YO‘L-TRANSPORT HODISALARINI BASHORAT QILISH MODELINI ISHLAB CHIQISH (TOSHKENT SHAHRIDAGI YO‘NALISHLI AVTOBUSLAR MISOLIDA)

Teshaboyev Nodir Shukur o‘g‘li
Toshkent davlat transport universiteti
Transport logistikasi kafedrasi tayanch doktoranti

Abdullayev Botir Inatovich
Texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent,
Toshkent davlat transport universiteti
Transport logistikasi kafedrasi mudiri
https://doi.org/10.5281/zenodo.21439304

Annotatsiya. Mazkur maqolada Toshkent shahridagi yo‘nalishli avtobuslarda sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan yo‘l-transport hodisalari (YTH) sonini bashorat qilish modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqotda vaqtli qatorlar usuli va eng kichik kvadratlar usulidan foydalanilib, YTHlar dinamikasi matematik modellashtirildi. Tadqiqot uchun Toshkent shahrida yo‘nalishli avtobuslarda so‘nggi 5 yil davomida sodir bo‘lgan YTHlar bo‘yicha statistik ma’lumotlar tahlil qilindi. Natijalar asosida kelgusi 10 yil davomida yuz berishi mumkin bo‘lgan YTHlar sonini prognozlash imkoniyati yaratildi. Shuningdek, haydovchilarning yosh ko‘rsatkichi va ish tajribasining YTHlar yuzaga kelishiga ta’siri o‘rganildi. Tahlillar natijasida ish tajribasi 5 yilgacha bo‘lgan hamda 30–40 yosh oralig‘idagi haydovchilar tomonidan eng ko‘p YTH sodir etilishi aniqlangan. Ishlab chiqilgan modelning ishonchlilik darajasi statistik mezonlar asosida baholanib, modelning amaliy qo‘llash uchun mosligi asoslandi. Tadqiqot natijalari yo‘l harakati xavfsizligini oshirish, profilaktik choralarni ishlab chiqish va transport tizimini samarali boshqarishda muhim ahamiyat kasb etadi.
Kalit so‘zlar: yo‘l-transport hodisasi, YTH, bashorat qilish modeli, vaqtli qatorlar, eng kichik kvadratlar usuli, matematik modellashtirish, yo‘l harakati xavfsizligi, yo‘nalishli avtobuslar, transport tizimi, haydovchi tajribasi, statistik tahlil, Toshkent shahri.

Abstract. This article presents a forecasting model for predicting the number of road traffic accidents (RTAs) that may occur in route buses in the city of Tashkent. In the study, the dynamics of RTAs were mathematically modeled using the time series method and the least squares method. Statistical data on RTAs involving route buses in Tashkent over the last five years were analyzed. Based on the obtained results, it became possible to forecast the number of RTAs that may occur over the next 10 years. In addition, the influence of drivers’ age and work experience on the occurrence of RTAs was studied. The analysis showed that the highest number of RTAs was committed by drivers with less than 5 years of work experience and drivers aged between 30 and 40 years. The reliability level of the developed model was evaluated using statistical criteria, and its suitability for practical application was substantiated. The research results are of significant importance for improving road traffic safety, developing preventive measures, and ensuring effective management of the transport system.
Keywords: road traffic accident, RTA, forecasting model, time series, least squares method, mathematical modeling, road traffic safety, route buses, transport system, driver experience, statistical analysis, Tashkent city.

Аннотация. В данной статье разработана модель прогнозирования количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), которые могут возникнуть на маршрутных автобусах города Ташкента. В исследовании динамика ДТП была математически смоделирована с использованием метода временных рядов и метода наименьших квадратов. Были проанализированы статистические данные по ДТП с участием маршрутных автобусов в городе Ташкенте за последние 5 лет. На основе полученных результатов появилась возможность прогнозирования количества ДТП, которые могут произойти в течение следующих 10 лет. Кроме того, было

изучено влияние возраста и трудового стажа водителей на возникновение ДТП. В результате анализа установлено, что наибольшее количество ДТП совершается водителями со стажем работы до 5 лет, а также водителями в возрасте от 30 до 40 лет. Уровень надежности разработанной модели был оценен на основе статистических критериев, а также обоснована ее пригодность для практического применения. Результаты исследования имеют важное значение для повышения безопасности дорожного движения, разработки профилактических мер и эффективного управления транспортной системой.

Ключевые слова: дорожно-транспортное происшествие, ДТП, модель прогнозирования, временные ряды, метод наименьших квадратов, математическое моделирование, безопасность дорожного движения, маршрутные автобусы, транспортная система, стаж водителя, статистический анализ, город Ташкент.

1. Kirish

Yo‘l-transport hodisalari (YTH) ko‘p omillar ta’sirida shakllanadigan murakkab ijtimoiy-texnik jarayon hisoblanadi. Shu sababli yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash va YTHlarni kamaytirishga qaratilgan tizimni tashkil etish ham nihoyatda murakkab vazifa sifatida qaraladi. Ayniqsa yirik shaharlar sharoitida, kelajakdagi transport oqimi va harakat intensivligini inobatga olgan holda xavfsiz harakatni ta’minlash, transport vositalari va infratuzilma imkoniyatlarini to‘g‘ri rejalashtirish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

AQSh, Singapur, Germaniya, Yaponiya va Janubiy Koreya kabi rivojlangan davlatlarda yo‘l harakati xavfsizligini oshirish, YTHlarni prognoz qilish hamda ularning oldini olishga qaratilgan zamonaviy ilmiy-texnik yechimlar keng joriy etilgan. Ushbu mamlakatlarda sun’iy intellekt, intellektual transport tizimlari va katta ma’lumotlar (Big Data) asosida YTH xavfini baholash va oldindan bashorat qilish tizimlari faol rivojlanmoqda [3–6].

Mamlakatimizda ham yo‘l harakati xavfsizligini oshirish, YTHlar sonini kamaytirish hamda transport tizimi samaradorligini yaxshilashga alohida e’tibor qaratilmoqda [1, 2]. Shu yo‘nalishda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilib, YTHlarni tahlil qilish va ularni bashorat qilish modellari ishlab chiqilmoqda [8–12, 18–20].

YTHlarning katta qismi yirik shaharlar hududida kuzatiladi. Bunga aholi zichligi, transport oqimining yuqoriligi, yo‘l infratuzilmasi yuklamasi, ta’lim va ish joylarining ko‘pligi hamda kun davomida kirib-chiqayotgan transport oqimining keskin o‘zgarishi kabi omillar sabab bo‘ladi. Natijada, transport oqimi bilan yo‘l infratuzilmasi imkoniyatlari o‘rtasidagi nomutanosiblik YTHlar sonining ortishiga olib kelishi mumkin.

Toshkent shahri ham yirik megapolis sifatida yuqori transport oqimi va uning o‘zgaruvchanligi bilan ajralib turadi. Bu esa yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlashda kelajakdagi YTHlar sonini oldindan bashorat qilish zaruratini yuzaga keltiradi. Shu sababli YTHlar dinamikasini prognoz qilish, ularning vaqt va hudud bo‘yicha taqsimlanishini aniqlash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish muhim hisoblanadi.

Mazkur muammolar yuzasidan ko‘plab ilmiy ishlar amalga oshirilgan bo‘lib, ularda YTHlarni statistik tahlil qilish, matematik modellashtirish va bashorat qilish usullaridan keng foydalanilgan [7, 13–17].

2. Tadqiqot metodologiyasi

Yo‘l-transport hodisasini bashorat qilishning turli usullari mavjud.

Analitik vaqt ketma-ketligi – vaqt qatorlarini tekislashning eng keng tarqalgan turi, ya’ni eng kichik kvadratlar usuli hisoblanadi.

$$\sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 \to \min(i = 1,2,..., n) \qquad (1)$$

bu yerda: y_i – vaqtli qatorlar darajalarining YTHlar sonining o‘zgarishini haqiqiy qiymatlari; $\hat{y}_i$ – berilgan ifoda bo‘yicha YTHlar sonining o‘zgarishini hisoblangan qiymatlari.

Ko‘p hollarda (2) va (3) ifodalardan foydalaniladi [13–17]:

– birinchi darajali (chiziqli funksiya)

$$y_t = a_0 + a_1 t \qquad (2)$$

– ikkinchi darajali (parabola)

$$y_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \qquad (3)$$

Bizning masalamizda (3) ifodadan foydalanish maqsadga muvofiq sanaladi.
Noma'lum parametrlarni aniqlash uchun normal tenglamalar tizimi a_1, a_2 va a_3 quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} Na_0 + a_1 \quad t + a_2 \quad t^2 &= \quad y; \\ a_0 \quad t + a_1 \quad t^2 + a_2 \quad t^3 &= \quad yt; \\ a_0 \quad t^2 + a_1 \quad t^3 + a_2 \quad t^4 &= \quad yt^2. \end{aligned} \qquad (4)$$

Agar t ning toq darajalar yig'indisi nolga teng bo'lsa, butun tizimni ancha soddalashtirish mumkin:

$$\begin{aligned} Na_0 + a_2 \quad t^2 &= \quad y; \\ a_1 \quad t^2 &= \quad yt; \\ a_0 \quad t^2 + a_2 \quad t^4 &= \quad yt^2. \end{aligned} \qquad (5)$$

Vaqtli qatorlarni tekislash usulidan foydalanib, kelajakdagi YTHlar sonini bashorat qilish lozim; ularning dastlabki vaqt qatori ikkinchi darajali parabola bilan tavsiflanadi.

Sodir etilishi mumkin bo'lgan YTHlar soni kelajakka bashorat qilishda aniq natija olish uchun ko'p yillik statistik ma'lumot asosida ishlash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shu sababli, masala yechilishida Toshkent shahrida yo'nalishli avtobuslarda 5 yilda sodir bo'lgan YTHlar soni bo'yicha ma'lumotlardan foydalanildi. Masalani yechish uchun dastlabki va hisoblangan qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Vaqtli qatorlar usulida aniqlangan yo'nalishli avtobuslarning yo'lovchilar tashish hajmi

Hisobot davri, yillar	YTH soni y_t	Vaqtli qatorlar usulida qayta ishlash usuli **t**	**t^2**	**t^4**	**yt**	**yt^2**	$\hat{y}_t$
2019	97	-2	4	16	-194	388	148.8
2020	72	-1	1	1	-72	72	-8.5
2021	106	0	0	0	0	0	36.8
2022	112	1	1	1	112	112	284.7
2023	810	2	4	16	1620	3240	735.2
Jami	**1197**	**0**	**10**	**34**	**1466**	**3812**	**1197.0**

Matematik ifoda parametrlarining hisoblangan qiymatlarini aniqlashda, 1-jadval ma'lumotlarini tenglamalar tizimiga kiritish orqali quyidagi parametrlarni hisoblash tenglamalar tizimiga erishiladi.

$$\begin{aligned} 5a_0 + 10a_2 &= 1197 \\ 10a_1 &= 1466 \\ 10a_0 + 34a_2 &= 3812 \end{aligned}$$

$$a_0 = 36{,}8 \qquad a_1 = \frac{1466}{10} = 146{,}6 \qquad a_2 = 101{,}3$$

Bundan, quyidagi model hosil bo‘ladi, $\hat{y}_t = 36{,}8 + 146{,}6t + 101{,}3t^2$

Parametrlari eng kichik kvadratlar usuli bilan aniqlanganda quyidagi mezonlarni aniqlash maqsadga muvofiq:

- o‘rtacha mutloq og‘ish: $|A| = (y_t - \hat{y}_t)$ (6)

- o‘rtacha kvadratik og‘ish:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2}{N}} \qquad (7)$$

- o‘zgaruvchanlik (variatsiya) koeffisiyenti:

$$\upsilon = \frac{\sigma}{\bar{y}} 100\% \qquad (8)$$

- nazariy jarayon ŷ ni boshlang‘ich ma’lumotlarga yaqinligini baholash
- R korrelyatsiya koeffisiyenti:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2}{\sum_{n=1}^{n} (y_t - \bar{y}_t)^2} \qquad (9)$$

bunda , ˆ , ¯ - vaqt qatorining boshlang‘ich, nazariy va arifmetik o‘rtacha darajalari; n - trend funksiyasida aniqlanadigan parametrlar soni.

2-jadval

Yo‘lovchilar hajmi o‘zgarishini ifodalovchi model parametrlari

Hisobot davri, yillar	$\hat{y}_t = 36{,}8 + 146{,}6t + 101{,}3t^2$	
	$_t - \hat{}_t$	$(_t - \hat{}_t)^2$
2019	-51.8	2680.28
2020	80.5	6480.25
2021	69.2	4788.64
2022	-172.7	29825.29
2023	74.8	5595.04
Jami	**449.0**	**49372.46**

Yuqorida keltirilgan ifodalar yordamida quyidagi mezonlar hisoblanadi: |A|, σ, υ va R^2

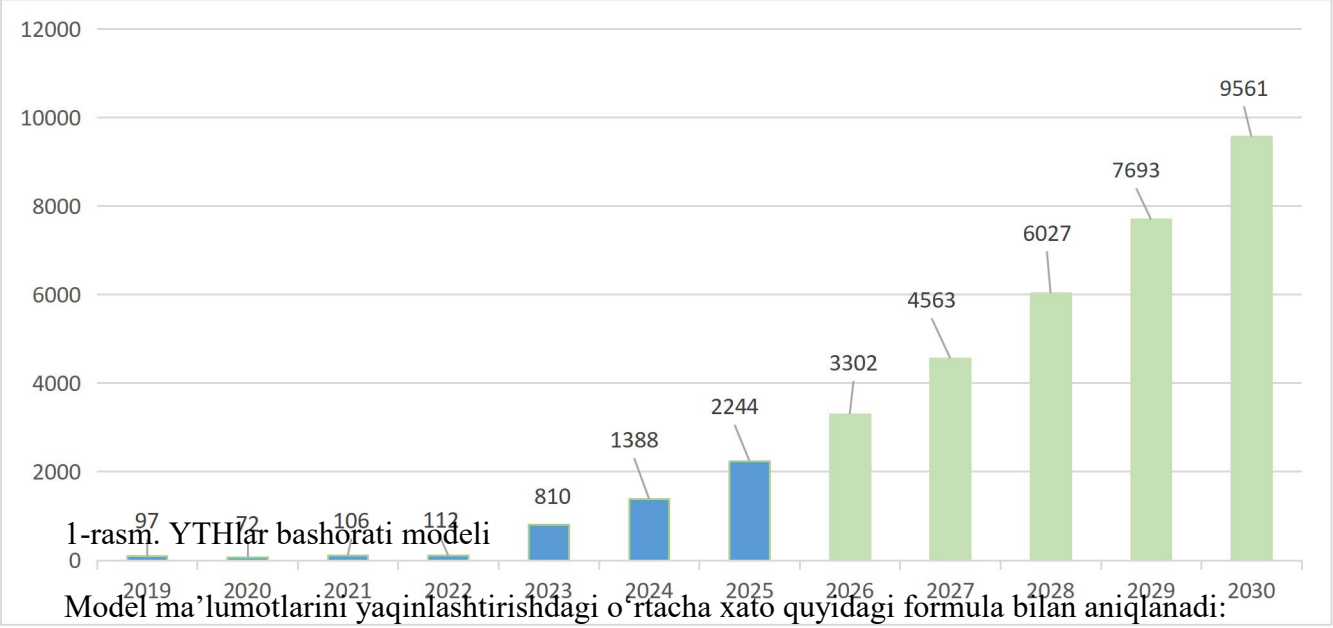
3-jadval

Ishlab chiqilgan model mezonlarini hisoblash jadvali

Ishlab chiqilgan modellar	Mezonlar			
	|A|	σ	v	R^2
$\hat{y}_t = 36{,}8 + 146{,}6t + 101{,}3t^2$	89.79	99.37	41.51	0.88

3. Natijalar

Yuqoridagi model asosida keyingi 5 yil davomida Toshkent shahridagi yo‘nalishli avtobuslarda bo‘lishi mumkin bo‘lgan YTHlar soni bashorat qilindi hamda olingan natijalar 1-rasmda keltirildi.



1-rasm. YTHlar bashorati modeli

Model ma’lumotlarini yaqinlashtirishdagi o‘rtacha xato quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\varepsilon=\frac{1}{n}\sum\frac{y-\hat{y}}{\hat{y}}\cdot 100=\frac{1}{5}\cdot\frac{449{,}0}{1197}\cdot 100=7{,}50\%$$

4. Xulosa

Toshkent shahridagi yo‘nalishli avtobuslarda sodir bo‘lishi mumkin bo‘lgan yo‘l-transport hodisalari (YTH) sonini bashorat qilish modeli ishlab chiqildi. Ushbu model yordamida kelgusi 10 yil davomida yuz berishi mumkin bo‘lgan YTHlar sonini oldindan bashorat qilish imkoniyati yaratildi. YTHlar sonining keskin ortishi prognozi, avvalo, 2023-yilda qayd etilgan yo‘l-transport hodisalari ko‘rsatkichlarining yuqori darajada bo‘lganligi bilan izohlanadi. Shu bilan bir qatorda, 2023-yilda Toshkent shahrida yo‘nalishlarga chiqarilgan avtobuslar soni qariyb 1700 tani tashkil etgan bo‘lib, mazkur ko‘rsatkich 2022-yildagi 841 ta avtobusga nisbatan deyarli ikki baravar oshganligini ko‘rsatadi. Avtobuslar sonining sezilarli darajada ortishi transport oqimi zichligining kuchayishiga hamda yo‘l harakati xavfsizligiga ta’sir etuvchi omillarning ko‘payishiga sabab bo‘lgan.

Tadqiqot jarayonida Toshkent shahridagi yo‘nalishli avtobus haydovchilarining so‘nggi 5 yillik statistik ma’lumotlari tahlil qilinib, YTHlarning haydovchilarning yosh ko‘rsatkichi hamda ish tajribasi bilan uzviy bog‘liqligi aniqlandi. Tahlil natijalariga ko‘ra, ish tajribasi 5 yilgacha bo‘lgan haydovchilar tomonidan eng ko‘p YTH sodir etilgan bo‘lib, ushbu ko‘rsatkich 857 tani tashkil etdi. Aksincha, eng kam YTH 15–20 yillik ish tajribasiga ega haydovchilar tomonidan sodir etilgani kuzatildi.

Yosh toifalari kesimida olib borilgan tahlillar natijasida 30–40 yosh oralig‘idagi haydovchilar eng ko‘p YTH sodir etganligi aniqlanib, ular hissasiga 441 ta YTH to‘g‘ri kelishi ma’lum bo‘ldi. Eng kam YTH esa 60–70 yosh toifasidagi haydovchilar tomonidan sodir etilgan bo‘lib, ushbu ko‘rsatkich 68 tani tashkil etdi.

Shuningdek, tadqiqot natijalariga ko‘ra, Toshkent shahridagi yo‘nalishli avtobus haydovchilarining o‘rtacha yoshi 45 yoshni, o‘rtacha ish tajribasi esa 15 yilni tashkil etishi aniqlandi. Olingan natijalar

haydovchilarning yosh ko‘rsatkichi va kasbiy tajribasi yo‘l-transport hodisalarining yuzaga kelish ehtimoliga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Shu bois, ayniqsa ish tajribasi kam bo‘lgan haydovchilar bilan profilaktik tadbirlarni kuchaytirish hamda ularning kasbiy malakasini oshirish YTHlar sonini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasining 2024-yil 19-yanvardagi O‘RQ-900-son “Yo‘l harakati to‘g‘risida”gi Qonuni // Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi. – URL: https://lex.uz
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 4-apreldagi PQ-190-son “Avtomobil yo‘llarida inson xavfsizligini ishonchli ta’minlash va o‘lim holatlarini keskin kamaytirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori.
3. Global status report on road safety 2023. – Geneva: World Health Organization, 2023.
4. Smeed R.J. Some statistical aspects of road safety research // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General). – 1949. – Vol. 112, №1. – P. 1–34.
5. Hauer E. Observational Before-After Studies in Road Safety. – Oxford: Pergamon Press, 1997.
6. Elvik R., Høye A., Vaa T., Sørensen M. The Handbook of Road Safety Measures. 2nd ed. – Bingley: Emerald Group Publishing, 2009.
7. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
8. Samatov G‘.A., Abdullayev B.I. Jamoat transportida tashishni tashkil etish va boshqarish. – Toshkent, 2022. – 174 b.
9. Abdullaev B., Yuldoshev D., Muminov T., Axmedov D. Improving the method of assessing road safety at intersections of single-level highways // E3S Web of Conferences (CONMECHYDRO–2021). – 2021. – Vol. 264. – 05027. – DOI: 10.1051/e3sconf/202126405027
10. Yo‘ldoshev D.F., Abdullayev B.I., Mo‘minov T.Sh. Shahar jamoat transporti harakat rejimiga ob-havo ko‘rsatkichlarining ta’siri // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, №1. – B. 107–116.
11. Nazarov A.A., Odilov N.E. Shovqin miqdorlarini avtomobil harakatlanishi jarayonida baholash // “KiberLeninka” ilmiy elektron kutubxonasi. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/shovqin-miqdorlarini-avtomobil-harakatlanishi-jarayonida-baholash
12. Odilov N.E. Jamoat transportlarida yo‘lovchilar oqimini aniqlashning zamonaviy usullari tahlili // “KiberLeninka” ilmiy elektron kutubxonasi. – 2022.
13. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 5th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.
14. Quddus M.A. Time series count data models: An empirical application to traffic accidents // Accident Analysis & Prevention. – 2008. – Vol. 40, №5. – P. 1732–1741.
15. Lord D., Mannering F. The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives // Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2010. – Vol. 44, №5. – P. 291–305.
16. Abdel-Aty M.A., Radwan A.E. Modeling traffic accident occurrence and involvement // Accident Analysis & Prevention. – 2000. – Vol. 32, №5. – P. 633–642.
17. Беляев С.А. и др. Теория и практика применения корреляционно-регрессионного анализа в исследованиях. – Курск: Деловая полиграфия, 2016.
18. Mo‘minov T.Sh., Yo‘ldoshev D.F. Shahar jamoat transporti harakat muntazamligini baholash // “KiberLeninka” ilmiy elektron kutubxonasi. – 2022.
19. G‘iyosidinov B.B. Shaharlarda yo‘lovchilarni jamoat transporti xizmatidan foydalanish afzalliklari // “KiberLeninka” ilmiy elektron kutubxonasi. – 2022.
20. Yo‘ldoshev D.F. Hududlarda aholining jamoat transporti bilan qamrovi va harakatchanligi darajasini baholash // “KiberLeninka” ilmiy elektron kutubxonasi. – 2024.