

**STATISTINĖ ĮSKAITINIŲ EISMO ĮVYKIŲ ANALIZĖ IR VERTINIMAS LIETUVOJE
PANAUDOJANT DVIMATĮ TIESINĖS REGRESIJOS MODELĮ****Martin Karpič***Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: martin.karpic@gmail.com*

Anotacija. Straipsnyje analizuojama kaip globalūs šalies socialiniai ir ekonominiai raidos rodikliai lemia įskaitinių eismo įvykių riziką. Tyrimui buvo panaudoti statistiniai 2008 – 2012 m. šalies duomenys, tokie kaip transporto priemonių kuro kaina, eismo intensyvumas, alkoholinių gėrimų kaina, žmonių socialinės raidos indeksas ir kiti. Porinė kriterijų koreliacijos analizė atlikta su programine įranga „Statgraphics Centurion“. Analizės rezultatai buvo vertinami remiantis koreliacijos koeficientu (r), determinacijos koeficientu (R^2), tikimybės lygmeniu (P) ir užsienio šalių patirtimi. Rodikliams su stipriausia koreliacija buvo sudaryti tiesinės regresijos modeliai. Buvo nustatyta, kad eismo intensyvumas, gyventojų tankis, 1 litro benzino ir alkoholinių gėrimų kainos skirtumai turi stipriausią koreliaciją iš visų analizėje naudotų rodiklių.

Reikšminiai žodžiai: eismo įvykiai, tiesinės regresijos modelis, koreliacija, statistika.

Įvadas

Transportas yra neatsiejama mūsų gyvenimo dalis. Kiekvienais metais transporto sektorius Europos Sąjungos šalyse sukuria apie 7 % BVP, Lietuvoje šis rodiklis yra dar didesnis – 10 % BVP (2009 Komisijos komunikatas). Visi žino, kad efektyvumas priklauso nuo sąnaudų, kurios dažnai išauga dėl eismo įvykių. Europos Sąjungos šalyse kasmet žūsta apie 30 000 gyventojų, o sužeidžiama 1,5 mln asmenų. Skaičiuojama, kad visuomenė dėl to patiria apie 130 mlrd. EUR nuostolių (Kelių eismo saugos politikos kryptis). Lietuvoje 2012 metais buvo užregistruota 3173 įskaitinių eismo įvykių, kurių metų 301 asmuo žuvo ir 3712 buvo sužeisti (Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje). Žala šalies ekonomikai dėl šių įvykių siekė 1,212 mlrd. Lt. R. Elviko atlikta analizė parodė, kad nuostoliai dėl eismo įvykių sudaro 1 - 2 % šalies BVP (Elvik 2009).

Visiems gerai žinoma, kad yra daugybė veiksnių, turinčių įtakos kelių saugumui. Daugiausiai žinomi tarp jų yra greitis, automobilizacijos lygis, medicinos paslaugos ir jų kokybė, infrastruktūros ir transporto priemonių būklė. Tačiau, nedaugelis pagalvoja, jog šalies socialiniai ir ekonominiai rodikliai taip pat turi įtakos eismo įvykiams.

Siekiant nustatyti eismo įvykio kilimo priežastis, reikia atsižvelgti į kiekvieną sistemos vairuotojas-automobilis-kelias (VAK) komponentą. Tyrimai parodė, kad didžiausią įtaką eismo įvykio atsiradimo grandinėje turi žmogiškasis faktorius (~57%) (Road safety manual). VAK sistema gali būti pavaizduota Williamo Haddano matricos pagalba, kuri apjungia tris sistemos komponentus ir tris eismo įvykio etapus (prieš įvykį, įvykio metu ir po įvykio). Matricos naudojimo esmė - atsižvelgti ne tik į

pagrindinius veiksnius, bet ir į įvairių institucijų prevencijos programas, taip pat į šalies socialinius bei raidos rodiklius, lemiančius ne tik žmogaus fizinę ir fiziologinę būklę, bet ir visą susisiekimo infrastruktūrą. Įskaitiniai eismo įvykiai, tai plataus profilio problema, kurią norint išspręsti, būtina susidaryti išsamų vaizdą nagrinėjant eismo įvykius lemiančius veiksnius, jų pasekmes ir sprendimus.

Šio mokslinio darbo metu buvo siekiama nustatyti kaip globalūs šalies socialiniai ir ekonominiai raidos rodikliai kartu su eismo saugumo rodikliais lemia įskaitinių eismo įvykių riziką. Tyrimo rezultatai gali padėti nustatyti ar mirtingumas šalies keliuose turi sąsają su šalies išsivystymo lygiu ypač kalbant apie infrastruktūros būklę, automobilizacijos lygį ir kitus socialinius-ekonominius veiksnius.

Metodika

Šalies socialiniai ir ekonominiai duomenys analizei paimti iš Lietuvos statistikos departamento, VĮ REGITRA, o įskaitinių eismo įvykių duomenys iš apibendrintos eismo įvykių statistikos. Tyrimui buvo naudojami paskutiniai 5 metų duomenys (2008 – 2012 metų). Visi gauti duomenys buvo susisteminti į bendrą duomenų bazę, kurią sudarė 170 įrašų. Įvertinus daugiausiai eismo saugumą įtakojančius kriterijus, porinei koreliacijos analizei buvo atrinkti 22 rodikliai. Moksliniame darbe aprašyti 10 svarbiausių, t.y. kurių koreliacijos koeficientas yra didžiausias.

Porinė kriterijų koreliacijos analizė buvo atlikta su programine įranga „Statgraphics Centurion“. Šio programinio paketo pagalba atlikus skaičiavimus gautos tiesinės

regresijos modelio lygties koeficientų β_0 ir β_1 reikšmės, šių koeficientų standartinės paklaidos ir statistikos reikšmė t bei tikimybės lygmuo P .

Porinė koreliacija nagrinėja du atsitiktinius dydžius X ir Y ir tikrina hipotezę apie jų tiesinę priklausomybę. Šių atsitiktinių dydžių priklausomumo laipsnį charakterizuoja Pirsono koreliacijos koeficientas. Šio koeficiento taškinis įvertis randamas pagal formulę:

$$\rho = r = \frac{\sum xy - m\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\sum x^2 - m\bar{x}^2)(\sum y^2 - m\bar{y}^2)}} \quad (1)$$

čia: x ir y – šalies socialiniai-ekonominiai rodikliai, turintis įtakos įskaitinių eismo įvykių atsiradimui; $\bar{x}$ ir $\bar{y}$ – šių rodiklių vidurkiai.

Nagrinėjant atsitiktinio dydžio Y priklausomybę nuo kitų atsitiktinių dydžių, reikia įvertinti determinacijos koeficientą (R^2), kuris parodo kiek procentų Y reikšmės paaiškina kintamojo X elgesys.

Tiesinės regresijos modelis sieja priklausomąjį kintamąjį Y su nepriklausomu kintamuoju X :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_m + \varepsilon_i \quad (2)$$

čia: β_0 – nepriklausomas modelio koeficientas; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – tiesinės regresijos modelio koeficientai; ε_i – atsitiktinė paklaida; n – imties didumas.

Kiekvienas nepriklausomas kintamasis parodo vieną priklausomo kintamojo reikšmę.

Porinės kriterijų koreliacijos analizės rezultatai ir tiesinės regresijos modelis buvo vertinami remiantis koreliacijos koeficientu (r), determinacijos koeficientu (R^2), tikimybės lygmeniu (P) ir užsienio šalių patirtimi.

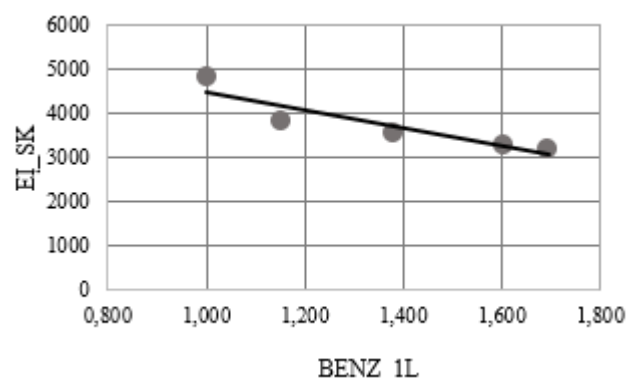
Rezultatai ir analizė

Skaiciavimuose naudoti rodikliai buvo sugrupuoti pagal kilmę siekiant lengviau paaiškinti jų įtaką įskaitiniams eismo įvykiams. Porinės kriterijų koreliacijos analizės rezultatai pateikti 1, 2 ir 3 lentelėse.

Atlikta porinė kriterijų koreliacijos analizė parodė, kad įskaitinių eismo įvykių skaičius Lietuvoje stipriai koreliuoja su degalų kaina. Skaiciavimams buvo panaudotos 1 litro A95 markės benzino, dyzelino ir suskystintų dujų kainos. Iš gautų analizės rezultatų matyti, kad iš trijų nagrinėjamų degalų rūšių didžiausią įtaką eismo įvykiams turi benzino kainos skirtumas ($r_B = -0,9216$, $r_D = -0,7015$ ir $r_{SD} = -0,5660$). Tiesinės regresijos analizės rezultatai pateikti 1 pavyksle.

1 lentelė. Koreliacijos analizės rezultatai (ekonominės kilmės rodiklių)

Nagrinėjamas kintamasis	R^2	r	P
1 litro A95 benzino kainos skirtumas lyginant su 2008 m. kainomis (BENZ_1L)	84,9364	-0,9216	0,0260
1 litro dyzelio kainos skirtumas lyginant su 2008 m. kainomis (DYZ_1L)	49,2070	-0,7015	0,1868
1 litro suskystintų dujų kainos skirtumas lyginant su 2008 m. kainomis (DUJ_1L)	32,0406	-0,5660	0,3199
Infliacija, % (INFL_%)	60,6112	0,7785	0,1209
Alkoholinių gėrimų kainų indeksai, lyginant su 2008 m. kainomis (ALK_KAINA)	89,7196	-0,9472	0,0144
Kelių priežiūros ir plėtros programos finansavimas, mln. Lt (KPPP_LT)	69,6072	-0,8343	0,0589



1. pav. 1l A95 markės benzino kainos pokyčio įtaka avaringumui

Tiesinės regresijos modelio lygtis apibūdinanti 1l A95 markės benzino kainos įtaką įskaitiniams eismo įvykiams atrodo sekančiai:

$$EI_SK = 6522,2 - 2052,5 \cdot BENZ_1L \quad (3)$$

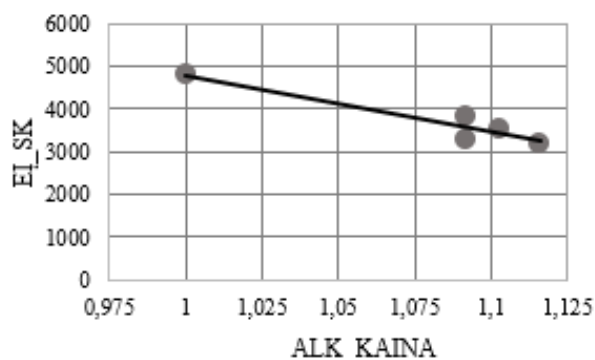
Kuro kainų pokyčio įtaka įskaitiniams eismo įvykiams yra netiesioginė, kadangi kuro kaina sąlygoja jo paklausą. Benzino kainos padidėjimas sumažina nedarbo kelionių skaičių, kas atitinkamai sąlygoja eismo įvykių mažėjimą. Tačiau su darbu susijusioms kelionėms kainų pokytis didelės įtakos neturi, nes dauguma šių kelionių yra neatsiejama darbo dalis.

Skaiciavimai parodė, kad infliacija reikšmingos įtakos įskaitiniams eismo įvykiams neturi ($r_{INFL\%} = 0,7785$). Nagrinėjamame modelyje infliacijos kitimas paaiškina tik 60,6 % įskaitinių eismo įvykių. Infliacija apibūdina bendrojo kainų lygio augimą, dėl kurio krenta piniginių vienetų perkamoji galia. Iš esmės tai reiškia, kad padidėjus infliacijai reikės skirti daugiau lėšų kelių priežiūrai, remontui bei inžineriniams eismo saugumo priemonėms norint palaikyti esamą ar pagerinti eismo saugumo lygį šalyje.

Kaip ir buvo tikimasi dvimatė analizė parodė, kad alkoholinių gėrimų kaina stipriai koreliuoja su įskaitinių eismo įvykių skaičiumi ($r_{ALK_KAINA}=-0,9472$). Tiesinės regresijos analizės rezultatai pateikti 2 paveiksle.

Tiesinės regresijos modelio lygtis apibūdinanti alkoholinių gėrimų kainų įtaką įskaitiniams eismo įvykiams atrodo sekančiai:

$$EI_SK=18220-13420 \cdot ALK_KAINA \quad (4)$$



2. pav. Alkoholinių gėrimų kainos pokyčio įtaka avaringumui

Reikia atkreipti dėmesį, kad alkoholio kaina labai stipriai koreliuoja su eismo įvykių skaičiumi, kurie įvyksta dėl neblaivių eismo dalyvių kaltės, $R^2=0,99$. Didėjant alkoholinių gėrimų kainai mažėja jo paklausa kas atitinkamai sąlygoja eismo įvykių mažėjimą. Franko J. Chaloupka atlikta analizė parodė, kad į didėjančią alkoholinių gėrimų kainą jautriau reaguoja dažnai arba labai daug geriančių vartotojų grupė, negu tie, kurie retai vartoja alkoholį (The effect of Price on Alcohol Consumption...).

Vertėtų pridurti, kad valdžios sprendimai, tokie kaip alkoholio pardavimo uždraudimas po 10 val. vakaro ir griežtesnės sankcijos už vairavimą išgėrus bei įvairios švietimo ir reklaminės programos stipriai prisideda prie eismo įvykių dėl neblaivių vairuotojų kaltės sumažinimo.

Analizė parodė, kad kelių priežiūros ir plėtros programos (KPPP) finansavimas turi teigiamą įtaką įskaitiniams eismo įvykiams ($r_{KPPP_LT}=-0,8343$). Didėjant vyriausybės skiriamam finansavimui susisiekimo infrastruktūrai, daugiau pinigų skiriama keliams, kelių eismo saugumo priemonėms ir kelių priežiūrai. Atitinkamai, tai sąlygoja įskaitinių eismo įvykių mažėjimą. Tiesinės regresijos modelis pateiktas 5 formulėje.

$$EI_SK=1780,29-1,81758 \cdot KPPP \quad (5)$$

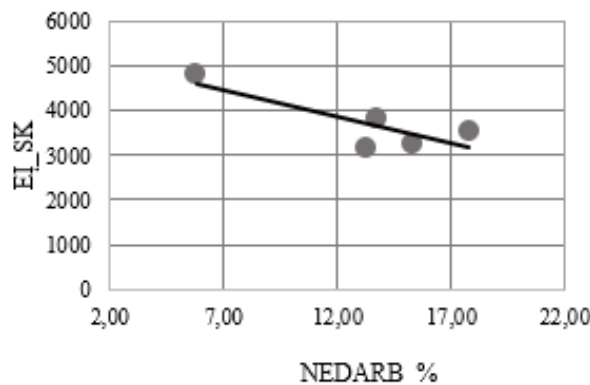
Tiesinės regresijos modelis paaiškina, 70 % įvykusių eismo įvykių (žr. 1 lentelę). Determinacijos koeficientas nėra aukštas, nes KPPP finansavimo lėšos yra paskirstomos tarp skirtingų sektorių, dalis kurių neturi jokios arba turi labai silpną įtaką įskaitiniams eismo įvy-

kiams (lėšos rezervui, už žemės nuomą ar projektavimo darbams).

Porinės kriterijų koreliacijos analizės rezultatai parodė stiprią koreliaciją tarp įskaitinių eismo įvykių ir Lietuvos nedarbo lygiu ($r_{NEDARB_ \%}=-0,8338$). Tai reiškia, kad didėjant nedarbo lygiui įskaitinių eismo įvykių skaičius turi tendenciją mažėti (žr. 2. lentelę ir 3 pav.).

2 lentelė. Koreliacijos analizės rezultatai (socialinės ir techninės kilmės rodikliai)

Nagrinėjamas kintamasis	R ²	r	P
Nedarbo lygis (NEDARB_%)	69,5236	-0,8338	0,0793
Žmogaus socialinės raidos indeksas (HDI)	75,2263	-0,8673	0,0568
Lengvųjų automobilių parko vid. amžius (AUT_PARK_M)	61,9416	0,7870	0,1141
Eismo intensyvumas (VMPEI)	76,1050	0,8724	0,0537



3. pav. Nedarbo lygio pokyčio įtaka avaringumui

Tiesinės regresijos modelio lygtis apibūdinanti šalies gyventojų nedarbo lygio įtaką įskaitiniams eismo įvykiams atrodo sekančiai:

$$EI_SK=5318,3-121,4 \cdot NEDARB_ \% \quad (6)$$

Nedarbo lygis turi įtakos avaringumui netiesiogiai, o per atliekamų kelionių skaičių. Kitaip tariant padidėjęs nedarbo lygis lemia kelionių skaičiaus ir kiekio sumažėjimą, o pastarasis sąlygoja eismo įvykių atsiradimo tikimybės mažėjimą.

Pagal Aleksandro Wagenaaro atliktą tyrimą ilgalaikis nedarbo lygio augimas šalyje galiausiai lems eismo įvykių padidėjimą [Unemployment and motor vehicle accidents...1983]. Žmogus netekęs darbo po kurio laiko pradeda jausti stresą, ypatingai jeigu nepavyksta susirasti kito darbo, kas priveda prie avaringumo didėjimo. Reikia pabrėžti, kad tokiais atvejais padidėja eismo įvykių dėl neblaivių vairuotojų kaltės, nes padidėja alkoholio vartojimas.

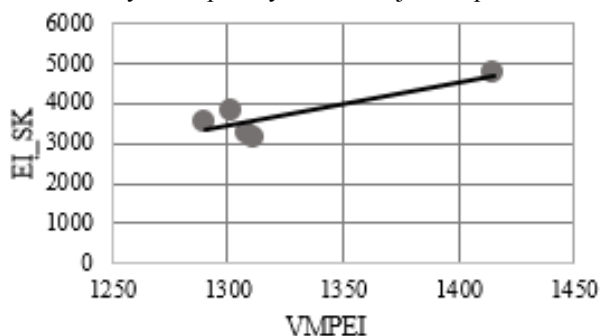
Atlikus analizę išaiškėjo, kad žmonių socialinės raidos indeksas (HDI), kuris apima valstybės gyventojų gyvenimo trukmę, išsivystymo ir gyvenimo lygį, turi stiprią koreliaciją su įskaitinių eismo įvykių skaičiumi ($r_{HDI} = -0,8673$). Tiesinės regresijos modelio lygtis atrodo sekančiai:

$$EI_SK = 102225 - 121404 \cdot HDI \quad (7)$$

Modelis paaiškina 75 % tiriamų eismo įvykių. Avaringumas turi tendenciją mažėti augant šalies išsivystymo lygiui. To priežastimi galima įvardyti pagerėjusią ekonominę padėtį ir švietimo lygį šalyje. Geresnė ekonominė padėtis reiškia saugesnes transporto priemones bei didesnę kelių finansavimą, o didėjantis išsilavinimo lygis – geresnę kelio ženklų ir ženklinimo interpretaciją bei kelių eismo taisyklių laikymąsi.

Skaičiavimai parodė, kad Lietuvoje jaunėjant lengvųjų automobilių parko amžiui eismo įvykiai mažėja neženkiai, t.y. didelės įtakos avaringumui nedaro ($r_{AUT_PARK_M} = 0,7870$). Nestiprią koreliaciją galima paaiškinti tuo, kad per nagrinėjamą laikotarpį (2008 – 2012 m.) Lietuvos automobilių parko amžius pakito neženkiai (nuo 14,3 m. iki 12,9 m.), todėl didelės įtakos įskaitiniams eismo įvykiams neturėjo.

Stipri koreliacija gauta tiriant vidutinę metinę paros eismo intensyvumą (VMPEI) įtaką įskaitiniams eismo įvykiams, koreliacijos koeficientas lygus $r_{VMPEI} = 0,8724$. Avaringumo priklausomybė nuo vidutinio metinio paros eismo intensyvumo parodyta 2 lentelėje ir 4. pav.



4. pav. VMPEI įtaka avaringumui

Tiesinės regresijos modelio lygtis:

$$EI_SK = -11107 + 11,189 \cdot VMPEI \quad (8)$$

Modelis paaiškina 76 % tiriamų eismo įvykių. Didėjant eismo intensyvumui, įskaitinių eismo įvykių skaičius didėja. Tokią koreliaciją lėmė tai, kad Lietuvoje transporto priemonių tankis nėra toks didelės, kad apribotų vairuotojų judėjimą ir priverstų sumažinti greitį.

Išvados

1. Mūsų valstybėje 2012 metais įskaitiniuose eismo įvykiuose žuvo 301 asmuo ir buvo sužalota 3712 žmonių, šalis dėl šių įvykių patyrė 1,212 mlrd. Lt. nuostolių.

2. Norint susidaryti išsamų vaizdą apie eismo įvykio kilimo priežastis, reikia nagrinėti visus VAK sistemos komponentus, kuriuos didžiausią dalį sudaro žmogus – 57 %.

3. Duomenų bazę sudarė 170 rodiklių, iš kurių, įvertinus kriterijų svarbą, porinei koreliacijos analizei buvo atrinkti 22.

4. Iš trijų nagrinėjamų degalų rūšių didžiausią įtaką avaringumui turi benzino kainos skirtumas, tiesinės regresijos modelis paaiškina 85% analizėje nagrinėjamų įskaitinių eismo įvykių.

5. Didžiausias koreliacijos koeficientas (-0,9472) gautas analizuojant alkoholinių gėrimų kainos įtaką įskaitiniams eismo įvykiams. Regresijos modelis paaiškina 99 % eismo įvykių įvykusių dėl neblaivių vairuotojų kaltės.

6. Lengvųjų automobilių vidutinis amžius ir infliacijos lygis šalyje nežymiai įtakoja avaringumą, gautas determinacijos koeficientas paaiškina atitinkamai 62 % ir 61 % eismo įvykių.

7. Atlikta analizė parodė stiprią koreliaciją tarp eismo intensyvumo su įskaitinių eismo įvykių skaičiumi, koreliacijos koeficientas lygus $r_{VMPEI} = 0,8724$. Avaringumas turi tendenciją didėti iki tam tikro transporto priemonių tankio, kurį pasiekus įskaitinių eismo įvykių skaičius pradeda mažėti.

Literatūra

Chad Cotti. Department of Economics, University of Wisconsin-Oshkosh, Oshosh, USA. *Decomposing the Relationship Between Macroeconomic Conditions and Fatal Car Crashes During the Great Recession: Alcohol and Non-Alcohol Related Accidents*. 23 p.;

Christo J. Bester. Department of Civil Engineering, University of Stellenbosh, 2001. *Explaining national road fatalities*;

Frank J. Chaloupka, Ph.D., Michael Grossman, Ph.D., Henry saffer, Ph.D. National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism, *The Effects of Price on Alcohol Consumption and Alcohol-Related Problems*;

PIARC - World road association, Technical committee on road safety, 2003. *Road safety manual*. 604 p.;

Rune elvik. Institute of Transport Economics, Oslo, Norway, 1999. *How much do road accidents cost the national economy?*;

Vilma Jasiūnienė, Donatas Čygas, Kornelija Ratkevičiūtė, Harri Peltola. Dept of Roads, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, Lithuania, 2012. *Safety ranking of the lithuanian road network of national significance*;

Sara Farchi, Nunzio Molino, Paolo Giorgi Rossi, Piero Borgia, Michael Krzyzanowski and others. Department of Prevention, Bonn, Germany, 2006. *Defining a common set of indicators to monitor road accidents in the European Union*;

Europos Bendrijų komisija. Bruselis 2009. Komisijos komunikatas. *Darnusis ateities transportas. Siekis sukurti integruotą, technologiškai pažangią ir vartotojams patogią transporto sistemą*;

Europos komisija. 2011-2020 m. *Kelių eismo saugos politikos kryptis*;

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, 2008-2011 m. *Iskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje*;

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos, 2009-2012 m. *Iskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje*;

Projektas „Lietuvos HSM duomenų archyvo (Lida) plėtra“, Mokomosios medžiagos „Mokymai apie kiekybinių ir kokybinių HSM tyrimų duomenų analizės metodus“ III paslaugų grupės parengimas. Kaunas, 2011. *Koreliacinės ir regresinės analizės pagrindai*. 29 p.;

Alexander C. Wagennar. The University of Michigan, Transportation Research Institute, 1983. Unemployment and motor vehicle accidents in Michigan. 39 p.;

STATISTICAL ANALYSIS AND EVALUATION OF FATAL AND INJURY ROAD ACCIDENTS IN LITHUANIA USING A TWO-DIMENSIONAL LINEAR REGRESSION MODEL

Martin Karpič

Summary

The purpose of this paper is to analyze how national infrastructure, transportation and socio-economic variables determine the risk of accidents. Data for 2008-2012 from national database were used in the study, such as vehicle fuel prices, traffic, human development index and others. Correlation analysis was performed with software „Statgraphics Centurion“. The analytical results were evaluated based on the correlation coefficient (r), determination coefficient (R^2), probability level (P) and the experience of foreign countries. Linear regression models were made for indicators with the strongest correlation. It was found that the traffic, 1 liter of gasoline and the price of alcoholic beverages have strong correlation with the fatal and injury road accidents.

Keywords: Road traffic accidents, linear regression model, correlation, statistics.