
**AQLLI, V2X-GA ASOSLANGAN TRAFIKNI BOSHQARISH
PROTOKOLLARI, SXEMALARI, ALGORITMLARI VA YECHIMLARI.**

Djurayev Sherzod Sobirjonovich

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Namangan, O'zbekiston

Madaliyev Xushnid Baxromjon o'g'li

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Namangan, O'zbekiston

Fayzullayev Dedaxuja Zokirjon o'g'li

Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Namangan, O'zbekiston

Annotatsiya: Ushbu maqolada V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyasiga asoslangan zamonaviy transport tizimlari uchun tirbandlikni boshqarish protokollari, sxemalari va algoritmlari ko'rib chiqilgan. V2X texnologiyasining turli jihatlari, xususan, V2V (Vehicle-to-Vehicle), V2I (Vehicle-to-Infrastructure), va V2P (Vehicle-to-Pedestrian) aloqa tizimlari orqali transport vositalari o'rtasida ma'lumot almashish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Ushbu maqolada tirbandliklarni kamaytirish va harakatlanishni optimallashtirish uchun yangi matematik modellar va algoritmlar ishlab chiqilgan. Model va algoritmlar real vaqt rejimida harakatni boshqarish imkoniyatlarini yaxshilash maqsadida moslashtirilgan. Xavfsizlik, maxfiylik, va samaradorlikka alohida e'tibor qaratilgan. Tadqiqot natijalari zamonaviy transport tizimlarini rivojlantirish va ularning samaradorligini oshirishda qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: V2X, tirbandlik boshqaruvi, transport tizimlari, algoritmlar, DSRC, C-V2X, xavfsizlik, real vaqt boshqaruvi.

Kirish: Zamonaviy shahar transport tizimlarida xavfsizlikni oshirish va tirbandliklarni kamaytirish bugungi kunda eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyasi ushbu masalalarni hal etishda katta potensialga ega bo'lib, transport vositalarini bir-biri bilan va yo'l infratuzilmasi bilan ulash orqali samarali harakatlanishni ta'minlaydi. V2X texnologiyasi transport vositalarining bir-biriga, infratuzilmaga, piyodalarga va tarmoqlarga bog'lanishiga imkon beradi, bu esa yo'l harakati xavfsizligini oshirish, yoqilg'i sarfini kamaytirish va tirbandliklarni optimallashtirish imkonini beradi. Biroq, ushbu texnologiyalarning keng joriy qilinishi bilan bog'liq xavfsizlik, maxfiylik, va infratuzilmani modernizatsiya qilish kabi bir qator muammolar mavjud. Ushbu maqolada V2X texnologiyasi asosida tirbandliklarni boshqarishning mavjud protokollari va algoritmlarini tahlil qilish, ularning kamchiliklarini aniqlash va ushbu muammolarni

bartaraf etish uchun yangi algoritmlar va matematik modellar ishlab chiqish maqsad qilingan.

V2X (Vehicle-to-Everything) texnologiyasi avtotransport vositalarini bir-biriga va infratuzilmaga ulash orqali xavfsiz va samarali harakatlanishni ta'minlashni maqsad qilgan ilg'or aloqa texnologiyasidir. Bu texnologiya turli maqsadlar uchun ishlab chiqilgan bir nechta aloqa turini o'z ichiga oladi:

V2V (Vehicle-to-Vehicle)

V2V aloqa transport vositalari orasida to'g'ridan-to'g'ri ma'lumot almashishni anglatadi. Bu turdagi aloqa yordamida transport vositalari o'zlari haqidagi ma'lumotlarni (masalan, tezlik, yo'nalish, tormozlanish holati) boshqalariga yuboradi. V2V texnologiyasi avtohalokatlarning oldini olish, xavfsizlikni oshirish va tirbandliklarni kamaytirishga yordam beradi. Masalan, bir transport vositasi to'satdan to'xtagudek bo'lsa, bu haqda yaqin atrofdagi boshqa avtomobillarni tezda ogohlantirishi mumkin.

V2I (Vehicle-to-Infrastructure)

V2I aloqa transport vositalari va yo'l infratuzilmasi (masalan, svetoforlar, yo'l belgilari, ko'priklar) o'rtasida ma'lumot almashishni anglatadi. Bu aloqa turi svetoforlarning harakatni boshqarish imkoniyatini optimallashtirish, tirbandliklarni oldini olish, yo'l ishlari yoki avariylar haqida ogohlantirish orqali transport oqimini yaxshilash uchun ishlatiladi. Masalan, svetoforlar real vaqt rejimida transport oqimi haqidagi ma'lumotlar asosida avtomatik ravishda ishlash vaqtini o'zgartirishi mumkin.

V2P (Vehicle-to-Pedestrian)

V2P aloqa transport vositalari va piyodalar o'rtasida ma'lumot almashishni ta'minlaydi. Ushbu texnologiya orqali avtomobillar piyodalarning yo'lda harakatlanayotgani haqida ogohlantirilishi mumkin, bu esa xavfsizlikni sezilarli darajada oshiradi. Piyodalar maxsus ilovalar yoki qurilmalar orqali yaqinlashayotgan transport vositalariga signal yuborishi mumkin, bu esa haydovchilarga xavf-xatarlarni oldindan ko'rishga yordam beradi.

V2N (Vehicle-to-Network)

V2N aloqa transport vositalarini mobil tarmoq orqali markaziy boshqaruv tizimlari bilan ulaydi. Bu aloqa turi keng qamrovli transport boshqaruvi, ma'lumot yig'ish, yo'l harakati monitoringi va boshqa xizmatlar uchun ishlatiladi. Masalan, transport vositalari yo'l sharoitlari yoki ob-havo holati haqidagi ma'lumotlarni markaziy serverga yuborishi va boshqa avtomobillar uchun mos ravishda yangilangan ma'lumotlarni olishlari mumkin.

V2C (Vehicle-to-Cloud)

V2C aloqa transport vositalari va bulutli xizmatlar o'rtasida ma'lumot almashishni anglatadi. Bulutli xizmatlar orqali transport vositalari real vaqt rejimida yo'l sharoitlari, navigatsiya, yangiliklar va boshqa muhim ma'lumotlarni olishlari mumkin.

Shuningdek, bu aloqa vositasi yordamida katta hajmdagi ma'lumotlar bulutga uzatiladi va keyinchalik tahlil qilinadi.

V2X texnologiyasining afzalliklari

- **Xavfsizlikni oshirish:** Transport vositalari va infratuzilmalar orasidagi real vaqtli aloqa orqali avtohalokatlar va boshqa xavf-xatarlarni oldini olish imkoniyati oshadi.

- **Transport oqimini optimallashtirish:** V2X texnologiyasi yordamida tirbandliklarni kamaytirish, yo'l infratuzilmasini samarali boshqarish, va transport oqimini yaxshilash mumkin.

- **Yo'lovchi tajribasini yaxshilash:** Piyodalar va boshqa yo'lovchilarning xavfsizligi va qulayligini ta'minlash imkoniyatlari kengayadi.

- **Ekologik samaradorlik:** Tirbandliklarni kamaytirish va transport vositalarining optimal harakatlanishini ta'minlash orqali yoqilg'i sarfini va uglerod chiqindilarini kamaytirish mumkin.

V2X texnologiyasining kamchiliklari va muammolari

- **Xavfsizlik va maxfiylik:** Ma'lumotlarning to'planishi va tarqalishi natijasida xavfsizlik va maxfiylik muammolari yuzaga kelishi mumkin.

- **Moslashuvchanlik va standartlar:** Turli texnologiyalar o'rtasidagi moslashuvchanlik va xalqaro standartlarning yo'qligi tizimlarning keng tarqalishini qiyinlashtirishi mumkin.

- **Investitsiya va texnologik infratuzilma:** V2X texnologiyasini keng joriy qilish uchun katta miqdorda investitsiya va infratuzilmani modernizatsiya qilish talab etiladi.

V2X protokollari va ularning ishlashiga asoslangan matematik modellar transport vositalari o'rtasidagi aloqa, xabarlarining tarqalishi, kechikish va ishonchlilik kabi omillarni o'rganish uchun qo'llaniladi. Quyida ushbu protokollar uchun asosiy matematik modellar keltirilgan:

DSRC (Dedicated Short Range Communications) Matematik Modeli

DSRC tarmog'i qisqa masofalarda, yuqori tezlikda ishlashga mo'ljallangan, asosan V2V aloqa uchun ishlatiladigan simsiz aloqa texnologiyasidir.

Xabarlarini tarqatish ehtimoli modeli:

$$P_d = 1 - (1 - P)^{n-1}$$

Bu yerda,

P_d — xabarni muvaffaqiyatli tarqatish ehtimoli;

p — har bir transport vositasi orasidagi xabar almashish ehtimoli;

n — tarmoqdagi transport vositalari soni.

Ushbu model DSRC tarmog'idagi xabar tarqalish ehtimolini ifodalaydi.

DSRC uchun kechikish modeli:

$$D_{DSRC} = \frac{L}{R} + T_{proc} + T_{quene}$$

Bu yerda:

- D_{DSRC} — DSRC tarmog'idagi umumiy kechikish;
- L — xabar uzunligi (bitda);
- R — DSRC tarmog'ining ma'lumot uzatish tezligi (bps);
- T_{proc} — xabarni qayta ishlash vaqti;
- T_{queue} — tarmoqda xabarlarni kutish vaqti.

C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) Matematik Modeli

C-V2X texnologiyasi mobil tarmoqlar orqali V2V, V2I va V2N aloqalarini amalga oshiradi.

Xabar almashish ehtimoli modeli:

$$P_{C-V2X} = \frac{L}{R_{C-V2X}} + T_{cell} + T_{handover} + T_{quene}$$

Bu yerda:

- D_{C-V2X} — C-V2X tarmog'idagi umumiy kechikish;
- R_{C-V2X} tarmog'ining ma'lumot uzatish tezligi;
- T_{cell} — mobil tarmoq orqali ma'lumot uzatish vaqti;
- $T_{handover}$ — uzatish vaqtida mobil tarmoqlar orasidagi qo'lga olish vaqti;
- T_{queue} — tarmoqda xabarlarni kutish vaqti.

Xavfsizlik va Maxfiylik Matematik Modeli

V2X texnologiyasidagi xavfsizlik va maxfiylikni ta'minlash uchun ma'lumotlar almashinuvi va autentifikatsiya jarayonlarini modellashtirish zarur.

Kriptografik autentifikatsiya modeli:

$$T_{auth} = \frac{1}{R_{auth}} \cdot \left(\sum_{n=1}^n E_{authi} + D_{authi} \right)$$

Bu yerda,

- T_{auth} — umumiy autentifikatsiya vaqti;
- R_{auth} — autentifikatsiya jarayonining tezligi;
- E_{authi} — i-chi autentifikatsiya jarayonining kodlash vaqti;
- D_{authi} — i-chi autentifikatsiya jarayonining dekodlash vaqti.

Tirbandlik va Harakatni Boshqarish Matematik Modeli

Little teoremasi navbat nazariyasida asosiy hisoblanadi va transport tizimlarida o'rtacha sonli transport vositalarining kirish, tizimda qolish va chiqishlarini ifodalaydi:

$$L = \lambda \cdot W$$

Bu yerda:

- L — tizimdagi o'rtacha transport vositalari soni.
- λ — tizimga kirayotgan transport vositalarining o'rtacha kirish tezligi (yani, vaqt birligidagi kirishlar soni).
- W — tizimda transport vositasining o'rtacha qolish vaqti.

Ushbu teoremadan foydalanib, tizimdagi transport vositalarining sonini hisoblash mumkin. Tirbandlik modeli uchun bu o'rtacha son tizimda bir vaqtning o'zida qancha transport vositasi mavjudligini ifodalaydi.

Suyuqlik dinamikasi tirbandlikning boshqa muhim aspektlarini tushuntiradi, masalan, transport vositalarining zichligi va oqim tezligini.

Uzluksizlik tenglamasi transport vositalarining kirish, chiqish va zichligini ifodalaydi:

$$\frac{d\rho}{dt} + \nabla(\rho \cdot \mathbf{u}) = 0$$

Bu tenglama transport vositalarining zichligi $\rho(\mathbf{t})$ va harakatlanish tezligi $\mathbf{u}(\mathbf{t})$ orasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi. Biz ushbu tenglamani vaqt bo'yicha va yo'l bo'ylab integral qilib, transport vositalarining kirish va chiqish hisobiga o'zgarishini aniqlashimiz mumkin.

Transport oqimi $q(\mathbf{t})$ zichlik $\rho(\mathbf{t})$ va tezlik $\mathbf{u}(\mathbf{t})$ bilan bog'liq:

$$q(\mathbf{t}) = \rho(\mathbf{t}) + \mathbf{u}(\mathbf{t})$$

bu yerda:

- $q(\mathbf{t})$ — t vaqtida yo'l bo'ylab o'tayotgan transport vositalarining oqimi (vosita/soat).
- $\rho(\mathbf{t})$ — t vaqtida yo'l bo'ylab tarqalgan transport vositalarining zichligi (vosita/km).
- $\mathbf{u}(\mathbf{t})$ — t vaqtida transport vositalarining harakat tezligi (km/soat).

Endi yuqoridagi tenglamalar asosida tirbandlik modelini keltirib chiqamiz.

Tirbandlikdagi transport vositalari sonini ifodalaydigan model quyidagicha keltiriladi:

$$N(t) = \lambda \cdot t - \mu \int_0^t q(\tau) d\tau$$

Bu yerda:

- $N(t)$ — t vaqtida tirbandlikdagi transport vositalari soni;
- λ — tirbandlikni keltirib chiqaradigan transport vositalari kirish intensivligi (vosita/soniya);
- μ — transport vositalarining tirbandlikdan chiqish intensivligi (vosita/soniya);

- $q(\tau)$ — t vaqtidagi transport oqimi.

Bu tenglama ikki asosiy qismdan iborat:

Bu qism Little teoremasiga asoslanadi. Bu yerda $\lambda \cdot t$ — t vaqtida yo'l tizimiga kirgan transport vositalarining umumiy sonini ifodalaydi.

$(\mu \int_0^t q(\tau) d\tau)$ - Bu qism suyuqlik dinamikasi va transport oqimi tenglamasiga asoslanadi. Bu qism tirbandlikdan chiqayotgan transport vositalarining sonini ifodalaydi. Integral suyuqlik dinamikasidagi uzluksizlik tenglamasining vaqt bo'yicha integralidan keltirilgan bo'lib, transport oqimining vaqt davomida qancha o'zgarishini ko'rsatadi.

Harakatni boshqarish modeli:

$$C_{signal} = \frac{Q}{R_{signal}} T_{green}$$

Bu yerda:

- C_{signal} — svetofor signalida o'tadigan transport vositalari soni;
- Q — yo'lning o'tkazish qobiliyati (vosita/sekundda);
- R_{signal} — svetoforning yashil signali davomiyligi (sekundda);
- T_{green} — svetoforning yashil signali davomiyligi.

Bu matematik modellar V2X texnologiyasining turli jihatlarini tahlil qilish va samaradorligini oshirish uchun ishlatiladi. Ushbu modellar asosida V2X tizimlarining samaradorligini optimallashtirish uchun yangi algoritmlar ishlab chiqish mumkin.

Agar transport vositalarining soni n dan m gacha o'zgarsa, bu holat transport vositalarining kirish yoki chiqish intensivligiga bog'liq bo'ladi. Transport vositalarining kirish intensivligi (λ) yoki chiqish intensivligi (μ) vaqt bo'yicha o'zgaruvchi bo'lishi mumkin.

Agar kirish intensivligi n dan m gacha o'zgarsa, kirish qismi quyidagicha bo'ladi:

$$\lambda(t) = \frac{n + (m - n) \frac{t}{T}}{T}$$

Bu yerda:

- $\lambda(t)$ — t vaqtida kirish intensivligi;
- n — boshlang'ich intensivlik (avtomobil/sekund);
- m — yakuniy intensivlik (avtomobil/sekund);
- T — vaqt oralig'i, bu vaqt davomida intensivlik n dan m gacha o'zgaradi. Chiqish intensivligi ($\mu(t)$) ham xuddi shu tarzda o'zgarishi mumkin:

$$\mu(t) = \frac{n + (m - n) \frac{t}{T}}{T}$$

Bu yerda $\mu(t)$ t vaqtida chiqish intensivligini ifodalaydi.

Transport vositalarining kirish va chiqish intensivliklari o'zgaruvchi bo'lgan holatda yangilangan tirbandlik modeli quyidagicha bo'ladi:

$$N(t) = \int_0^t \lambda(\tau) d\tau - \int_0^t \mu(\tau) \cdot q(\tau) d\tau$$

Bu yerda:

- $N(t)$ — t vaqtida tirbandlikdagi transport vositalari soni;
- $\lambda(\tau)$ — τ vaqtida kirish intensivligi (yangi intensivlik funksiyasiga bog'liq);
- $\mu(\tau)$ — τ vaqtida chiqish intensivligi (yangi intensivlik funksiyasiga bog'liq);
- $q(\tau)$ — τ vaqtida yo'l tarmog'idan o'tayotgan transport oqimi.

Agar transport vositalarining soni vaqt davomida n dan m gacha o'zgarsa, kirish va chiqish intensivliklari $\lambda(t)$ va $\mu(t)$ vaqtga bog'liq o'zgaruvchi sifatida qaraladi. Bu holatda tirbandlik modeli kirish va chiqish intensivliklarining integrallarini hisoblash orqali aniqlanadi.

Faraz qilaylik, chorraxaning A qismida K dona, B qismida J dona avtomashina bor. A qismini qarama qarshi tomonida G dona, B qism qarama qarshi tomonida H dona avtomobil bor. Hamda A, B va ularning qarama-qarshi yo'nalishidagi eng oxirgi nomerdagisi t vaqt davomida tirbandlikdan chiqib ketishi zarur. Ushbu holatni Tirbandlik modeli asosida qayta qurishga harakat qilamiz.

Bu holatni tirbandlik modeli asosida tahlil qilish uchun biz transport vositalarining kirish va chiqish intensivliklarini va ularning o'zaro bog'liqligini aniqlashimiz kerak. Bunda chorradagi har bir qism (A va B) va ularning qarama-qarshi tomonlari (G va H) o'rtasidagi transport oqimlarini hisobga olamiz.

Bizga quyidagi ma'lumotlar berilgan:

- A qismida K dona avtomobil bor.
- B qismida J dona avtomobil bor.
- A qismning qarama-qarshi tomonida G dona avtomobil bor.
- B qismning qarama-qarshi tomonida H dona avtomobil bor.
- Avtomobillarning eng oxirgi nomerdagisi t vaqt davomida tirbandlikdan chiqib ketishi zarur.

Tirbandlik modeli asosida biz ushbu avtomobillar sonining vaqt davomida qanday kamayishini va ular t vaqt davomida tirbandlikdan qanday chiqib ketishini aniqlashimiz kerak.

A, B va ularning qarama-qarshi yo'nalishidagi qismlarning tirbandlik modellari quyidagicha bo'ladi:

$$N_A(t) = K - \mu_A \int_0^t q_A(\tau) d\tau = 0$$

$$N_B(t) = J - \mu_B \int_0^t q_B(\tau) d\tau = 0$$

$$N_G(t) = G - \mu_G \int_0^t q_G(\tau) d\tau = 0$$

$$N_H(t) = H - \mu_H \int_0^t q_H(\tau) d\tau = 0$$

Tirbandlik modelini berilgan shartlar asosida keltirib chiqish uchun biz transport vositalarining kirishi, chiqishi va harakatlanish dinamikasini hisobga oladigan matematik modelni tuzishimiz kerak. Ushbu model chorraxa holatini va undagi transport vositalarining harakatini tavsiflaydi.

Real vaqt ma'lumotlarga asoslangan marshrutlarni optimallashtirish orqali har bir yo'l qismidagi (A, B, G, H) tirbandlik modelini t vaqtda chiqish intensivligini oshirishni ko'rib chiqishimiz mumkin. Bunda har bir qismda t vaqtda transport vositalarining chiqishini optimallashtirish uchun dinamik algoritmlardan foydalanamiz.

Chiqish intensivligini oshirish modeli

Har bir qism uchun t vaqtdagi chiqish intensivligini oshirish uchun quyidagi umumiy yondashuvdan foydalanamiz:

$$\mu_A(t), \mu_B(t), \mu_G(t), \mu_H(t)$$

Bu yerdagi chiqish intensivliklari real vaqt ma'lumotlariga bog'liq bo'ladi. Asosiy parametrlar:

- μ : Standart chiqish intensivligi.
- $\rho(t)$: t vaqtdagi yo'l zichligi.
- $v(t)$: t vaqtdagi yo'l tezligi.
- α : Marshrut optimallashtirish parametri, bu tirbandlikka qarshi tezkor javob berish uchun ishlatiladi.

Chiqish intensivligini oshirish uchun funksiyani quyidagi tarzda model yaratishimiz mumkin:

$$\mu(t) = \mu_0 \left(1 + \alpha \frac{\rho_{max} - \rho(t)}{\rho_{max}} \right)$$

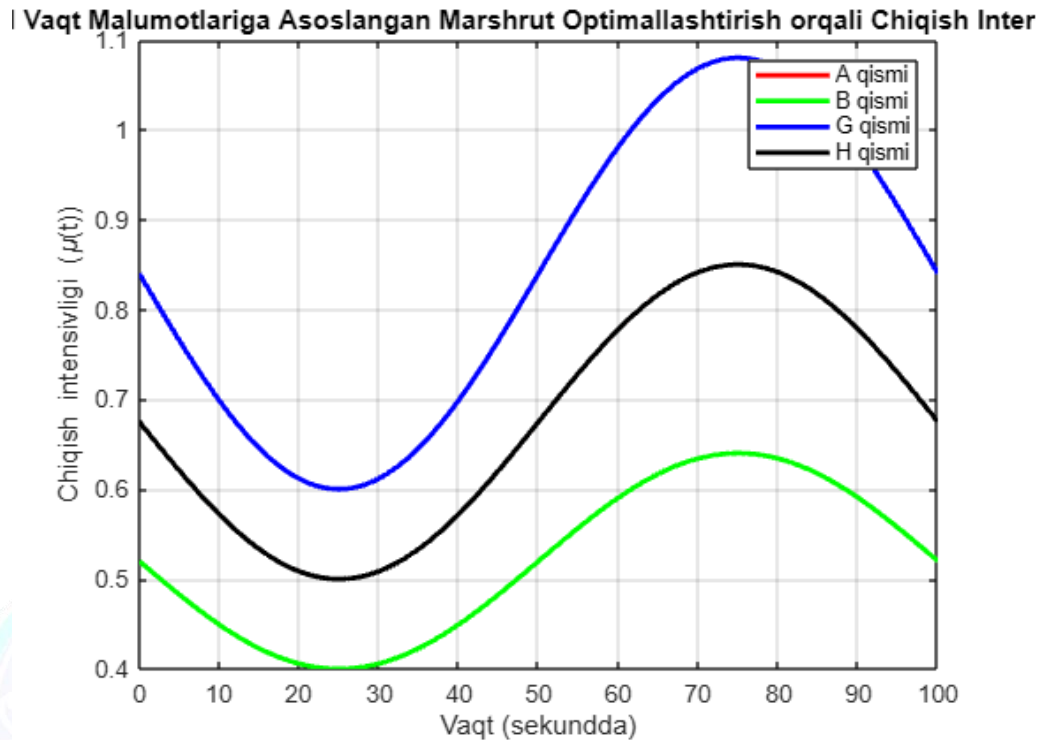
Bu yerda:

- ρ_{max} — maksimal zichlik, bu yo'lning to'la tirband holatini ifodalaydi.
- α — tizimning chiqish intensivligini qanday oshirishini belgilaydi.

Har bir yo'l qismi uchun chiqish intensivligini oshirish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$\mu_{A,B,G,H}(t) = \mu_{(A,B,G,H),0} \left(1 + \alpha_{A,B,G,H} \frac{\rho_{(A,B,G,H),max} - \rho_{A,B,G,H}(t)}{\rho_{(A,B,G,H),max}} \right)$$

Quyida MATLABda real vaqt ma'lumotlariga asoslangan marshrut optimallashtirish algoritmi bilan chiqish intensivligini oshirish grafiklari keltirilgan.



Tirbandlik modelini berilgan shartlar asosida keltirib chiqish uchun biz transport vositalarining kirishi, chiqishi va harakatlanish dinamikasini hisobga oladigan matematik modelni tuzishimiz mumkin. Ushbu model chorraxa holatini va undagi transport vositalarining harakatini tavsiflaydi.

Quyidagi parametrlarni kiritamiz:

• **Svetofor parametrlari:**

- T_{cycle} : Svetofor siklining umumiy davomiyligi (yashil + sariq + qizil).
- T_{green}^A : A qismi uchun yashil signal davomiyligi.
- T_{green}^B : B qismi uchun yashil signal davomiyligi.
- T_{green}^{opp} : Qarama-qarshi tomonlar uchun yashil signal davomiyligi.

• **Transport vositalarining o'tish tezligi:**

- s : Bir transport vositasining chorraxa orqali o'tishi uchun zarur bo'lgan o'rtacha vaqt (sekundlarda).
- μ : Bir tomondan vaqt birligida o'tadigan transport vositalarining xizmat ko'rsatish tezligi. $\mu=1/s$

Har bir tomonda transport vositalari navbatda turadi va svetofor yashil signal berganda ular harakatlanadi. Biz **M/D/1** navbat modelini qo'llaymiz, chunki kirishlar deterministik va xizmat vaqti ham deterministik.

A qismi va uning qarama-qarshi tomoni (G) bir vaqtning o'zida harakatlana olmaydi, shuning uchun svetofor navbatma-navbat ularga yashil signal beradi.

To'liq sikl davomiyligi:

$$T_{cycle} = T_{green}^A + T_{green}^G$$

A qismining barcha transport vositalari chiqib ketishi uchun zarur bo'lgan sikllar soni:

$$N_{cycles}^A = \left[\frac{K}{\mu T_{green}^A} \right]$$

Umumiy vaqt:

$$T_A = N_{cycles}^A \cdot T_{cycle}$$

Xuddi shu tarzda B qismi uchun ham hisoblashlarni amalga oshirishimiz mumkin.

A va B qismlari uchun eng katta vaqtni aniqlaymiz:

$$T_{total} = \max(T_A, T_B)$$

Shartga ko'ra:

$$T_{total} < T$$

Bu tenglama orqali svetofor sikllarining davomiyligini yoki xizmat ko'rsatish tezligini optimallashtirish kerak bo'ladi, shunda barcha transport vositalari T vaqt ichida chiqib ketishi mumkin bo'lsin.

Agar T belgilangan bo'lsa, biz svetofor parametrlarini yoki xizmat ko'rsatish tezligini quyidagicha optimallashtirishimiz mumkin:

Xizmat ko'rsatish tezligini oshirish:

s vaqtini kamaytirish orqali μ ni oshirish

$$S = \frac{1}{\mu}$$

Bu transport vositalarining chorraxa orqali tezroq o'tishini talab qiladi, masalan, tezlikni oshirish yoki chorraxa dizaynini yaxshilash orqali.

Svetofor sikllarini optimallashtirish

Har bir tomonga ajratilgan yashil signal vaqtini oshirish orqali ko'proq transport vositalarining o'tishini ta'minlash mumkin.

$$T_{green}^A + T_{green}^G = T_{cycle}$$

$$T_{green}^B + T_{green}^H = T_{cycle}$$

Bu yerda T_{cycle} umumiy sikl vaqtiga bog'liq bo'lib, uni ham optimallashtirish mumkin. Yakuniy matematik model qiyidagi ko'rinishga keladi.

$$T_A = \left[\frac{K}{\mu T_{green}^A} \right] (T_{green}^A + T_{green}^G)$$

$$T_B = \left[\frac{K}{\mu T_{green}^B} \right] (T_{green}^B + T_{green}^H)$$

Umumiy vaqt

$$T_{total} = \max(T_A, T_B)$$

Ushbu tenglamalar orqali biz quyidagi parametrlarni optimallashtirishimiz mumkin:

- μ : Xizmat ko'rsatish tezligi
- $T_{green}^A, T_{green}^B, T_{green}^G, T_{green}^H$: Svetoforlarning yashil signal davomiyligi
- T_{cycle} : Svetofor siklining umumiy davomiyligi

Ushbu matematik model chorraxa holatidagi tirbandlikni tahlil qilish va harakatni boshqarish parametrlarini optimallashtirish uchun ishlatiladi. Model orqali quyidagilarni amalga oshirish mumkin:

- Transport vositalarining chiqish vaqtini prognoz qilish
- Svetofor sikllarini va signallarini optimallashtirish
- Xizmat ko'rsatish tezligini oshirish uchun chorraxa dizaynini yaxshilash
- Adaptiv boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish

Qo'shimcha faktorlar (masalan, transport vositalarining turli tezliklari, yo'lining holati, kutilmagan hodisalar) ham hisobga olinishi mumkin, bu holda model yanada murakkabroq bo'ladi va qo'shimcha parametrlarni talab qiladi.

Xulosa

Ushbu maqolada V2X texnologiyasiga asoslangan tirbandlikni boshqarish protokollari va algoritmlarining samaradorligini oshirish bo'yicha yangicha yondashuvlar taklif etildi. Taklif etilgan algoritmlar va matematik modellar tirbandliklarni kamaytirish, transport oqimini optimallashtirish va yo'l harakati xavfsizligini ta'minlashga qaratilgan. Real vaqt rejimida harakatni boshqarish imkoniyatlarini yaxshilash uchun yangi algoritmlar ishlab chiqildi, bu esa V2X texnologiyasining xavfsizlik va samaradorlik talablariga javob beradi. Ushbu tadqiqot natijalari zamonaviy transport tizimlarida keng ko'lamda qo'llanilishi mumkin va kelajakda transport vositalarining harakatini boshqarish bo'yicha innovatsion yondashuvlarga yo'l ochadi. Shu bilan birga, yangi texnologiyalarni joriy etishda infratuzilmani modernizatsiya qilish va xalqaro standartlarni ishlab chiqish zaruriyati ham mavjud.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yo'ldashev A. V. (2024). OB'YEKT HOLATLARINI TASHXISLASHNING INTELLEKTUAL MODELINI SHAKLLANTIRISH TAMOYILI. *Экономика и социум*, (3-2 (118)), 436-440.
2. Kodirov, D., & Askarov, A. (2023, June). Algorithms for synthesis of observing devices based on operator representation of external forces. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2789, No. 1). AIP Publishing.
3. Anvarovich, A. A. (2023). THE IMPORTANCE OF THE MQ-2 SENSOR IN

FIRE DETECTION. International journal of advanced research in education, technology and management, 2(6).

4. Mukhammadziyo, I., Asqarov, A., Madaliyev, H., & Fayzullayev, D. (2023, June). Theoretical and experimental study of the law of distribution of non-stationary heat flux in raw cotton stored in the bunt. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2789, No. 1). AIP Publishing.
5. Ruzimatov, S., & Azizbek, A. (2022). Mathematical Model Of Textile Enterprise Sales Prevention. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, 8, 88-90.
6. Madaliev, X. B., & Tukhtasinov, D. H. (2022). Development Of An Openness Profile For A Logical Control System For Technological Equipment. *Ijodkor O'qituvchi*, (20), 215-217.
7. To'xtasinov, D. (2023). REVOLUTIONIZING THE COTTON INDUSTRY: THE DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEMS FOR ENGINE DIAGNOSTICS. *Interpretation and Researches*, 1(10). извлечено от <http://interpretationandresearches.uz/index.php/iar/article/view/1242>
8. Рuzиматов, С., & Тухтасинов, Д. (2021). Выбор цифровых устройств для регулирования содержания влаги хлопка-сырца. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 2(9), 10-14.
9. Тухтасинов Д.Х., & Исманов М.А. (2018). СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛОННОЙ СИНТЕЗА АММИАКА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ. *Экономика и социум*, (12 (55)), 1236-1239.