

ТАҲҲИЯИ МОДЕЛ ВА ТАҲЛИЛИ НИЗОМИ ХАТСАЙРҲОИ НАҚЛИЁТИ ЧАМЪИЯТИИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ

А.А. Қосимов, Ш.С. Саидов

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Мақолаи мазкур ба таҳлили ҷараёни мусофиркашонӣ барои шабакаи нақлиёти ҷамъиятии шаҳри Душанбе бахшида шудааст. Тадқиқот 70 хатсайро барои воситаҳои нақлиёти ҷамъиятӣ аз қабилӣ автобус, троллейбус ва микроавтобус фаро гирифта, дар асоси маълумоти беш аз 4000 ҷадвали мушоҳидавӣ анҷом дода шудааст. Дар мақола модели математикӣ ва матритсавии тақсимои мусофирон дар истгоҳҳо ва интервалҳои вақт пешниҳод гардида, нишондиҳандаҳои асосӣ ба монанди коэффисиенти истифодаи ғунҷоиш (КИҒ), ивазшавии мусофирон (КИ), номунтазамии ҷараён (КН), масофаи миёнаи тайкардаи мусофир дар як гардиш (ММТГ), қимати миёнаи пуршавӣ дар як гардиш (ҚПГ) ҳисоб карда шудаанд, [2,3]. Натиҷаҳои таҳлил имкон медиҳанд, ки хатсайрҳои пурсамар ва камсамар муайян карда шуда, барои оптимизатсияи ҷадвали ҳаракат ва беҳтар кардани сифати хизматрасонӣ тавсияҳои илмӣ дода шаванд.

Калимаҳои калидӣ: ҷараёни мусофирон, нақлиёти ҷамъиятӣ, шаҳри Душанбе, модели математикӣ, коэффисиенти истифодаи ғунҷоиш, истгоҳҳои нақлиётӣ, оптимизатсияи хатсайрҳо, соатҳои пуришддат, мониторинги визуалӣ.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ МАРШРУТОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ГОРОДА ДУШАНБЕ

А.А. Косимов, Ш.С. Саидов

Данная статья посвящена анализу пассажиропотока в сети общественного транспорта города Душанбе. Исследование охватывает 70 маршрутов общественного транспорта, таких как автобусы, троллейбусы и микроавтобусы, и проведено на основе данных более чем 4000 наблюдательных листов. В статье представлена математическая и матричная модель распределения пассажиров по остановкам и временным интервалам, а также рассчитаны основные показатели, такие как коэффициент использования вместимости (КИВ), сменяемость пассажиров (КСП), неравномерность потока (КН), средняя дистанция поездки пассажира за один оборот (СДП), средняя величина наполнения за один оборот (СВН) [2,3]. Результаты анализа позволяют определить эффективные и малоэффективные маршруты, а также дать научные рекомендации по оптимизации графика движения и повышению качества обслуживания.

Ключевые слова: пассажиропоток, общественный транспорт, город Душанбе, математическая модель, коэффициент использования вместимости, транспортные остановки, оптимизация маршрутов, часы пик, визуальный мониторинг.

DEVELOPMENT OF A MODEL AND ANALYSIS OF THE PUBLIC TRANSPORT ROUTE SYSTEM IN DUSHANBE

A.A. Kosimov, Sh.S. Saidov

This article is dedicated to the analysis of passenger flows within the public transport network of Dushanbe. The study covers 70 public transport routes, including buses, trolleybuses, and minibuses, and was conducted based on data from more than 4000 observation logs. The article presents a mathematical and matrix model for passenger distribution across stops and time intervals. Key performance indicators were calculated, such as the capacity utilization coefficient (CUC), passenger turnover rate (PTR), flow irregularity (FI), average passenger trip distance per cycle (APD), and average load value per cycle (ALV) [2,3]. The analysis results enable the identification of both efficient and inefficient routes, providing scientific recommendations for schedule optimization and service quality enhancement.

Keywords: passenger flow, public transport, Dushanbe city, mathematical model, capacity utilization coefficient, transport stops, route optimization, peak hours, visual monitoring.

Муқаддима

Таҳлили маълумот дар бораи хатсайрҳои кумуналии автобусҳо, троллейбусҳо ва хатсайрҳои микроавтобусҳо бо мақсад муайян кардани хатсайрҳои камсамар, соатҳои пуришддат ва камшиддат, пешниҳоди тавсияҳо барои беҳтар кардани хизматрасонӣ ба мусофирон мебошад, [4,6].

Маълумотҳои 70 хатсайрҳои шаҳри Душанбе аз ҷумла 23 хатсайрҳои кумуналии автобус, 7 хатсайрҳои кумуналии троллейбус ва 40 хатсайрҳои микроавтобус дар 4364 ҷадвалҳои эксел бо усули визуалӣ барои тадқиқи ҷараёни мусофиркашонӣ, тавассути мушоҳидаҳои ҷамъоварӣ карда шудаанд. Ин мушоҳидаҳо дар истгоҳҳо гузаронида шудаанд, ки намунаи он дар ҷадвали 1 барои самтҳои мустақим ва баръакс оварда шудааст. Бо ёрии ин мушоҳидаҳо дараҷаи пурии воситаҳои нақлиёт, шумораи мусофирони воридшаванда ва хоричшаванда дар истгоҳҳо муайян карда шудаанд.

Тадқиқот барои ҳар як ҳатсайр дар муддати як ҳафта бо фарогирии 30% аз шумораи умумии гардишҳо гузаронида шуда, ба рӯзҳои корӣ ва истироҳатӣ гурӯҳбандӣ карда шуда, қимати миёна барои як рӯзи корӣ ва истироҳатӣ дар алоҳидаги ҳисоб карда шудааст. Ин усули муайянкунӣ имкон медиҳад, ки маълумот дар бораи пурии воситаҳои нақлиёт ва мунтазамии ҳаракати онҳо дар қитъаҳои ҳатсайр, самтҳо ва соатҳои шабонарӯз ба даст оварда шавад.

Бо мақсади муайян кардани хусусиятҳои пурра ва муфассали тақсимои чараёни мусофиркашонӣ, маълумоти бадастомада аз рӯи ҳатсайрҳо коркард шуда, тибқи соатҳои шабонарӯз ва дар маҷмӯъ дар тамоми шабакаи нақлиётӣ таҳлил карда шудаанд. Масофаи миёнаи сафари мусофирон низ муайян карда шудааст.

Чараёни мусофирон – ин шумораи мусофирони интиқолёфта дар як самти муайян дар давоми як давраи муайяни вақт мебошад. Чараёни мусофирон бо шумораи мусофирони интиқолёфта тавсиф карда мешавад. Чараёни мусофирон вобаста ба самтҳо, соатҳои шабонарӯз, ҷағрафӣ ва рӯзҳои ҳафта тағйир меёбад, [7, 9].

Модели математикӣ барои ҳисобкунии чараёни мусофирон ва нишондиҳандаҳои нақлиётӣ

Ҳатсайрҳои нақлиётӣ аз шумораи муайяни истгоҳҳо иборат аст – N истгоҳ. Барои ҳар як истгоҳ $i \in \{0, 1, \dots, N-1\}$ нишондиҳандаҳои зерин муайян карда мешаванд:

E_i – шумораи мусофирони воридшуда дар истгоҳи i ;

L_i – шумораи мусофирони хориҷшуда дар истгоҳи i ;

T_i – лаҳзаи вақти расидан ба истгоҳи i ;

P_i – чараёни мусофирон то истгоҳи i ;

N – шумораи истгоҳҳо.

Қадами вақт байни истгоҳҳо – $\Delta t = (t_n - t_0) / (N - 1)$.

Муайянсозии лаҳзаҳои вақти расидан ба истгоҳҳо:

$T_0 = t_0$;

$T_i = T_{i-1} + \Delta t, \forall i \in \{1, \dots, N-1\}$.

Ҳисобкунии чараёни мусофирон:

$P_0 = E_0$;

$P_i = P_{i-1} + E_i - L_i, \forall i \in \{1, \dots, N-1\}$.

Барои таҳлили чараёнҳои мусофиркашонӣ дар системаи нақлиёти шаҳрӣ зарур аст муайян кард, ки чӣ гуна мусофирони воридшаванда ва хориҷшаванда аз рӯи интервалҳои вақт ва истгоҳҳо тағйир меёбанд. Дар ин тадқиқот се матритсаи асосӣ бо андозаи $24 \times N$ истифода шудаанд, ки дар он 24 – шумораи интервалҳои соат дар як шабонарӯз, ва N – шумораи истгоҳҳои ҳатсайр мебошад. дар ин ҷо:

$E = \{e_{i,j}\}$ — матритсаи мусофирони воридшаванда;

$X = \{x_{i,j}\}$ — матритсаи мусофирони хориҷшаванда;

$N = \{n_{i,j}\}$ — матритсаи пуршавии дохили нақлиёт.

Ҳар як унсуре $e_{i,j}$ нишон медиҳад, ки чанд мусофир дар соати i дар истгоҳи j ворид шудаанд. Ба ҳамин монанд, $x_{i,j}$ ва $n_{i,j}$ шумораи мусофирони хориҷшуда ва шумораи воқеии мусофирон дар дохили нақлиётро нишон медиҳанд.

Барои таҳлили маълумот нишондиҳандаҳои ҷамъшуда ҷорӣ мегарданд – суммаҳо аз рӯи сатрҳо (интервалҳои вақт, $i = 1, \dots, 24$) ва сутунҳо (истгоҳҳо, $j = 1, \dots, N$):

$S_i^X = \sum x_{i,j}$ – ҷамъи мусофирони хориҷшуда аз рӯи соатҳо;

$C_j^X = \sum x_{i,j}$ – ҷамъи мусофирони хориҷшуда аз рӯи истгоҳҳо;

$S_i^E = \sum e_{i,j}$ – ҷамъи мусофирони воридшуда аз рӯи соатҳо;

$C_j^E = \sum e_{i,j}$ – ҷамъи мусофирони воридшуда аз рӯи истгоҳҳо;

$S_i^N = \sum n_{i,j}$ – ҷамъи мусофирон дар дохили нақлиёт аз рӯи соатҳо;

$C_j^N = \sum n_{i,j}$ – ҷамъи мусофирон дар дохили нақлиёт аз рӯи истгоҳҳо.

Дар татбиқи барномавӣ суммаҳои дар боло зикршуда бо истифода аз такрори дуиндексӣ аз рӯи вақт (i) ва истгоҳ (j) ҳисоб карда мешаванд. Барои ҳар як матритса массивҳои мувофиқ барои ҷамъи сатрҳо ва сутунҳо ҳисоб карда мешаванд. Ин равиш заминаи таҳлили динамикаи чараёни

мусофиркашонӣ аз рӯи вақт ва истгоҳҳо буда, имконият медиҳад, ки оптимизатсияи минбаъдаи хатсайрҳо гузаронида шавад.

Нишондиҳандаҳои ҷамъшуда имконият медиҳанд:

- муайян кардани истгоҳҳо бо шумораи зиёди воридшавӣ ва хоричшавӣ мусофирон дар хатсайрҳо;
- муайян кардани соатҳои зиёдшавии ҷараёни мусофирон дар хатсайрҳо;
- муайян кардани қисмҳои камсамараноки хатсайрҳо;
- истифодаи маълумот барои тавсияҳо оид ба бозтақсимкунии воситаҳои нақлиёт, тағйир ва оптимизатсияи ҷадвали ҳаракат ва хатсайрҳо.

Барои таҳлили хатсайрҳои формулаҳои зирин истифода бурда шудаанд. Пуршавии воситаи нақлиёт дар қитъаи роҳ бо формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q_{FH} = q_{FH} + q_d - q_6;$$

дар ин ҷо:

q_{FH} – шумораи мусофироне, ки дар қитъаи байни ду истгоҳ ($i-1$) ҳаракат мекунад;

q_d – шумораи мусофироне, ки дар истгоҳи i ба нақлиёт савор мешаванд;

q_6 – шумораи мусофироне, ки дар истгоҳи i мефароянд, [8].

Коэффисиенти ивазшавии (КИ) мусофирон ҳамчун нисбати дарозии хатсайр ба масофаи миёнаи сафар муайян карда мешавад:

$$\eta_{ив} = \frac{l_x}{l_m};$$

дар ин ҷо:

l_x – дарозии хатсайр, км;

l_m – масофаи миёнаи сафари мусофир.

Коэффисиенти истифодаи ғунҷоиши воситаи нақлиёт (КИҒ):

$$\gamma = \frac{Q_r}{q_r * z_r * \eta_{ив}},$$

дар ин ҷо:

Q_r – шумораи мусофирони интиқолёфта дар як гардиш, нафар;

q_r – ғунҷоиши номиналии воситаи нақлиёт, нафар;

z_r – шумораи гардишҳо дар як рӯз;

$\eta_{ив}$ – коэффисиенти ивазшавии мусофирон дар як гардиш.

Яке аз нишондиҳандаҳои муҳимтарини сифати хизматрасонии нақлиётӣ ба мусофирон коэффисиенти истифодаи ғунҷоиши воситаҳои нақлиёт мебошад. Ин коэффисиент бевосита ба самаранокии иқтисодии фаъолияти ташкилоти нақлиётӣ таъсир мерасонад. Ширкати ҳамлу нақл манфиатдор аст, ки коэффисиенти истифодаи ғунҷоиш ҳарчи бештар бошад, аммо барои мусофир, баръакс, хизматрасонӣ бе сарбории воситаҳои нақлиёт афзалтар аст. Вобаста ба шароити истифодабарӣ, коэффисиенти истифодаи ғунҷоиш дар ҳудуди аз 0.2 то 0.4 тағйир меёбад аммо дар соатҳои серодам барои қитъаҳои сарбори хатсайрҳо зарур аст, ки ин нишондиҳанда дар ҳудуди 0.7 то 0.8 пешбинӣ шавад, [52].

КН-и ҷараёни мусофиркашонӣ:

$$K_H = \frac{Q_{max}}{Q_M};$$

дар ин ҷо:

Q_{max} – ҷараёни максималии мусофирон дар қитъа;

Q_M – ҷараёни миёнаи мусофирон.

Барои шаҳрҳои миёна, КН-и ҷараёни мусофиркашонӣ тибқи соатҳои шабонарӯз дар ҳудуди 1.5 то 2 мебошад.¹

¹ [Кузбасский государственный технический университет](https://studfile.net/preview/7845442/page:3/), <https://studfile.net/preview/7845442/page:3/>

Ҷадвали 1 – Формаи баҳисобгирии мусофирон дар самти мустақим

Са на	04.11. 2023		рӯзи ҳафта	шан бе	Хатсайри 3А . Терминали Чорбоғ - Истгоҳи вокзали роҳи оҳан									
Воситаи нақлиёт-	Авто бус		Тамға	Аки а	гара жн. №	6807	Баст	2	№ баро мада	1				
№			Гардиш 1		Гардиш 2		Гардиш 3		Гардиш 4		Гардиш 5		Ҷамағӣ	
			13:39	15:14	15:14	0:00	0:00							
	Нақша аз руи графтик		14:18	16:10	16:10	0:00	0:00							
	Графики вокелӣ		13:40	15:45	18:00	0:00	0:00							
			14:25	16:40	18:50	0:00	0:00							
			баро мад	даро мад	баро мад	даро мад	баро мад	даро мад	баро мад	даро мад	баро мад	даро мад	баро мад	даро мад
1	Истгоҳи терминали Чорбоғ		0	1	0	6	0	2	0	0	0	0	0	9
2	Истгоҳи ошхонаи “Саид”		0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0	10
3	Истгоҳи корхонаи сементбарорӣ		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	Истгоҳи ҚСП “Оби зулол”		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	Истгоҳи боғи С.Айнӣ		0	1	2	1	2	2	0	0	0	0	4	4
6	Истгоҳи обанбор		1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
7	Истгоҳи майдони сарҳадчиён		4	5	3	4	3	2	0	0	0	0	10	11
8	Истгоҳи Донишгоҳи аграрӣ		0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8
9	Истгоҳи шимолӣ		0	10	4	5	2	3	0	0	0	0	6	18
10	Истгоҳи Донишгоҳи тиббӣ		0	2	1	4	0	2	0	0	0	0	1	8
11	Истгоҳи Донишгоҳи омузгорӣ		2	9	1	3	0	2	0	0	0	0	3	14
12	Истгоҳи меҳмонхонаи Авесто		0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
13	Истгоҳи чойхонаи Роҳат		1	1	3	4	2	3	0	0	0	0	6	8
14	Истгоҳи мс “Тоҷикистон		4	2	1	2	1	1	0	0	0	0	6	5
15	Истгоҳи боғи устод А.Рудақӣ		0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3
16	Истгоҳи тв “Сафина”		11	1	7	3	4	3	0	0	0	0	22	7
17	Истгоҳи бонки миллӣ		4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	6	1
18	Истгоҳи синамои Ватан		9	0	8	1	3	0	0	0	0	0	20	1
19	Истгоҳи роҳи оҳан		19	0	8	0	5	0	0	0	0	0	32	0
			55	55	41	41	22	22	0	0	0	0	118	118

Ҳисоб кардани ҷараёнҳои умумии мусофирон дар интервали вақт ва истгоҳҳо дар хатсайрҳои шаҳри Душанбе

Ҷадвали 2 – Ҷараёни мусофирон дар интервали вақт ва истгоҳҳо барои хатсайри автобуси 3 дар самти мустақим

Интервал вақт	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Пур ша вӣ
Истгоҳи терминали Чорбоғ	0	4	2	7	0	3	4	4	2	9	2	4	2	4	1	0	0	0	48
Истгоҳи маром	1	6	4	16	0	6	8	8	6	17	5	7	7	6	3	0	1	0	101
Истгоҳи корхонаи сементбарорӣ	1	6	6	16	0	5	8	11	7	17	7	8	8	4	5	0	1	0	110
Истгоҳи ҚСП “Оби зулол”	1	7	6	19	0	6	9	10	9	18	10	12	8	4	5	0	1	0	125
Истгоҳи боғи С.Айнӣ	1	7	6	15	5	5	6	14	5	26	12	13	9	5	5	0	1	0	135
Истгоҳи чашмасор	0	8	7	18	5	7	7	15	5	29	14	18	10	5	6	0	1	0	155
Истгоҳи майдони сарҳадчиён	0	12	6	19	5	9	9	20	5	36	12	21	10	7	13	1	1	0	186
Истгоҳи Донишгоҳи аграрӣ	0	15	7	13	10	9	10	21	4	36	13	30	14	8	14	2	1	0	207
Истгоҳи шимолӣ	0	16	6	14	13	10	13	22	4	37	15	31	13	10	15	2	1	0	222
Истгоҳи Донишгоҳи тиббӣ	0	13	12	13	12	10	17	25	8	43	21	41	15	10	17	2	1	0	260
Истгоҳи Донишгоҳи омӯзгорӣ	0	14	11	15	12	8	19	26	9	48	28	51	10	21	19	2	1	0	294
Истгоҳи меҳмонхонаи Авесто	0	16	12	11	17	8	20	28	11	50	29	41	26	21	20	2	1	1	314
Чойхонаи Роҳат	0	3	19	15	16	9	19	26	10	39	42	41	25	20	22	2	1	2	311
Истгоҳи маркази савдои “Тоҷикистон”	0	3	18	15	17	9	18	25	11	34	43	42	25	23	22	3	2	2	312
Истгоҳи боғи устод А.Рудақӣ	0	3	17	5	25	9	17	24	10	32	43	36	30	22	26	3	2	1	305
Истгоҳи тв “Сафина”	0	2	14	4	19	9	15	20	8	28	40	35	20	25	19	3	2	1	264
Истгоҳи “Бонки миллӣ”	0	1	13	2	16	6	13	19	0	29	26	39	16	18	15	5	2	1	221
Истгоҳи “Синамон Ватан”	0	0	8	1	11	3	7	12	0	16	19	29	8	9	10	2	1	0	136
Истгоҳи роҳи оҳан	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	2	0	0	0	0	7
	4	13	17	21	18	13	21	33	11	54	382	503	25	22	237	29	21	8	

Дар қадвали 2 намунаи ҳисобкунии ҷараёни мусофирон дар интервали вақт ва истгоҳҳо барои хатсайри автобуси 3 дар самти мустақим оварда шудааст. Ба монанди хатсайри автобуси 3, 70 хатсайр барои самтҳои мустақим ва баръакс ҳисоб ва таҳлил карда шудаанд.

Таҳлили хатсайрҳои шаҳри Душанбе дар рӯзҳои корӣ

Самаранокии истифодаи воситаҳои нақлиёт:

- самаранокии баланд – хатсайрҳои, ки $KIF \geq 0.5$ мебошанд, самаранок истифода бурда мешаванд;

- самаранокии миёна – хатсайрҳои, ки $0.5 > KIF \geq 0.2$ мебошанд, дараҷаи миёнаи самаранокии доранд.

Коэффитсиенти ивазшавӣ ($\eta_{ив}$):

• самаранокии баланд – дар хатсайрҳои, ки $KI \geq 2$ бошад, мусофирон масофаи кӯтоҳи дарозии хатсайрро истифода мебаранд ва коэффитсиенти ивазшавӣ мусофирон баланд аст;

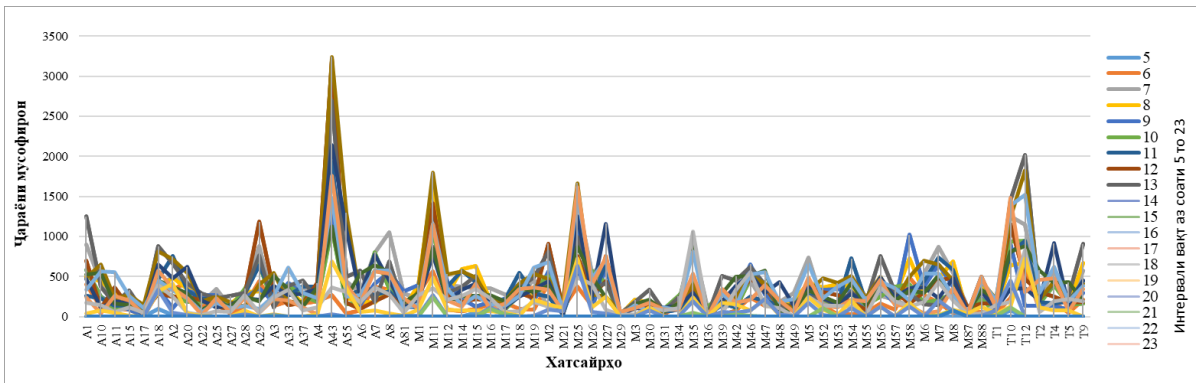
• самаранокии миёна – дар хатсайрҳои, ки $KI < 2$ бошад, мусофирон масофаи миёнаи дарозии хатсайрро истифода мебаранд ва коэффитсиенти ивазшавии мусофирон миёна аст.

КН-и ҷараёни мусофиркашонӣ:

- дар хатсайрҳои, ки $KN \leq 2$ мебошад, КН ба меъёр наздик буда, дар соатҳои гуногуни шабонарӯз пасту баландшавии мусофирон зиёд тағйирёбанда нест;

- дар хатсайрҳои, ки $KN > 2$ мебошад, КН аз меъёр зиёд буда, дар соатҳои гуногуни шабонарӯз пасту баландшавии мусофирон зиёд тағйирёбанда аст.

Хатсайрҳои, ки $KI \geq 2$ мебошанд ва истифодаи ғунҷоишашон дар диапазони $0.5 > KIF \geq 0.2$ ҷойгир аст. Ба ин хатсайрҳо дар соатҳои зиёдшавии мусофирон, микроавтобусҳои калонҳаҷм ва дар соатҳои камшавии мусофирон, микроавтобусҳои хурдҳаҷм тавсия барои истифодабарӣ дода мешавад.



Расми 1 – Ҷараёни мусофирон

Шарҳи аломатҳо: А – автобус; Т – троллейбус; М – микроавтобус.

Маълумотҳо дар расми 1 барои рӯзҳои корӣ ва самти мустақим оварда шудаанд, ки 70 хатсайр ва соатҳои шабонарӯз аз соати 5:00 то 23:00-ро дар бар мегиранд, [1]. Ҷараёни мусофирон барои воситаҳои нақлиёти ҷамъиятӣ аз қабилӣ автобус, троллейбус ва микроавтобус ҳисоб карда шудаанд. Бо истифода аз маълумотҳои ҳисобшуда, таҳлил ва тавсияҳо пешниҳод карда мешаванд.

Тибқи маълумоти расми 1, ҷараёни мусофирон дар шаҳр дорои хусусияти бисёрқуллагӣ мебошад. Аз соати 05:00 то 07:00 афзоиши тадриҷии фаъолият мушоҳида шуда, авҷи аввалини он ба соатҳои 07:00–08:00 рост меояд. Ин давра бо оғози рӯзи корӣ ва таҳсил дар муассисаҳои таълимӣ алоқаманд аст.

Қуллаи дуҷуми ҷараён, ки нисбатан тӯлонитар аст, дар интервали соатҳои 12:00 то 14:00 ва қуллаи сеюм дар вақти бегоҳрӯзӣ, яъне соатҳои 17:00-18:00 ба қайд гирифта мешавад.

Дар асоси нишондиҳандаҳои миқдорӣ, хатсайрҳоро ба се гурӯҳи асосӣ тақсим кардан мумкин аст:

- хатсайрҳои пурмусофир: Хатсайри А43 ҳамчун хатсайри пурмусофиртарин муайян гардид. Шиддати ҳаракат дар ин хатсайр дар соатҳои 13:00 ба 3243 нафар ва дар соати 07:00 ба 2804 нафар мерасад. Инчунин, хатсайрҳои М11, М25, Т10 ва Т12 дорои ҷараёни баланди мусофирон (беш аз 1000 нафар дар соатҳои авҷ) мебошанд.

- хатсайрҳои миёна: Ба ин гурӯҳ хатсайрҳои А1, А29, М5, М46 дохил мешаванд, ки ҷараёни мусофиронашон дар ҳудуди 400-900 нафар дар соатҳои авҷ қарор дорад.

- хатсайрҳои каммусофир: Хатсайрҳои А17, М21, М29 ва М87 ҷараёни ками мусофиронро (камтар аз 200 нафар дар соат) нишон медиҳанд. Ин хатсайрҳо барои таъмини самаранокии хароҷот, истифодаи воситаҳои нақлиёти камҳаҷмро талаб мекунанд.

Таҳлил нишон медиҳад, ки дар баъзе хатсайрҳо фарқияти байни соатҳои зиёдшавӣ ва камшавии мусофирон хеле калон аст. Масалан:

- дар хатсайри А1, ҷараён дар соати 07:00 (898 нафар) нисбат ба соати 11:00 (259 нафар) се баробар зиёд аст.

- дар хатсайри Т12, ҷараён дар соати 13:00 ба 2021 нафар мерасад, ҳоло он ки дар соати 09:00 ҳамагӣ 135 нафарро ташкил медиҳад.

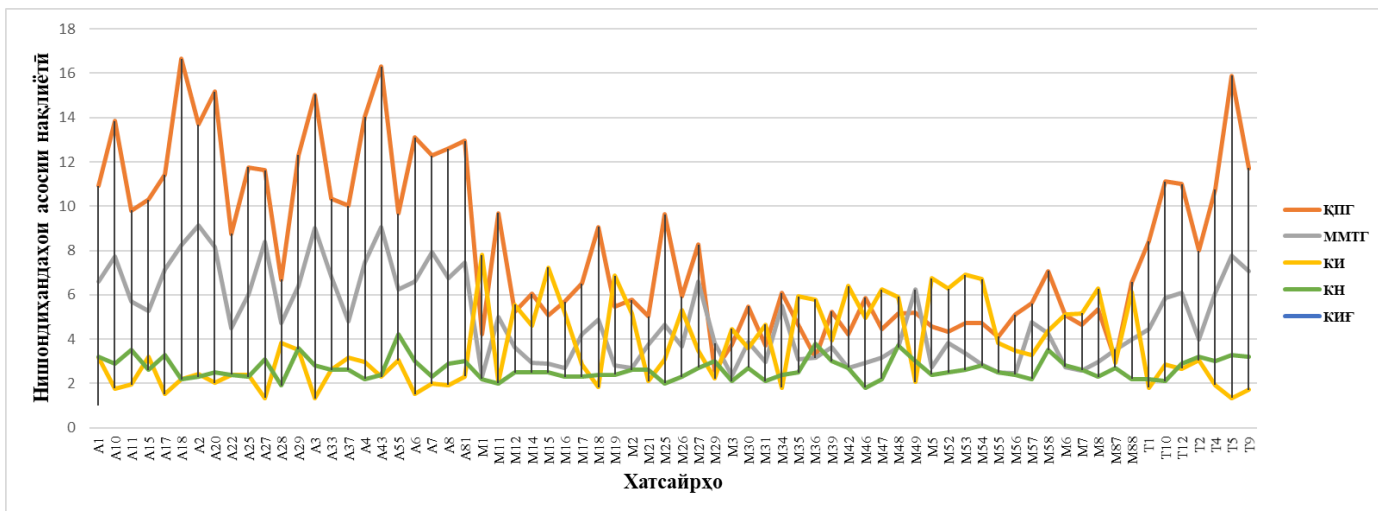
- Ин нишондиҳандаҳо зарурати истифодаи графикаи ҳаракати тағйирёбандаро тақозо мекунанд.

Дар асоси таҳлили ҷараёни мусофирон дар рӯзҳои корӣ ва самти мустақим ҳулосаҳои зерин бароварда шуданд:

- оптимизатсияи ҷадвал – барои хатсайрҳои пурмусофир (ба мисли А43 ва М25) зарур аст, ки фосилаи ҳаракат дар байни соатҳои 07:00-09:00 ва 12:00-14:00 то ҳадди ақал коҳиш дода шавад.

- тақсими воситаҳои нақлиёт – дар хатсайрҳои А43 ва Т12 истифодаи автобус ва троллейбусҳои иқтисодӣ калон калон самаранок мебошад.

- хатсайрҳои шабона – бо назардошти он ки пас аз соати 21:00 ҷараёни мусофирон дар аксари хатсайрҳо (ба истиснои М11 ва М25) ба сифр наздик мешавад, истифодаи воситаҳои нақлиёти хурдҳаҷм тавсия дода мешавад.



Расми 2 – Нишондиҳандаҳои асосии нақлиётӣ

Маълумотҳои 70 хатсайр, нишондиҳандаҳои нақлиётӣ аз қабилҳои ҚПГ, ММТГ, КИ ва КИҒ барои рӯзҳои корӣ ва самти мустақим дар расми 2 оварда шудаанд, ки барои таҳлил ва пешниҳоди тавсияҳои муфид мусоидат мекунанд. Дар асоси ин маълумотҳо, нишондиҳандаҳои нақлиётӣ барои рӯзҳои корӣ ва самти мустақим, ки дар ҷадвали 3 оварда шудаанд, таҳлил гардиданд.

Ҷадвали 3 – Натиҷаи таҳлили нишондиҳандаҳои нақлиётӣ дар рӯзҳои корӣ ва самти мустақим

КИ ≥ 2	КИ < 2	КИФ ≥ 0.5	$0.5 > \text{КИФ} \geq 0.2$	КН > 2	КН ≤ 2
M1, M15, M53, M19, M5, M54, M42, M52, M8, M47, M88, M35, M48, M36, M12, M26, M16, M7, M2, M6, M46, M31, M14, M3, M58, M39, M55, A28, M30, A29, M27, M56, M57, A15, A1, A37, M25, T2, A55, A4, M87, M17, T10, T12, A33, A2, A22, A25, A81, A43, M29, A18, M21, M11, M49, A20	A7, A11, A8, T4, M18, M34, T1, A10, T9, A17, A6, A27, T5, A3	M18, M25, M11, M17, M27, M49, M34	M58, M16, A18, M21, A20, A2, T5, A3, A43, A27, A10, M12, M57, A4, A81, M8, M88, M2, M14, M36, A25, M6, M39, A6, M26, M46, M56, T9, M48, A28, M30, A7, M55, A8, A17, T4, M53, M52, M54, M31, M19, M35, A29, A1, A37, A33, A22, M42, M7, M29, A11, M15, M47, A15, T10, T12, T1, M1, M5, M3, T2, A55, M87	A55, M36, M48, A29, M58, A11, T5, A17, T2, A1, T9, A27, T4, M49, A6, M29, M39, A81, A8, T12, A10, M6, A3, M54, M27, M42, M87, M30, M21, M2, M53, M7, A33, A37, A15, M14, M35, M52, M55, A20, M12, M15, M18, A43, M5, M56, M34, A22, M19, A25, M8, M26, M16, M17, A2, A7, A18, T1, A4, M88, M57, M47, M1, M31, T10, M3	M11, M25, A28, M46

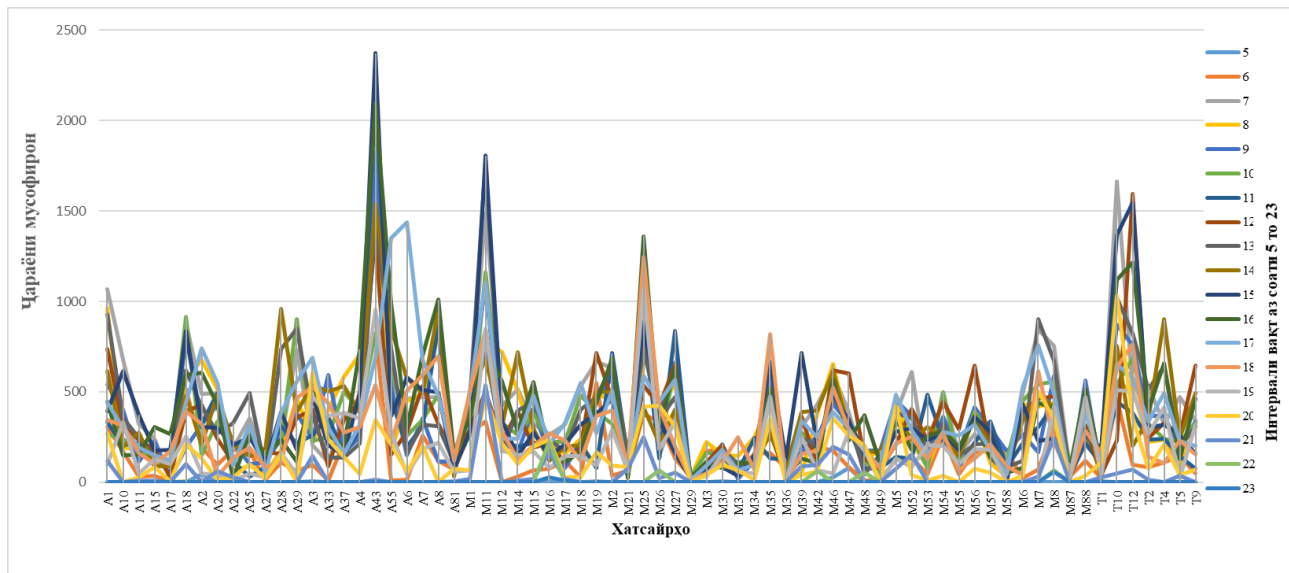
Шарҳи аломатҳо: А – автобус; Т – троллейбус; М – микроавтобус.

Дар асоси маълумотҳои ҷадвали 3 таҳлил ва хулосаҳои зерин бароварда мешавад:

- хатсайрҳои М18, М34 коэффитсиенти истифодаи ғунҷоиши баланд ва хатсайрҳои А10, А11, А17, А27, А3, А6, А7, А8, Т1, Т4, Т5, Т9 миёна дошта, коэффитсиенти пасти ивазшавӣ доранд. Тавсия дода мешавад, ки масофаи ин хатсайрҳо зиёд карда шавад ё қисмате аз қитъаи хатсайрҳо тағйир дода шавад;

- ба ғайр аз хатсайрҳои М11, М25, А28, М46 КН аз меъёр зиёд буда, тавсия дода мешавад, ки дар соатҳои зиёдшавии мусофирон, шумораи гардишҳо зиёд ва дар соатҳои камшавӣ кам карда шавад.

Ҷараёни мусофирон ва нишондиҳандаҳои асосӣ дар рӯзҳои корӣ ва самти баръакс чунин таҳлил карда мешавад.



Расми 3 – Ҷараёни мусофирон дар рӯзҳои корӣ, интервали вақт ва самти баръакс

Маълумотҳо дар расми 3 барои рӯзҳои корӣ ва самти баръакс оварда шудаанд, ки 70 хатсайр ва соатҳои шабонарӯз аз соати 5:00 то 23:00-ро дар бар мегиранд. Ҷараёни мусофирон барои воситаҳои нақлиёти ҷамъиятӣ аз қабилӣ автобус, троллейбус ва микроавтобус ҳисоб карда шудаанд.

Чараёни мусофирон дар самти баръакс нисбат ба самти мустақим дорои хусусиятҳои фарқкунанда мебошад. Афзоиши ҷиддии талабот аз соати 07:00 оғоз ёфта, дар бисёр хатсайрҳо то соати 09:00 давом мекунад. Ин нишон медиҳад, ки дар ин давра рафту омад ба ҳарду самт ғаёл аст.

Қуллаҳои асосии ҳаракат дар самти баръакс ба вақтҳои зерин рост меоянд:

- соатҳои 07:00-08:00 – зиёдшавии мусофирон дар субҳ (барои хатсайрҳои А1, А43, М11);
- соатҳои 12:00-13:00: – зиёдшавии мусофирон дар нисфирӯзӣ (барои хатсайрҳои М11, Т12);
- соатҳои 15:00-17:00 – зиёдшавии мусофирон баъдизухрӣ, ки дар баъзе хатсайрҳо (масалан А43, М25) нисбат ба субҳ ҳам зиёдтар аст.

Дар асоси нишондиҳандаҳои расми 3, хатсайрҳоро метавон чунин гурӯҳбандӣ кард:

• хатсайрҳои дорои шиддати баланд – хатсайри А43 дар самти баръакс низ пурмусофир буда, дар соати 15:00 ба нишондиҳандаи 2372 нафар мерасад. Хатсайри М11 дар соати 12:00 дорои чараёни 1780 нафар ва дар соати 15:00 дорои 1807 нафар мусофир мебошад;

• хатсайрҳои троллейбусии пурмусофир – хатсайрҳои Т10 ва Т12 дар самти баръакс чараёни устувори беш аз 1000 нафарро дар соатҳои авҷ (07:00, 12:00, 15:00) таъмин мекунад;

• хатсайрҳои дорои чараёни ноустувор – дар хатсайрҳое ба монанди А6, ҷаҳишҳои ногаҳонӣ мушоҳида мешавад (масалан, дар соати 17:00 чараён то 1439 нафар афзоиш ёфта, дар соатҳои дигар то 200-300 нафар коҳиш меёбад).

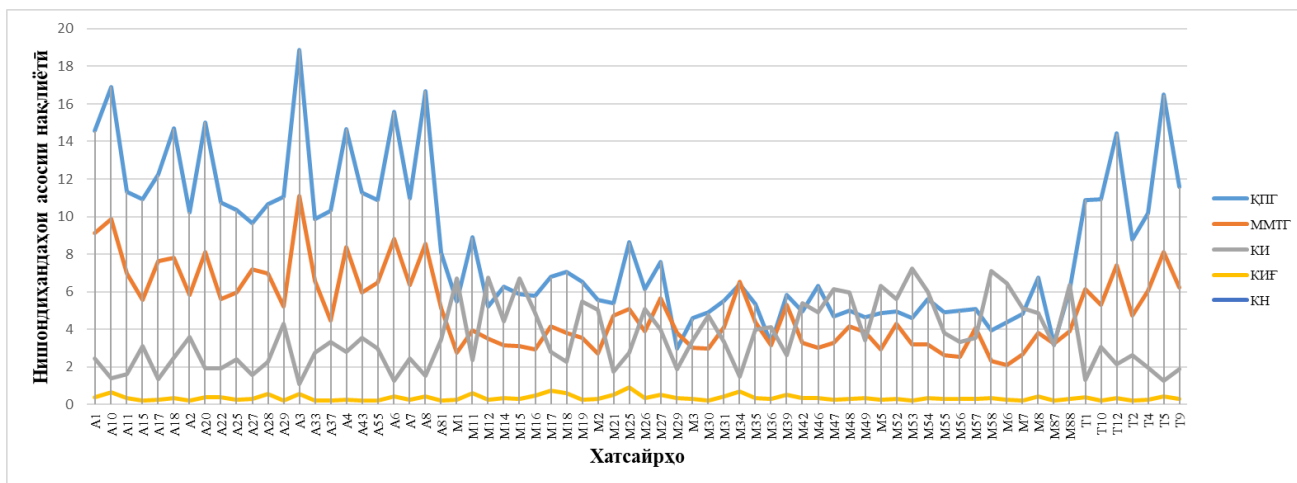
Таҳлил нишон медиҳад, ки микроавтобусҳо дар самти баръакс нисбат ба автобусҳо чараёни мусофиронро дар давоми рӯз баробартар тақсим мекунад. Масалан, хатсайри М25 аз соати 07:00 то 19:00 чараёни мусофиронро дар ҳудуди 700-1300 нафар устувор нигоҳ медорад.

Хулосаи илмӣ ва амалӣ

• нобаробарии коэффисиенти самтӣ – таҳлили муқоисавии расми 2 ва 3 нишон медиҳад, ки дар баъзе хатсайрҳо (масалан А1) чараён дар самти баръакс дар соатҳои 07:00-08:00 нисбат ба самти мустақим бештар аст, ки инро бояд ҳангоми танзими фосилаи ҳаракат ба назар гирифт.

• зарурати афзоиши иқтидор дар нимаи дуими рӯз – барҳӯрди қуллаҳои ҳаракат дар соатҳои 15:00-17:00 дар самти баръакс талаб мекунад, ки шумораи воситаҳои нақлиёт дар ин давра кам карда нашавад.

• оптимизатсияи хатсайрҳои каммаҳсул – хатсайрҳои М29 ва М87 дар самти баръакс низ чараёни хеле кам доранд (зери 50-100 нафар), ки аз нигоҳи иқтисодӣ таҷдиди назари ин хатсайрҳо ё истифодаи нақлиёти хурдҳаҷмро тақозо мекунад.



Расми 4 – Нишондиҳандаҳои асосии нақлиётӣ дар самти баръакс

Маълумотҳои 70 хатсайр, нишондиҳандаҳои нақлиётӣ аз қабилҳои ҚПГ, ММТГ, КИ ва КИФ барои рӯзҳои корӣ ва самти баръакс дар расми 4 оварда шудаанд, ки барои таҳлил ва пешниҳоди тавсияҳои муфид мусоидат мекунад. Дар асоси ин маълумотҳо, нишондиҳандаҳои нақлиётӣ барои рӯзҳои корӣ ва самти баръакс, ки дар ҷадвали 4 оварда шудаанд, таҳлил гардиданд.

Ҷадвали 4 – Натиҷаи таҳлили нишондиҳандаҳои нақлиётӣ дар рӯзҳои қорӣ, самти баръакс

КИ ≥ 2	КИ < 2	КИИ ≥ 0.5	$0.5 >$ КИИ ≥ 0.2	КН > 2	КН ≤ 2
M53, M58, M12, M1, M15, M6, M88, M5, M47, M54, M48, M52, M19, M42, M7, M26, M2, M46, M16, M8, M30, M14, A29, M36, M27, M35, M55, A2, M57, A43, A81, M49, M3, M31, M56, A37, M87, A15, T10, A55, A4, M17, M25, A33, M39, T2, A18, A1, A7, A25, M11, A28, M18, T12	T4, A22, A20, M29, T9, M21, A11, A27, A8, M34, A10, A17, T1, T5, A6, A3	M25, M17, M34, A10, M11, M18, A28, A3, M27, M21, M39	M16, M31, A6, M8, A8, T5, A1, A22, A20, T1, M29, T12, M58, M26, M14, M35, M49, A18, A11, M54, M42, M46, M36, M55, M56, A27, M57, M3, M48, M52, M2, T9, M15, M88, M12, M6, M47, A4, T4, A17, M5, M19, A25, A7, M1, M53, M7, A2, A43, A81, M87, A15, T10, A33, M30, A37, T2, A29, A55	A6, A28, A17, M31, M53, M39, A55, M14, M48, T5, M12, T4, A25, M36, M58, M87, A29, A22, A10, M52, T9, M3, T12, M56, M18, M55, T10, A33, A2, A8, M6, A1, A37, A11, A15, M7, M34, M42, M49, A27, T1, M17, M35, M15, M47, M88, M11, T2, M21, M27, M19, A43, A20, A3, M25, M57, A18, M54, M29, A7, A81	M2, M8, M5, M30, M1, M26, M46, M16

Дар асоси маълумотҳои ҷадвали 4 таҳлил ва ҳулосаҳои зерин бароварда мешавад:

- хатсайрҳои A10, A3, M21, M34 коэффитсиенти истифодаи ғунҷоиши баланд ва хатсайрҳои A11, A20, A22, A6, A8, M29, T1, T5 миёна дошта, коэффитсиенти пасти ивазшавӣ доранд. Тавсия дода мешавад, ки масофаи ин хатсайрҳо зиёд карда шавад ё қисмате аз қитъаи хатсайрҳо тағйир дода шавад;

- ба ғайр аз хатсайрҳои M2, M8, M5, M30, M1, M26, M46, M16 КН аз меъёр зиёд буда, тавсия дода мешавад, ки дар соатҳои зиёдшавии мусофирон, шумораи гардишҳо зиёд ва дар соатҳои камшавӣ кам карда шавад.

Хулоса

1. Таҳлил нишон дод, ки ҷараёни мусофирон дар шаҳри Душанбе дорои хусусияти бисёрқуллагӣ буда, авҷи асосӣ ба соатҳои 07:00-08:00 (оғози қор ва таҳсил), 12:00-14:00 (нисфирӯзӣ) ва 17:00-18:00 (беғоҳирӯзӣ) рост меояд.

2. Хатсайри A43 ҳамчун пурмусофиртарин муайян гардид, ки шиддати он дар соатҳои авҷ то ба 3243 нафар мерасад. Хатсайрҳои M11, M25, T10 ва T12 низ дар гурӯҳи хатсайрҳои дорои ҷараёни баланд (беш аз 1000 нафар дар соат) қарор доранд. Тавсия дода мешавад, ки барои хатсайрҳои коммуналӣ (автобус ва троллейбус) нишондиҳандаи КИФ дар ҳудуди 0.7-0.8 нигоҳ дошта шавад. Ин тавозуни байни даромади ширкат ва роҳати мусофирро таъмин мекунад.

3. Дар аксарияти хатсайрҳо (ба истиснои M11, M25, A28, M46) КН аз меъёр зиёд буда, тағйирёбии шадиди шумораи мусофиронро дар соатҳои гуногун нишон медиҳад. Аксарияти хатсайрҳо дорои КН-и аз меъёр зиёд ($КН > 2$) мебошанд, ки ин зарурати бозбинии ҷадвали ҳаракатро дар соатҳои пуршиддат тақозо мекунад. Барои хатсайрҳое, ки КН аз меъёр зиёд аст, ҷорӣ кардани гардишҳои кӯтоҳ дар қитъаҳои пурмусофири хатсайр мақсадбахш аст.

4. Як қатор хатсайрҳо (A10, A11, A17, A27, A3, A6) дорои КИ-и паст мебошанд, ки ин аз номукаммалии масири ҳаракат дар қитъаҳои муайян шаҳодат медиҳад. Барои хатсайрҳои муайяншуда (масалан, A10, A11, A3, M34) тавсия дода мешавад, ки масофаи ҳаракат зиёд карда шавад ё қисмати хатсайр барои баланд бардоштани КИ тағйир дода шавад.

5. Барои хатсайрҳои дорои нишондиҳандаи миёнаи истифодаи ғунҷоиш, истифодаи микроавтобусҳои калонҳаҷм дар соатҳои пуршиддат ва хурдҳаҷм дар соатҳои камшиддат аз ҷиҳати иқтисодӣ мақсадбахш ҳисобида шуд.

Муқарриз: Умарализода Р.Ш. – н.и.т., дотсенти қабедраи САИ-и ДТТТ ба номи академик М.С. Осимӣ.

Адабиёт

1. Саломзода Р.С., Таҳлили такроршавии хатсайрҳои шаҳри душанбе ва ҳалли мушкилоти он бо истифода аз усули Dynamic Time Warping / Саидов Ш.С. // Конференсия байналмилалии илмӣ-амалӣ таҳти унвони “Илм – асоси рушди инноватсионӣ”. Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, шаҳри Душанбе. – 2025. – С. 265-272.

2. Семенихин Б.А., Анализ пассажиропотоков на маршрутах автобуса г. Курска / Кузнецова Л.П., Мальнева Ю.А., Алтухов А.Ю. // Мир Транспорта И Технологических Машин. Учредители: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. ISSN: 2073-7432.

3. Кулев А. В., Оптимизация маршрутов пассажирского транспорта в городе. Режим доступа <https://www.dissercat.com/content/optimizatsiya-marshrutov-passazhirskogo-transporta-v-gorode4>.

4. Боровиков А.В., Анализ пассажиропотока городского автобусного маршрута. // Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова. Режим доступа <https://eduherald.ru/article/view?id=19689>.

5. Дунайцев Р.А., Анализ влияния технологии рандомизации mac-адресов мобильных устройств на мониторинг и анализ пассажиропотока. / Лебедева Н.А. // Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. – 2021. – С. 320-324. // НЭБ eLIBRARY.

6. Шадева Е.И., Анализ методов мониторинга пассажиропотоков городского пассажирского транспорта. Клепцова Л.Н. В сборнике: Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы. Материалы III Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Э.И. Забнева. 2019. С. 71-73.

7. Сундуков Е.Ю., Модели для анализа данных обследования пассажиропотоков на городском пассажирском транспорте. / Тарабукина Н.А. В сборнике: Проблемы развития транспортной инфраструктуры Европейского Севера России. Ответственный редактор С. А. Гладких. 2012. С. 22-30.

8. Бурдуковский Н.П., Анализ автоматизированных систем мониторинга пассажиропотока. / Храпов С.Д., Старичихин М.Г., Латипов О.О. Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 9-3. С. 33-39.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН - СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ - INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

TJ	RU	EN
Қосимов Абдунаби Абдурауфович	Косимов Абдунаби Абдурауфович	Kosimov Abdunabi Abduraufovich
Доктори илмҳои техники, дотсент	Доктор технических наук, доцент	Doctor of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: abdunabi_kbtut@mail.ru		
TJ	RU	EN
Саидов Шамсиддин докторанти PhD	Саидов Шамсиддин докторант PhD	Saidov Shamsiddin PhD student
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik technical university named after academician M.S. Osimi
E-mail: saidovshamsiddin98@gmail.com		