

21-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,**  
vykusios 2018 m. gegužės 4-5 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 4-5 May 2018, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 21-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 4-5 мая 2018 г., Вильнюс, Литва

## LIETUVOS GELEŽINKELIŲ PERVAŽŲ SAUGUMO DIDINIMO PRIEMONĖS

Raimedas Vytautas Ratkelis, Gintautas Bureika

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas,  
El. paštas: raimedas.ratkelis@stud.vgtu.lt; gintautas.bureika@vgtu.lt*

**Santrauka.** Straipsnyje aprašoma eismo įvykių Lietuvos geležinkelių pervažose priežasčių struktūra, pagal kurią siūloma eismo įvykių geležinkelio pervažose tyrimo metu identifikuoti eismo įvykių priežastis ir numatyti tendencijas. Pateikiamos, pervažų kuriose buvo įvykę eismo įvykiai, būdingos charakteristikos nustatytos tiriant pervažų eksploatacijos veiksnių įtaką buvusiems eismo įvykiams. Grupuojant pagal požymius nustatyta pervažų kuriose buvo įvykę eismo įvykiai būdingiausių charakteristikų dalis tarp visų tiriamų pervažų charakteristikų. Aprašyta siūloma projektuojamos geležinkelio pervažos aktyviosios saugos sistemos struktūra. Nustatomas ir aprašomas projektuojamos geležinkelio pervažos aktyviosios saugos sistemos darbo algoritmas. Pabaigoje pateikiami tyrimo ir projektavimo rezultatai bei suformuluojamas išvados.

**Reikšminiai žodžiai:** geležinkelio pervaža, eismo įvykis, priežastis, veiksniai, saugos sistema, struktūra, darbo algoritmas.

### Įvadas

Tyrėjai, analizuodami eismo įvykių geležinkelio pervažose priežastis, dažniausia įvardina kelių transporto vairuotojo ir/arba pėsčiojo kaltę, nors žmogus turi ribotas protines bei fizines galimybes, kurias veikia aplinkos veiksniai. Istoriskai susiklostę, kad geležinkelio pervažų aktyviosios saugos sistemos orientuotos geležinkelių turto apsaugai, o ne automobilių vairuotojų ir pėsčiųjų tinkamų sprendimų priėmimui. Vis dažniau, pasaulio geležinkeliuose, traukinio buvimo vietos registravimui vietoje bėgių grandinių naudojama ašių skaičiavimo sistema, tuo pat geležinkelio pervažų saugumo valdymo ir įrenginių diagnostikos sistemose įrangos stebėsenai ir valdymui pradeda plačiau taikyti diagnostikos sistemas sudarytas iš valdiklių ir pervažos įrenginių jutiklių, reaguojančių į daugumos fizinių kelio aplinkos parametrų kitimą.

Šių techninių priemonių panaudojimas atveria naujas galimybes didinant geležinkelio pervažų saugumą, suteikiant tikslesnę ir savalaikę informaciją pėstiesiems, transporto priemonių vairuotojams, traukinių mašinistams, traukinių eismo tvarkdarius dirbantiems operatyvinio valdymo centre.

Lietuvos geležinkelių pervažų saugumo didinimo priemonių tyrimui suformuluoti uždaviniai:

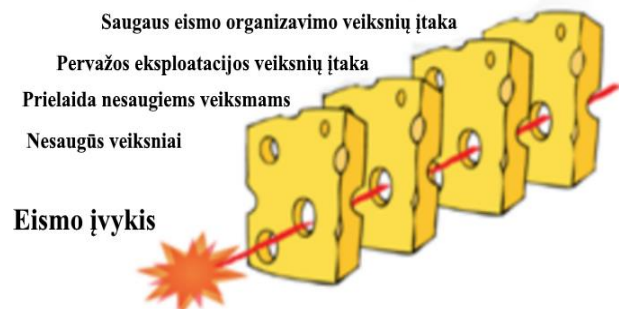
1. identifikuoti eismo įvykių Lietuvos geležinkelių pervažose priežastis pritaikant eismo įvykių gele-

žinkelio pervažose priežasčių identifikavimo modelį;

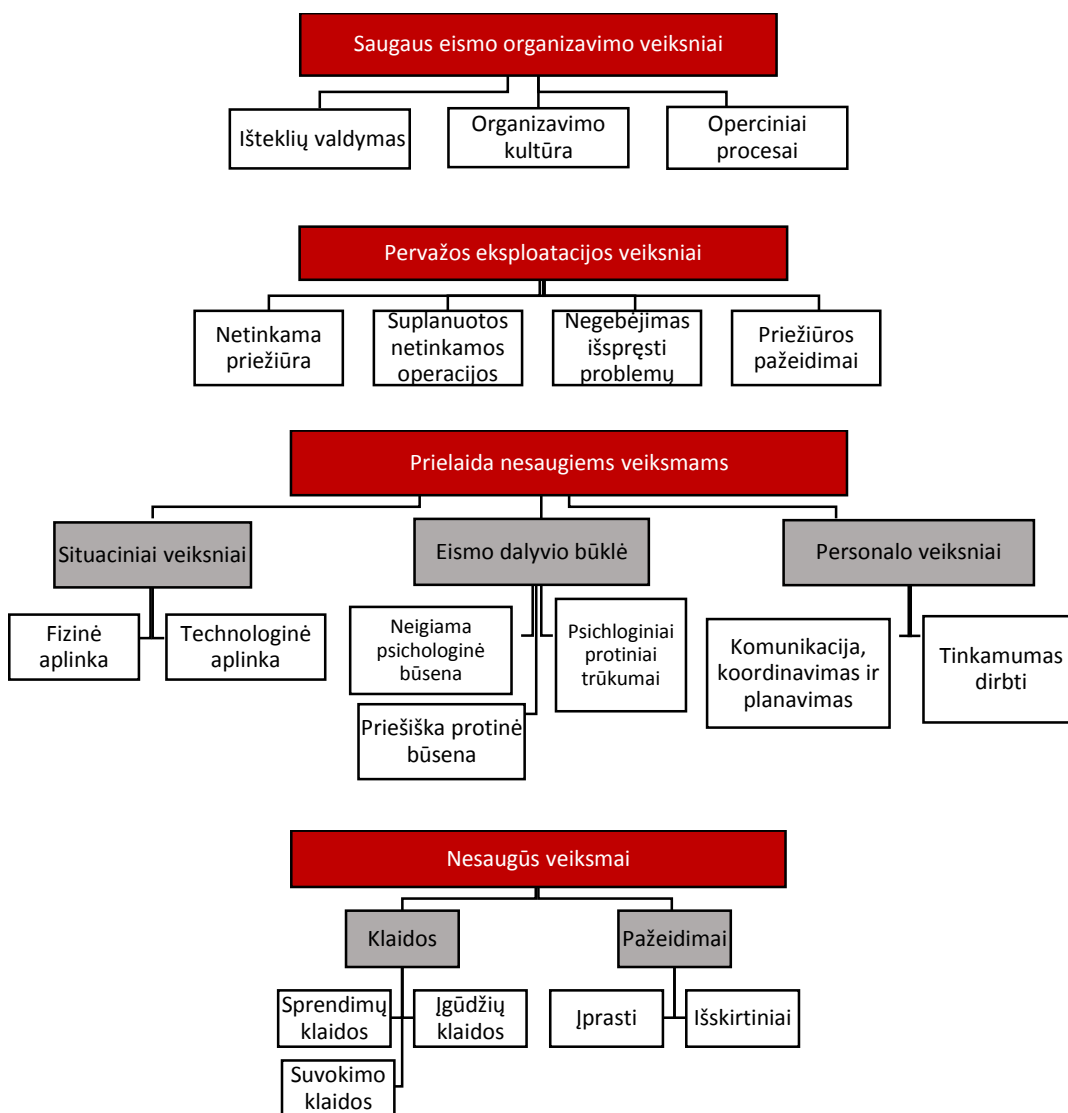
2. pasiūlyti saugumo problemų sprendimo technines priemones.

### Eismo įvykių, geležinkelio pervažose, priežasčių identifikavimo modelis

Sukurti efektyvias prevencines priemones galima tik sistemingai analizuojant įvykusias nelaimes (Wiegmann 2003). Nagrinėjant mokslinę literatūrą, pastebėta, kad eismo įvykių geležinkelio pervažose priežasčių identifikavimui galima pritaikyti pramoninį „Įvykių grandinės“ arba „Šveicariško sūrio“ modelį, pateiktą 1-ame paveiksle (Reason 2000).



1 pav. „Įvykių grandinės“ arba „Šveicariško sūrio“ modelis



2 pav. Siūloma, eismo įvykių priežastinių kategorijų priklausomybės (keturiems kliūčių lygiams) struktūra

Tokiu būdu, eismo įvykių geležinkelio pervažose priežastis, siūloma identifikuoti keturiuose, kliūčių eismo įvykių įvykimui, lygiuose:

1. Saugaus eismo organizavimo veiksnių įtaka.
2. Pervažos eksploatacijos veiksnių įtaka.
3. Prielaida nesaugiems veiksams.
4. Nesaugūs veiksmai.

Kliūčių eismo įvykiams lygiai yra nuoseklūs, t. y. aukštesnieji lygiai turi įtakos žemiau esantiems lygiams. Kiekviename lygyje padarytos klaidos gali prasifiltruoti pro žemesniame apsauginių kliūčių lygyje esančias „skyles“ ir tapti eismo įvykio priežastimi. Kiekviename lygyje yra kelios priežastinės kategorijos pagal kurias galima identifikuoti eismo įvykių geležinkelio pervažoje priežastis.

Kiekviename kliūčių lygyje pateikiamos priežastinės kategorijos pagal kurias siūloma identifikuoti eismo įvykių geležinkelio pervažose priežastis. Atlikus mokslinės literatūros analizę nustatyta 19 priežastinių kategorijų eismo įvykiams geležinkelio pervažose. Jų priklausomy-

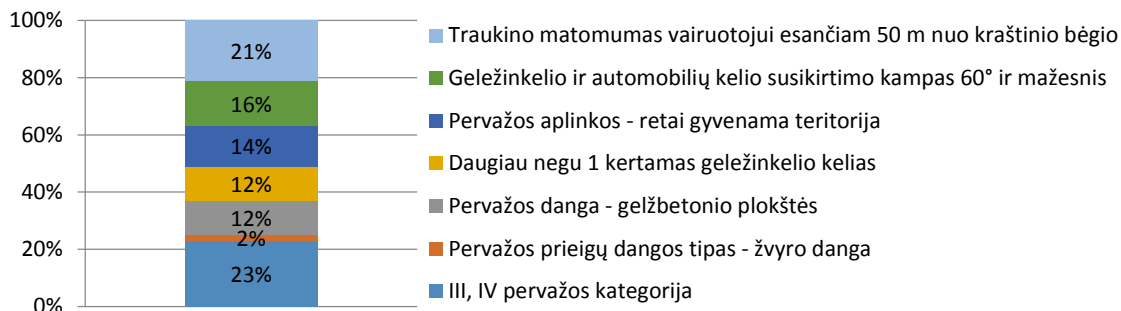
bės (kiekvienam kliūčių lygiui) struktūra pateikta 2 paveiksle.

Pirmajam, aukščiausiam kliūčių eismo įvykiui geležinkelio pervažoje lygiui, nustatytos 3 eismo įvykių geležinkelio pervažoje priežastinės kategorijos, antrajam – 4, trečiajam – 10, ketvirtajam – 7.

### Pervažų eksploatacijos veiksnių analizė

Pervažų eksploatacijos veiksnių analizei atrinkta 13 Lietuvos geležinkelių pervažų, kuriose 2010 – 2016 metų laikotarpiu įvyko eismo įvykiai. Grupuojant pagal bendrus požymius, identifikuotos pervažoms (kuriose vyko eismo įvykiai) bendros charakteristikos, kurios, kaip galima daryti prielaidą, gali būti veiksnys didinantis eismo įvykio geležinkelio pervažoje galimybę. Pervažų charakteristikų galimos įtakos, lemti eismo įvykių įvykimą geležinkelio pervažoje, santykinės dalys vaizdžiai pateiktos 3 paveiksle.

Nustatytos 4 geležinkelio pervažų charakteristikos turinčios didžiausią reikšmę įtakojant eismo įvykių įvykimą Lietuvos geležinkelių pervažose:



3 pav. Pervažų charakteristikų galimos įtakos, lemti eismo įvykių įvykimą geležinkelio pervažoje, santykinės dalys

1. III ir IV pervažų kategorijos (būdingas bruožas – mažas traukinių ir automobilių eismo intensyvumas, krašto ir rajoniniai automobilių keliai).
2. Pervažos yra automobilių kelių ruožuose su retai gyvenamomis teritorijomis (vienkiemiai).
3. Pervažos forma nepatogi apžvalgai, geležinkelio ir automobilių kelio smailūs susikirtimo kampas mažesnis arba lygus mažiausiam pervažų techniniuose reikalavimuose leidžiamam kampui tarp susikertančių kelių – 60°.
4. Nepakankamas artėjančio link pervažos traukinio matomumas kelių transporto priemonės vairuotojui, esančiam toliau kaip 50 m nuo kraštinio bėgio.

Geležinkelio pervažų saugumui Lietuvos geležinkeliuose naudojamos įvairios geležinkelio pervažos saugos elektroninės sistemos. Šiuo metu inovatyviausia geležinkelio pervažos saugos sistema suteikianti savalaikę informaciją traukinių mašinistams ir traukinių eismo tvarkdarius dirbantiems operatyviniame valdymo centre, testuojama dvejose II kategorijos geležinkelio pervažose su automatiniais užkardais užtveriančiais visą važiuojamąją automobilių kelio dalį.

Testuojamoji geležinkelio pervažos saugos sistema praktiškai išsprendžia tik vieną eksploatuojamų signalizacijos sistemų trūkumą – nepakankamą saugumo užtikri-

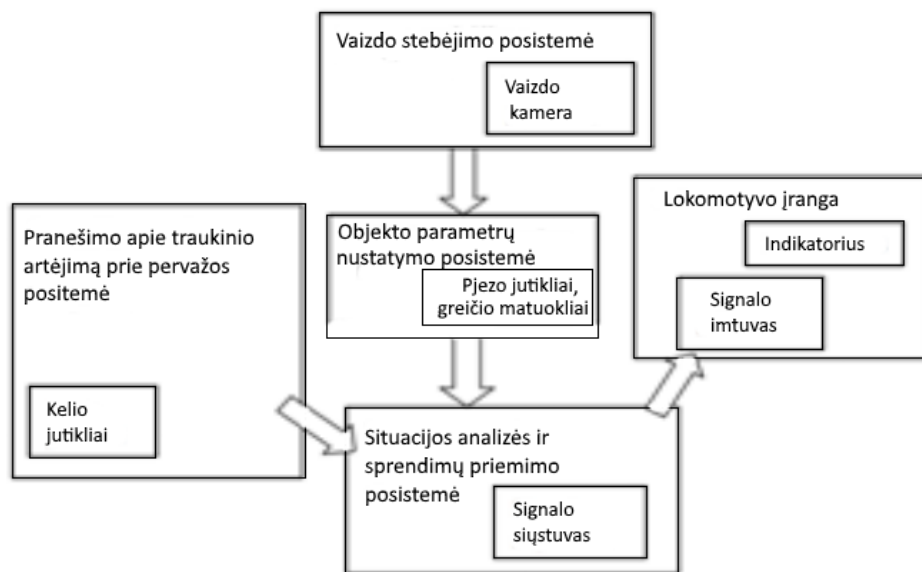
nimą pervažose su įrengtais automatiniais užkardais, kai traukiniui artėjant prie pervažos ruožo, pervažoje jau yra susidariusi statinė avarinė situacija (sustojęs automobilis, pabiręs krovinytis ir pan.).

Pervažų eksploatacijos veiksnių analizės pagrindu nustatytos, eismo įvykių įvykimui įtaką turinčios, geležinkelio pervažų charakteristikos, duoda pagrindą spręsti, kad tikslinga projektuoti besikeičiančios situacijos pervažoje (be automatinio užkardų) įvertinimo sistemą, suteikiančią savalaikę informaciją traukinių mašinistams, apie rekomenduojamus veiksmus.

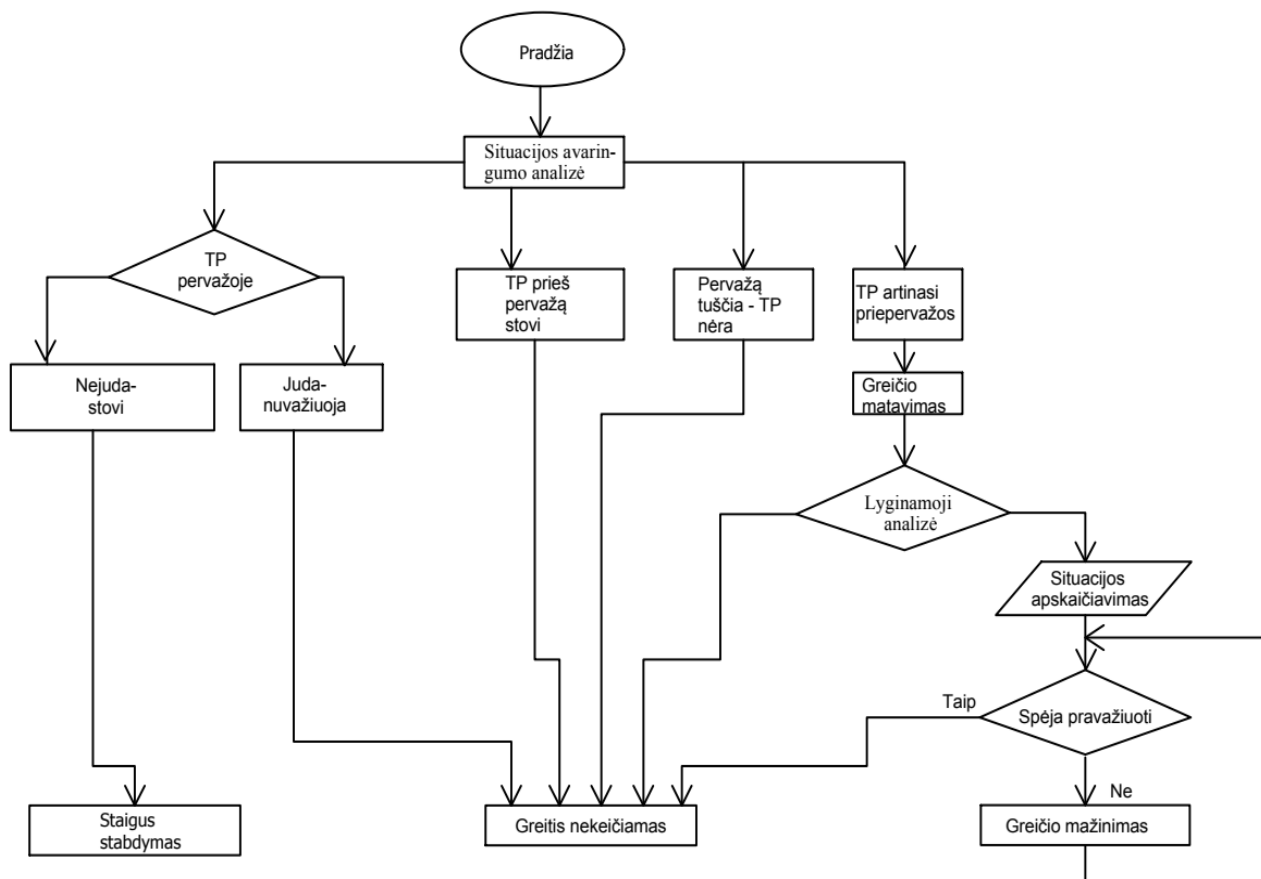
#### Projektuojama geležinkelio pervažos saugos sistema

Geležinkelio pervažos projektuojamos aktyviosios saugos sistemos paskirtis – sprendimas pagal sukurtą algoritmą dėl susidariusios situacijos geležinkelio pervažoje (be automatinio užkardų) ir nedelsiamas sprendimo perdavimas į lokomotyvo valdymo įtaisus. Projektuojamoje aktyviosios saugos sistemoje informacijos apdorojimo įrenginiams (valdikliams) teikiama informacija perduodama naudojant ne bėgių grandines, o kelio jutiklius. Pervažos automatinės šviesoforų signalizacijos sistemos darbo pradžia yra geležinkelio riedmenų įvažiavimas į pervažos priartėjimo ruožą, ribojamą kelio jutiklių.

Siūloma aktyviosios saugos sistemą sukomplektuoti iš atskirų posistemų (žr. 4 pav.):



4 pav. Projektuojamos geležinkelio pervažos aktyviosios saugos sistemos struktūra



5 pav. Siūlomas pagrindinis geležinkelio pervažos saugos sistemos veikimo algoritmas

1. pranešimo apie traukinio artėjimą prie pervažos posistemis;
2. vaizdo stebėjimo posistemis;
3. objekto parametrų nustatymo posistemis;
4. padėties analizės ir sprendimų priėmimo posistemis;
5. lokomotyvo įrangos posistemis.

Kai sistema aktyvuojama, objektas kurio parametrai nustatomi yra tik kelių transporto priemonė. Pagrindinės prognozuojamos eismo situacijos, kurios gali susidaryti geležinkelio pervažoje:

1. Pervažoje ir pervažos prieigose automobilių ar kitų transporto priemonių nėra.
2. Pervaža užimta, t. y. tiesiogiai geležinkelio pervažoje stovi kelių transporto priemonė.
3. Pervažoje kliūtis nėra, tačiau pervažos prieigose yra automobilis:
  - automobilis stovi;
  - automobilis juda link pervažos mažėjančiu greičiu;
  - automobilis juda link pervažos, greičio kitimas neženklaus, iki traukinio priartėjimo prie pervažos galima spėti pravažiuoti geležinkelio kelius;
  - automobilis juda link pervažos, greičio kitimas neženklaus, pravažiuoti pervažą nepavyks.

#### Pagrindinis pervažos saugos sistemos sprendimo algoritmas

Siūlomas pagrindinis geležinkelio pervažos saugos siste-

mos veikimo algoritmas pateiktas 5 paveiksle.

Avarinės situacijos pervažoje analizei būtini duomenys:

1. traukinio ir transporto priemonės padėtis tam tikru laiko momentu (traukinio buvimo vieta registruojama ašių skaitikliais, kelių transporto priemonės – pjezo jutikliais ir fotofiksacijos greičio matuokliais);
2. laikas, per kurį traukinys pasieks pervažą (skaičiuoja valdikliai pagal kelio jutiklių teikiamus duomenis);
3. laikas, per kurį kelių transporto priemonė įvažiuos į pervažą (skaičiuoja Objekto parametrų nustatymo posistemio valdikliai pagal kelio jutiklių teikiamus duomenis).

#### Geležinkelių pervažų techninių saugumo priemonių įdiegimo ekonominis įvertinimas

Geležinkelio pervažos saugos sistemos, veikiančios kelio jutiklių pagrindu, įdiegimas turėtų būti vykdomas kartu atliekant pervažos rekonstrukciją, kurios metu paklojama guminė danga. Guminės dangos paklojimas vienoje pervažoje vidutiniškai kainuoja apie 30 tūkst. Eur. Elektroninės saugos sistemos įdiegimas įrengiant geležinkelio ir automobilių kelio jutiklius, duomenų perdavimo kabelius, valdiklių blokus, indikatorius lokomotyvų valdymo prietaisuose investicijos sudaro apie 100 tūkst. Eur. Vienos geležinkelio pervažos saugos sistemos, veikiančios kelio

jutiklių pagrindu, įdiegimas viso kainuotų apie 130 tūkst. Eur. Eismo įvykių geležinkelio pervažose sukelti nuostoliai Lietuvos ekonomikai per 2013-2016 m. laikotarpį sudarė viso 3,73 mln. Eur. 2016 m. žala dėl vieno eismo įvykyje žuvusio žmogaus buvo 623 tūkst. Eur (*Eismo įvykių sukelti... 2017*). Elektroninių geležinkelio pervažose kuriose reikiamas matomumo trikampis neužtikrinamas, yra aki-vaizdžiai Lietuvos ekonomikai naudinga eismo įvykių prevencinė priemonė. Tokiose pervažose elektroninės saugos sistemos atsipirkimo laikas, išsaugojant vieno eismo įvykyje žuvusio žmogaus gyvybę, yra 0,5 metų.

### Išvados

Identifikuojant eismo įvykių Lietuvos geležinkelių pervažose priežastis 19-oje nustatytų priežastinių kategorijų 4-uose klūčių eismo įvykiui lygiuose (žr. 2 pav.), tiksliai nustatomos netiesioginės eismo įvykių priežastys, kas duoda galimybę suformuluoti konkrečius uždavinius ir jų sprendimo vertinimo kriterijus, didinant Lietuvos geležinkelių pervažų saugumą.

Nustatytos 4 Lietuvos geležinkelių pervažų charakteristikos labiausiai įtakančios eismo įvykių įvykimą pervažose:

- III ir IV pervažų kategorijos;
- pervažos yra automobilių kelių ruožuose su retai gyvenamomis teritorijomis;
- pervažos forma nepatogi apžvalgai, geležinkelio ir automobilių kelio smailusis susikirtimo kampas mažesnis arba lygus mažiausiam pervažų techniuose reikalavimuose leidžiamam kampui tarp susikertančių kelių – 60°;
- nepakankamas artėjančio link pervažos traukinio matomumas kelių transporto priemonės vairuotojui, esančiam toliau kaip 50 m nuo kraštinio bėgio. Geležinkelio pervažos, be automatinių užkardų, aktyviosios saugos sistema veikianči pagal siūlomą algoritmą (žr. 5 pav.), suteiktą savalaikę informaciją traukinių mašinistams, apie rekomenduojamus veiksmus išsvengiant eismo įvykio geležinkelio pervažoje.

Vienos pervažos saugos sistemos, veikiančios kelio jutiklių pagrindu, įdiegimo investicijos sudaro apie 130 tūkst. Eur. Atsipirkimo laikas išsaugojant vieno eismo įvykyje žuvusio žmogaus gyvybę yra 0,5 metų.

### Literatūra

- Bureika, G.; Gaidamauskas, E.; Kupinas, J.; Bogdevičius, M.; Steišūnas, S. 2016. Modelling the assessment of traffic risk at level crossings of Lithuanian railways. *Transport*. Vilnius: Technika. ISSN 1648-4142. Vol. xx, no. x 1-10.
- Wickens, C.D.; Hollands, J.G. *Engineering psychology and human performance*. [žiūrėta 2018 m. sausio 28 d.]. Prieiga per internetą: <http://www-personal.umich.edu/~itm/688/wk2/WickensHollands-EngineeringPsych-Ch3.pdf>.
- Eismo įvykių sukelti nuostoliai Lietuvos ekonomikai*. 2017 m. statistikos biuletenis. [žiūrėta 2018 m. sausio 28 d.]. Prieiga per internetą: [https://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/eismo\\_saugumas/statistika/2017/statistika\\_2013-2016.pdf](https://lakd.lrv.lt/uploads/lakd/documents/files/eismo_saugumas/statistika/2017/statistika_2013-2016.pdf).
- Казаков, А.А.; Бубнов, В.Д.; Казаков, Е.А. *Станционные устройства автоматики и телемеханики*. М.: Транспорт, 1990 г. 431c.
- Lukoševičienė, O. 2001. *Autoįvykių analizė ir modeliavimas*: monografija. Vilnius: Technika. 244 p.
- Pervažų įrengimo ir naudojimo taisyklės, LG/12*. 2005. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2005m. sausio 27d. įsakymas Nr. 3-36. Vilnius: UAB „Gelspa“.
- Reason, J. Human error: models and management. 2000. *BMJ*, 320: 768–770.
- Wickens, C.D.; Hollands, J.G. 2000. *Engineering psychology and human performance*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. Prieiga per internetą: <http://www-personal.umich.edu/~itm/688/wk2/WickensHollands-EngineeringPsych-Ch3.pdf>.
- Wiegmann, D.A., & Shappell, S.A. 2003. *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*. Burlington, VT: Ashgate Publishing, Ltd.