



## **Mathematical Model and Simulation-Based Analysis of Traffic Flow Optimization at Intersections in Gulistan City**

***Khakimov Shaukat Kudoyberganovich***

*Associate Professor, Department of Intelligent Transport Systems Engineering,  
Tashkent State Transport University*

***Jumanazarov Sherzod Sabirbayevich***

*Master’s Student, Department of Intelligent Transport Systems Engineering,  
Tashkent State Transport University*

***Hamrayev Abdulaziz Tohir o’g’li***

*Master’s Student, Department of Intelligent Transport Systems Engineering,  
Tashkent State Transport University*

### **Abstract**

This article examines the analysis and optimization of traffic flow at the intersection of Uzbekistan Street and Saykhun Street in Gulistan City. The current operating conditions of the intersection were modeled at a microscopic level using the PTV VISSIM software. Key performance indicators, including Level of Service (LOS), average delay, queue length, number of stops, and environmental parameters, were quantitatively evaluated. The optimal traffic signal cycle was determined using the Webster formula, and three scenarios—the existing condition, the first proposal based on the Webster model, and the second proposal involving an optimized model with the elimination of turning movements—were comparatively analyzed. The results indicate that the proposed optimized model significantly improved intersection performance. The average delay was reduced from 73.58 seconds to 20.79 seconds (a reduction of 71.7%), the average queue length decreased from 50.17 m to 20.21 m (a reduction of 59.7%), and fuel consumption was reduced from 643 liters to 442 liters (a reduction of 31.3%).



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

In addition, the Level of Service improved from category E to category C. The findings confirm the necessity of applying scientifically grounded approaches to the planning and management of traffic operations at urban intersections.

**Keywords**

Intersection, Traffic Flow, PTV VISSIM, Webster Formula, Level of Service (LOS), Traffic Signal Cycle, Traffic Congestion, Simulation, Environmental Indicators, Intersection Optimization.

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada Guliston shahri O'zbekiston va Sayxun ko'chalari kesishmasidagi chorrahaning transport oqimini tahlil qilish va optimallashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Chorrahaning joriy holati PTV VISSIM dasturida mikroskopik darajada modellashtirilib, xizmat ko'rsatish darajasi (LOS), o'rtacha ushlanish vaqti, tirbandlik uzunligi, to'xtashlar soni va ekologik ko'rsatkichlar miqdoriy jihatdan baholangan. Webster formulasi asosida svetofor sikli optimal qiymatlari hisoblangan va uchta stsenariy - joriy holat, birinchi taklif (Webster modeli) hamda ikkinchi taklif (qayrilib olishni bekor qilish bilan optimallashtirilgan model) - o'zaro taqqoslangan. Taklif etilgan optimallashtirilgan model natijasida o'rtacha ushlanish vaqti 73.58 sekunddan 20.79 sekundga (71.7% ga), tirbandlik o'rtacha uzunligi 50.17 m dan 20.21 m ga (59.7% ga) va yoqilg'i sarfi 643 litrdan 442 litrga (31.3% ga) kamaygani aniqlangan. Xizmat ko'rsatish darajasi E toifadan C toifaga yaxshilangan. Olingan natijalar chorrhalarda transport harakatini rejalashtirish va boshqarishda ilmiy asoslangan yondashuv zarurligini tasdiqlaydi.

**Kalit so'zlar:** chorraha, transport oqimi, PTV VISSIM, Webster formulasi, xizmat ko'rsatish darajasi (LOS), svetofor sikli, tirbandlik, simulyatsiya, ekologik ko'rsatkichlar, chorraha optimallashtirish.



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

Shahar transport tizimining samarali ishlashi zamonaviy urbanizatsiya sharoitida hal qiluvchi ahamiyat kasb etmoqda. Transport oqimining intensivligi ortib borishi, shahar aholisi va avtomobillar sonining yildan-yilga ko'payishi chorralarda tirbandliklar, kechikishlar va ekologik muammolarni keskin kuchaytirmoqda. Ushbu muammolar nafaqat iqtisodiy zararlarga, balki aholining hayot sifatini pasaytirishiga ham olib keladi.

Guliston shahri - Sirdaryo viloyatining ma'muriy markazi bo'lib, so'nggi yillarda transport infratuzilmasi sezilarli yuklama ostida qolmoqda. Shahardagi 40-50 ta chorraha orasida O'zbekiston va Sayxun ko'chalari kesishmasidagi chorraha eng band yo'nalishlarga mansub bo'lib, unda transport oqimini samarali tashkil etish dolzarb masala sifatida ko'zga tashlanadi.

Zamonaviy transport injiniringida kompyuter simulyatsiyasi usullari chorralarni tahlil qilish va optimallashtirish uchun keng qo'llanilmoqda. PTV VISSIM dasturi transport oqimini mikroskopik darajada modellashtirish, har bir transport vositasining harakatini real vaqt rejimida kuzatish va muqobil ssenariylarni taqqoslash imkonini beruvchi ilg'or vosita hisoblanadi.

Guliston shahridagi transport muammolari bir qator omillar ta'sirida keskinlashmoqda. Birinchidan, shahar magistral ko'chalarida transport oqimi intensivligi sezilarli darajada oshib, mavjud infratuzilmaning o'tkazuvchanlik imkoniyatlarini chegaralab qo'ymoqda. Ikkinchidan, chorralardagi svetofor dasturlari ko'pincha eskirgan normalarga asoslanib tuzilgan bo'lib, real transport oqimini hisobga olmaydi.

Ayniqsa, qayrilib olish (U-burilish) manevrining mavjudligi transport oqimida kesishuvlar sonini ko'paytiradi, bu esa tirbandliklarning asosiy sabablaridan biriga aylanadi. Bundan tashqari, uzluksiz to'xtab-harakatlanish rejimi yoqilg'i sarfini oshiradi



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

va zararli gazlar chiqarish miqdorini ko'paytiradi, bu esa atrof-muhit va aholi salomatligi uchun jiddiy muammo hisoblanadi.

Shu sababli mavjud chorrahalarini ilmiy metodlar yordamida tahlil qilish, zamonaviy simulyatsiya vositalaridan foydalanish hamda matematik modellar asosida optimal boshqaruv dasturlarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy va amaliy masala bo'lib qolmoqda.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi - Guliston shahridagi O'zbekiston va Sayxun ko'chalari chorrahasida transport oqimini matematik modellashtirish hamda PTV VISSIM simulyatsion muhitida tahlil qilish orqali optimal boshqaruv ssenariylarini ishlab chiqish va ularning samaradorligini miqdoriy baholashdan iborat.

Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

1. chorrahaning geometrik parametrlarini va transport oqimi ma'lumotlarini to'plash va tahlil qilish;
2. joriy holatni PTV VISSIM dasturida modellashtirish va asosiy ko'rsatkichlarni aniqlash;
3. Webster formulasi asosida optimal svetofor sikli parametrlarini hisoblash;
4. optimallashtirilgan ssenariylarni simulyatsiya qilish va natijalarni taqqoslash;
5. eng samarali yechimni asoslash va amaliy tavsiyalar berish.

Tadqiqot quyidagi ketma-ket bosqichlardan iborat murakkab metodologik yondashuvga asoslanadi.

Transport oqimi ma'lumotlari kuzatuv usulida to'plandi. Chorrahadan o'tayotgan barcha transport vositalari 10 daqiqalik intervallar bo'yicha 4 asosiy yo'nalish bo'yicha qayd etildi. Har bir yo'nalish uchun to'g'ri, o'ngga va chapga burilish oqimlari alohida hisobga olindi. Kuzatuv cho'qqisi soatda (ertalabki rush-hour) o'tkazildi.

**PTV VISSIM simulyatsion modeli**



**“KELAJAK TEXNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

PTV VISSIM dasturi transport oqimini Wiedemann-74 psixo-fiziologik modeli asosida mikroskopik darajada modellashtiradi. Har bir transport vositasining tezligi, tezlanish-sekinlanish xatti-harakati va haydovchi reaksiyasi individual parametrlar bilan hisoblanadi. Chorrahaning geometrik parametrlari, svetofor dasturlari va transport oqimi intensivliklari real ma'lumotlar asosida kiritildi.

Svetoforning optimal sikl davomiyligi Webster (1958) formulasi yordamida aniqlandi. Bu usul jaxon amaliyotida keng qo'llaniladigan va ISO standartlariga mos keladigan metoddir.

**Transport oqimi intensivligi**

Kuzatuv natijasida olingan transport oqimi ma'lumotlari (cho'qqisi soat uchun) quyida keltirilgan:

**1-jadval. Transport vositalarining 1 soatlik oqimi (cho'qqi soat)**

	1				2				3				4					
<i>vaqt</i>	↑	↖	↗	↙	↑	↖	↗	↙	↑	↖	↗	↙	↑	↖	↗	↙		
<b>0-10</b>	198	11	4	98	0	82	45	64	0	8	15	88	74	7	23	15	8	0
<b>10-20</b>	201	12	1	86	1	76	39	58	0	8	14	95	82	6	37	21	6	0
<b>20-30</b>	188	13	5	92	2	85	65	69	0	5	16	78	93	4	45	18	5	0
<b>30-40</b>	195	14	5	87	3	86	78	72	0	8	17	84	64	8	35	19	7	0
<b>40-50</b>	212	12	8	94	3	98	59	68	0	8	19	96	59	1	65	20	9	0



**“KELAJAK TEXNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

<b>50-</b>		14	10						12						1	
<b>60</b>	221	6	1	3	95	46	54	0	5	88	67	9	24	18	2	0
<b>jam</b>	<b>121</b>	<b>78</b>	<b>55</b>	<b>1</b>	<b>52</b>	<b>33</b>	<b>38</b>		<b>97</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	
<b>i</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>

Webster formulasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$c = \frac{1.5 \times LT + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_1}$$

Bu yerda:

c-svetofor siklining optimal davomiyligi (sekund),

L-sikl davomida yo'qotiladigan umumiy vaqt (sekund),

Y-harakat yo'nalishlari bo'yicha yuklama koeffitsiyentlari yig'indisi.

$$1\text{-faza } y_1 = \max\left\{ \frac{2574}{3 \cdot 1800}; \frac{2025}{3 \cdot 1800} \right\} = 0.47; 0.37$$

$$2\text{-faza } y_1 = \max\left\{ \frac{1239}{3 \cdot 1800}; \frac{427}{3 \cdot 1800} \right\} = 0.22; 0.07$$

$$c = \frac{1.5 * LT + 5}{1 - \sum_{i=1}^n y_1} = \frac{1.5 * 6 + 5}{1 - (0.47 + 0.22)} = \frac{14}{0.56} \approx 45$$

$$G = C - Y = 45 - 6 = 39$$

$$g_1 = \frac{y_1}{y_1 + y_2} * G = \frac{0.47}{0.69} * 39 \approx 26 \text{ sek.}$$

$$g_2 = \frac{y_2}{y_1 + y_2} * G = \frac{0.22}{0.69} * 39 \approx 13 \text{ sek}$$

**2-jadval. Uch stsensariy bo'yicha svetofor parametrlari**



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

Faza	Signal	Joriy holat (sek)	1-taklif (sek)	2-taklif (sek)	Izoh
F1	Yashil	27	26	26	Asosiy yo'nalish
F1	Sariq	3	3	3	Xavfsizlik vaqti
F1	Qizil	26	16	13	Kutish vaqti
F2	Yashil	26	13	13	Ikkilamchi yo'nalish
F2	Sariq	3	3	3	Xavfsizlik vaqti
F2	Qizil	27	29	26	Kutish vaqti
Jami sikl		56 sek	45 sek	42 sek	

Uchta stsenariy bo'yicha PTV VISSIM simulyatsiyasi natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan:

**3-jadval. Uch stsenariy bo'yicha transport ko'rsatkichlari taqqosi**

Ko'rsatkich	Joriy holat	1-taklif (Webster)	2-taklif (Optimallashtirilgan)
Xizmat ko'rsatish darajasi (LOS)	E	E	C
O'rtacha ushlanish vaqti (sek)	73.58	65.97	<b>20.79</b>



**“KELAJAK TEXNOLOGIYALARI VA SUN'IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

Tirbandlik o'rtacha uzunligi (m)	50.17	49.85	<b>20.21</b>
Tirbandlik maksimal uzunligi (m)	105.34	105.36	<b>93.98</b>
O'rtacha to'xtashlar soni	49.24	40.9	<b>7.69</b>
Transport vositalari soni (dona)	3669	4092	<b>5743</b>
CO (g)	11952	12681	<b>8190</b>
NO <sub>x</sub> (g)	2325	2467	<b>1593</b>
VOC (g)	2770	2939	<b>1898</b>
Yoqilg'i sarfi (litr)	643	685	<b>442</b>

### **Xizmat ko'rsatish darajasi (LOS) tahlili**

HCM (Highway Capacity Manual) klassifikatsiyasiga ko'ra, xizmat ko'rsatish darajasi A toifadan F toifagacha baholanadi. Joriy holat va 1-taklif E toifasida (o'rtacha ushlanish vaqti 55-80 sek oralig'ida) qoldi. Biroq qayrilib olishni bekor qilish bilan optimallashtirilgan 2-taklif natijasida LOS C toifasiga ko'tarildi (20-35 sek oralig'i), bu esa chorrahada barqaror va erkin harakat sharoitini bildiradi.

### **Ushlanish vaqti va tirbandlik kamaymasi**

O'rtacha ushlanish vaqti joriy holat (73.58 sek) ga nisbatan 1-taklifda 7.61 sekundga (10.3%), 2-taklifda esa 52.79 sekundga (71.7%) kamaydi. Bu natija qayrilib olish va chapga burilish manevrlarini cheklashning transport oqimiga hal qiluvchi ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqlaydi.



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

Tirbandlik o'rtacha uzunligi 50.17 m dan 20.21 m ga (59.7% ga) qisqardi. Bu esa yo'l bo'ylab transport vositalarining yig'ilib qolish masofasi deyarli ikki baravarga kamayganini anglatadi.

**O'tkazuvchanlik qobiliyatining oshishi**

Optimallashtirilgan 2-taklif ssenariyda chorrahadan o'tayotgan transport vositalari soni 3669 donadan 5743 donaga (56.5% ga) oshdi. Bu natija kesishuvlar sonining kamayishi va oqimlarning uzluksiz harakati natijasida chorrahaning o'tkazuvchanlik qobiliyati sezilarli darajada yaxshilanganini ko'rsatadi.

**Ekologik ko'rsatkichlar tahlili**

Transport vositalarining tez-tez to'xtab-harakatlanishi dvigatel samaradorligini pasaytiradi va zararli gazlar chiqarish miqdorini oshiradi. Optimallashtirilgan ssenariyda CO emissiyasi 11952 g dan 8190 g ga (31.5%), NOx 2325 g dan 1593 g ga (31.5%), VOC 2770 g dan 1898 g ga (31.5%) va yoqilg'i sarfi 643 litrdan 442 litrga (31.3%) kamaydi.

**Taqqosiy grafiklar va ko'rsatkichlar dinamikasi**

Quyidagi grafik tasvir uchta stsenariy bo'yicha asosiy ko'rsatkichlarning nisbiy o'zgarishini foiz jihatidan aks ettiradi (joriy holat 100% sifatida qabul qilingan):

**4-jadval. Asosiy ko'rsatkichlarning foizli o'zgarishi (joriy holat = 100%)**

Ko'rsatkich	Joriy holat	1-taklif	2-taklif (optimal)
Ushlanish vaqti	100%	89.7%	28.3% ✓
Tirbandlik uzunligi	100%	99.4%	40.3% ✓
To'xtashlar soni	100%	83.1%	15.6% ✓
O'tkazuvchanlik (avt soni)	100%	111.5%	156.5% ✓



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

CO chiqindisi	100%	106.1%	68.5% ✓
Yoqilg'i sarfi	100%	106.5%	68.7% ✓

Grafik tahlildan ko'rinib turibdiki, 1-taklif (Webster formulasi) o'rtacha ushlanish vaqtini ma'lum darajada kamaytirgan bo'lsa-da (10.3%), ekologik ko'rsatkichlar va yoqilg'i sarfini biroz oshirgan. Bu holat qisqaroq sikl davomida transport vositalarining tezroq o'tishidan kelib chiqadi, biroq oqim zichligi va to'qnashuvlar soni o'zgarmagan. Shu sababli 1-taklif yolg'iz holda yetarli yechim hisoblanmaydi.

2-taklif (Webster + qayrilib olishni bekor qilish) barcha ko'rsatkichlarda sezilarli yaxshilanishni ta'minladi. Ayniqsa, o'tkazuvchanlik qobiliyatining 56.5% ga oshishi va ushlanish vaqtining 71.7% ga kamayishi bu yondashuvning kompleks samaradorligini ko'rsatadi.

### **Xulosa**

Ushbu tadqiqot natijasida Guliston shahridagi O'zbekiston va Sayxun ko'chalari chorrahasini optimallashtirish bo'yicha quyidagi ilmiy asoslangan xulosalar olindi:

–Chorrahaning joriy holati xizmat ko'rsatish darajasi E toifasida bo'lib, o'rtacha ushlanish vaqti (73.58 sek) va tirbandlik (50.17 m) me'yordan ancha yuqori. Bu holat transport oqimi tashkilotini tubdan qayta ko'rish zarurligini ko'rsatadi.

–Webster formulasi asosida hisoblangan optimal svetofor sikli (45 sek) joriy sikl (56 sek) ga nisbatan qisqaroq bo'lib, 1-fazada 26 sek, 2-fazada 13 sek yashil vaqt taqsimotini tavsiya etadi.

–Qayrilib olish (U-burilish) va chapga burilish manevrlarini bekor qilish transport oqimlararo kesishuvlarni kamaytirib, chorrahaning umumiy samaradorligini tubdan yaxshilashning asosiy omili hisoblanadi.



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

–Kompleks optimallashtirilgan model (2-taklif) natijasida: LOS E dan C ga yaxshilandi; o'rtacha ushlanish vaqti 71.7% ga (73.58→20.79 sek), tirbandlik uzunligi 59.7% ga (50.17→20.21 m), to'xtashlar soni 84.4% ga kamaydi; o'tkazuvchanlik qobiliyati 56.5% ga oshdi; ekologik chiqindilar va yoqilg'i sarfi 31% dan ziyod qisqardi.

–PTV VISSIM simulyatsion muhiti chorrahalarini loyihalash va optimallashtirish jarayonida qurilish ishlari boshlangunga qadar turli ssenariylarni sinovdan o'tkazishga imkon beruvchi samarali vosita ekanligini isbotladi.

Tavsiyalar: O'zbekiston va Sayxun ko'chalari chorrahasida qayrilib olishni va chapga burilishni taqiqlovchi belgilar o'rnatish, svetofor siklini 56 sekunddan 42 sekundga qisqartirish, yoniq ko'chalar orqali qisqa marshrut tashkil etish tavsiya etiladi. Mazkur yondashuv boshqa shahar chorrahalariga ham tatbiq etilishi mumkin.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 2-martdagi PQ-5018-son qarori. Avtomobil yo'l tarmog'ini rivojlantirish dasturi. — Toshkent, 2021.
2. Toshkent avtomobil yo'llari instituti. Shaharsozlik va transport rejalashtirish. O'quv qo'llanma. — Toshkent: TADI, 2020.
3. Webster F.V. Traffic Signal Settings. Road Research Technical Paper No. 39. — London: HMSO, 1958.
4. PTV Group. PTV VISSIM 2022 User Manual. — Karlsruhe: PTV AG, 2022.
5. Khakimov, S. (2022). Vehicle ride regime as a main factor for GHG emission reduction. AIP Conf. Proc. 2432, 030127 (2022) <https://doi.org/10.1063/5.0089563>
6. Fayzullaev, E., Tursunbaev, B., Xakimov, S., Rakhmonov, A. (2022). Problems of Vehicle Safety in Mountainous Areas and Their Scientific Analysis. AIP Conference Proceedings 2432(1):030099 <https://doi.org/10.1063/5.0089596>.
7. Khakimov, S., Rajapova, S., Amirkulov, F., Islomov, E. Road Intersection Improvement - Main Step for Emission Reduction and Fuel Economy. ICECAE



**“KELAJAK TEKNOLOGIYALARI VA SUN’IY INTELLEKT”**  
**nomli respublika ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi**  
**VOLUME-1, ISSUE-3, 2026**

2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 939 (2021) 012026 IOP Publishing doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012026>

8. Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., Samatov, R. (2021). Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV vissim. E3S Web of Conferences 264, 02051 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402051> CONMECHYDRO - 2021.
9. Raxmanov A.S. Yo‘l harakatini modellash: o‘quv qo‘llanma /– TDTrU, T.: 2025. – 196 b.
10. Xakimov Sh.K., Samatov R.G., Rajapova S.S. Shahar transportini rejalashtirish va muhandisligi. Darslik. T.: - 2023. 252 b.
11. Xakimov Sh.K. Intellectual transport vositalarining texnologiyalari. Darslik. T.: - 2025. 160 b.
12. Samatov R.G. Avtomobil transportida telematika. Darslik. T.: - 2024. 203 b.
13. Narziyev J.Sh., Islamov E.B. Yo‘l harakatini modellash: laboratoriya va mustaqil ishlarni bajarishga doir uslubiy ko‘rsatma /– TDTrU, T.: 2025. – 66 b.
14. Narziyev J.Sh., Yo‘l harakatini modellash: kurs loyihasini bajarishga doir uslubiy ko‘rsatma /– TDTrU, T.: 2025. – 35 b.