

Alkoholio vartojimo ribojimų įtaka negatyviems eismo įvykiams Lietuvos magistraliniuose keliuose

Impact of Alcohol Consumption Restrictions on Negative Traffic Accidents on Lithuanian Highways

Vaidotas Kanišauskas

Vilniaus universiteto Šiaulių akademija
E. p. kanisauskasva@gmail.com

Adomas Raudonis

Mažeikių Senamiesčio progimnazija
E. p. adomas.raudonis@gmail.com

Santrauka. Straipsnyje, naudojantis Lietuvos kelių policijos departamento statistiniais duomenimis apie Lietuvos magistraliniuose keliuose užfiksuotus eismo įvykius, viršytą greitį, transporto priemonės vairavimą esant neblaiviam bei per eismo įvykius sužeistus žmones, t. y. negatyvius eismo įvykius 2000–2018 metų laikotarpiu, siekiama iširti eismo įvykių ir su jais susijusių aplinkybių dinamiką. Tikslui pasiekti Lietuvos magistraliniuose keliuose užfiksuoti negatyvių eismo įvykių duomenys buvo perskaičiuoti į 1 mylios (8 km) vieningą sistemą, sugrupuojant kelius pagal ilgį – mažieji, vidutiniai, didieji, didžiausi keliai. Daugumai atvejų rasti laiko eilučių AR(1) modeliai. Taikant statistinius metodus nustatyta, kad, 2008 m. priėmus alkoholio kontrolės įstatymo pakeitimo įstatymą, ribojantį alkoholio prekybą ir reklamą, buvo pasiekta tokių rezultatų: visuose keliuose sumažėjo eismo įvykių ir apsvaigusių vairuotojų skaičius, nors kartu padaugėjo greičio viršijimo atvejų. Sužeistų žmonių skaičius išaugo mažuosiuose keliuose.

Prasminiai žodžiai: magistraliniai keliai, alkoholio vartojimo ribojimai, laiko eilutės, statistinės hipotezės.

Summary. The article uses statistical data from the Lithuanian Road Police Service on traffic accidents, speeding, drinking and driving (DUI), and people injured in traffic accidents on Lithuanian highways, i.e., negative traffic accidents in the period of 2000–2018. The aim of the work is to analyse the dynamics of traffic collisions and circumstances related to them. To achieve this aim, the negative accident data recorded on Lithuanian highways was converted into a 1-mile (8 km) unified system by grouping roads according to their length: small, average, large, and the largest roads. Time series AR(1) models were found for most of the cases. By employing statistical methods, it was identified that the 2008 law restricting the sale and advertising of alcohol led to the following results: a reduction in traffic accidents and the number of intoxicated drivers on all roads, although at the same time there was an increase in speeding. The number of people injured on small roads has increased.

Keywords: highways, alcohol consumption restrictions, time series, statistical hypotheses.

Received: 2023-03-29. Accepted: 2023-06-23

Copyright © 2022 Vaidotas Kanišauskas, Adomas Raudonis. Published by Vilnius University Press. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution Licence](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Įvadas

Temos aktualumas. Lietuvoje yra 1 790 kelių, juose kiekvienais metais žūva nemažai žmonių. Dažnai to priežastys būna neblaivūs vairuotojai ir viršytas leistinas greitis. Lietuvos kelių policijos departamente nuo tam tikrų metų yra fiksuojamas negatyvių eismo įvykių (eismo įvykiai, viršytas greitis, neblaivūs vairuotojai, sužeisti žmonės) magistralėse skaičius. Iš kitos pusės, pastaraisiais metais Lietuvoje priimta nemažai alkoholio kontrolės įstatymo pataisų, todėl įdomu, ar jas priėmus keliuose sumažėjo negatyvių eismo įvykių. Į tai straipsnyje bus siekiama atsakyti pasitelkus matematinės statistikos metodus. Kadangi sritis yra labai plati, apsiribota tik Lietuvos magistraliniais keliais, kurie, kad būtų paprasčiau, pagal ilgį suskirstyti į keturias grupes.

Apie alkoholio daromą žalą žmogui rašoma daug, tačiau tie darbai yra specifiniai, lokalūs – vieni nagrinėja alkoholio įtaką vairuotojui, kurio reakcijos susilpnėja, ir dėl to kyla avarijų [3], kiti – išgėrusių vairuotojų sukeltas avarijas kaip nusikaltimus, t. y. iš teisinės pusės [8].

1995 m. priėmus alkoholio kontrolės įstatymą, atlikta nemažai jo pakeitimo įstatymų, susijusių su alkoholio vartojimo ribojimais. Šiame straipsnyje apibrėžta 2008 m. alkoholio kontrolės įstatymo pataisa, kai nuo 2008 m. buvo sugriežtintos sankcijos už vairavimą neblaiviam, apribotas prekybos alkoholiu laikas nuo 22 val. vakaro iki 8 val. ryto [6].

Tyrimo objektas – iš Lietuvos kelių policijos departamento duomenų bazės apie Lietuvos magistraliniuose keliuose užfiksuotus negatyvius eismo įvykius gauti statistiniai duomenys.

Chronologinės ribos – 2000–2018 metai.

Tyrimo tikslas – ištirti eismo įvykių ir su jais susijusių aplinkybių bei pasekmių dinamiką.

Tyrimo uždaviniai:

1. Negatyvių eismo įvykių duomenis, užfiksuotus Lietuvos magistraliniuose keliuose, perskaičiuoti į 1 mylios (8 km) vieningą sistemą, sugrupuojant kelius pagal ilgį – mažieji, vidutiniai, didieji, didžiausi keliai.
2. Nustatyti, ar turimiems duomenims taikytini laiko eilučių metodai ir kuriems taikytini, rasti AR(1) parametrų įverčius.
3. Taikant statistinę hipotezę apie vidurkių lygybę, nustatyti, ar 2008 m. alkoholio kontrolės įstatymo pataisos, ribojančios alkoholio prekybą nuo 22 val. vakaro iki 8 val. ryto, turėjo įtakos negatyviems eismo įvykių skaičiams Lietuvos magistraliniuose keliuose.

Tyrimo metodai: matematinės statistikos ir laiko eilučių metodai.

Straipsnis parengtas A. Raudonio bakalauro darbo [7] pagrindu.

Duomenų grupavimas ir sutvarkymas

Straipsnyje vartojami tokie sutrumpinimai:

I – mažieji keliai, II – vidutiniai keliai, III – didieji keliai, IV – didžiausias kelias.

(0), (1), (2), (3), (4),..., (18) – 2000, 2001, 2002, ..., 2018 metai.

E. Į – *eismo įvykiai*, V. G – *viršytas greitis*, A. V – *apsvaigę vairuotojai*, S. Ž – *sužeisti žmonės*.

Lietuvoje yra 19 magistralinių kelių, kurie jungia Lietuvos miestus ir tęsiasi iki Lietuvos Respublikos sienų (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Lietuvos magistraliniai keliai

Kelio ilgis (km)	Kelio Nr.	Kelio atkarpa miestų kryptimis
7,9	A19	Vilniaus pietinis aplinkkelis
17,08	A18	Šiaulių aplinkkelis
22,28	A17	Panevėžio aplinkkelis
33,88	A3	Vilnius–Minskas
42,21	A7	Marijampolė–Kybartai–Kaliningradas
45,15	A13	Klaipėda–Liepoja
49,28	A15	Vilnius–Lyda
66,1	A10	Panevėžys–Pasvalys–Bauskė
87,86	A8	Panevėžys–Aristava–Sitkūnai
88,66	A9	Panevėžys–Šiauliai
95,6	A14	Vilnius–Utena
97,06	A5	Kaunas–Marijampolė–Suvalkai
134,5	A4	Vilnius–Varėna–Gardinas
135,92	A2	Vilnius–Panevėžys
137,51	A16	Vilnius–Prienai–Marijampolė
146,85	A11	Šiauliai–Palanga
185,4	A6	Kaunas–Zarasai–Daugpilis
186,1	A12	Ryga–Šiauliai–Tauragė–Kaliningradas
311,4	A1	Vilnius–Kaunas–Klaipėda

Tyrimė naudojami kasmetiniai duomenys apie negatyvius eismo įvykius, kurių grupei priklauso: eismo įvykiai, viršytas greitis, apsvaigę vairuotojai, sužeisti žmonės, t. y. keturi duomenys-skaičiai. Visų duomenų išrašymas užimtų daug vietos, todėl 2 lentelėje pateikta tų duomenų iliustracija pirmiesiems penkiems keliams (A1, A2, A3, A4, A5) 2000–2002 ir 2008–2010 metų laikotarpiais.

2 lentelė. Negatyvūs eismo įvykiai pirmuosiuose penkiuose keliuose 2000–2002 ir 2008–2010 metų laikotarpiais

Metai	Kelio ilgis (km)	311,4	135,92	33,88	134,5	97,06
	Kelio Nr.	A1	A2	A3	A4	A5
2000	Eismo įvykiai	155	20	5	30	48
	Viršytas greitis	20217	1678	40	1924	1065
	Apsvaigę vairuotojai	676	571	483	463	601
	Sužeisti žmonės	197	36	5	37	82
2001	Eismo įvykiai	149	23	3	18	53
	Viršytas greitis	21327	1876	41	2067	1187
	Apsvaigę vairuotojai	650	535	471	458	597
	Sužeisti žmonės	186	34	3	35	85
2002	Eismo įvykiai	132	19	4	31	43
	Viršytas greitis	22037	1978	50	2137	1297
	Apsvaigę vairuotojai	624	525	479	439	607
	Sužeisti žmonės	189	33	2	38	61
...
2008	Eismo įvykiai	61	12	4	15	33
	Viršytas greitis	29714	4321	59	3897	3354
	Apsvaigę vairuotojai	451	397	312	339	410
	Sužeisti žmonės	76	12	6	19	57
2009	Eismo įvykiai	51	8	2	13	30
	Viršytas greitis	29531	4132	35	3598	3187
	Apsvaigę vairuotojai	331	309	144	141	225
	Sužeisti žmonės	70	9	4	15	50
2010	Eismo įvykiai	53	10	1	10	29
	Viršytas greitis	25978	3574	15	2991	2579
	Apsvaigę vairuotojai	278	231	143	140	231
	Sužeisti žmonės	72	10	1	17	52

Lietuvoje esančių 19 magistralinių kelių ilgis skirtingas: septyni keliai neviršija 50 km, penkių ilgio intervalas – nuo 50 iki 100 km, šešių – nuo 100 iki 200 km ilgio ir vienas ilgas – 311 km – kelias. Todėl visiškai logiška būtų pradinius magistralinius kelius suskirstyti į 4 grupes: I – mažieji keliai [0, 50 km]; II – vidutiniai keliai (50 km, 100 km]; III – didieji keliai (100 km, 200 km]; IV – didžiausias kelias (200 km, ∞).

I (mažųjų kelių) grupei priskirti A3 (33,88 km ilgio), A7 (42,21 km), A13 (45,15 km), A15 (49,28 km), A17 (22,28 km), A18 (17,08 km), A19 (7,9 km) magistralės; II (vidutinių kelių) grupę sudaro A5 (97,06 km), A8 (87,86 km), A9 (87,66 km), A10

(66,1 km), A14 (95,6 km); III (didžiųjų kelių) – A2 (135,92 km), A4 (134,5 km), A6 (185,4 km), A11 (146,85 km), A12 (186,1 km), A16 (137,51 km), IV – didžiausias kelias – A1 (311,4 km).

Kadangi kelių ilgių matavimas kilometrais nėra patogus tyrimams (turime didelius skaičius), tai įvedame „didžiosios“ mylios (toliau trumpumo sumetimais ją vadinsime „mylia“) etaloninį ilgį, $x = 8$ km, ir perskaičiuojame Lietuvos magistralių ilgius pagal šią naują sistemą, apvalindami iki sveikosios dalies. Pvz., A1 kelio ilgis, t. y. 311,4 km, atitinka $311,4 \div 8 = 38,925 \approx 39$ mylias.

Lietuvos magistralinių kelių ilgis myliomis iliustruojamas 3 lentelėje.

3 lentelė. Lietuvos magistralinių kelių ilgis myliomis

Kelio grupė	I							II					III					IV	
Kelio Nr.	A19	A18	A17	A3	A7	A13	A15	A10	A8	A9	A14	A5	A4	A2	A16	A11	A6	A12	A1
Kelio ilgis (mylia)	1	2	3	4	5	6	6	8	11	11	12	12	17	17	17	18	23	23	39

Kiekvienos grupės kelių charakteristikos (eismo įvykiai, viršytas greitis, apsvaigę vairuotojai, sužeisti žmonės) priklauso nuo kelio ilgio, t. y. kuo ilgesnis kelias, tuo tos charakteristikos didesnės. Norint jas palyginti, reikia žinoti, kiek negatyvių eismo įvykių įvyko vienos mylios kelyje. Dėl to charakteristikas padalijus iš mylių skaičiaus gaunami normuoti duomenys visiems keliams (žr. 4 lentelę; čia sutrumpinimai (0), (1), (2), ..., (18) žymi 2000, 2001, 2002, ..., 2018 metus).

4 lentelė. Negatyvių eismo įvykių charakteristikos 1 myliai

Metai	(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
I (mažieji keliai)																			
E. Į	3	2	3	3	2	9	8	7	4	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2
V. G	11	13	13	13	13	17	19	20	19	11	4	5	9	10	13	14	22	25	37
A. V	189	175	169	160	140	149	133	130	105	77	46	41	37	39	32	25	17	15	14
S. Ž	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	6	6	4	6	4	5	3	3
II (vidutiniai keliai)																			
E. Į	3	3	3	3	3	4	3	3	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1
V. G	35	40	43	49	47	55	63	106	106	97	67	80	75	99	116	122	206	222	264
A.V	51	50	49	45	48	45	42	16	14	15	22	14	41	33	11	8	6	5	4
S. Ž	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	4	4	4	4

III (didieji keliai)																			
E. Į	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V. G	158	170	177	183	182	215	299	363	363	327	243	265	410	461	522	567	781	819	944
A. V	30	30	29	28	26	27	23	23	20	13	10	11	10	11	10	8	7	6	5
S. Ž	3	3	4	4	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
IV (didžiausias kelias)																			
E. Į	4	4	3	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
V. G	518	547	565	595	572	700	719	762	762	757	666	716	769	820	824	846	911	952	990
A. V	17	17	16	16	13	14	13	14	12	8	7	7	6	7	6	5	4	4	4
S. Ž	5	5	5	5	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2

Laiko eilučių taikymas

Kadangi negatyvių eismo įvykių nagrinėjamuose keliuose charakteristikos pateiktos kasmet 2000–2018 m. laikotarpiu, tai gali būti, kad jiems tinka laiko eilučių metodai. Duomenys aprašomi laiko eilučių metodais, jei jie yra priklausomi – tam tikslui tikrinsime atitinkamą hipotezę. Duomenims, kuriems galios laiko eilučių metodai, dėl vietos stokos surasime tik pirmos eilės autoregresinio modelio AR(1) lygtį.

1 uždavinys. Eismo įvykiams (E. Į) mažuosiuose keliuose (I gr.) 2000–2018 m. laikotarpiu, taikant serijų kriterijaus su mediana metodą ([4, 2]), kai reikšmingumo lygmuo $\alpha = 0,05$, tikrinama statistinė hipotezė H_0 : duomenys nepriklausomi ir atsitiktiniai su alternatyva H_1 : duomenys priklausomi ir neatsitiktiniai.

Sprendimas. Turime duomenų eilutę (eismo įvykiai mažuosiuose keliuose):

3, 2, 3, 3, 2, 9, 8, 7, 4, 3, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2.

Užrašome variacinę eilutę ir randame eismo įvykių medianą:

1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 7, 8.

$$n = 19, M_e = x_{\left(\frac{n+1}{2}\right)} = 2.$$

Medianos reikšmę lyginame su pradinės imties elementais X_1, \dots, X_n . Rašome „+“, jei $X_1 > M_e$ ir „-“, jei $X_1 < M_e$, jei reikšmės sutampa, nerašome nieko:

(+, +, +, +, +, +, +, +)(-, -, -, -, -, -)

$N = 2, \alpha = 0,05, k_1 = \#(+)= 8, k_2 = \#(-)= 6.$

Iš [2] 9 ir 10 lentelių randame kriterijaus apatinę ir viršutinę kritines reikšmes:

$$N_{\frac{\alpha}{2}}(A, 8, 6) = 3, N_{\frac{\alpha}{2}}(V, 8, 6) = 12.$$

Kadangi H_0 priėmimo sritis $\bar{W} = \left\{N: N_{\frac{\alpha}{2}}(A, k_1, k_2) \leq N \leq N_{\frac{\alpha}{2}}(V, k_1, k_2)\right\}$, o $N = 2 < N_{\frac{\alpha}{2}}(A, 8, 6) = 3$, vadinasi, H_0 atmetame – duomenys priklausomi ir neatsitiktiniai.

Analogiškai ištiriame likusius duomenis (kai $\alpha = 0,05$). Rezultatai pateikti 5 lentelėje.

5 lentelė. **Hipotezė H_0 : duomenys nepriklausomi ir atsitiktiniai, $\alpha = 0,05$**

	Eismo įvykiai	Viršytas greitis	Apsvaigę vairuotojai	Sužeisti asmenys
Mažieji keliai	–	+	–	?
Vidutiniai keliai	–	–	–	?
Didieji keliai	?	–	–	–
Didžiausias kelias	–	–	–	?

(Čia „+“ – H_0 priimame, „–“ – atmetame, „?“ – nieko negalime pasakyti.)

Pagal 5 lentelėje pateiktus rezultatus matome, kad laiko eilučių negalime taikyti viršyto greičio mažuosiuose keliuose duomenims, lentelėje pažymėtiems + simboliu. Kai kuriais atvejais, 5 lentelėje pažymėtiems „?“ , dėl per mažo duomenų kiekio nepavyko nustatyti duomenų nepriklausomumo. Tokiu atveju galima pasirinkti: taikyti laiko eilutes arba ne. Šiems atvejams laiko eilučių netaikysime, o visiems kitiems duomenims galime taikyti laiko eilučių metodus.

2 uždavinys. Turime eismo įvykių (E. Į) mažuosiuose keliuose (I gr.) duomenis 2000–2018 m laikotarpiu (žr. 4 lentelę). Reikia rasti AR(1) modelio $X_t = a_1 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$, $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ parametro a_1 ir σ^2 įverčius.

Sprendimas. Mažiausių kvadratų metodu \hat{a}_1 įvertis [4] yra

$$\hat{a} = \frac{\sum_{t=2}^n X_t(X_{t-1})}{\sum_{t=2}^n X_{t-1}^2} = \frac{2 \cdot 3 + 3 \cdot 2 + \dots + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{3^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + 1^2 + 2^2} = \frac{232}{268} = 0,87.$$

$$\sigma^2 \text{ įvertis [5]: } S^2 = \hat{\sigma}^2 = \frac{S(\hat{a})}{n}; S(\hat{a}) = \sum_{t=2}^n (X_t - \hat{a} \cdot X_{t-1})^2 + (1 - \hat{a}^2) \cdot X_1^2.$$

$$S(\hat{a}) = (2 - 0,87 \cdot 3)^2 + (3 - 0,87 \cdot 2)^2 + \dots + (2 - 0,87 \cdot 2)^2 + (1 - 0,87^2) \cdot 3^2 = 64,4,$$

$$S^2 = \frac{S(\hat{a})}{n} = \frac{64,4}{19} = 3,39.$$

Gavome AR(1) modelį:

$$X_t = 0,87 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim N(0, 3,39).$$

Analogiškai randame kitų duomenų AR(1) modelius. Rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. AR(1) modelio parametrai

Kelio gr., charakteristika	\hat{a}	AR(1) modelis	S^2
I, Eismo įvykiai	0,87	$X_t = 0,87 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	3,39
I, Apsvaigę vairuotojai	0,91	$X_t = 0,91 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	424,23
II, Eismo įvykiai	0,93	$X_t = 0,93 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	0,36
II, Viršytas greitis	1,14	$X_t = 1,14 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	468,68
II, Apsvaigę vairuotojai	0,88	$X_t = 0,88 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	127,91
III, Viršytas greitis	1,12	$X_t = 1,12 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	3181,15
III, Apsvaigę vairuotojai	0,93	$X_t = 0,93 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	9,81
III, Sužeisti žmonės	0,94	$X_t = 0,94 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	0,25
IV, Eismo įvykiai	0,90	$X_t = 0,90 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	0,42
IV, Viršytas greitis	1,03	$X_t = 1,03 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	785,47
IV, Apsvaigę vairuotojai	0,93	$X_t = 0,93 \cdot X_{t-1} + \varepsilon_t$	3,49

Iš 6 lentelės matyti, kad visur parametras a svyruoja apie 0,93. Tai rodo tendencingą nedidelį duomenų mažėjimą visu nagrinėjamu laikotarpiu. Greičio viršijimo atveju visuose keliuose, išskyrus mažuosius kelius, a parametras didesnis už 1. Tai rodo, kad greičio viršijimo atveju kasmet daugėja (pavojinga tendencija).

Prognozavimas su AR(1). AR(1) lygtis leidžia prognozuoti ateinančių metų negatyvius eismo įvykius. Pvz., $t = 2019$ m. prognozuojame pagal $t - 1 = 2018$ m. įvykius; IV kelio atveju 2018 m. buvo 2 eismo įvykiai 1 myliai, todėl $X_{2019} = 0,90 \cdot X_{2018} + \varepsilon_t = 0,9 \cdot 2 + \varepsilon_t = 1,8 \approx 2$, kai $S^2 = 0,42$. Žinome, kad 2019 m. IV kelio atveju buvo užfiksuoti 65 eismo įvykiai, arba $1,7 \approx 2$ įvykiai 1 myliai, kas sutampa su prognoze. Taip galima prognozuoti ir su kitomis AR(1) lygtimis iš 6 lentelės.

Pastaba. Taikydami mažiausių kvadratų metodą [5] modeliui AR(2): $X_t = a_1 \cdot X_{t-1} + a_2 \cdot X_{t-2} + \varepsilon_t$ įsitikiname, kad jis nepasiteisina, nes jo a_2 parametras yra gana mažas ($0,004 \leq a_2 \leq 0,1$), t. y. einamųjų metų t duomenų priklausomybė nuo užpernykščių ($t - 2$) yra menka. Pvz., eismo įvykių atveju I grupės keliuose $X_t = 0,817 \cdot X_{t-1} + 0,042 \cdot X_{t-2} + \varepsilon_t$; viršyto greičio atveju IV kelyje $X_t = 0,958 \cdot X_{t-1} + (-0,019) \cdot X_{t-2} + \varepsilon_t$.

Hipotezė apie vidurkių lygybę

Tolesniame tyrimo etape yra reikalaujama, kad duomenys būtų pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį, t. y. $X \sim N(a; \sigma^2)$. Norint tai patikrinti, bus taikomas Kolmogorovo–Smirnovo kriterijus.

3 uždavinys. Pasinaudojus SPSS statistikos paketu patikrinti, ar visoms duomenų eilutėms galima taikyti metodus, tinkančius normaliajam skirstiniui.

Sprendimas. Pirmiausiai tikrinamas normalumas eismo įvykių, viršyto greičio, apsvaigusių vairuotojų ir sužeistų žmonių duomenims mažuosiuose keliuose 2000–2018 m. laikotarpiu (žr. 4 lentelę), kai $\alpha = 0,01$.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test					
I		Eismo įvykiai	Viršytas greitis	Apsvaigę vairuotojai	Sužeisti žmonės
N		19	19	19	19
Normal Parameters	Mean	2,95	15,16	89,11	2,95
	Std. Deviation	2,438	7,559	63,264	1,747
Most Extreme Differences	Absolute	,281	,192	,226	,232
	Positive	,281	,192	,226	,232
	Negative	-,212	-,102	-,162	-,133
Test Statistic		,281	,192	,226	,232
Asymp. Sig. (2-tailed)		,013	,062	,012	,018

Pav. Kolmogorovo–Smirnovo testo rezultatai mažųjų kelių atveju

Analogiškai tikrinama ir su kitais duomenimis (žr. [7] 6 priedas). Rezultatai pateikti 7 lentelėje.

7 lentelė. $X \sim N(a; \sigma^2)$

Keliai	E. Į	V. G	A. V	S. Ž
I	+	+	+	+
II	+	+	+	–
III	+	+	+	–
IV	+	+	+	–

(Jei duomenys pasiskirstę pagal $X \sim N(a; \sigma^2)$, rašomas „+“, jei ne, „–“.)

Išvados. Iš paveikslo matyti, kad mažuosiuose keliuose visais atvejais p reikšmės (eismo įvykių reikšmė $p = 0,13$, viršyto greičio $p = 0,62$, apsvaigusių vairuotojų $p = 0,12$, sužeistų žmonių $p = 0,18$) didesnės už pasirinktą reikšmingumo lygmenį $\alpha = 0,01$. Tai rodo, kad šiems duomenims galime taikyti metodus, tinkančius normaliajam skirstiniui. Iš 7 lentelėje pateiktų rezultatų matome, kad pagal normalųjį skirstinį nepasiskirstę duomenys apie sužeistus žmones vidutiniuose keliuose, didžiuosiuose keliuose, didžiausiame kelyje, tokiu atveju taikyti metodų, tinkančių normaliajam skirstiniui, negalime.

4 uždavinys. Turime eismo įvykių (E. Į) mažuosiuose keliuose (I) duomenis 2000–2018 m. laikotarpiu. Tikriname statistinę hipotezę $H_0: a_x = a_y$ su alternatyva $H_1: a_x \neq a_y$; čia a_x – duomenys iki 2008 m. alkoholio prekybą ribojančio įstatymo pataisų, t. y. (2000–2008 m.), a_y – duomenys po įstatymo pataisų (2009–2018 m.). $\alpha = 0,05$.

Sprendimas. Turimi duomenys:

2000–2008 m. X 3, 2, 3, 3, 2, 9, 8, 7, 4 $n = 9$,

2009–2018 m. Y 3, 2, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2 $m = 10$.

Pirmiausiai apskaičiuojamas vidurkis ir dispersija:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 4,56, S_1^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = 7,28,$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = 1,5, S_2^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 = 0,5.$$

Prieš tikrindami hipotezę, turime nustatyti, dispersijos lygios ar ne. Kadangi elementų nedaug, o dispersijos $S_1^2 = 7,78$ ir $S_2^2 = 0,5$, laikysime, kad jos nelygios, todėl taikysime nelygių dispersijų atvejį.

Pagal [1], naudojame kriterijaus statistiką

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m}}} \sim S(k), \text{ kai } H_0 \text{ teisinga,}$$

čia $S(k)$ – Stjudento skirstinys su k laisvės laipsnių, kurie randami pagal formulę

$$k \leq \frac{\left(\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m}\right)^2}{\frac{S_1^4}{n^3} + \frac{S_2^4}{m^3}}.$$

Kritinė sritis $W = \{|t| > t_{\frac{\alpha}{2}}(k)\}$; čia $t_{\frac{\alpha}{2}}(k)$ yra Stjudento skirstinio su k laisvės laipsnių α lygmens kritinė reikšmė. Pagal mūsų duomenis,

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m}}} = \frac{4,56 - 1,5}{\sqrt{\frac{7,28}{9} + \frac{0,5}{10}}} = 3,32$$

su

$$k = 10 \leq \frac{\left(\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{m}\right)^2}{\frac{S_1^4}{n^3} + \frac{S_2^4}{m^3}} = \frac{\left(\frac{7,28}{9} + \frac{0,5}{10}\right)^2}{\frac{7,28^2}{9^3} + \frac{0,5^2}{10^3}} = 10,11$$

laisvės laipsnių.

$$t_{\frac{\alpha}{2}}(k) = t_{0,05}(10) = 2,228.$$

Gauname: $|t| = 3,32 > t_{\frac{\alpha}{2}}(k) = 2,228$. **Išvada:** H_0 atmetame, vadinasi, vidutinis eismo įvykių (vidurkių) skaičius mažuosiuose keliuose ($\bar{X} = 4,56$ prieš įstatymą ir $\bar{Y} = 1,5$ po įstatymo) kardinaliai skiriasi.

Analogiškai skaičiuojame kitais atvejais. Rezultatai pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. **Hipotezės apie vidurkių lygybę, $\alpha = 0,05$**

Kelio gr., charakteristika	\bar{X} (prieš)	\bar{Y} (po)	H_0
I, Eismo įvykai	4,56	1,5	–
I, Viršytas greitis	15,33	15,0	+
I, Apsvaigę vairuotojai	150,00	34,3	–
I, Sužeisti žmonės	1,56	4,2	–
II, Eismo įvykai	3,00	1,4	–
II, Viršytas greitis	60,44	134,8	–
II, Apsvaigę vairuotojai	40,00	15,9	–
III, Eismo įvykai	2,56	1,1	–
III, Viršytas greitis	234,44	533,9	–
III, Apsvaigę vairuotojai	26,22	9,1	–
IV, Eismo įvykai	2,89	1,2	–
IV, Viršytas greitis	637,78	825,1	–
IV, Apsvaigę vairuotojai	14,67	5,8	–

(Čia „+“ – H_0 priimama, „–“ – atmetama.)

Išvados

1. Straipsnyje rasti AR(1) laiko eilučių modeliai visoms duomenų eilutėms, išskyrus mažųjų kelių greičio viršijimo atvejį. AR(1) lygčių pavidalai rodo, kad visuose keliuose, išskyrus mažuosius, viršyto greičio atvejų per 2000–2018 m. laikotarpį kasmet daugėjo, nepriklausomai nuo 2008 m. priimtų alkoholio kontrolės įstatymo pakeitimų, ribojančių alkoholio prekybą ir reklamą.
2. Priėmus 2008 m. alkoholio kontrolės įstatymo pakeitimus, ribojančius alkoholio prekybą ir reklamą, buvo pasiekta tokių rezultatų: visuose keliuose sumažėjo eismo įvykių ir apsvaigusiu vairuotojų skaičius, nors kartu padaugėjo greičio viršijimų atvejų. Sužeistų žmonių skaičius išaugo mažuosiuose keliuose.

Literatūra

1. Čekanavičius V., Murauskas G., 2006, *Statistika ir jos taikymai I*. Vilnius: TEV.
2. Čekanavičius V., Murauskas G., 2008, *Statistika ir jos taikymai II*. Vilnius: TEV.
3. Ibienskaitė N., 2011, Eismo įvykių tyrimas (remiantis Vilniaus apskrities medžiaga). *Magistro baigiamasis darbas*. Vytauto Romerio universitetas.
4. Kanišauskas V., 2000, *Tikimybių teorijos ir matematinės statistikos pagrindai*. Šiauliai: ŠU leidykla.
5. Leipus R., 1995, *Laiko eilučių teorijos įvadas*. Vilnius: VU leidykla.

6. Lietuvos Respublikos alkoholio kontrolės įstatymo pakeitimai ir papildymai. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.329199?jfwid=-1clp3msoyg/>
7. Raudonis A., 2020, Eismo įvykių Lietuvos magistralėse tyrimas statistiniais metodais. *Bakalauro darbas*. Šiaulių universitetas.
8. Zarenka J., 2012, Kelių transporto priemonių vairuotojų elgsenos veiksnių įtakos eismo saugai tyrimas. *Daktaro disertacija*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.