



16-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,**  
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

## GELEŽINKELIŲ TRANSPORTO EISMO SAUGOS RIZIKOS VALDYMO MODELIS

Mindaugas Grebliauskas<sup>1</sup>, Gintautas Bureika<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>mindgrebliauskas@gmail.com; <sup>2</sup>gintautas.bureika@vgtu.lt*

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjama Lietuvos geležinkelių transporto eismo rizika, kylančios grėsmės traukinio saugumui ir eismo įvykio tikimybės atsiradimo priežastys. Analizuojant šalies geležinkelių transporto eismo statistinius duomenis nustatyta, kad daugiausia eismo įvykių įvyksta pervažose. Nagrinėjamos įvairių kategorijų pervažų techninės charakteristikos, nustatoma eismo įvykio tikimybė jose. Pagal gautus rezultatus atskirų šalies regionų pervažos, įvertinant pasirinktus kriterijus ir jų įtakos eismo saugumui svarbą, yra suranguojamos. Pabaigoje pateikiamos pagrindinės išvados.

**Reikšminiai žodžiai:** geležinkelių transportas, riedmenys, eismo rizika, eismo įvykis, eismo rizikos valdymo modelis.

### Įvadas

Pastaruju metu geležinkelių transportas įgyja vis didesnę reikšmę Lietuvos ūkiui. AB „Lietuvos geležinkeliai“ (toliau – LG) krovinių vežama apie 50 % apimtį, tai yra išskirtinis rodiklis tarp Europos Sąjungos geležinkelių. Taip pat didėja keleivių srautai. Gabenant krovinius ir vežant keleivius svarbu pasiekti tikslą laiku bei užtikrinti eismo saugumą.

Šiuo metu pasaulyje skiriamas didelis dėmesys ne tik kelių eismo saugumui užtikrinti (Midya *et al.* 2008: 534; Silla *et al.* 2012). Atsižvelgiant į pasaulines tendencijas, Lietuvoje taip pat stengiamasi užtikrinti ir geležinkelių eismo saugumą, tuo pačiu apsaugant krovinius bei keleivius.

Intensyvėjant riedmenų judėjimui, padidėja geležinkelio transporto eismo rizika: kyla grėsmė riedmenų saugumui ir atsiranda tikimybė įvykti eismo įvykiui. Dažniausiai pasitaikantys eismo įvykiai – tai geležinkelio transporto susidūrimai su kelių transporto priemonėmis bei pėsčiaisiais (*Europe...2012: 60*).

### Geležinkelių eismo saugos rizika, jos vertinimas ir valdymas

Rizika – tai potencialiai galima grėsmė (pavojus). Rizika dažniausiai siejama su nepageidaujama įvykio tikimybe bei žala:

$$Rizika = Tikimybė \times Grėsmė \times Žala.$$

Į rizikos analizę apima kokybinę ir kiekybinę rizikos analizę.

### Eismo rizikos objektai, grėsmės ir veiksniai

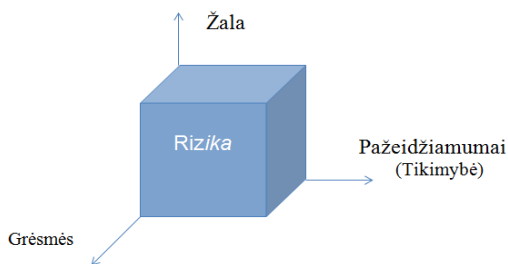
Reikėtų išskirti keletą sąvokų apibrėžiančių geležinkelių transporto eismo riziką – tai grėsmė, žala ir pažeidžiamumas arba tikimybė (Turner. 2008: 84). Rizikos dydžio tūrinė išraiška pavaizduota 1 pav.

Kaip matyti iš 1 pav. „kubo“, vertinant eismo įvykio riziką vienodai svarbūs yra visi trys veiksniai.

### Geležinkelių eismo rizikos objektai

Geležinkelių transporto eismo rizikos objektai tai:

- judantys riedmenys;
- tarpstočiai;
- pervažos;

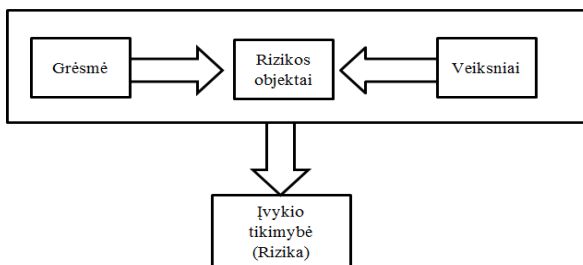


1 pav. Rizikos dydžio „tūrinė“ išraiška

- keleivių stotys su kelymais;
- prekinės stotys su kelymais;
- kelio statiniai (tuneliai, viadukai ir pan.).

Eismo įvykių tikimybę didinantys veiksniai – objekto mažas atsparumas konkrečiai grėsmei, priklausantis nuo naudojamų organizacinių ir technologinių kontrolės priemonių bei aplinkybių, kurių negalima įtakoti. Kaip jau minėta, Lietuvoje didžiausia geležinkelių transporto eismo rizika yra pervažose, todėl reikėtų išskirti veiksnius, įtakančius eismo riziką.

Aukščiau tekste apibrėžtos sąvokos – grėsmė, rizikos objektai ir įvykio tikimybę didinantys veiksniai – sudaro eismo įvykio tikimybės nustatymo algoritmo struktūra pavaizduota 2 pav.



2 pav. Eismo įvykio tikimybės nustatymo algoritmo struktūra

### Geležinkelių eismo įvykio tikimybės apskaičiavimas ir pervažų saugumo vertinimo kriterijai

Lietuvoje viena iš didžiausių geležinkelio eismo rizikų yra pervažose (Valstybinė...2010: 13). Norint nustatyti geležinkelio transporto eismo riziką, svarbu apskaičiuoti eismo įvykio tikimybę. Šiai tikimybei apskaičiuoti reikia įvertinti pervažų kriterijus, nuo kurių priklauso eismo saugumas. Pervažų saugumo vertinimo kriterijai pateikti 1 lentelėje.

Apašius pagrindinius pervažų kriterijus, reikia išreikšti juos skaitinėmis reikšmėmis. Kaip matoma 1 lentelėje, yra 16 pervažos kriterijų. Visiems kriterijams įvertinti skaitine reikšme naudojama Vilniaus, Kauno, Klaipėdos ir Šiaulių regionų pervažų duomenys.

1 lentelė. Pervažų saugumo vertinimo kriterijai

Nr.	Kriterijus, vnt.			
1	Pervažos plotis, m			
2	Kiek bėgių kelių kertą, vnt.			
3	Didžiausias leistinas traukinių eismo greitis, km/h			
4	Traukinių (porų) skaičius per parą,			
5	Kelių transporto priemonių skaičius per parą,			
6	Autobusų skaičius per parą,			
7	Pervažos kategorija, 4 kategorijos			
8	Dangos tipas pervažos priegose			
9	Dangos tipas pervažoje			
10	Matumumas	Pervažos iš mašinsto kabinos	Nelyginio traukinio	
11			Lyginio traukinio	
12		Traukinio ekipažo	Iš dešinės pusės pagal km seką	Nelyginio traukinio
13				Lyginio traukinio
14			Iš kairės pusės pagal km seką	Nelyginio traukinio
15				Lyginio traukinio
16	Signalizacijos priemonės, užtikrinančios saugų eismą pervažose			

Įvertinant pervažos plotį ir žinant, kad siauriausia pervaža yra 5 m, o plačiausia 20 m, saugiausia laikome pervažą, kuri siauriausia. Ją prilyginame 1, t. y. mažiausia tikimybė, kad įvyks eismo įvykis. Pervažos plotį didesnį nei 5 m apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_1 = 1 - \frac{B}{20}, \quad (1)$$

čia:  $B$  – pervažos plotis, m; 20 – plačiausia pervaža, m.

Naudodami šią formulę pervažos plotį išreiškiame skaitine reikšme. Taip pat apskaičiuojama tikimybė  $P_1$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Įvertinamas kelių, esančių pervažoje, skaičius. Iš duomenų matoma, kad pervažoje yra nuo 1 iki 2 geležinkelio kelių. Suteikiant skaitines reikšmes atitinkamai įvertiname 0,7 ir 0,6. Gaunama tikimybė  $P_2$ .

Yra žinoma, kad mažiausias nustatytas traukinių greitis pervažoje – 40 km/h, o didžiausias 160 km/h. Saugų greitį pervažoje laikome 40 km/h, jį prilyginame 0,8. Didesnį greitį nei 40 km/h apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_3 = 1 - \frac{v}{160}, \quad (2)$$

čia:  $v$  – maksimalus nustatytas greitis pervažoje, km/h; 160 – didžiausias leistinas greitis pervažoje, km/h.

Pagal šią formulę maksimalų nustatytą greitį pervažoje išreiškiame skaitine reikšme. Taip pat apskaičiuojama tikimybė  $P_3$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Traukinių skaičius per parą pervažoje įvertinamas naudojant jau minėtą metodiką. Žinodami, kad traukinių skaičius per parą pervažoje yra nuo 2 iki 135, saugų traukinių skaičių per parą pervažoje laikome 6 ir mažesniu, jį prilyginame 1. Didesnį traukinių intensyvumą nei 6 apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_4 = 1 - \frac{I}{135}, \quad (3)$$

čia:  $I$  – traukinių skaičius per parą pervažoje; 135 – didžiausias traukinių intensyvumas per parą pervažoje.

Apskaičiuojama tikimybė  $P_4$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Įvertinant kelių transporto priemonių skaičių per parą pervažoje, saugiu laikoma 150 ir mažesnis transporto priemonių skaičius, jį prilyginame 1. Didesnį transporto priemonių skaičių apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_5 = 1 - \frac{T_{sk}}{5000}, \quad (4)$$

čia:  $T_{sk}$  – transporto priemonių skaičius per parą pervažoje; 5000 – didžiausias transporto priemonių skaičių skaičius per parą pervažoje.

Apskaičiuojama tikimybė  $P_5$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Įvertinant autobusų skaičių per parą pervažoje, saugiu laikoma 10 ir mažesnis autobusų skaičius, jį prilyginame 1. Didesnį autobusų skaičių apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_6 = 1 - \frac{A_{sk}}{280}, \quad (5)$$

čia:  $A_{sk}$  – autobusų skaičius per parą pervažoje; 280 – didžiausias autobusų skaičius per parą pervažoje.

Apskaičiuojama tikimybė  $P_6$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Įvertinant pervažų kategorijas saugia laikoma IV kategorija, ją prilyginame 0,8. Tada III, II ir I kategorijas atitinkamai – 0,6; 0,4; 0,2. Taip gaunama tikimybė  $P_7$ .

Iš duomenų matoma, kad danga pervažos prieigose būna įvairi: asfalto, grįsta, akmenų, žvyro ir pati prasčiausia – grunto. Laikydami saugiausią dangą asfalto, ją įvertiname 0,8. Tada Grunto danga laikoma pačia nesaugiausia ir įvertinama 0,4. Taip gaunama tikimybė

$P_8$ . Kelio dangų pervažos prieigose įvertinimai pateikti 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Kelio dangų pervažos prieigose įvertinimai

Dangos tipas	Įvertinimas
Asfaltas	0,8
Grįsta	0,7
Akmenų	0,6
Žvyro	0,5
Grunto	0,4

Danga pervažoje būna trijų rūšių: asfalto, guminė ir gelžbetoninė. Laikydami saugiausią dangą asfalto, ją įvertiname 0,8. Guminę dangą laikome vidutinio saugumo ir įvertiname 0,75. O pačia nesaugiausia laikome gelžbetoninę ir įvertinama 0,6. Taip gaunama tikimybė  $P_9$ .

Įvertinamas pervažos matomumas iš mašinos kabinos (1 lentelėje kriterijai pažymėti 10 ir 11 numeriais). Saugiu laikomas matomumas 1000 m ir daugiau, jis prilyginamas 1. Mažesni matomumą apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_{10,11} = 1 - \frac{N_{mašin}}{1000}, \quad (6)$$

čia:  $N_{mašin}$  – pervažos matomumas iš mašinos kabinos, m; 1000 – saugus pervažos matomumas.

Taip apskaičiuojamos tikimybės  $P_{10}$  ir  $P_{11}$ , kad neįvyks eismo įvykis.

Tada įvertinamas traukinio matomumas iš automobilio (4 lentelėje šie kriterijai pažymėti 12, 13, 14 ir 15 numeriais). Saugiu laikomas matomumas 1000 m ir daugiau, jis prilyginamas 1. Mažesni matomumą apskaičiuojame pagal formulę:

$$P_{12-15} = 1 - \frac{N_{autom}}{1000}, \quad (7)$$

čia:  $N_{ekipaž}$  – traukinio matomumas iš automobilio, m; 1000 – saugus pervažos matomumas.

Taip apskaičiuojamos tikimybės  $P_{12}$ ,  $P_{13}$ ,  $P_{14}$  ir  $P_{15}$ , kad neįvyks eismo įvykis.

### Signalizacijos priemonių, užtikrinančių saugų eismą pervažose įvertinimas

Paskutinis kriterijus, kuris bus išreiškiamas skaitine reikšme – tai signalizacijos priemonės įrengtos pervažoje. Ši kriterijų sudaro pervažoje įrengtų signalizacijos priemonių grupė. Tokių kaip: automatiniai užtvapai su auto-

matine šviesoforų signalizacija, pusiau automatiniai elektriniai užtvarai (uždaromi automatiškai ir atidaromi mygtuku), elektriniai mygtukiniai užtvarai, mechaniniai užtvarai, atitveriamoji signalizacija, neautomatinė šviesoforų signalizacija ir t.t.

Įvertinant signalizacijos priemones, saugiais laikomi automatiniai užtvarai su automatine šviesoforų signalizacija, jie prilyginami 1. Pervažose, kuriose neįrengta signalizacijos priemonių prilyginama 0,1 ir laikoma nesaugia. Signalizacijos priemonių pervažose įvertinimas pateiktas 3 lentelėje.

**3 lentelė.** Signalizacijos priemonių pervažose įverčiai

Signalizacijos priemonės		Įvertis
Automatiniai užtvarai su automatine šviesoforų signalizacija		1,0
Pusiau automatiniai elektriniai užtvarai, uždaromi automatiškai ir atidaromi mygtuku		0,85
Automatinė šviesoforų signalizacija		0,8
Elektriniai mygtukiniai užtvarai	Su pranešamąja šviesoforų signalizacija	0,7
	Su pranešamąja signalizacija	0,6
Mechaniniai užtvarai	Su pranešamąja šviesoforų signalizacija	0,5
Elektros apšvietimas		0,45

Taip gaunama tikimybė  $P_{16}$ , kad neįvyks eismo įvykis.

### Pervažų kriterijų rangavimas pagal svarbą

Įvertinę visus 16 kriterijų ir suskaičiavę tikimybę, turime nustatyti šių kriterijų svarbą vienas kito atžvilgiu. Tai yra, suskirstyti kriterijus nuo didžiausio iki mažiausio, kurie lemia eismo saugumą pervažose. Šiam tikslui, naudosis koeficientus. Šių koeficientų suma lygi 1. Kriterijų suskirstymas pagal svarbą pateiktas 4 lentelėje.

Įvertinę kriterijus ir jų svarbą apskaičiuosime tikimybę pagal formulę:

$$\sum P_i = f \cdot P_1 + h \cdot P_2 + l \cdot P_3 + n \cdot P_4 + k \cdot P_5 + m \cdot P_6 + p \cdot P_7 + g \cdot P_8 + e \cdot P_9 + i \cdot P_{10} + j \cdot P_{11} + a \cdot P_{12} + b \cdot P_{13} + c \cdot P_{14} + d \cdot P_{15} + o \cdot P_{16} \quad (8)$$

Pervažos saugumo lygiui nustatyti apskaičiuojama tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis.

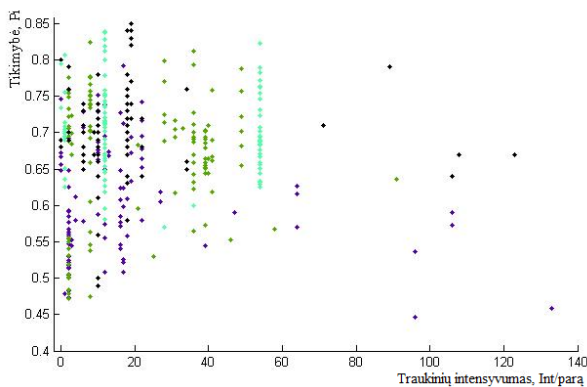
**4 lentelė.** Kriterijų suskirstymas pagal svarbos koeficientus

Nr.	Kriterijus			Koeficientas	Koeficiento simbolis	
1	Matomumas	Traukinio ekipažo	Iš dešinės pusės pagal km seką	Nelyginio traukinio	0,045	<i>a</i>
2			Lyginio traukinio	0,045	<i>b</i>	
3		Iš kairės pusės pagal km seką	Nelyginio traukinio	0,045	<i>c</i>	
4			Lyginio traukinio	0,045	<i>d</i>	
5	Dangos tipas pervažoje			0,045	<i>e</i>	
6	Pervažos plotis			0,050	<i>f</i>	
7	Dangos tipas pervažos prieigose			0,055	<i>g</i>	
8	Kiek bėgių kelių kerta			0,060	<i>h</i>	
9	Matomumas	Pervažos iš mašininio kabinos	Nelyginio traukinio	0,065	<i>i</i>	
10			Lyginio traukinio	0,065	<i>j</i>	
11	Kelių transporto priemonių skaičius per parą			0,065	<i>k</i>	
12	Didžiausias leistinas traukinių eismo greitis, km/h			0,075	<i>l</i>	
13	Autobusų skaičius per parą			0,075	<i>m</i>	
14	Traukinių (porų) skaičius per parą			0,085	<i>n</i>	
15	Signalizacijos priemonės, užtikrinančios saugų eismą pervažose			0,085	<i>o</i>	
16	Pervažos kategorija			0,095	<i>p</i>	

### Apskaičiuotos eismo įvykio tikimybės rezultatai

Apskaičiavus tikimybę, galima panagrinėti pervažos saugumo priklausomybę nuo traukinių eismo intensyvumo.

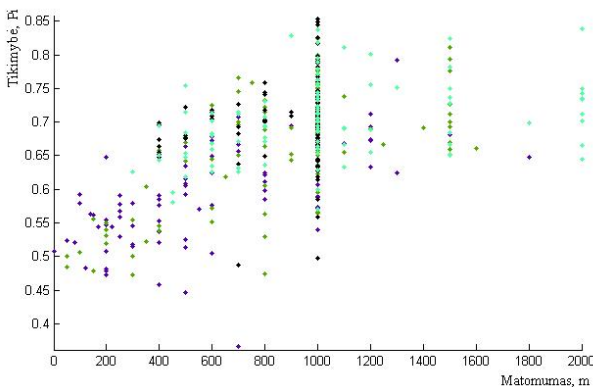
Tikimybės  $P_i$  reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo traukinių eismo intensyvumo pateiktas 3 paveikslėlyje. Matoma, kad didžiausias išsibarstymas yra, kai traukinių eismo intensyvumas nuo 0 iki 50, o tikimybė nuo 0,45 iki 0,8. Atsižvelgiant į tikimybę, kuri nusako pervažos saugumą, galima teigti, kad esant mažam traukinių eismo intensyvumui didėja pervažos saugumo tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis.



3 pav. Tikimybės  $P_i$  reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo traukinių eismo intensyvumo

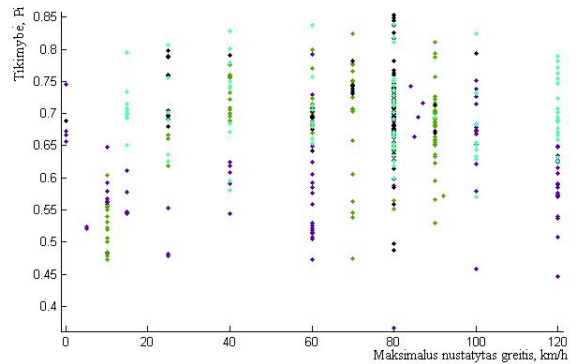
Tikimybės reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo maksimalaus nustatyti greičio pateiktas 4 paveikslėlyje. Matoma, kad didžiausias tikimybės reikšmių išsibarstymas yra ties 60, 80, 90 ir 120 km/h greičiais. Atsižvelgiant į tikimybę, kuri nusako pervažos saugumą, galima teigti, kad traukiniui važiuojant šiais greičiais pervažos saugumas yra vidutinis. Tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis svyruoja nuo 0,45 iki 0,85.

Tikimybės  $P_i$  reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo matomumo pateiktas 5 paveikslėlyje. Matoma, kad didžiausias tikimybės reikšmių išsibarstymas, kai matomumas yra nuo 200 iki 800 m. Pervažos saugumo tikimybė šiuose matomumo intervaluose svyruoja nuo 0,45 iki 0,75. Laikomo saugaus matomumo, t.y. 1000 m, tikimybė svyruoja nuo 0,5 iki 0,85. Galima teigti, kad esant tokiam matomumui, pervaža laikoma saugia.

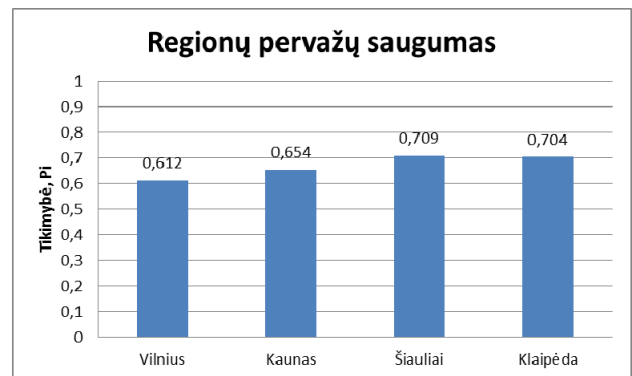


5 pav. Tikimybės  $P_i$  reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo pervažos matomumo

Apskaičiavus eismo įvykio tikimybę, galima palyginti pervažų saugumą pagal regionus (6 pav.)



4 pav. Tikimybės  $P_i$  reikšmių išsibarstymas priklausomai nuo maksimalaus nustatyto traukinių greičio pervažoje



6 pav. Pervažų saugumo palyginimas pagal regionus

Iš 6 pav. diagramos matoma, kad skirtumas tarp regionų yra minimalus, tačiau nesaugiausias pervažos yra Vilniaus regione, o saugiausias Šiaulių regione.

## Išvados

1) Nustatyta pervažos saugumo priklausomybė nuo traukinių intensyvumo. Esant vidutiniam traukinių intensyvumui pervažoje, t.y. 40 traukinių per parą, tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis svyruoja nuo 0,55 iki 0,8.

2) Nustatyta pervažos saugumo priklausomybė nuo didžiausio leisti traukinių greičio. Esant didžiausiems leistiniams traukinių greičiams pervažoje, 60, 80, 100 ir 120 km/h, tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis svyruoja nuo 0,45 iki 0,85.

3) Nustatyta pervažos saugumo priklausomybė nuo matomumo. Laikomo saugaus matomumo, t.y. 1000 m, tikimybė svyruoja nuo 0,5 iki 0,85.

4) Palyginus pervažų saugumą pagal šalies regionus, nustatyta, kad saugiausias pervažos yra Šiaulių regione, o nesaugiausias – Vilniaus.

5) Pagal pasirinktų vertinimo kriterijų sistemos rezultatus galima teigti, kad Lietuvos pervažų saugumas yra nepakankamas, nes saugiausio šalies regiono pervažų tikimybė, kad neįvyks eismo įvykis, yra tik 0,704. Įgyvendinus priemones ir gavus, kad visų šalies regionų šis rodiklis yra 0,850, pervažos Lietuvoje būtų laikomos saugiomis.

6) Atsižvelgiant į pervažų kriterijų rangavimą pagal pavojingumą, pirmiausia pervažose būtina: pagerinti matomumą pervažose, nedidinti pervažų pločio ir tobulinti dangos tipą pervažose.

## Literatūra

- AB „Lietuvos geležinkeliai“. 2012 m. Duomenys apie Vilniaus, Kauno, Klaipėdos ir Šiaulių regionų pervažų technines charakteristikas.
- Europe railway association. 2012. *Railway safety performance in the European Union*. 60 p.
- Midya, S.; Thottappillil, R. 2008. An overview of electromagnetic compatibility challenges in European Rail Traffic Management System. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2008, 16(5): 515–534.
- Silla, A.; Kallberg, V-P. 2012. The development of railway safety in Finland. *Accident Analysis and Prevention* 2012, 45: 737– 744.
- Turner, S. 2008. *Review of Network Rail's All Level Crossing Risk Model (ALCRM)*. RSU/08/16. 84 p.
- Valstybinė geležinkelio inspekcija prie susisiekimo ministerijos. 2010. *Bendrieji saugos tikslai*, 13 p.