos priemonių planą.

Uždavinio kintamieji x_{ij} , $j = 1, 2, \dots, n_1$, apibrėžia, kokia dalimi j -oji prevencijos priemonė gali būti diegiama (pavyzdžiui, sankryžos rekonstrukcija į žiedinę negali būti įrengiama dalinai, o apsauginiai atitvarai gali būti įrengiami tik avaringo kelio ruožo ilgyje ir pan.).

Šis matematinis modelis gali būti naudojamas norint sudaryti optimalų „juodųjų dėmių“ naikinimo planą, t.y. nustatyti „juodųjų dėmių“ naikinimo prioritetinį sąrašą su siūlomomis eismo saugumo gerinimo priemonėmis, kurios duotų didžiausią ekonominį efektą.

Galima spręsti analogišką uždavinį su sužeistų skaičiaus pokyčių matrica:

$$\left\| \overline{\beta_m} d_{imj} + \overline{\beta_{dp}} d_{idpj} \right\|, \quad (5.20)$$

čia: $\overline{\beta_m}$ – vidutinis sužeistųjų skaičius viename eismo įvykyje su transporto priemonėmis, $\overline{\beta_{dp}}$ – vidutinis sužeistųjų skaičius viename eismo įvykyje su pėsčiaisiais ir dviratininkais.

Visai kitas prevencijos planas gaunamas, kai atsižvelgiama į prevencijos priemonių kainą.

Optimalaus prevencijos priemonių parinkimo ir „juodosios dėmės“, kurioje bus diegiama prevencijos priemonė, optimalaus parinkimo, siekiant maksimaliai sumažinti žuvusiųjų skaičių, matematinis modelis, kai įvertinama prevencijos priemonės kaina ir skiriamos lėšos:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^m d_i, \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \leq C, \\ & \sum_{j=1}^n (\overline{\alpha_m} d_{imj} + \overline{\alpha_{dp}} d_{idpj}) x_{ij} \geq d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\ & 0 \leq x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n_1, \\ & x_{ij} = \begin{cases} 0, & j = n_1 + 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m. \end{cases} \end{aligned} \quad (5.21)$$

čia c_{ij} yra j -osios prevencijos priemonės diegimo i -tojoje „juodojoje dėmėje“ kaina. Parametras C yra priemonėms įgyvendinti skiriamų lėšų kiekis.

Kiekvienai „juodajai dėmei“ galima parinkti optimalų prevencijos priemonių planą, sprendžiant tiesinio optimizavimo uždavinį:

$$\begin{aligned} & \max \sum_{j=1}^n \Delta s_j x_j, \\ & \sum_{j=1}^n c_j x_j \leq C, \\ & \sum_{j=1}^n x_j \leq k, \\ & \Delta s_j = \Delta s_{mj} + \Delta s_{dpj}, \Delta s_{mj} = 1 - s_{mj}, \Delta s_{dpj} = 1 - s_{dpj}, \end{aligned} \quad (5.22)$$

čia x_j binarusis kintamasis, jei j -oji prevencijos priemonė negali būti diegiama dalinai (pavyzdžiui, žiedinės sankryžos įrengimas); $0 \leq x_j \leq 1$, kai j -oji priemonė gali būti diegiama dalinai (pavyzdžiui, apsauginių atitvarų įrengimas); c_j yra j -osios prevencijos priemonės kaina atitinkamoje „juodojoje dėmėje“ (kuri gali būti skirtis skirtingo ilgio kelio ruožuose).

Kai optimalusis $x_j = 0$, j -oji priemonė nerekomenduojama, kai optimalusis $x_j = 1$, j -ąją priemonę tikslinga įrengti, kai optimalusis x_j tenkina nelygybę $0 < x_j < 1$, j -oji priemonė įrengiama dalinai.

Laukiamas vidutinis žuvusiųjų skaičiaus sumažėjimas toje „juodojoje dėmėje“ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\overline{y_m} \alpha_m (1 - \prod_{j=1}^n (1 - \Delta s_{mj} x_j)) + \overline{y_{dp}} \alpha_{dp} (1 - \prod_{j=1}^n (1 - \Delta s_{dpj} x_j)). \quad (5.23)$$

Visos saugaus eismo gerinimo priemonės buvo suskirstytos į tris dalis, t.y. į priemones tinkančias atskirai kiekvienai sudarytai magistralinių kelių grupei – I kelių ruožai, kuriuose nėra sankryžų, II kelių ruožai kuriuose yra vieno lygio sankryžos, III kelių ruožai, kuriuose yra dviejų lygių sankryžos (20 priedas).

21 priede pateiktas sudarytas matematinio modelio projektas įskaitiniams eismo įvykiams prognozuoti bei modeliuoti optimalių eismo saugumo gerinimo priemonių pasirinkimą Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Siekiant įvykdyti Europos parlamento ir tarybos direktyvoje 2008/96/EB 2008 m. lapkričio 19 d. „Dėl kelių infrastruktūros saugumo valdymo“ nustatytus uždavinius, Lietuvoje būtina esamų kelių saugumą didinti nukreipiant investicijas į didžiausio avaringumo kelio ruožus ir į tuos kelio ruožus, kuriuose yra didžiausios nelaimingų atsitikimų mažinimo galimybės. Remiantis naujausiomis mokslinėmis žiniomis būtina sudaryti patikimą ir nesudėtingą modelį įgyvendinant direktyvoje numatytus tikslus. Tam reikia atlikti labai išsamią visuose Lietuvos automobilių keliuose įvykusių eismo įvykių ir eismo intensyvumo kitimo istorinių duomenų analizę, suskaidyti Lietuvos automobilių kelius į daugybę homogeninių ruožų, pritaikyti matematinės statistikos bei optimizavimo metodus.

5.5. Penktojo skyriaus išvados

1. Norint prognozuoti avaringumo situaciją naujai tiesiamuose arba rekonstruojamuose automobilių kelių ruožuose ir neleisti juose susidaryti „juodosioms dėmėms“, reikia atlikti avaringų kelių ruožų ir „juodųjų dėmių“ eismo saugumo situacijos matematinį modeliavimą naudojant istorinius avaringumo duomenis. Tam reikia atlikti išsamią Lietuvos automobilių keliuose įvykusių eismo įvykių ir eismo intensyvumo kitimo istorinių duomenų analizę, suskaidyti Lietuvos automobilių kelius į daugybę homogeninių ruožų, pritaikyti matematinės statistikos bei optimizavimo metodus.
2. Eismo įvykių modeliavimas, atliktas remiantis 1997–2008 metų įskaitinių eismo įvykių duomenimis magistraliniuose keliuose, leido sudaryti optimalaus prevencijos priemonių parinkimo matematinius modelius. Vienas iš sudarytų matematinių modelių leidžia optimaliai parinkti saugaus eismo gerinimo priemones, siekiant maksimaliai sumažinti žuvusiųjų skaičių esant neribotam lėšų kiekiui. Kitas matematinis modelis leidžia optimaliai parinkti saugaus eismo gerinimo priemones, siekiant maksimaliai sumažinti žuvusiųjų skaičių esant ribotoms finansinėms galimybėms.
3. Norint prognozuoti eismo įvykius ir nustatyti avaringų ruožų atsiradimo tikimybę naujai tiesiamuose bei rekonstruojamuose automobilių kelių ruožuose, reikia atlikti detalius eismo įvykių tyrimus visuose Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose.

Bendrosios išvados

1. Atlikus Lietuvos automobilių keliuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių efektyvumo analizę, nustatyta, kad iš 48 vertintų avaringų kelių ruožų, lauktų eismo saugumo pagerėjimo rezultatų nepasiekta 50 % kelių ruožų; laukiamo avaringumo koeficiento sumažėjimo nepasiekta – 15 % kelių ruožų; įdiegtos eismo saugumo gerinimo priemonės pasiteisino 50 % tirtų kelių ruožų.

2. Išnagrinėjus saugaus eismo gerinimo priemonių, įdiegtų Lietuvos valstybinės reikšmės automobilių keliuose, pagrindimo rezultatus 1995–2006 m., atlikus avaringumo rodiklių analizę po specialių priemonių įdiegimo bei detaliai išanalizavus tik iš dalies pasiteisinusias saugaus eismo gerinimo priemones, nustatyta, kad šiuo metu Lietuvoje taikoma saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodika neleidžia tiksliai parinkti saugaus eismo gerinimo priemonių avaringuose kelių ruožuose.

3. Atlikus kitose užsienio šalyse taikomų saugaus eismo gerinimo priemonių pagrindimo metodikų analizę ir vertinimą, naudojant *Microsoft Office Access* programą buvo sukurta duomenų bazė, kuri veikia kaip atskira programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“.

4. Sukurta ir bandomaisiais skaičiavimais patikrinta programa „Saugaus eismo priemonių vertinimas“ įvertina avaringame ruože arba „juodojoje dėmėje“ numatomų diegti inžinerinių eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumą,

taikant siūlomus saugaus eismo gerinimo priemonių poveikio, elastingumo, eismo intensyvumo bei prevencijos priemonių kainų augimo prognozių koeficientus, atsižvelgiant į ekonominę padėtį šalyje, leidžia prognozuoti eismo įvykius bei jų nuostolius.

5. Atlikus tyrimus saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašas papildytas 59-iomis naujomis priemonėmis. Naujojoje „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ programoje įvesta 131 priemonė. Numatyta galimybė įvesti naujas eismo saugumo gerinimo priemones, kurių nėra sąraše.

6. Naudojant 1997–2008 metų įskaitinių eismo įvykių duomenis magistraliniuose keliuose (analizuoti 7095 įskaitiniai eismo įvykiai) atliktas eismo įvykių modeliavimas, kuris leido sudaryti optimalaus prevencijos priemonių parinkimo matematinį modelį magistraliniams keliams.

7. Norint prognozuoti avaringumo situaciją naujai tiesiamuose arba rekonstruojamuose automobilių kelių ruožuose ir neleisti juose susidaryti „juodosioms dėmėms“, reikia atlikti išsamią Lietuvos automobilių keliuose įvykusių eismo įvykių ir eismo intensyvumo kitimo istorinių duomenų analizę, suskaidyti Lietuvos automobilių kelius į daugybę homogeninių ruožų, pritaikyti matematinės statistikos bei optimizavimo metodus.

Literatūra ir šaltiniai

Almqvist, S., Hydén, C. 1995. *Traffic Safety Assessment Based on Traffic Conflicts*. Field study in Kingston, Jamaica. Technical Report, CODEN LUTVDC/[TVTT-7136]1-53. Lund, Sweden: Lund University, Department of Traffic Planning and Engineering, 59-76.

Archer, J. 2001. *Traffic Conflict Technique. Historical to Current State-of-the-Art*. Stockholm September 2001. TRITA-INFRA 02-010. ISSN 1651-0216. ISRN KTH/INFRA--02/010-SE. 5 p.

Bakštys, A. 2006. *Statistika ir tikimybė*. Vilnius: TEV. 188 p.

Barjonet, P. E. 2001. *Traffic Psychology Today*. European Association of Transport Psychologists. Kluwer Academic Publishers. 377 p.

Beckel, P., Hunt, A., De Jong, G., Laird, J., Lieb, Ch., Lindberg, G., Mackie, P., Navrud, S., Odgaard, T., Shires, J., Lori, T. 2006. HEATCO. *Developing harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*. Brussels. 149 p.

Burinskienė, M., Jakovlevas-Mateckis, K., Adomavičius, V., et al. 2003. *Miestotvarka*. Vilnius: Technika. 399 p. ISBN 9986-05-614-4.

Čekanavičius, V.; Murauskas, G. 2000. *Statistika ir jos taikymas. I*. Vilnius: TEV. 240 p.

Čekanavičius, V.; Murauskas, G. 2004. *Statistika ir jos taikymas. II*. Vilnius: TEV. 272 p.

Čygas, D., Laurinavičius, A., Čiuprinskas, M., K., Ratkevičiūtė, K., Kniukštaitė, L. 2007. *Saugaus eismo priemonių Lietuvos automobilių keliuose pagrindimo metodikos tobulinimas*. Mokslo darbo ataskaita. Vilnius. 56 p.

Čygas, D., Laurinavičius, A., Čiuprinskas, K., Ratkevičiūtė, K., Bernotaitė, I. 2008. *Lietuvos automobilių keliuose įdiegtų eismo saugumo gerinimo priemonių efektyvumo analizė ir vertinimas*. Mokslo darbo ataskaita. Vilnius. 61 p.

Čygas, D., Laurinavičius, A., Čiuprinskas, K., Domantas, A., Galkinienė, V. S., Ratkevičiūtė, K. 2009. *Saugaus eismo gerinimo priemonių Lietuvos automobilių keliuose pagrindimo metodikos tobulinimas*. Mokslo darbo ataskaita. Vilnius. 65 p.

European Commission. 1998. Commission of European Communities. *Main Guidelines to be Followed During the Projects Assessment in TINA Process*. TINA 15–98. Vienna.

European Commission. 2001. *White Paper: European Transport Policy for 2010: Time to Decide*. Luxembourg: Office for official publications of the European Communities. 119 p. ISBN 92-894-0341-1.

Elsenaar, P.; Abouraad, S. 2005. *Road Safety Best Practices. Examples and Recommendations*. Global Road Safety Partnership. 40 p.

Elvik, R.; Vaa, T. 2004. *The Handbook of Road Safety Measures*. Elsevier. 1078 p. ISBN-10:0-08-044091-6.

Europos Komisija. 2006. *Naujas programavimo laikotarpis (2007–2013 m.)*. Metodiniai darbo dokumentai. Darbo dokumentas Nr. 4. Ekonominės naudos analizės atlikimo metodikos gairės. 22 p.

European Commission. 2007. *Best Practices in Road Safety. Handbook for Measures at the Country Level*. Summary and publication of best practices in road safety in the member states. The final report of SUPREME. 78 p.

European Commission. 2008. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-accession*. Final report. Submitted by TRT Trasporti e Territorio and CSIL Centre for Industrial Studies. 255 p.

Europos parlamento ir tarybos direktyva 2008/96/EB „Dėl kelių infrastruktūros saugumo valdymo“. 2008 m. lapkričio 19 d.

European Commission, Transport [on-line]. 2009. Available from internet: <http://ec.europa.eu/transport/road_safety/index_en.htm>.

Finnish National Road Administration. 1998. *Lithuanian Road Safety Improvement Project*. Final Report. Helsinki.

Hakkert, S. A.; Gitelman, V. 2004. Road Safety Measures on Rural Roads in a Cost-Benefit Context, in *The Proceedings of 17th ICTCT workshop, Effective solution for improving road safety in rural areas Integrating the 4 Es: education, enforcement, engineering and electronics*. Tartu, Estonia, 9–28.

Hauer, E. 2005. *Observational before-after studies in road safety. Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. Department of Civil Engineering, University of Toronto. Canada. 289 p.

Hyden, C. 1987. *The Development of a Method for Traffic Safety Evaluation: The Swedish Traffic Conflict Technique*. University of Lund, Lund Institute of Technology, Department of Traffic Planning and Engineering, Lund.

Jarašiūnienė, A., Jakubauskas, G. 2007. Improvement of road safety using passive and active intelligent vehicle safety systems, *Transport* 22 (4): p. 284–289.

Jasiūnienė, V. 2003. Žmogus – silpniausia eismo saugumo grandis, *Keturi ratai*, 7: 38–39.

Jonsson, T. 2005. *Predictive models for accidents on urban links – A focus on vulnerable road users*. Doctoral thesis. Lund University, Lund institute of technology. Bulletin 226. 109 p.

Kalanta, S. 2003. *Taikomosios optimizacijos pagrindai. Tiesinių uždavinių formulavimas ir sprendimo metodai*. Vilnius: Technika. 336 p.

Kalanta, S. 2007. *Taikomosios optimizacijos pagrindai*. Vadovėlis. Vilnius: Technika. 480 p.

Kulmala, R. 1995. *Safety at rural tree- and four-arm junctions – Development and application of accident prediction models*. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland. VTT publications 223.

Lepeška, V. 1996. *Eismo saugumo psichologinių aspektų analizė ir prioritetinių darbo krypčių, formuojant eismo dalyvių saugų elgesį, nustatymas*. Darbo ataskaita. Vilnius.

Lietuvos automobilių kelių direkcija. VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. 2003–2009. *Eismo įvykių statistika Lietuvoje 2003–2009*. Kasmetinis informacinis leidinys. Vilnius.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos. 2008. *2008 metų veiklos ataskaita*. 2009-02-11 Nr. 5-3. Vilnius. 12 p.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos [interaktyvus]. 2009. Prieiga per internetą: <www.lra.lt>.

Lietuvos Respublikos kelių įstatymas. *Valstybės žinios*, 1995-05-26, Nr. 44-1076.

Lietuvos Respublikos saugaus eismo automobilių keliais įstatymas. *Valstybės žinios*, 2000-10-12 Nr. VIII-2043.

Lietuvos Respublikos kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo įstatymas. *Valstybės žinios*, 2001-12-30, Nr. 112. *Valstybės žinios*, 2002-01-04, Nr. 1

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija. 2001. *2002–2015 metų Lietuvos Respublikos valstybinės reikšmės kelių priežiūros ir plėtros programa*. II tomas. Aprašomoji dalis. VĮ „Transporto ir kelių tyrimo institutas“. Kaunas. 82 p.

Lietuvos Respublikos tarptautinis susitarimas. Kelio ženklų ir signalų konvencija. *Valsybės žinios*, 2002-01-09 Nr. 2-57.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2002-12-11 nutarimas Nr. 1920 „Kelių eismo taisyklės“. Aktuali redakcija 2008-07-16, Nr. 768.

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2004 m. liepos mėn. 22 d. įsakymas Nr. 3-390 „Avaringų ruožų nustatymo valstybinės reikšmės keliuose metodika“.

Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2005-07-08 nutarimas Nr. 759 „Valstybinė saugaus eismo automobilių keliais 2005–2010 metų programa“.

Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2008 kovo 7 d. įsakymas Nr. 3-77 „Dėl Susisiekimo ministerijos ir įstaigų prie Susisiekimo ministerijos 2008–2010 metų strateginių veiklos planų patvirtinimo“.

Lietuvos Respublikos nutarimas „Dėl kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimo 2009 metų sąmatos patvirtinimo“. *Valsybės žinios*, 2009-02-25, Nr. 154.

Lietuvos policijos eismo priežiūros tarnyba [interaktyvus]. 2009. [žiūrėta 2009 m. balandžio 22 d.]. Prieiga per internetą: <www.lpept.lt>.

Lukoševičienė, O. 2001. *Autoįvykių analizė ir modeliavimas*. Vilnius: Technika, 243 p.

Lund University. 1992. The Department of Traffic Planning and Engineering, Lund Institute of Technology. *The Swedish Traffic Conflict Technique*. Lund, Sweden. 11 p.

Lund University. Lund Centre for Habitat Studies. 1994. *Method for Assessing Traffic Safety in Developing Countries*. Building Issues. Lund, Sweden. Vol 6/1. 20 p.

Lund University. 2007. *Synopsis of Traffic Safety Science detached course. Traffic Conflict Technique. A Useful Tool for Safety Assessment in Traffic*. Lund, Sweden. 39 p.

Martišius, S.A.; Kėdaitis, V. 2003. *Statistika I*. Vilnius: VU. 341 p.

Martišius, S.A.; Kėdaitis, V. 2004. *Statistika II*. Vilnius: VU. 306 p.

Ministerstwo Infrastruktury. 2005. *Krajowy program bezpieczeństwa ruchu drogowego 2005-2007-2013. GAMBIT 2005* [Kelių eismo saugumo gerinimo programa 2005-2007-2013. GAMBIT 2005]. Warszawa, Poland. 39 s.

Paliulis, G. M. 2007. *Eismo inžinerija*. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 119 p.

Peldschus, F.; Zavadskas, E. K. 1997. *Matriciniai lošimai statybos technologijoje ir vadyboje*. Vilnius: Technika. 134 p.

Peltola, H. 2000. Background and Principles of the Finnish Safety Evaluation Tool, TARVA, in *The Proceedings of 13th ICTCT workshop, Evaluation of Traffic Safety Measures*. Corfu, Greece, 67–79.

Peltola, H. 2007. Evaluating Measures in Order to Achieve Safety Targets, in *14th international Conference “Road safety on four continents”: Bangkok, Thailand 14-16 November 2007*. 8 p.

PIARC. 2003. *Road Safety Manual*. Ministry of Transport Quebec, 602 p.

Program Likwidacji Miejsc Niebezpiecznych na Drogach [Avaringų ruožų likvidavimo programa automobilių keliuose]. 2006. III Edycja. Warsaw.

Pumputis, V. 2006. *Saugaus eismo sistemos „eismo dalyvis – transporto priemonė – kelias (eismo aplinka)“ elementų sąveikos tyrimas: daktaro disertacija*. Vilnius. 108 p.

Rutkauskas, P. 1990. *Tiesinis programavimas*. Vilnius: VU. 72 p.

Sakalauskas, V. 1998. *Statistika su Stasistica*. Margi raštai. 226 p.

Scandinavia's research institution SINTEF. 2009. [cited 13 February 2009]. Available from internet: <www.sintef.no>.

Statistikos departamentas [interaktyvus]. 2009. [žiūrėta 2009 m. balandžio 15 d.]. Prieiga per internetą: <www.stat.gov.lt>.

TARVA. 2008. [cited 14 March 2008]. Available from Internet: <www.tarva.net/tarvaintro.asp>.

Tautkus, A., Bazaras, Ž. 2007. Modelling and investigation of car collisions, *Transport* 22 (4): p. 279–283.

VĮ „Regitra“ [ineraktyvus]. 2009. [žiūrėta 2009 m. kovo 17 d.]. Prieiga per internetą: <www.regitra.lt>.

VĮ TKTI. 1998 m. *Saugaus eismo priemonių ekonominis vertinimas naudojant tarptautinį modelį HDM-4: darbo ataskaita*. Kaunas. 44 p.

VĮ TKTI. 1995. *Nuostolių dėl eismo įvykių skaičiavimo metodika*. Kaunas. 20 p.

VĮ TKTI. 2002. *Automobilių eismo keliuose apskaita, duomenų kaupimas, jos valdymo sistemos tobulinimas ir priežiūra*. Tiriamojo darbo ataskaita, 1 tomas. Kaunas. 49 p.

VĮ TKTI. 2003a. *Autoavarijų ir eismo analizė Lietuvos valstybiniuose keliuose. Juodųjų dėmių nustatymas pagal 1999 – 2002 m. įskaitinių autoavarijų duomenis*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas. 1 tomas. 43 p.

VĮ TKTI. 2003b. *Autoavarijų ir eismo analizė Lietuvos valstybinės reikšmės keliuose. Eismo intensyvumo tyrimai valstybinės reikšmės keliuose*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas. 2 tomas 49 p.

VĮ TKTI. 2004. *Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas*. Tiriamojo darbo ataskaita. 3 tomas. Kaunas. 242 p.

VĮ TKTI. 2005. *Valstybinės reikšmės kelių eismo intensyvumo duomenų kaupimas ir atnaujinimas*. Tiriamojo darbo ataskaita. 2 tomas. Kaunas. 50 p.

VĮ TKTI. 2006a. *Kelių dangų specialieji tyrimai ir „juodųjų dėmių“ analizė valstybinės reikšmės keliuose. „Juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymas valstybinės reikšmės keliuose pagal 2002–2005 metų įskaitinius eismo įvykius*. Tiriamojo darbo ataskaita. V tomas. Kaunas. 15 p.

VĮ TKTI. 2006 b. *Valstybinės reikšmės automobilių kelių norminių dokumentų rengimas, duomenų surinkimas, sutvarkymas ir įvedimas į kelių duomenų banką. Eismo intensyvumo apskaita magistraliniuose ir krašto keliuose*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas.

VĮ TKTI. 2006 c. *Automobilių kelių investicijų vadovas*. Kaunas. 88 p.

VĮ TKTI. 2007a. *Transporto priemonių apskaita valstybinės reikšmės keliuose*. Tiriamojo darbo ataskaita, I tomas. Kaunas.

VĮ TKTI. 2007b. *Valstybinės reikšmės automobilių kelių asfaltbetonio dangų kokybės tyrimai, būdingų ruožų vertinimas saugaus eismo požiūriu, „juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymas valstybinės reikšmės automobilių keliuose. „Juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų nustatymas valstybinės reikšmės keliuose pagal 2003–2006 metų įskaitinius eismo įvykius*. Tiriamojo darbo ataskaita. IV tomas. Kaunas. 31 p.

VĮ TKTI. 2008. *Transporto priemonių apskaita ir svėrimas valstybinės reikšmės magistraliniuose ir krašto keliuose*. Tiriamojo darbo ataskaita. Kaunas. 247 p.

VĮ TKTI. 2009. „Juodųjų dėmių“ ir avaringų ruožų valstybinės reikšmės automobilių keliuose nustatymas, avaringumo statistikos analizė ir pasiūlymai eismo saugai gerinti. Tiriamojo darbo ataskaita, I tomas. Kaunas, 18 p.

Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Kaklauskas, A. 1994. *Multiple criteria evaluation of projects in construction*. Vilnius: Technika. 227 p.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Banaitienė, N. 2001. *Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė*. Vilnius: Technika. 379 p.

Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Peldschus, F. 2003. Development of software for multiple criteria evaluation, *Informatica* 14(2).

Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Turskis, Z.; Peldschus, F.; Messing, D. 2002. LEVI 3.0 – Multiple criteria evaluation program for construction solutions, *Journal of Civil Engineering and Management* 8(3): 184–192.

Департамент «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. 2008. *Рекомендации по выявлению участков концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования и повышению безопасности дорожного движения на них* [Eismo įvykių koncentracijos vietų nustatymo Baltarusijos bendro naudojimo automobilių keliuose rekomendacijos ir saugaus eismo situacijos gerinimas juose]. Дорожный методический документ. Минск, 28 с. ДМД 02191.3.015-2008.

Элвик Р., et al. 1996. *Справочник по безопасности дорожного движения* [The Handbook of Road Safety Measures]. Осло/Копенгаген. 646 с. ISBN 92 9120 988 0.

Республиканское унитарное предприятие Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ». 2001. *Рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования* [Eismo saugumo gerinimo priemonių parinkimo rekomendacijos bendro naudojimo avaringuose kelių ruožuose]. Минск. 56 p.

Autoriaus publikacijos disertacijos tema

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Ratkevičiūtė, K.; Čygas, D.; Laurinavičius, A.; Mačiulis, A. 2007. Analysis and Evaluation of the Efficiency of Road Safety Measures Implemented on Lithuanian Roads, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(2): 81–87. ISSN 1822-427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Kapski, D.; Leonovich, I.; Ratkevičiūtė, K. 2007. Theoretical Principles of Forecasting Accident rate on the Conflict Sections of the Cities by the Method of Potential Danger, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(3): 133–140. ISSN 1822-427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Kapski, D.; Leonovich, I.; Ratkevičiūtė, K.; Miškinis, D. 2008. Implementation of Experimental Research in Road Traffic: Theory and Practice, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 3(2): 101–108. ISSN 1822-427X print. (Thomson ISI Web of Science).

Straipsniai kituose leidiniuose

Ratkevičiūtė, K.; Čygas, D.; Bernotaitė, I. 2008. Analysis of Methodologies for the Evaluation of Effects of Road Safety Measures, in *The 7th International Conference Environmental Engineering. Selected Papers, 2008 May 22–23*, Vilnius, 1214–1222. ISBN 978-9955-28-265-5. (Thomson ISI Proceedings).

Čygas, D.; Laurinavičius, A.; Ratkevičiūtė, K. 2004. Economic Estimation of Traffic Safety Improvement Measures in Lithuania, in *Collection of papers 3rd European Transport Congress, 22–23 April 2004*, Opatia – Croatia, 321–326.

Ratkevičiūtė, K.; Čygas, D.; Laurinavičius, A. 2006a. The Methodology of Selection Traffic Safety Improvement Measures in Lithuanian Road Network, in *4th International Conference "On Safe Roads in the XXI. Century"*. 25–27th October, 2006, Budapest, Hungary, 1–6.

Vitkienė, J.; Čygas, D.; Ratkevičiūtė, K. 2008. Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог [Automatizuoto kelių projektavimo sistemos], в кн. *Материалы 6-ой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»*. Декабрь 17–19, Минск, 107–110.

Ratkevičiūtė, K. 2006b. Transporto priemonių važiavimo greičio stacionarių matavimo sistemų diegimas Lietuvos automobilių keliuose, iš *9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas“*, įvykusios 2006 m. gegužės 25 d., medžiaga. Vilnius: Technika, 89–96.

Priedai

Priedai pateikiami elektroninėje laikmenoje.

1 priedas. Lietuvoje naudojamos eismo saugumo gerinimo priemonių pagrindinio metodikos TARVAL matematinis modelis

2 priedas. Naudojamos eismo saugumo priemonės ir jų poveikio koeficientai pirmojoje TARVAL programos versijoje

3 priedas. Laiko iki eismo įvykio nustatymas (TA)

4 priedas. Konfliktinės situacijos registravimo forma

5 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Baltarusijoje

6 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių įtaka eismo įvykių skaičiui Lenkijoje

7 priedas. 1999 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas

8 priedas. 2000 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas

9 priedas. 2001 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas

10 priedas. 2002 m. pasirinktuose kelio ruožuose įdiegtų saugaus eismo gerinimo priemonių detalus vertinimas

11 priedas. Dalinai pasiteisinusių saugaus eismo gerinimo priemonių vizualinių tyrimų medžiaga ir saugaus eismo situacijos analizė

12 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonės ir jų poveikio koeficientai TARVAL, TARVA, Baltarusijos ir Lenkijos metodikose

13 priedas. „Saugaus eismo priemonių vertinimo“ kompiuterinės programos naudotojo vadovas

14 priedas. Bandomųjų skaičiavimų rezultatai

15 priedas. Po bandomųjų skaičiavimų patikslinti saugaus eismo priemonių poveikio koeficientai

16 priedas. Įvairaus ilgio magistralinių kelių ruožų vidutinio eismo įvykių skaičiaus priklausomybė nuo skirtingo eismo intensyvumo ir kelio ruožo ilgio

17 priedas. Atsitiktinių dydžių santykinų dažnių poligonai

18 priedas. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų skaičiaus priklausomybė nuo eismo intensyvumo ir nuo kelio ruožo ilgio

19 priedas. Eismo įvykių ir nukentėjusiųjų skaičiaus prognozė skirtingų tipų „juodosiose dėmėse“

20 priedas. Saugaus eismo gerinimo priemonių sąrašas atskiroms magistralinių kelių grupėms

21 priedas. Sudarytas matematinio modelio projektas įskaitiniams eismo įvykiams magistraliniuose keliuose prognozuoti