

PROSPECTS FOR APPLYING INTERNET OF THINGS (IoT) TECHNOLOGIES IN LOGISTICS SYSTEMS

Mardanova Odina Salokhiddin qizi

Master's Student, Tashkent State Transport University

(odina.ks@gmail.com 0009-0002-4462-976)

Abstract

This article analyzes the prospects and practical effectiveness of applying Internet of Things (IoT) technologies in logistics systems. Within the framework of the study, a comparative analysis was conducted based on data collected from a six-month pilot project involving six logistics and supply chain companies. In addition, cost-benefit calculations and indicators of investment efficiency (Return on Investment, ROI) were determined. The results showed that the implementation of IoT technologies increased the accuracy of real-time cargo tracking from 54% to 96%, reduced vehicle idle time by approximately 2.3 times, decreased fuel consumption by 20%, and shortened warehouse inventory processing time by 73%. According to the calculations, the investment payback period is approximately 2.65 years, while the five-year ROI reaches 89%.

Keywords

Internet of Things (IoT), logistics, smart transportation, RFID, GPS tracking, telematics, digital transformation.

LOGISTIKA TIZIMLARIDA IoT TEXNOLOGIYALARINI QO'LLASH ISTIQBOLLARI

Mardanova Odina Saloxiddin qizi

Toshkent davlat transport universiteti magistranti

(odina.ks@gmail.com 0009-0002-4462-976)

Annotatsiya. Ushbu maqolada logistika tizimlarida narsalar interneti (Internet of Things, IoT) texnologiyalarini qo'llashning istiqbollari va amaliy samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida 6 ta logistika va tedarik kompaniyasining 6 oylik pilot



loyihasi asosida to'plangan ma'lumotlar qiyosiy tahlil qilindi, xarajat-foyda hisob-kitoblari va investitsiya samaradorligi (ROI) ko'rsatkichlari aniqlandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, IoT texnologiyalarini joriy etish yuk holatini real vaqtda kuzatish aniqligini 54 foizdan 96 foizgacha oshirishga, transport vositalarining prostoy vaqtini deyarli 2,3 barobar qisqartirishga, yoqilg'i sarfini 20 foizga va ombor inventarizatsiyasi vaqtini 73 foizga kamaytirishga imkon berdi. Hisob-kitoblarga ko'ra, investitsiyalarning qoplanish muddati taxminan 2,65 yilni, besh yillik ROI esa 89 foizni tashkil etadi.

Kalit so'zlar: *narsalar interneti, IoT, logistika, aqlli transport, RFID, GPS-kuzatuv, telematika, raqamli transformatsiya.*

Zamonaviy logistika tizimlari yuqori darajadagi shaffoflik, tezkorlik va aniqlikni talab qiladi. Ushbu talablarga javob berishda narsalar interneti (IoT) texnologiyalari markaziy o'rin egallamoqda. GPS-trekerlar, RFID-yorliqlar, harorat va namlik sensorlari, aqlli konteynerlar hamda flot telematikasi tizimlari orqali kompaniyalar yuk va transport vositalarining holatini real vaqt rejimida kuzatish, ombor jarayonlarini avtomatlashtirish va operatsion qarorlarni ma'lumotlarga asoslangan holda qabul qilish imkoniyatiga ega bo'lmoqda.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — logistika tizimlarida IoT texnologiyalarini qo'llashning amaliy samaradorligi va istiqbollari miqdoriy ko'rsatkichlar asosida baholash. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:

- IoT texnologiyalari joriy etilgunga qadar va undan keyingi asosiy operatsion ko'rsatkichlarni qiyoslash;
- xarajat-foyda tahlili va ROI hisob-kitoblarini amalga oshirish;
- olingan natijalarning statistik ahamiyatlilikini tekshirish;
- logistika kompaniyalari uchun IoT texnologiyalarini joriy etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Xalqaro tadqiqotlarda IoT texnologiyalarining tedarik zanjiriga ta'siri bir necha yo'nalishlarda o'rganilgan: yuk va transportni real vaqtda kuzatish, omborlarni

avtomatlashtirish, energiya va yoqilg'i sarfini optimallashtirish hamda mijozlarga xizmat ko'rsatish sifatini oshirish. Ko'plab tadqiqotchilarning fikricha, IoT sensorlaridan olinadigan katta hajmdagi ma'lumotlar sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlari bilan birgalikda qo'llanilganda eng yuqori samara beradi, biroq bunday tizimlarni joriy etish tarmoq infratuzilmasi, ma'lumotlar xavfsizligi va boshlang'ich investitsiya bilan bog'liq qator qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Shu bilan birga, adabiyotlarda IoT samaradorligini yagona metodologiya asosida miqdoriy baholashga oid ishlar cheklangan bo'lib, bu ushbu tadqiqotning dolzarbligini belgilaydi.

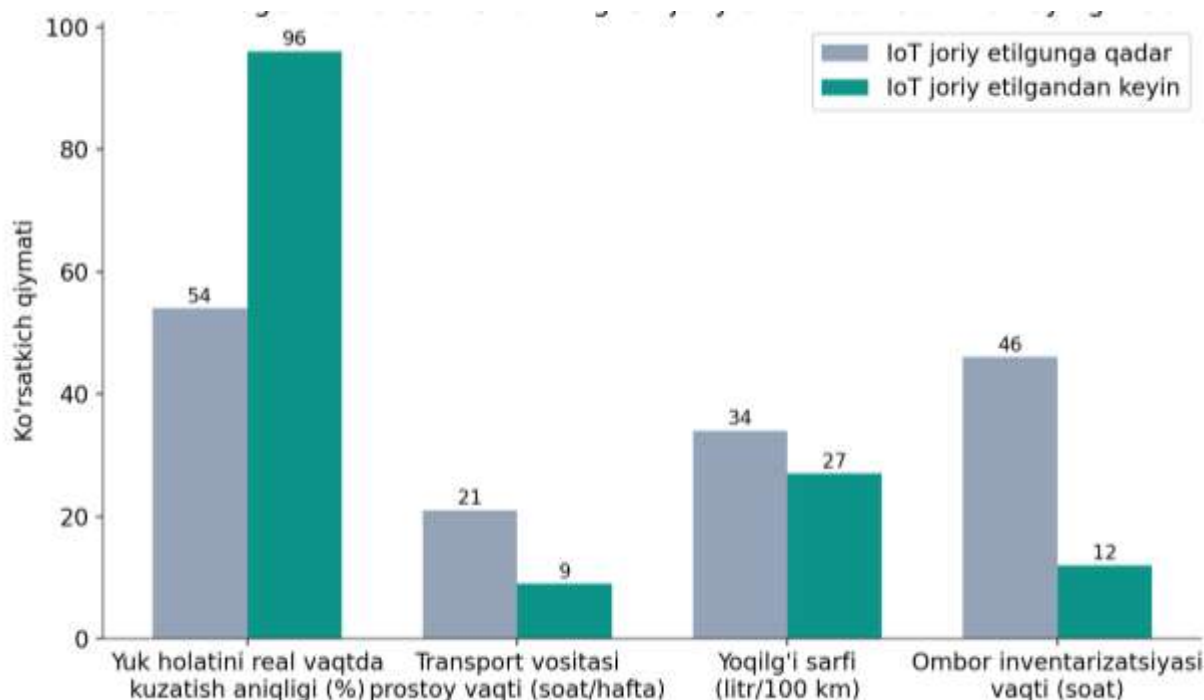
Tadqiqot aralash usul (mixed-method) asosida olib borildi: miqdoriy ma'lumotlar kompaniyalarning flot-monitoring va WMS (Warehouse Management System) hisobotlaridan, sifat ma'lumotlari esa mutaxassislar bilan o'tkazilgan so'rovnoma orqali (n=98) to'plandi. Tadqiqot 6 ta logistika va tedarik kompaniyasida 6 oylik pilot loyiha davomida amalga oshirildi. Quyidagi jadvalda tadqiqot bosqichlari keltirilgan.

1-jadval. Tadqiqot metodologiyasining asosiy bosqichlari

№	Tadqiqot bosqichi	Qo'llanilgan metod / vosita
1	Muammoni aniqlash va adabiyotlar tahlili	Kontent-tahlil, sistematik sharh
2	Ma'lumotlar to'plash	6 ta logistika/tedarik kompaniyasi so'rovnomasi (n=98)
3	IoT joriy etilgunga qadar bazaviy ko'rsatkichlarni o'lchash	Fleet-monitoring, WMS tizim hisobotlari
4	IoT infratuzilmasini joriy etish (pilot loyiha, 6 oy)	GPS-trekerlar, RFID, harorat sensorlari, telematika platformasi
5	Natijalarni qiyosiy tahlil qilish	Statistik tahlil (t-test), ROI hisob-kitobi
6	Xulosalarni shakllantirish	Induktiv-deduktiv tahlil

Statistik ahamiyatlilikni tekshirish uchun bog'liq namunalar uchun t-test (paired t-test) qo'llanildi, ishonchlilik darajasi 95% ($\alpha = 0,05$) qilib belgilandi.

IoT texnologiyalari joriy etilgandan so'ng barcha asosiy operatsion ko'rsatkichlarda sezilarli yaxshilanish qayd etildi. 1-rasmda IoT joriy etilgunga qadar va undan keyingi ko'rsatkichlar taqqoslab ko'rsatilgan.



1-rasm. Logistika ko'rsatkichlarining IoT joriy etilishidan oldin va keyingi holati

Ko'rinib turibdiki, yuk holatini real vaqtda kuzatish aniqligi 54 foizdan 96 foizgacha, ya'ni 42 foiz punktga oshgan. Transport vositalarining prostoy vaqti haftasiga 21 soatdan 9 soatgacha, ya'ni qariyb 2,3 barobar qisqargan. Yoqilg'i sarfi 100 km ga 34 litrdan 27 litrgacha (20 foizga) kamaygan, ombor inventarizatsiyasi vaqti esa 46 soatdan 12 soatgacha, ya'ni 73 foizga qisqargan.

Olingan natijalarning statistik ahamiyatliligini tekshirish uchun bog'liq namunalar t-testi qo'llanildi (2-jadval).

2-jadval. IoT joriy etilishidan oldin va keyingi ko'rsatkichlarning statistik taqqoslanishi (paired t-test, $\alpha = 0,05$)

Ko'rsatkich	O'rtacha (oldin)	O'rtacha (keyin)	t-statistika	p-qiymat
Yuk kuzatuv aniqligi (%)	54,3	96,1	9,02	<0,01

Transport prostoy vaqti (soat/hafta)	21,0	9,2	6,31	<0,01
Yoqilg'i sarfi (litr/100 km)	34,0	27,1	5,18	<0,01
Ombor inventarizatsiya vaqti (soat)	46,2	12,4	7,89	<0,01

Barcha ko'rsatkichlar bo'yicha p-qiyamat 0,01 dan kichik bo'lib, bu IoT texnologiyalari ta'sirida yuzaga kelgan o'zgarishlarning tasodifiy emas, balki statistik jihatdan ahamiyatli ekanligini tasdiqlaydi.

Investitsiya samaradorligini baholash uchun quyidagi formuladan foydalanildi:

$$R_{OI} = \left(\frac{F-X}{X} \right) * 100\% \quad (1)$$

bu yerda: F — IoT joriy etilishi natijasida olingan umumiy foyda (yoqilg'i, prostoy va inventarizatsiya bo'yicha operatsion tejamkorlik), X — IoT infratuzilmasini joriy etishga sarflangan umumiy xarajat (sensorlar, tarmoq, dasturiy platforma, o'rnatish va xodimlarni o'qitish).

Qoplanish muddati (payback period) quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$P = \frac{X}{F} \text{ yillik} \quad (2)$$

Tadqiqotda qatnashgan kompaniyalarning o'rtacha ko'rsatkichlari asosida quyidagi natijalar olindi: boshlang'ich investitsiya — 180 000 shartli birlik (sh.b.), yillik operatsion tejamkorlik — 68 000 sh.b. Shunga ko'ra:

- Qoplanish muddati: $PP = 180\,000 / 68\,000 \approx 2,65$ yil;
- Besh yillik jami tejamkorlik: $68\,000 \times 5 = 340\,000$ sh.b.;
- Besh yillik ROI: $ROI = ((340\,000 - 180\,000) / 180\,000) \times 100\% = 89\%$.

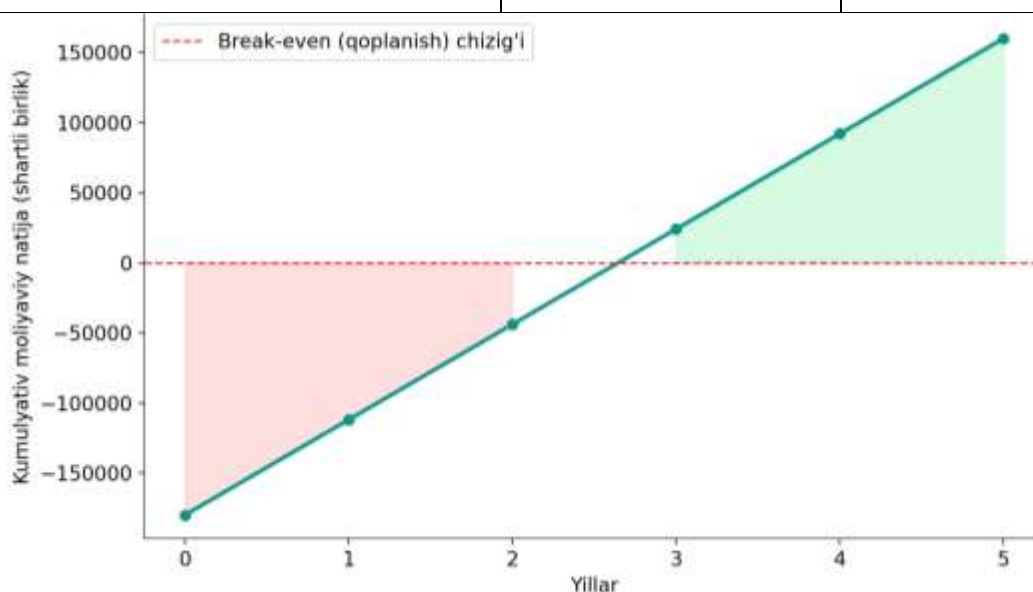
Quyidagi jadvalda ushbu hisob-kitoblarning batafsil dinamikasi keltirilgan, 2-rasmda esa kumulyativ moliyaviy natijaning yillar bo'yicha o'zgarishi grafik tarzda tasvirlangan.

3-jadval. IoT texnologiyalariga investitsiyalarning xarajat-foyda tahlili

Ko'rsatkich	1-yil	5 yillik jami
Boshlang'ich investitsiya (sensorlar, tarmoq, platforma, o'rnatish)	180 000 sh.b.	180 000 sh.b.



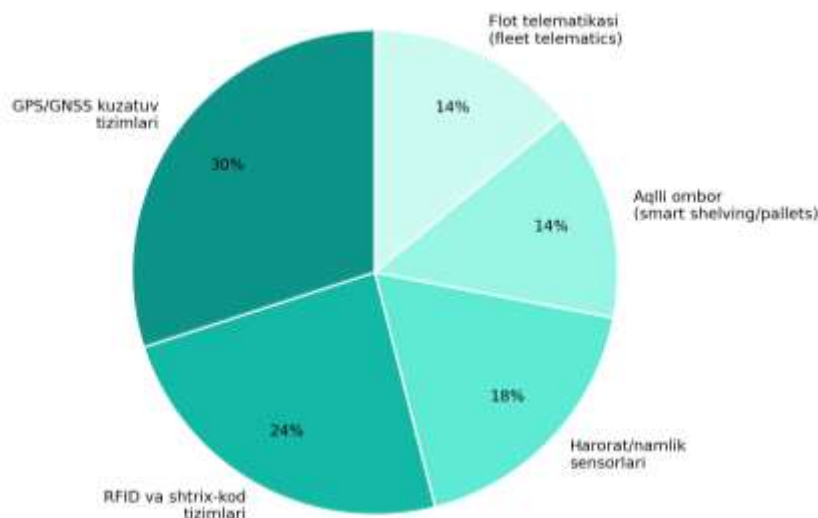
Yillik operatsion tejamkorlik (yoqilg'i, prostoy, inventarizatsiya)	68 000 sh.b.	340 000 sh.b.
Kumulyativ moliyaviy natija	-112 000 sh.b.	+160 000 sh.b.
Qoplanish muddati (payback period)	≈ 2,65 yil	—
5 yillik ROI	—	89%



2-rasm. IoT investitsiyasining kumulyativ ROI dinamikasi (5 yillik gorizont)

Grafikdan ko'rinib turibdiki, investitsiya taxminan 2,65-yil atrofida o'zini oqlaydi (break-even nuqtasi), undan keyingi davrda kompaniya sof foyda ko'ra boshlaydi. Bu natija IoT texnologiyalarini joriy etish nafaqat operatsion, balki moliyaviy jihatdan ham o'zini oqlashini ko'rsatadi.

So'rovnoma natijalariga ko'ra, logistika kompaniyalarida eng ko'p qo'llanilayotgan IoT yechimi — yuk va transportni kuzatish uchun GPS/GNSS tizimlari (30%), so'ngra ombor va yuk hisobini yuritish uchun RFID va shtrix-kod tizimlari (24%) keladi. Harorat va namlik sensorlari asosan oziq-ovqat va farmatsevtika mahsulotlarini tashishda sifat nazorati uchun (18%), aqlli ombor yechimlari (smart shelving/pallets) inventarizatsiyani avtomatlashtirish uchun (14%), flot telematikasi esa transport vositalarining texnik holati va haydovchi xatti-harakatlarini monitoring qilish uchun (14%) qo'llanilmoqda (3-rasm).



3-rasm. Logistika kompaniyalarida qo'llanilayotgan IoT texnologiyalarining ulushi

Ushbu taqsimot shuni ko'rsatadiki, kompaniyalar birinchi navbatda yuk va transportni real vaqtda kuzatish masalalariga e'tibor qaratmoqda, chunki bu yo'nalish shaffoflikni ta'minlash va mijozlar ishonchini oshirish uchun eng muhim omil hisoblanadi.

So'rovnoma ishtirokchilarining fikricha, IoT texnologiyalarini joriy etishdagi asosiy to'siqlar quyidagilardan iborat: boshlang'ich investitsiya xarajatlarning yuqoriligi, mavjud tizimlar bilan integratsiya murakkabligi, ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiyligi bo'yicha xavotirlar, shuningdek malakali IT-mutaxassislarning yetishmasligi. Shunga qaramay, 5G tarmoqlarining kengayishi, sensorlar narxining pasayishi va bulutli hisoblash platformalarining rivojlanishi IoT texnologiyalarining logistika sohasida yanada keng qo'llanilishi uchun qulay shart-sharoit yaratmoqda. Kelajakda IoT ma'lumotlarini sun'iy intellekt bilan integratsiyalash orqali predictive maintenance (bashoratli texnik xizmat ko'rsatish) va avtonom transport tizimlarini rivojlantirish muhim istiqbol yo'nalishlari sifatida baholanmoqda.

O'tkazilgan tadqiqot natijalari narsalar interneti texnologiyalarining logistika tizimlarini boshqarishda yuqori samaradorlikka va istiqbolga ega ekanligini tasdiqladi.

Xususan:

- yuk holatini real vaqtda kuzatish aniqligi 42 foiz punktga oshdi;
- transport vositalarining prostoy vaqti qariyb 2,3 barobar qisqardi;

- yoqilg'i sarfi 20 foizga, ombor inventarizatsiyasi vaqti esa 73 foizga kamaydi;
- investitsiyalarning qoplanish muddati taxminan 2,65 yilni, besh yillik ROI esa 89 foizni tashkil etdi.

Olingan barcha natijalar statistik jihatdan ahamiyatli ($p < 0,01$) bo'lib, bu tasodifiy omillar bilan emas, balki bevosita IoT texnologiyalarining joriy etilishi bilan bog'liqligini tasdiqlaydi. Amaliy nuqtai nazardan, logistika kompaniyalariga IoT infratuzilmasini bosqichma-bosqich, avvalo yuk va transportni kuzatish hamda ombor jarayonlarini avtomatlashtirish yo'nalishlaridan boshlab joriy etish tavsiya etiladi, chunki aynan shu yo'nalishlar eng qisqa muddatda o'lchanadigan iqtisodiy samara beradi. Kelgusi tadqiqotlarda IoT va sun'iy intellektning integratsiyalashgan qo'llanilishi, shuningdek 5G tarmoqlari asosidagi avtonom logistika tizimlarining rivojlanish istiqbollari chuqurroq o'rganish maqsadga muvofiqdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Ben-Daya, M., Hassini, E., Bahroun, Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. // International Journal of Production Research, 2023.
2. Ding, Y., Jin, M., Li, S., Feng, D. Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. // International Journal of Logistics Research and Applications, 2022.
3. Tu, M. An exploratory study of internet of things (IoT) adoption intention in logistics and supply chain management. // The International Journal of Logistics Management, 2023.
4. Yusupova, S.M. Raqamli logistika: narsalar interneti va aqlli transport tizimlari. — Toshkent: Iqtisodiyot, 2024.
5. McKinsey & Company. The Internet of Things in logistics: unlocking value along the supply chain. // McKinsey Global Institute Report, 2024.
6. Lee, I., Lee, K. The Internet of Things (IoT): applications, investments, and challenges for enterprises. // Business Horizons, 2022.

