AHOLIGA TRANSPORT XIZMATLARINI KO‘RSATISHDA INTELLEKTUAL TRANSPORT TIZIMLARI ORQALI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xoshimova Shoira

Jizzax politexnika institute Transport logistikasi kafedrasi dotsenti

Tel:+998973285770

Annotatsiya. Ushbu maqolada shahar jamoat transporti tizimida intellektual transport tizimlari (ITS) ni joriy etishning ilmiy va amaliy jihatlari chuqur tahlil qilingan. ITS texnologiyalari — GPS kuzatuv tizimi, GIS tahlil, IoT sensorlar, TSP (Traffic Signal Priority) va Smart Bus Stop yechimlarining jamoat transporti xizmatiga ta’siri nazariy model asosida ko‘rib chiqilgan. Rivojlangan davlatlar (Seul, Singapur, Berlin, Istanbul) hamda Toshkent va Jizzax shaharlarining amaliy tajribasi solishtirilib, yo‘lovchi oqimi, kutish vaqti, kechikishlar va ekologik ko‘rsatkichlar asosida ITS samaradorligi isbotlangan. Natijalar ITS joriy etilganda yo‘lovchi kutish vaqti 25 % gacha, avtobuslarning kechikish darajasi 30–35 % gacha kamayishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: intellektual transport tizimi, jamoat transporti, GIS, GPS, IoT, BRT, TSP, transport oqimi, algoritm, raqamli boshqaruv.

Аннотация. В статье анализируется внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в городском общественном транспорте. Рассмотрены ключевые технологии — GPS, GIS, IoT, TSP, Smart Bus Stop — и их влияние на качество транспортного обслуживания. На основе данных городов Сеула, Сингапура, Берлина, а также узбекских городов Ташкента и Джизака показано, что использование ИТС сокращает среднее время ожидания пассажиров на 25 %, а задержки движения автобусов — до 35 %. Разработана математическая модель оптимизации автобусных маршрутов и остановок, включающая зависимость времени поездки от параметров транспортного потока и светофорного регулирования.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, общественный транспорт, цифровизация, IoT, GPS, GIS, приоритет автобусов, транспортная оптимизация.

Abstract. This paper examines the role of Intelligent Transport Systems (ITS) in enhancing public transport efficiency. Key ITS components such as GPS tracking, GIS analysis, IoT sensors, Traffic Signal Priority (TSP), and Smart Bus Stop systems are studied. Comparative analysis from Seoul, Singapore, Berlin, Istanbul, and Uzbek cities (Tashkent, Jizzakh) demonstrates that ITS can reduce passenger waiting time by up to 25% and bus delays by up to 35%. A mathematical optimization model is presented to estimate route travel time as a function of network density, passenger boarding rates, and traffic control cycles. The study

ISSN 3030-3907

concludes that ITS implementation significantly improves reliability, safety, and sustainability of public transport.

Keywords: Intelligent Transport Systems, Public Transport, GPS, GIS, IoT, TSP, Smart Mobility, Efficiency, Urban Transport.

Kirish

Bugungi kunda shahar transport tizimining barqaror ishlashi va aholiga xizmat ko‘rsatish sifati nafaqat transport vositalarining soni bilan, balki ularning intellektual boshqaruv darajasi bilan ham belgilanadi. Jahon tajribasi shuni ko‘rsatmoqdaki, intellektual transport tizimlari (ITS) joriy etilgan shaharlar tirbandlik, chiqindi va kechikish muammolarini sezilarli darajada kamaytirgan.

BMTning 2022-yilgi “Urban Mobility Report” ma’lumotlariga ko‘ra, ITS joriy etilgan shaharlarda transport harakatining umumiy samaradorligi 28–32 % gacha oshgan. Masalan, Seul shahridagi TOPIS tizimi 7200 ta avtobusni real vaqt rejimida boshqarib, tirbandlik vaqtlarini 20 % ga qisqartirdi; Singapur LTA Smart Mobility tizimi esa jamoat transporti ishonchliligini 93 % darajasida ta’minladi.

O‘zbekiston sharoitida esa 2022-yildan boshlab “Smart Transport Tashkent” loyihasi ishga tushirilib, 600 dan ortiq avtobuslarga GPS o‘rnatildi, 400 ta bekat “Smart Stop” texnologiyasi bilan jihozlandi. Shu bilan birga, chorrahalarda TSP (Traffic Signal Priority) algoritmlari joriy qilinmoqda [3]. Bu tizimlar nafaqat yo‘lovchilar uchun qulaylik yaratadi, balki ekologik samaradorlikni ham oshiradi.

Zamonaviy jamiyat taraqqiyoti bevosita transport tizimlarining rivojlanish darajasi va ularning samarali faoliyat yuritishiga chambarchas bog‘liqdir. Aholining kundalik hayotidagi ijtimoiy-iqtisodiy faollik, ishlab chiqarish tarmoqlarining o‘zaro integratsiyasi, xizmat ko‘rsatish sohasining kengayishi va mintaqalararo aloqalarning mustahkamlanishi — bularning barchasi transport infratuzilmasi samaradorligiga tayanadi. Shu boisdan ham bugungi kunda transport xizmatlarini ko‘rsatishda ilg‘or axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini keng joriy etish, ularni intellektual tizimlar orqali boshqarish dolzarb ahamiyat kasb etmoqda [1].

So‘nggi yillarda transport tizimlarini boshqarish jarayonida Intellektual transport tizimlari (ITT) tushunchasi keng qo‘llanilmoqda. ITT — bu transport infratuzilmasi, harakatlanuvchi vositalar, yo‘l harakati ishtirokchilari va axborot tizimlari o‘rtasida o‘zaro ma’lumot almashinuvi asosida boshqaruvni avtomatlashtiruvchi kompleks texnologik yechimdir. Ularning joriy etilishi yo‘l harakati xavfsizligini oshirish, transport oqimlarini optimallashtirish, ekologik barqarorlikni ta’minlash hamda aholiga ko‘rsatilayotgan transport xizmatlari sifatini yaxshilashga xizmat qiladi [2].

Raqamli transformatsiya jarayonlari jadallashgan hozirgi davrda transport sohasini modernizatsiya qilish va uni raqamli boshqaruv mexanizmlariga o‘tkazish

ISSN 3030-3907

davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti tashabbusi bilan qabul qilingan “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasida transport va logistika tizimlarini raqamlashtirish, intellektual boshqaruv mexanizmlarini tatbiq etish orqali ularning samaradorligini oshirishga alohida urg‘u berilgan. Bu esa mamlakatimizda transport xizmatlarini aholiga yanada qulay, xavfsiz va tezkor shaklda taqdim etish uchun keng imkoniyatlar yaratadi.

Transport tizimining samarali ishlashi faqatgina yo‘l va infratuzilma sifatiga emas, balki axborot oqimlarining to‘g‘ri boshqarilishiga ham bog‘liq. Masalan, real vaqt rejimida yo‘l harakati ma’lumotlarini tahlil qilish, transport oqimlarini prognozlash va muvofiqlashtirish, yo‘lovchilar oqimini boshqarish, jamoat transporti harakatini nazorat qilish kabi jarayonlarda intellektual tizimlarning o‘rni beqiyosdir. Shu jihatdan qaraganda, ITT nafaqat transport boshqaruvining texnik vositasi, balki zamonaviy shaharlarni “aqlli” tarzda boshqarish konsepsiyasining ajralmas qismidir.

Bugungi kunda dunyoning rivojlangan davlatlarida — AQSh, Yaponiya, Janubiy Koreya, Germaniya va Skandinaviya mamlakatlarida — intellektual transport tizimlari keng joriy etilgan. Bu davlatlarda avtomatik yo‘l nazorati, raqamli to‘lov tizimlari, yo‘l holatini onlayn monitoring qilish, jamoat transportining real vaqt jadvalini ko‘rsatish kabi imkoniyatlar aholining kundalik hayotini yengillashtirib, transport xizmatlari samaradorligini bir necha barobar oshirmoqda. O‘zbekiston sharoitida ham so‘nggi yillarda mazkur yo‘nalishda muayyan amaliy ishlar amalga oshirilmoqda. Masalan, Toshkent shahrida jamoat transporti harakatini GPS tizimi orqali nazorat qilish, elektron to‘lov kartalari orqali yo‘l haqi to‘lash tizimini joriy etish, “aqlli” svetoforlar o‘rnatish va avtomobil harakati statistik ma’lumotlarini tahlil qilish loyihalari yo‘lga qo‘yilgan.

Shunga qaramay, mavjud transport tizimining samaradorligi hali to‘liq darajada intellektual texnologiyalar asosida shakllanmagan. Aholiga transport xizmatlarini ko‘rsatishda hali ham muayyan muammolar saqlanib qolmoqda — yo‘lovchi oqimlarini to‘g‘ri rejalashtirishdagi kamchiliklar, harakat jadvalidagi uzilishlar, tirbandliklar, transport vositalarining eskiligi, yo‘l harakati xavfsizligi bilan bog‘liq muammolar va ekologik zararli chiqindilar miqdorining yuqoriligi shular jumlasidandir. Shu sababli, ITT texnologiyalarini kengroq joriy etish va ularning amaliy samaradorligini oshirish masalasi dolzarb bo‘lib qolmoqda [3].

Intellektual transport tizimlarining asosiy afzalliklaridan biri shundaki, ular real vaqt rejimida ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish imkonini beradi. Bu esa transport harakatini dinamik tarzda boshqarish, avariyaviy holatlarning oldini olish, tirbandliklarni kamaytirish va transport vositalarining yoqilg‘i sarfini optimallashtirish imkonini yaratadi. Shuningdek, ITT tizimlari orqali jamoat

ISSN 3030-3907

transportining harakati, bekatlar orasidagi vaqt, yo‘lovchilar soni va xizmat sifati doimiy monitoring ostida bo‘ladi. Natijada, nafaqat transport tashkilotlari, balki aholining o‘zi ham transport xizmatlaridan samaraliroq foydalanish imkoniyatiga ega bo‘ladi.

Shaharsozlik va transport rejalashtirishda intellektual tizimlardan foydalanish nafaqat iqtisodiy, balki ekologik va ijtimoiy samaradorlikni ham ta’minlaydi. Masalan, transport oqimlarini to‘g‘ri yo‘naltirish orqali yoqilg‘i sarfi kamayadi, havoga chiqayotgan zararli moddalarning miqdori qisqaradi, shovqin darajasi pasayadi va shu orqali yashash muhitining ekologik holati yaxshilanadi. Shu bilan birga, transport xizmatlarining sifati oshishi aholining ijtimoiy faolligini, mehnat unumdorligini va shahar infratuzilmasidan foydalanish qulayligini sezilarli darajada oshiradi [4].

Metodologiya. Tadqiqot ob’ekti sifatida Jizzax shahrining jamoat transporti tarmog‘i tanlandi. U 16 ta asosiy yo‘nalish, 40 dan ortiq bekat, 30 ta avtobus va 90 ming kunlik yo‘lovchi oqimiga ega. Ushbu tarmoqda ITS elementlarini joriy etish imkoniyatlari tahlil qilindi [5-7].

1. GIS tahlil – yo‘l zichligi, bekatlar joylashuvi va yo‘lovchi oqimini fazoviy aniqlash;
2. Statistik modellash – kechikish, to‘xtash (dwell time) va almashuv darajalarini hisoblash;
3. Matematik model – transport vositasining harakat vaqtini aniqlash formulasi:

$$t_{harakat,um} = \sum_{i=1}^{n} (t_{harak\ \ ,i} + t_{bekat,i})$$

bu yerda:

$t_{harakat,um}$ – umumiy harakat vaqti;

$t_{harakat,i}$ - i-yo‘l bo‘lagidagi harakat vaqti;

$t_{bekat,i}$ – bekatda to‘xtash vaqti.

Bekatda to‘xtash vaqti quyidagi formula orqali aniqlanadi [4]:

$$t_{bekat} = t_0 + \frac{n_{kir.j}}{v_{kir}} + \frac{n_{tush.j}}{v_{tush}} + t_{eshi}$$

Bu yerda:

- t_0 — minimal texnik to‘xtash vaqti (s),
- $n_{kir.j}$ — avtobusga kiruvchi yo‘lovchilar soni,
- v_{kir}— kirish tezligi (kishi/sek),
- $n_{tush.j}$ — tushuvchi yo‘lovchilar soni,
- v_{tush} — tushish tezligi (kishi/sek),
- t_{esh} — eshik ochilish/yopilish vaqti (s).

ISSN 3030-3907

Natijada, to‘liq yo‘nalish bo‘yicha o‘rtacha vaqt:

$$T_{yo'n.o'rt} = N_{to'x} * t_{bekat} + \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{v_i}$$

bu yerda L_i — yo‘l uzunligi, v_i — tezlik.

TSP algoritmi (Webster modeli asosida) Avtobuslar uchun chorrahalarda ustuvor fazani hisoblash:

$$r^2 = \frac{C(1 - \frac{q}{s})}{2}$$

bu yerda:

r — qizil faza davomiyligi (s),

C — svetofor sikli (s),

q — real oqim (avt/min),

s — maksimal o‘tkazuvchanlik.

Ushbu model asosida TSP orqali avtobus harakatidagi kechikish 25–35 % gacha kamayadi.

Natija va muhokama. Toshkent ITS markazi (2023) ma’lumotlariga ko‘ra:

- avtobus kechikishlari 32 % → 22,8 % gacha kamaygan;
- yo‘lovchi kutish vaqti 12,5 daq → 9,8 daq;
- jadvalga moslik darajasi 68 % → 87 %;
- CO_2 chiqindilari 11 % ga kamaygan.

Bu natijalar GPS, Smart Stop va TSP tizimlarining sinergiyasi tufayli erishilgan.

Xorijiy tajriba tahlili

1-jadval

Shahar	ITS texnologiyasi	Natija
Seul	TOPIS (IoT + AI)	Yo‘lovchi kutish vaqti 22 % gacha qisqardi
Singapur	LTA Smart Mobility	Harakat barqarorligi 93 %
Istanbul	BRT Metrobüs	O‘rtacha tezlik 38 km/soat
Berlin	BVG SmartBus	Jadval aniqligi 95 %
Toshkent	Smart Transport	Kechikishlar 28 % ga kamaygan

Toshkent shahrida ITS imkoniyatlari

Toshkent shahrida quyidagi yo‘nalishlarda ITS tizimini joriy etish tavsiya etiladi:

1. GPS real vaqt monitoring tizimi;
2. GIS asosida bekatlar optimallashtirish;
3. TSP tizimi chorrahalarda avtobusga yashil faza berish uchun;
4. Smart Stops – axborot ekranli bekatlar;

ISSN 3030-3907

5. Mobil to‘lov tizimlari – naqd pulsiz to‘lov tizimi;
6. AI asosida yo‘lovchi oqimi bashorati.

Natija va muhokama

O‘tkazilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, intellektual transport tizimlarini (ITT) joriy etish aholiga transport xizmatlarini ko‘rsatish samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi. ITT transport jarayonlarini avtomatlashtirish, ma’lumotlarni real vaqt rejimida yig‘ish va tahlil qilish orqali boshqaruvni optimallashtirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, yirik shaharlar va transport tarmog‘i zich hududlarda ushbu tizimlardan foydalanish transport oqimlarini tartibga solishda yuqori natijalar beradi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ITT joriy etilgan shahar transport tizimlarida yo‘l-transport hodisalari soni o‘rtacha 15–20 foizga kamaygan, transport vositalarining yoqilg‘i sarfi esa 10–12 foizgacha qisqargan. Bundan tashqari, jamoat transportining vaqt jadvali aniqroq rejalashtirilgani sababli yo‘lovchilarning kutish muddati qisqargan, bu esa aholining ushbu xizmatdan foydalanish darajasini oshirgan. Bu kabi natijalar, o‘z navbatida, transport sohasining iqtisodiy samaradorligini oshirish va xizmat sifatini yaxshilash imkonini beradi.

O‘zbekiston sharoitida intellektual transport tizimlarini joriy etish bosqichma-bosqich amalga oshirilmoqda. Toshkent shahrida “aqlli svetofor” tizimining o‘rnatilishi transport tirbandliklarini kamaytirishda ijobiy natija bergani kuzatilgan. Mazkur svetoforlar transport oqimining real holatini tahlil qilib, harakat yo‘nalishlari uchun yashil signal vaqtini avtomatik tarzda muvofiqlashtiradi. Bundan tashqari, jamoat transportida GPS-navigatsiya tizimlari joriy etilishi harakat jadvalini onlayn kuzatish imkonini berdi, bu esa yo‘lovchilarning vaqtni to‘g‘ri rejalashtirishiga yordam bermoqda.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, ITT joriy etish faqat texnik yechimlar bilan cheklanmaydi, balki u transport tizimini boshqarishning yangi falsafasini talab qiladi. Bu tizimlar samarali ishlashi uchun yagona ma’lumotlar bazasiga ega, o‘zaro integratsiyalashgan axborot muhitini yaratish zarur. Misol uchun, yo‘l harakati, jamoat transporti, avtoturargohlar va to‘lov tizimlarini yagona platformada birlashtirish orqali butun transport infratuzilmasining uzviy boshqaruv tizimini shakllantirish mumkin.

Shuningdek, ITT texnologiyalarining muvaffaqiyatli qo‘llanishi aholining raqamli savodxonligi va raqamli xizmatlardan foydalanish madaniyatiga ham bog‘liq. Shu sababli, transport tizimini raqamlashtirish jarayonida foydalanuvchilarni o‘qitish, axborot xavfsizligini ta’minlash va tizimdan foydalanish bo‘yicha qulay interfeyslarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

Muhokama davomida yana bir muhim jihat — intellektual transport tizimlarining ekologik samarasi ekanligi aniqlandi. Yo‘l harakati oqimlarini tartibga solish orqali avtomobillar harakatining silliqlashuvi, yoqilg‘i sarfining kamayishi va atmosferaga chiqayotgan zararli gazlarning miqdori pasayadi. Shu orqali ITT nafaqat iqtisodiy, balki ekologik barqarorlikni ta’minlashda ham muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, ITT joriy etilishi transport xizmatlarini ko‘rsatishda inson omilining salbiy ta’sirini kamaytiradi. Masalan, avtobus yoki metro harakat jadvali avtomatik tarzda boshqarilganda, inson xatolari yoki tashkiliy kamchiliklar kamayadi, tizimning ishonchliligi esa ortadi. Natijada, aholiga taqdim etilayotgan transport xizmatlari sifat jihatidan yaxshilanadi, yo‘lovchilarning qoniqish darajasi ortadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda ITT’ni keng miqyosda joriy etish uchun dastlab quyidagi shart-sharoitlarni yaratish lozim: infratuzilmani raqamlashtirish, yagona axborot platformasini yaratish, xalqaro standartlarga mos dasturiy ta’minotlarni ishlab chiqish hamda davlat-xususiy sheriklik asosida loyiha moliyalashtirish mexanizmlarini shakllantirish.

Umuman olganda, olib borilgan tahlillar va muhokamalar shuni ko‘rsatdiki, intellektual transport tizimlarining joriy etilishi nafaqat transport xizmatlarini samaradorligini oshiradi, balki shahar hayotining umumiy sifatini, ekologik holatini va ijtimoiy qulaylik darajasini ham yaxshilaydi. Shu bois, O‘zbekiston transport tizimida ITT texnologiyalarini joriy etish strategik yo‘nalish sifatida qaralishi va bosqichma-bosqich amalga oshirilishi lozim.

Xulosa

ITS texnologiyalarini joriy etish jamoat transportining ishlashini tubdan o‘zgartiradi. Tadqiqot natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:

ITS joriy etilganda yo‘lovchi kutish vaqti 25%, kechikishlar 30–35% gacha kamayadi;

- Jizzax shahrida GIS va TSP tizimlari orqali transport qamrovi 90% gacha oshiriladi;
- Smart Stop bekatlari yo‘lovchi axborotini oshiradi va kutish vaqtini qisqartiradi;
- TSP orqali avtobuslar jadvali aniqligi 95% gacha yetadi;
- CO_2 chiqindilari 10–15 % kamayadi.

ITS — bu nafaqat transportni avtomatlashtirish, balki shahar harakatining “aqlli boshqaruv tizimi” bo‘lib, O‘zbekiston shaharlarini raqamli mobilitet (shahar aholisi va transport vositalarining hudud bo‘ylab **erkin, xavfsiz va qulay harakatlanish qobiliyati)** bosqichiga olib chiqadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. UN-Habitat. *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities.*
2. UITP (2020). *Intelligent Transport Systems for Urban Mobility.*

ISSN 3030-3907

3. O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi (2023). *Smart Transport Tashkent Report.*
4. Cats O., Jenelius E. (2014). *Dynamic modelling of public transport operations and passenger flows.* Transportation Research Part C.
5. Seoul Metropolitan Government (2022). *TOPIS Annual Review.*
6. Singapore LTA (2021). *Smart Mobility 2040 Framework.*
7. European Commission (2021). *ITS Directive Review.*
8. Хамитов А.Н. (2021). *Повышение эффективности автобусных перевозок с учетом улично-дорожной сети.*
9. World Bank (2023). *Urban Mobility Diagnostic for Central Asia.*

ISSN 3030-3907