DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

SVETOFOR YORDAMIDA YO‘L HARAKATINI TASHKIL ETISH VA BOSHQARISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Imomov M.X., *PhD, katta o‘qituvchi,*
E-mail: i.x.imomov111284@mail.ru
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada shahar ko‘cha-yo‘l tarmog‘ida transport vositalari va piyodalar harakatini svetoforlar yordamida tashkil etish hamda boshqarish samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi svetofor boshqaruvining mavjud tamoyillarini tahlil qilish, svetofor sikli, takt va fazalarining transport oqimi harakatiga ta’sirini baholash hamda transport oqimining o‘zgaruvchan parametrlariga moslashuvchi boshqaruv usullarini asoslashdan iborat. Tadqiqotda tizimli tahlil, taqqoslash, matematik modellashtirish elementlari, transport oqimlarini boshqarish nazariyasi va svetofor sikllarini tahlil qilish usullaridan foydalanildi. Svetoforlarning o‘zgarmas va o‘zgaruvchan boshqarish rejimlari, shuningdek, avtonom va muvofiqlashtirilgan boshqarish tizimlari tahlil qilindi. Natijalar svetofor boshqaruvini transport oqimining real vaqt parametrlariga moslashtirish, qo‘shni chorrahalar ishini muvofiqlashtirish va “yashil to‘lqin” rejimini qo‘llash transport oqimining uzluksizligini oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatdi. Tadqiqot asosida shahar ko‘chalarida adaptiv svetofor boshqaruvini joriy etish, transport detektorlari va raqamli boshqaruv vositalaridan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.*

Аннотация. *В статье исследованы вопросы организации и управления движением транспортных средств и пешеходов с использованием светофорного регулирования на улично-дорожной сети города. Основной целью исследования является анализ принципов светофорного регулирования, оценка влияния цикла, тактов и фаз светофора на движение транспортных потоков, а также обоснование адаптивных методов управления с учетом изменяющихся параметров транспортного потока. В исследовании использованы методы системного анализа, сравнения, элементы математического моделирования, теория управления транспортными потоками и анализ светофорных циклов. Рассмотрены фиксированный и переменный режимы управления, а также автономное и координированное регулирование. Результаты показывают, что адаптация светофорного регулирования к параметрам транспортного потока в реальном времени, координация соседних перекрестков и применение режима «зеленой волны» позволяют повысить непрерывность движения. Разработаны рекомендации по внедрению адаптивного управления светофорами, транспортных детекторов и цифровых средств управления на городских улицах.*

Abstract. *This article investigates the organization and management of vehicle and pedestrian traffic using traffic signal control on urban road networks. The main objective is to analyze the principles of traffic signal control, assess the influence of signal cycles, phases and intervals on traffic flow, and substantiate adaptive control methods considering changing traffic flow parameters. The study applies systematic analysis, comparison, elements of mathematical modeling, traffic flow control theory, and analysis of traffic signal cycles. Fixed-time and variable-time control modes, as well as isolated and coordinated signal control systems, are analyzed. The results indicate that adapting traffic signal control to real-time traffic flow parameters, coordi.nating adjacent intersections, and applying the green-wave principle can improve traffic continuity. Recommendations are proposed for implementing adaptive traffic signal control, traffic detectors and digital traffic management technologies on urban streets.*

Kalit so‘zlar: *yo‘l harakati, transport oqimi, svetofor, svetofor sikli, takt, faza, chorraha, adaptiv boshqaruv, muvofiqlashtirilgan boshqaruv, yashil to‘lqin, harakat xavfsizligi.*

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

Ключевые слова: *дорожное движение, транспортный поток, светофор, цикл светофора, такт, фаза, перекресток, адаптивное управление, координированное управление, зеленая волна, безопасность движения.*

Keywords: *road traffic, traffic flow, traffic signal, signal cycle, phase, interval, intersection, adaptive control, coordinated control, green wave, traffic safety.*

Kirish. Shaharlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishi bilan transport vositalaridan foydalanish darajasi ortib bormoqda. Transport vositalari sonining ko‘payishi natijasida ko‘cha-yo‘l tarmog‘ining ayrim uchastkalarida transport oqimlarining zichligi oshib, ayniqsa, chorrahalarda tirbandliklar, transport vositalarining ushlanib qolishi va harakat xavfsizligiga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi omillar yuzaga kelmoqda.

Chorraha transport oqimlarining o‘zaro kesishadigan eng murakkab elementlaridan biri hisoblanadi. Unda turli yo‘nalishlarda harakatlanayotgan transport vositalari, piyodalar va ayrim hollarda velosipedchilar o‘zaro kesishadi. Shu sababli chorrahalarda harakatni to‘g‘ri tashkil etish butun ko‘cha-yo‘l tarmog‘ining samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir.

Svetoforlar yo‘lning ma’lum uchastkalarida transport vositalari harakatini boshqaruvchi asosiy texnik vosita bo‘lib, ular transport va piyodalar oqimlarini vaqt bo‘yicha ajratish imkonini beradi. Yuklangan o‘quv materialida svetofor yo‘lning ma’lum uchastkalaridan transport vositalarining o‘tishini boshqaruvchi yorug‘lik signali beruvchi qurilma sifatida izohlangan [1,2].

Svetoforning samarali ishlashi faqat uning mavjudligi bilan emas, balki signal davomiyligining ilmiy asoslanganligi bilan ham belgilanadi. Yashil signalning juda qisqa bo‘lishi navbatlarning ortishiga, haddan tashqari uzoq bo‘lishi esa boshqa yo‘nalishlarda transport vositalarining ortiqcha kutishiga sabab bo‘lishi mumkin [3].

Shu nuqtai nazardan, svetofor siklining optimal davomiyligini aniqlash, transport oqimining real holatiga moslashuvchi boshqaruvni shakllantirish va qo‘shni chorrahalar bilan muvofiqlashtirilgan boshqaruvni joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy masala hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi. Tadqiqotning maqsadi – svetoforlar yordamida yo‘l harakatini tashkil etishning mavjud tamoyillarini tahlil qilish, svetofor sikli va fazalarini shakllantirishning transport oqimiga ta’sirini baholash hamda adaptiv va muvofiqlashtirilgan boshqaruv asosida harakat samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Shahar ko‘cha-yo‘l tarmog‘idagi svetofor bilan boshqariladigan chorrahalar hamda svetofor signallarining davomiyligi, sikl va fazalarining transport oqimining o‘tkazish qobiliyati, kutish vaqti va harakat xavfsizligiga ta’siri.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagi jihatlarda ifodalanadi:

1. Svetofor boshqaruvi transport oqimining o‘zgaruvchan parametrlariga moslashuvchi tizim sifatida tizimlashtirildi.
2. Svetofor sikli va fazalarini shakllantirishda transport oqimi intensivligini asosiy boshqaruv parametri sifatida hisobga olish taklif qilindi.
3. Alohida chorraha darajasidagi boshqaruvdan ko‘ra magistral ko‘chadagi ketma-ket chorrahalarni muvofiqlashtirish samaraliroq boshqaruv yo‘nalishi sifatida asoslandi.
4. “Yashil to‘lqin” rejimini transport oqimining real tezligi bilan bog‘lash zarurligi ko‘rsatildi.
5. Svetofor boshqaruvida transport detektorlaridan foydalanishga asoslangan adaptiv boshqaruv algoritmining konseptual tuzilmasi taklif qilindi.

Tadqiqot metodlari. Tadqiqotda yo‘l harakatini tashkil etish nazariyasi va transport oqimlarini boshqarish tamoyillariga asoslangan tizimli yondashuvdan foydalanildi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

1-bosqich. Svetofor boshqaruvining nazariy asoslarini o‘rganish.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

2-bosqich. Svetofor sikli, fazalari va taktlarining o‘zaro bog‘liqligini aniqlash.

3-bosqich. Transport oqimining intensivligi va svetofor rejimi o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish.

4-bosqich. O‘zgarmas va adaptiv boshqaruv rejimlarini taqqoslash.

5-bosqich. Avtonom va muvofiqlashtirilgan boshqaruv tizimlarining samaradorligini baholash.

6-bosqich. Olingan tahliliy natijalar asosida svetofor boshqaruvini takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Svetofor siklini aniqlash. Svetofor boshqaruvida sikl barcha fazalar davomiyligining yig‘indisi sifatida qaraladi:

$$T_s = \sum_{i=1}^{n} t_i \quad (1)$$

bu yerda: T_s – svetofor siklining umumiy davomiyligi, *s*;

t_i – tegishli takt yoki fazaning davomiyligi, *s;*

n – sikldagi taktlar soni.

Fazaning davomiyligi esa asosiy va yordamchi davrlarning yig‘indisi sifatida ifodalanadi:

$$t_f = t_a + t_y \quad (2)$$

bu yerda: t_f – faza davomiyligi;

t_a – asosiy takt;

t_y – yordamchi yoki oraliq takt.

Yuklangan materialda aynan takt, asosiy takt, yordamchi takt, faza va sikl tushunchalari svetofor obyektini hisoblashning asosiy elementlari sifatida keltirilgan.

Transport oqimi intensivligini baholash. Transport oqimining asosiy parametrlaridan biri harakat intensivligi bo‘lib, u ma’lum vaqt davomida chorrahaning kesimidan o‘tgan transport vositalari soni bilan aniqlanadi [4,5]:

$$q = \frac{N}{t} \quad (3)$$

bu yerda: q – transport oqimi intensivligi, avt/soat;

N – kuzatish davrida o‘tgan transport vositalari soni;

t – kuzatish vaqti, soat.

Transport oqimi intensivligining o‘zgarishi svetoforning yashil signaliga ajratiladigan vaqtni qayta ko‘rib chiqishni talab qiladi.

Tadqiqot natijalari. Tadqiq etilgan materialga ko‘ra, svetoforlar funksional belgilanishi bo‘yicha transport vositalari va piyodalar uchun mo‘ljallangan turlarga ajratiladi. Konstruktiv jihatdan esa bir seksiyali, ikki seksiyali, uch seksiyali va qo‘shimcha seksiyali svetoforlar mavjud.

Transport svetoforlarining turli konstruksiyalari harakat yo‘nalishlarini aniq ajratish imkonini beradi. Masalan, strelkali svetoforlar ma’lum yo‘nalish bo‘yicha harakatni boshqarishda qo‘llanadi.

Bu holat svetofor turini tanlash chorrahaning geometrik tuzilishi, harakat yo‘nalishlari va transport oqimlarining o‘zaro konfliktlariga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

Svetofor rejimining transport oqimiga ta’sirining tahlil natijalariga ko‘ra, svetoforning o‘zgarmas rejimi transport oqimi nisbatan barqaror bo‘lgan chorrahalarda qo‘llash uchun qulay. Biroq kun davomida transport oqimining intensivligi sezilarli o‘zgaradigan chorrahalarda qat’iy vaqtli boshqaruvning samaradorligi pasayadi.

Yuklangan materialda jami harakat miqdori 750–800 avt/soat atrofida bo‘lgan holatlarda o‘zgarmas rejimdan foydalanish maqsadga muvofiqligi, 400–750 avt/soat oralig‘ida ayrim boshqa

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

boshqaruv variantlari tavsiya etilishi va 400 avt/soatdan past intensivlikda svetofor orqali boshqarish maqsadga muvofiq emasligi ko‘rsatilgan.

Adaptiv svetofor boshqaruvining afzalligi. O‘zgaruvchan boshqaruv rejimi transport oqimining real holatiga moslashish imkonini beradi. Agar ma’lum yo‘nalishda transport vositalari oqimi zichlashsa, yashil signal davomiyligi oshirilishi mumkin. Aksincha, oqim kamayganida yashil signalning ortiqcha davom etishiga yo‘l qo‘yilmaydi.

Bunda detektorlar muhim ahamiyatga ega. Manbada chorrahaga yaqinlashayotgan transport vositalari haqidagi axborot stop-chizig‘idan 20–40 m masofada joylashtirilgan detektorlar yordamida olinishi ko‘rsatilgan.

Bunda, svetofor boshqaruvining samaradorligi:

$$E = f(q, v, L, T_s, t_z) \tag{4}$$

ko‘rinishida umumlashtirilishi mumkin.

Bu yerda: q – transport oqimi intensivligi;

v – transport vositalarining tezligi;

L – navbat uzunligi;

T_s – svetofor sikli;

t_z – yashil signal davomiyligi.

Mazkur bog‘liqlik adaptiv boshqaruvda bir nechta parametrni bir vaqtning o‘zida hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Avtonom va muvofiqlashtirilgan boshqaruv natijalari. Avtonom boshqaruvda chorraha o‘ziga xos transport sharoitidan kelib chiqib mustaqil boshqariladi. Muvofiqlashtirilgan boshqaruvda esa bir nechta chorrahalar yagona tizim sifatida qaraladi. Manbada chorrahalar orasidagi masofa 150–600 m bo‘lgan holatlarda muvofiqlashtirilgan boshqaruvni qo‘llash tavsiya etilgan (Jadval).

Jadval

Muvofiqlashtirilgan boshqaruvning afzalliklari quyidagicha umumlashtirildi:

Ko‘rsatkich	**Avtonom boshqaruv**	**Muvofiqlashtirilgan boshqaruv**
Chorraha mustaqilligi	Yuqori	Pastroq
Qo‘shni chorrahalar ta’siri	Hisobga olinmaydi	Hisobga olinadi
Transport oqimining uzluksizligi	Cheklangan	Yuqori
Yashil to‘lqin imkoniyati	Mavjud emas	Mavjud
Kutish vaqtini kamaytirish	Cheklangan	Yuqori imkoniyat
Magistral ko‘chalarda samaradorlik	O‘rtacha	Yuqori

Bunda muvofiqlashtirilgan boshqarish natijasida o‘tkazish qobiliyati va harakat tezligi oshishi, yonilg‘i sarfi, atmosfera ifloslanishi, transport shovqini va YTH kamayishi mumkinligi qayd etilgan.

“Yashil to‘lqin” rejimining tahlili. Muvofiqlashtirilgan boshqaruvning eng samarali shakllaridan biri “yashil to‘lqin” rejimidir. Bunda ketma-ket joylashgan chorrahalardagi svetoforlarning yashil signallari transport vositalarining belgilangan tezlikda harakatlanishiga mos ravishda tashkil etiladi.

Transport vositasi birinchi chorrahadan:

$$v = \frac{L}{t} \tag{5}$$

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

tezlik bilan harakat qilsa, keyingi chorrahadagi yashil signal shu transport vositasining yetib kelish vaqtiga moslashtiriladi.

Bu yerda: L – ikki chorraha orasidagi masofa;

t – transport vositasining ushbu masofani bosib o‘tish vaqti.

Natijada transport vositalarining ketma-ket chorrahalarda to‘xtashi kamayadi.

Manbada progressiv muvofiqlashtirilgan tizimda svetofor signallari chorrahalar, harakat tezligi va transport miqdoriga qarab vaqt bo‘yicha siljitilishi, bunday boshqaruv “yashil to‘lqin” rejimi sifatida qaralishi ko‘rsatilgan [6,7,8].

Muhokama. Olingan natijalar svetofor boshqaruvining samaradorligi faqat svetofor turini tanlash bilan emas, balki uning ishlash algoritmini to‘g‘ri shakllantirish bilan ham belgilanadi.

An’anaviy qat’iy vaqtli boshqaruvda barcha transport oqimlariga bir xil yoki oldindan belgilangan vaqt ajratiladi. Bu usul transport oqimlari barqaror bo‘lgan holatlarda yetarli bo‘lishi mumkin. Ammo shahar transport tizimlarida oqim intensivligi vaqt va makon bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli adaptiv boshqaruvning afzalligi ortib bormoqda.

Tadqiqot natijalari asosida svetofor boshqaruvini uch darajada takomillashtirish mumkin:

Birinchi daraja – chorraha darajasidagi boshqaruv. Bunda bitta chorrahadagi transport oqimlari kuzatiladi va yashil signal davomiyligi real transport talabiga moslashtiriladi.

Ikkinchi daraja – ko‘cha darajasidagi muvofiqlashtirish. Bunda ketma-ket joylashgan bir nechta chorrahalarning svetoforlari o‘zaro bog‘lanadi. Asosiy maqsad transport vositalarining to‘xtashlar sonini kamaytirishdan iborat.

Uchinchi daraja – shahar transport boshqaruvi. Bunda chorrahalar yagona raqamli transport boshqaruv tizimiga ulanadi. Transport oqimi haqidagi ma’lumotlar markaziy serverga uzatiladi va svetoforlar boshqaruv algoritmi orqali avtomatik ravishda qayta sozlanadi.

Xulosa. Tadqiqot natijasida svetoforlar yordamida yo‘l harakatini tashkil etish va boshqarish samaradorligi transport oqimining xususiyatlari, svetofor sikli, fazalar davomiyligi va chorrahalarning o‘zaro muvofiqlashuv darajasiga bevosita bog‘liqligi aniqlandi.

Svetoforning takt, faza va sikl parametrlari chorrahaning o‘tkazish qobiliyatini shakllantiruvchi asosiy omillar hisoblanadi. Shu sababli svetofor siklini tanlashda transport oqimi intensivligi bilan bir qatorda piyodalar oqimi, chorrahaning geometrik parametrlari va konfliktli yo‘nalishlar ham hisobga olinishi lozim.

O‘zgarmas svetofor rejimi transport oqimi barqaror bo‘lgan sharoitlarda qo‘llanishi mumkin. Biroq transport oqimi vaqt bo‘yicha sezilarli o‘zgaradigan shaharlarda o‘zgaruvchan va adaptiv boshqaruv tizimlaridan foydalanish maqsadga muvofiq.

Avtonom boshqaruv bitta chorraha uchun yetarli bo‘lishi mumkin, ammo ketma-ket joylashgan chorrahalarda muvofiqlashtirilgan boshqaruv yuqori samaradorlikka ega. Ayniqsa, “yashil to‘lqin” rejimini joriy etish transport vositalarining chorrahalarda to‘xtab qolishini kamaytirish va harakatning uzluksizligini oshirish imkonini beradi.

Adabiyotlar

1. Azizov Q.X. Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2009. – 244 b.

2. Azizov Q.X. Shahar yo‘llarida harakat xavfsizligini tashkil etish. Darslik. – Toshkent: “Transport” nashriyoti, 2021. – 226 b.

3. Baynazarov X.R., Xolmatov U.S. Yo‘l harakatini boshqarishning texnik vositalari. Darslik. – Andijon: Omadbek print number one MChJ, 2025. – 259 b

4. Xolmatov U.S. Yo‘l harakati qoidalari va harakat xavfsizligi asoslari. Darslik. – Andijon: Omadbek print number one MChJ, 2025. – 419 b.

5. U.X.Mamirov Jamoat transportida tashishni tashkil etish va boshqarish darslik. Namangan: “Fazilat orgtex servis”, 2024. - 384-bet.

DOI: 10.65322/j.srd.04182026.02

6. O‘z DSt 3485:2022 Yo‘l svetoforlari. Turlari va asosiy parametrlari. Umumiy texnik talablar. Sinov usullari.

7. U.X.Mamirov, M.X.Imomov,. Chorrahada transport oqimini optimallashtirishning nazariy hisob-kitoblari va mikrosimulyatsiya orqali samaradorligini baholash (Namangan shahri misolida). “Ishlab chiqarish va sanoatda transport tizimlarining innovatsion istiqbollari: FarDTU Avtomatlashtirish, raqamli transformasiya va ekologik samaradorlik” Respublika miqyosidagi ilmiy va ilmiy – texnikaviy anjumani, 2026-yil, 27-28 mart.

8. M.X.Imomov, A.A.Boydavlatov,. Namangan shahri I.Karimov va va G‘alaba ko‘chalari kesishgan chorrahaning transport harakatini optimallashtirishning nazariy va amaliy asoslari. “Ishlab chiqarish va sanoatda transport tizimlarining innovatsion istiqbollari: FarDTU Avtomatlashtirish, raqamli transformasiya va ekologik samaradorlik” Respublika miqyosidagi ilmiy va ilmiy – texnikaviy anjumani, 2026-yil, 27-28 mart.