SHAHAR CHORRAHALARIDA SVETOFOR BOSHQARUVINI OPTIMALLASHTIRISH ORQALI TRANSPORT OQIMI O‘TKAZUVCHANLIGINI OSHIRISH

Safarov Sardor Shokir o‘g‘li
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti, Yo‘l harakatini tashkil etish yo‘nalishi talabasi
https://doi.org/10.5281/zenodo.23729595

Annotatsiya. Maqolada shahar chorrahalarida svetofor sikli parametrlarini hisoblash masalasi ko‘rib chiqilgan. Websterning optimal sikl formulasi asosida ikki fazali chorraha uchun sikl davomiyligi, yashil signal vaqtlarini taqsimlash va o‘rtacha kechikish baholangan, transport oqimi ortganda siklning o‘zgarishi tahlil qilingan. Hisob namunaviy boshlang‘ich ma’lumotlar bilan bajarilgan va amaliyotda dala kuzatuvi natijalari bilan almashtirilishi kerak. Maqola chorrahalarda tirbandlikni kamaytirish choralarini tanlash uchun uslubiy asos bo‘lishi mumkin.
Kalit so‘zlar: yo‘l harakatini tashkil etish, chorraha, svetofor sikli, to‘yinish oqimi, kechikish, Webster formulasi, o‘tkazuvchanlik.

Abstract. The article considers the calculation of traffic signal cycle parameters at urban intersections. Using Webster’s optimal cycle formula, the cycle length, green time split and average delay are estimated for a two-phase intersection, and the change of the cycle under growing traffic flow is analysed. The calculation uses illustrative input data, which should be replaced with field survey results in practice.
Keywords: traffic management, intersection, signal cycle, saturation flow, delay, Webster’s formula, capacity.

Kirish. Shaharlar kengayib, avtomobillar soni oshgani sari tirbandlik jiddiy muammoga aylanmoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotiga ko‘ra, yo‘l-transport hodisalarida yiliga taxminan 1,19 million kishi halok bo‘ladi [1]. Chorrahalar yo‘l tarmog‘ining eng zaif nuqtalari hisoblanadi: bu yerda harakat oqimlari kesishadi, shuning uchun o‘tkazuvchanlik ham, xavfsizlik ham shu yerda belgilanadi [2]. Chorrahani tashkil etishning eng keng tarqalgan usuli svetoforli boshqaruvdir. Svetofor sikli noto‘g‘ri hisoblansa, haydovchilar ortiqcha kutadi, yoqilg‘i sarfi va zararli chiqindilar ortadi, navbatlar esa qo‘shni chorrahalargacha cho‘zilib, tarmoq bo‘ylab tirbandlik tarqaladi.

Svetoforli boshqaruvni hisoblash bo‘yicha asosiy ishlar XX asrning o‘rtalarida shakllangan. Webster tomonidan taklif etilgan usul minimal o‘rtacha kechikishga mos sikl davomiyligini topishga asoslanadi va hozirgacha o‘quv hamda dastlabki loyihalash hisoblarida keng qo‘llanadi [5]. Zamonaviy me’yoriy hujjatlarda esa o‘tkazuvchanlik va xizmat ko‘rsatish darajasi bo‘yicha batafsilroq baholash usullari berilgan [4]. Rus tilidagi darsliklarda chorrahani fazalarga bo‘lish va svetofor rejimini hisoblash alohida bayon etilgan [3, 6]. Maqolaning maqsadi: svetofor siklini hisoblash tartibini ko‘rsatish, o‘rtacha kechikishni baholash va oqim o‘sishining sikl davomiyligiga ta’sirini sodda misolda tahlil qilish.

Tadqiqot usullari. Tadqiqotda yo‘l harakatini tashkil etish nazariyasidagi standart yondashuvlar qo‘llanildi [3, 4]. Chorraha oqimlari to‘yinish oqimi (s, avt/soat) va haqiqiy oqim (q, avt/soat) nisbati bilan baholanadi. To‘yinish oqimi — yashil signal doimiy yoqilgan va navbat to‘xtovsiz harakatlanayotganda yo‘l bir soatda o‘tkaza oladigan avtomobillar soni. Har bir faza uchun tanqidiy oqim nisbati hisoblanadi:

$y = q / s$.

Chorrahaning umumiy yuklama koeffitsienti Y barcha fazalar y qiymatlarining yig‘indisiga teng. Sikldagi yo‘qotilgan vaqt L har bir fazada boshlang‘ich yo‘qotish va fazalararo (sariq va hammasi qizil) intervallardan hosil bo‘ladi; amaliyotda u har faza uchun bir necha sekund bo‘ladi. Optimal sikl davomiyligi Webster formulasi bilan topiladi [5]:

$C_0 = (1{,}5 \cdot L + 5) / (1 - Y)$,

bunda L — sikldagi yo‘qotilgan vaqt (s), Y — umumiy yuklama koeffitsienti. Yashil signalning samarali vaqti fazalar o‘rtasida y nisbatiga proporsional taqsimlanadi:

$g_i = (C_0 - L) \cdot y_i / Y$.

Har bir faza uchun yashil vaqt ulushi $\lambda = g / C_0$, o‘tkazuvchanlik $c = s \cdot \lambda$ va to‘yinish darajasi $x = q / c$ hisoblanadi. Bir tekis kelish sharoitida o‘rtacha kechikish quyidagi ifoda bilan baholanadi [5]:

$d = 0{,}5 \cdot C_0 \cdot (1 - \lambda)^2 / (1 - \lambda \cdot x)$.

Bu ifoda faqat bir tekis kelish tarkibiy qismini beradi; tasodifiy kelish va to‘yinish darajasi yuqori bo‘lgandagi qo‘shimcha kechikishlar hisobga olinmagan, shuning uchun u dastlabki baholash uchun mos.

Natijalar va muhokama. Ikki fazali chorraha uchun shartli boshlang‘ich ma’lumotlar olindi: to‘yinish oqimi s = 1800 avt/soat (har faza uchun), yo‘qotilgan vaqt L = 10 s. 1-jadvalda sikl va yashil vaqtlar hisobi keltirilgan.

1-jadval. Ikki fazali chorraha uchun hisob natijalari (namunaviy ma’lumotlar)

Faza	Oqim q, avt/soat	y = q/s	Samarali yashil g, s
1	600	0,333	21,7
2	450	0,250	16,3
Jami	–	Y = 0,583	38,0

Hisob: $C_0 = (1{,}5 \cdot 10 + 5) / (1 - 0{,}583) \approx 48$ s. Samarali yashil vaqtning umumiy qismi $C_0 - L = 38$ s bo‘lib, u fazalar orasida 21,7 va 16,3 s ga taqsimlandi. Y qiymati 0,583 bo‘lgani uchun chorraha ortiqcha yuklanmagan. Natijani tekshirish uchun yashil vaqt piyodalar o‘tishi uchun yetarli ekanini ham ko‘rish kerak: kengligi 12 m bo‘lgan yo‘lni taxminan 1,2 m/s tezlik bilan yuradigan piyoda 10 s da kesib o‘tadi, ya’ni ikkala fazaning yashil vaqti buning uchun yetadi.

2-jadvalda yashil vaqtlar bo‘yicha o‘tkazuvchanlik, to‘yinish darajasi va o‘rtacha kechikish keltirilgan. Ikkala fazada $x \approx 0{,}74$ bo‘ldi: Webster usulida yashil vaqt y ga proporsional taqsimlanganligi sababli to‘yinish darajasi fazalar bo‘yicha tenglashadi. Oqim bo‘yicha o‘rtacha tortilgan kechikish taxminan 12,2 s ni tashkil etdi.

2-jadval. O‘tkazuvchanlik va kechikish baholari (namunaviy ma’lumotlar)

Faza	$\lambda = g/C_0$	c, avt/soat	x = q/c	d, s
1	0,452	814	0,74	10,8
2	0,339	611	0,74	14,0
O‘rtacha	–	–	–	12,2

Endi oqim ortishining ta’sirini ko‘ramiz. Har ikkala faza oqimi bir xil koeffitsientga ko‘paytirilganda Y va C_0 qanday o‘zgarishi 3-jadvalda ko‘rsatilgan.

3-jadval. Oqim ortganda umumiy yuklama va sikl davomiyligi (namunaviy hisob)

Oqim o‘sishi	Y	Optimal sikl C_0, s
Bazaviy (×1,0)	0,583	48
+10 % (×1,1)	0,642	56
+20 % (×1,2)	0,700	67
+30 % (×1,3)	0,758	83
+40 % (×1,4)	0,817	109

3-jadvaldan ko‘rinadiki, oqim 40 % ortganda Y 0,817 ga yetadi va optimal sikl 48 s dan 109 s gacha, ya’ni 2 baravardan ko‘proq uzayadi. Bu bog‘liqlik chiziqsiz: Y birga yaqinlashgan sari $(1 - Y)$ maxraji kichrayib, sikl keskin o‘sadi. Amaliy xulosa shuki, $Y \approx 0{,}8–0{,}9$ dan oshgan chorrahada faqat svetofor rejimini sozlash yetarli emas; burilish yo‘laklarini qo‘shish, harakat yo‘laklari sonini oshirish, chapga burilishni alohida fazaga ajratish yoki aylanma harakat kabi infratuzilma choralari talab etiladi. Oqim ko‘lami va tarkibi (yengil, yuk avtomobili, jamoat transporti ulushi) to‘yinish oqimiga ta’sir qilishi sababli, hisobda har faza uchun s qiymatini o‘lchash yoki me’yoriy tuzatish koeffitsientlari bilan aniqlashtirish zarur [4].

Yuqoridagi son qiymatlar o‘quv maqsadidagi misol; haqiqiy chorrahada ular transport oqimini sanash (kamida 15 daqiqalik intervallarda, tig‘iz soatlarda), to‘yinish oqimini o‘lchash va yo‘qotilgan vaqtni kuzatish orqali aniqlanadi. Natijada olingan rejimni keyin dala sharoitida kechikish va navbat uzunligi bo‘yicha tekshirib, zarur bo‘lsa, yashil vaqtlarni 1–2 s qadam bilan sozlash tavsiya etiladi.

Xulosa. Websterning formulasi chorraha siklini tez va yetarlicha aniq baholash imkonini beradi. Namunaviy misolda ikki fazali chorraha uchun optimal sikl 48 s, yashil vaqtlar 21,7 va 16,3 s, o‘rtacha kechikish taxminan 12 s bo‘ldi. Oqim 40 % ortganda sikl 109 s gacha uzaygani yuklama koeffitsienti birga yaqinlashganda svetofor rejimini sozlash imkoniyati cheklanishini ko‘rsatadi. Uslubni qo‘llash uchun asosiy shart — ishonchli dala ma’lumotlari: oqim, to‘yinish oqimi va yo‘qotilgan vaqt. Keyingi tadqiqotlarda sikl hisobini tasodifiy kelish kechikishi va navbat uzunligi bilan to‘ldirish, mahalliy sharoitda to‘yinish oqimini o‘lchash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. World Health Organization. Global status report on road safety 2023. – Geneva: WHO, 2023.
2. Elvik R., Vaa T., Hoye A., Sorensen M. (eds.). The Handbook of Road Safety Measures. 2nd ed. – Bingley: Emerald, 2009.
3. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 2001.

4. Highway Capacity Manual. 6th ed. – Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2016.
5. Webster F.V. Traffic signal settings. Road Research Technical Paper No. 39. – London: HMSO, 1958.
6. Кременец Ю.А., Печерский М.П., Афанасьев М.Б. Технические средства организации дорожного движения. – М.: Академкнига, 2005.