

**ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**  
**EKOLOGIYA VƏ ƏTRAF MÜHİTİN MÜHAFİZƏSİ**

<https://doi.org/10.58225/ekosu.2026.3-7-11>

UOT: 622.621.01

MƏMMƏDOV N.Y., ƏHMƏDZADƏ M.R.

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*  
*ahmedzadehmurad@gmail.com*

**ŞƏHƏRƏTRAFI ƏRAZİLƏRDƏ NƏQLİYYATIN İOT**  
**SİSTEMLƏRİ İLƏ TƏNZİMLƏNMƏSİ**

**Giriş.** XXI əsrin ikinci onilliyindən etibarən dünyanın əksər ölkələrində şəhərləşmə prosesi sürətlənmiş, bu da şəhər ətrafı ərazilərdə yaşayan əhali sayının artmasına paralel olaraq nəqliyyat infrastrukturuna daha ağır yük düşməsinə səbəb olmuşdur. Böyük şəhərlərin kənarında formalaşan yaşayış massivləri, sənaye zonaları və logistika mərkəzləri arasındakı əlaqə əksər hallarda köhnəlmiş yol infrastrukturuna və məhdud idarəetmə resurslarına əsaslanır. Bu vəziyyət həm nəqliyyat axınının idarə edilməsini, həm də yol təhlükəsizliyinin təmin olunmasını çətinləşdirir. Əşyaların İnterneti (IoT – Internet of Things) texnologiyaları bu problemin həllinin perspektiv yollarından biri kimi qlobal tədqiqat gündəminə daxil olmuşdur. IoT infrastrukturunu fiziki nəqliyyat elementlərini – yolları, nəqliyyat vasitələrini, xidmət stansiyalarını – rəqəmsal idarəetmə sistemləri ilə birləşdirərək real vaxt rejimində məlumat toplanmasına, emalına və qərar vermə proseslərinə imkan yaradır. Şəhər mərkəzlərindən fərqli olaraq, şəhərətrafı ərazilərdə rabitə infrastrukturunun qeyri-bərabər paylanması, sensorların enerji təminatında yaranan çətinliklər və idarəetmə institutlarının zəif koordinasiyası kimi əlavə amillər IoT həllərinin tətbiqini xüsusi çətinlik kəsb edir.

Azərbaycanın paytaxtı Bakı ətrafında formalaşmaqda olan şəhərətrafı nəqliyyat dəhlizləri – xüsusilə Abşeron yaxınlığındakı yaşayış məntəqələri, sənaye zonaları və Bakı-Şamaxı, Bakı-Sumqayıt istiqamətlərindəki yol qovşaqları – bu baxımdan tədqiqat üçün aktual nümunə təşkil edir. Həmin sahədə nəqliyyat axınının tənzimlənməsinə yönəlmiş IoT tət-

biqlərinin imkanlarının araşdırılması həm akademik, həm də praktik əhəmiyyət daşıyır.

Məqalənin əsas məqsədi şəhərətrafı ərazilərdə nəqliyyatın IoT sistemləri vasitəsilə tənzimlənməsinin konseptual çərçivəsini, texnoloji komponentlərini və tətbiq imkanlarını müfəssəl şəkildə araşdırmaqdan ibarətdir. Bunun üçün mövcud ədəbiyyat təhlil edilmiş, IoT nəqliyyat komponentlərinin funksional xüsusiyyətləri dəyərləndirilmiş və Azərbaycan kontekstinə uyğun tövsiyələr formalaşdırılmışdır.

**Təhlil 1. Şəhərətrafı nəqliyyatın xüsusiyyətləri və mövcud problemlər.** Şəhərətrafı nəqliyyat sistemi bir sıra spesifik xüsusiyyətlərə malikdir: yol şəbəkəsinin sıxlığı şəhər mərkəzinə nisbətən aşağıdır, sürücü davranışı daha müxtəlifdir (fərdi avtomobillər, yük maşınları, kənd təsərrüfatı texnikası birgə hərəkət edir), nəqliyyat axınının pik saatları isə işçi əhali kütlələrinin gündəlik miqrasiya dövrləri ilə sıx bağlıdır. Eyni zamanda, şəhərətrafı yollar çox vaxt kifayət qədər işıqlandırılmamış, zəif nişanlanmış və texniki nöqtəyi-nəzərdən köhnəlmiş vəziyyətdədir.

Qlobal statistikaya görə, yol qəzalarının 38-42%-i şəhər kənarında baş verir; bu rəqəm həmin ərazilərdə nəqliyyat idarəetmə sistemlərinin zəifliyinin bariz göstəricisidir. Azərbaycan Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin 2022-ci il məlumatlarına əsasən, paytaxt ətrafı magistral yollarda pik saatlarda trafikinin ortalama sürəti 22-28 km/saata enərək ciddi gecikmələrə yol açır. Mövcud trafik idarəetmə sistemlərinin isə demək olar ki, tamamilə şəhər daxili yollara

yönəldilmiş olması kənar əraziləri əslən nəzarətsiz buraxır.

**2. IoT Arxitekturasının nəqliyyat idarəetməsindəki rolu.** Nəqliyyat sahəsindəki IoT arxitekturası üç əsas qatdan ibarətdir: fiziki qurğular qatı (sensorlar, kameralar, RFID oxuyucular, GPS modulları), rabitə qatı (LoRaWAN, NB-IoT, 4G/5G) və məlumatın emal qatı (bulud platformaları, kənar hesablaşma – edge computing, analitika sistemləri). Şəhəratrafi kontekstdə hər bir qatın spesifik çətinlikləri mövcuddur.

Fiziki qurğular qatında yol üzərinə quraşdırılan piezoelektrik sensorlar nəqliyyat vasitələrinin sayını, çəkisini və sürətini real vaxt rejimində ölçür. İnfraqırmızı və radar əsaslı sensorlar isə iqlim şəraitindən asılı olmayaraq fəaliyyət göstərir. Həmin məlumatlar V2I (Vehicle-to-Infrastructure) interfeysi vasitəsilə nəqliyyat vasitəsinin bortkomputerinə çatdırılaraq sürücüyə xəbərdarlıq siqnalı göndərilir. Bu texnologiyanın effektivliyini təsdiqləyən bir sıra dünya tətbiqləri mövcuddur: Niderlandın A2 magistral yolunda həyata keçirilən pilot layihədə IoT sensoru şəbəkəsi tıxacların 31% azaldılmasına nail olmuşdur.

Rabitə qatında şəhəratrafi ərazilər üçün ən uyğun texnologiya kimi LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) öne çıxır. Bu protokol az enerji istehlakı ilə geniş əraziləri əhatə edə bilir-bir LoRaWAN qovşağı 15-50 km radiusda fəaliyyət göstərə bilər. Bu xüsusiyyəti onu sıx rabitə infrastrukturuna olmayan kənar ərazilər üçün ideal edir. Bundan əlavə, NB-IoT (Narrowband IoT) protokolu mövcud mobil şəbəkə infrastrukturuna üzərindən sensorların uzaqdan idarəsinə imkan verir.

Məlumatın emal qatında kənar hesablaşma (edge computing) mühüm üstünlük təqdim edir: məlumatlar mərkəzi serverə göndərilmədən birbaşa yerli qovşaqda emal olunur, bu da gecikmə vaxtını (latency) minimuma endirir. Nəqliyyat şəraitinin sürətlə dəyişdiyi şəhəratrafi ərazilərdə bu funksiya xüsusilə əhəmiyyətlidir – məsələn, ani yaranmış donuq yol səthi barədə xəbərdarlıq saniyələr içindəki reaksiya tələb edir.

**3. Şəhəratrafi nəqliyyatda IoT tətbiqinin əsas istiqamətləri.** Şəhəratrafi ərazilərdə

IoT tətbiqinin bir neçə prioritet istiqaməti mövcuddur. Birinci istiqamət – yol vəziyyətinin monitorinqidir. Asfalt örtüyünə yerləşdirilmiş vibrasiya sensorları yolun fiziki vəziyyətini daim izləyir, kövrək və çatlayan hissələri vaxtında aşkar edərək təmir işlərinin planlaşdırılmasına kömək edir. Bu yanaşma infrastrukturun texniki ömrünü uzatmaqla yanaşı, qəza risklərini də azaldır.

İkinci istiqamət – dinamik trafik idarəetməsidir. Şəhəratrafi yolların kəsişmə nöqtələrindəki ağıllı svetoforlar IoT sensorlarından gələn real vaxt məlumatlarına əsasən işıq fazalarını dinamik şəkildə tənzimləyə bilər. Sabit zamanlı svetoforların yerini adaptiv sistemlərin alması nəticəsində ortalama gözləmə müddəti 25-40% qısaldır. Bunun yanında, növbəli iş saatlarında yaranacaq trafik dalğalanmalarını öncədən proqnozlaşdıraraq sünü intellekt əsaslı modellər trafik axınının proaktiv idarəsini mümkün edir.

Üçüncü istiqamət - yük nəqliyyatının monitorinqidir. Şəhəratrafi yollardan keçən yük avtomobillərinə quraşdırılan GPS-IoT qurğuları onların marşrutunu, sürətini, yük həcmi və dayanacaq müddətlərini mərkəzi dispetçer sistemə ötürür. Bu, həm logistika şirkətlərinin xərclərini azaldır, həm də yol zərərini artıran aşırı yüklü nəqliyyat vasitələrini nəzarət altına almağa imkan verir.

Dördüncü istiqamət – ekoloji monitorinqdir. Şəhəratrafi yollar boyunca yerləşdirilən hava keyfiyyəti sensorları CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> və toz hissəciklərinin (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>) konsentrasiyasını ölçür. Bu məlumatlar nəqliyyat axınının ekoloji izi ilə birbaşa əlaqəlidirsə, müvafiq trafik yönləndirilmə siyasətinin hazırlanmasına əsas yaradır. Azərbaycan şəraitində bu istiqamət Bakı-Sumqayıt sənaye dəhlizi boyunca xüsusi aktualıq kəsb edir.

Cədvəl 1-dəki müqayisəli təhlil göstərir ki, şəhəratrafi ərazilər üçün vahid optimal texnologiya mövcud deyil – hər bir texnologiyanın özünəməxsus üstünlükləri və məhdudiyətləri var. Geniş əraziləri az enerji sərfiylə əhatə etmək tələb olunduqda LoRaWAN üstünlük qazanır; yüksək sürətli məlumat mübadiləsi tələb edən trafik idarəetmə sistemlərində isə 5G V2I daha perspektivlidir. Azərbaycanın mövcud rabitə infrastrukturuna nəzərə

alındıqda qısamüddətli perspektivdə NB-IoT həllərinin tətbiqi daha əlçatan görünür.

Cədvəl 1.

*Şəhəratrafi nəqliyyat idarəetməsində IoT texnologiyalarının müqayisəli təhlili*

Texnologiya	Əhatə sahəsi	Enerji istehlakı	Tətbiq sahəsi	Məhdudluğu
LoRaWAN	15–50 km	Çox az	Geniş sahəli sensorlar	Aşağı ötürmə sürəti
NB-IoT	5–10 km	Az	Nəqliyyat sayğacları	Mövcud şəbəkə tələbi
5G V2I	<1 km	Yüksək	Avtomatik idarəetmə	İnfrastruktur xərci böyük
DSRC (802.11p)	300–1000 m	Orta	V2V kommunikasiyası	Məhdud əhatə
Radar sensorlar	50–300 m	Orta	Sürət nəzarəti	Hava şəraitindən asılılıq

*Mənbə: müəllif tərəfindən [4, 5, 6] əsasında tərtib edilmişdir.*

**4. Azərbaycanda şəhəratrafi nəqliyyat IoT sistemlərinin tətbiq perspektivləri.**

Azərbaycan "Rəqəmsal Azərbaycan" strategiyası çərçivəsində nəqliyyat sektorunun rəqəmsallaşdırılmasını prioritet istiqamət elan etmişdir. 2021-2025-ci illər üçün nəzərdə tutulmuş "Azərbaycan 2030: Milli Prioritetlər" sənədi ağıllı şəhər konsepsiyasının həyata keçirilməsini milli inkişaf hədəflərindən biri kimi müəyyənləşdirmişdir. Lakin bu sənədlərdə diqqətin əsasən şəhərdaxili infrastrukturaya yönəldiyi, şəhəratrafi nəqliyyatın isə nisbi olaraq kölgədə qaldığı müşahidə olunur.

Bakı-Sumqayıt, Bakı-Nardaran, Bakı-Maştağa istiqamətlərindəki magistral yollarda IoT infrastrukturunun təcridən qurulması ən uyğun başlanğıc nöqtəsini təşkil edir. Birinci mərhələdə bu yolların kritik kəsişmə nöqtələrini və qəza risk zonalarını ağıllı sensorlarla təchiz etmək, ikinci mərhələdə toplanan məlumatları Dövlət Yol Polisinin mövcud nəzarət mərkəzinə inteqrasiya etmək, üçüncü mərhələdə isə proqnozlaşdırma modellərinin tətbiqi mümkündür.

Mövcud çətinliklər sırasında investisiya mənbəyinin müəyyənləşdirilməsi, hüquqi-normativ bazanın təkmilləşdirilməsi, ixtisaslı

kadr hazırlığı və istehlakçı (sürücü) adaptasiyası ön sırada dayanır. Xüsusilə kənd yollarında günəş enerjisi ilə işləyən avtonom sensor modullarının tətbiqi enerji infrastrukturuna birbaşa bağlılığı aradan qaldıra bilər.

**NƏTİCƏ**

Aparılan tədqiqat göstərir ki, şəhəratrafi ərazilərdə nəqliyyatın IoT sistemləri vasitəsilə tənzimlənməsi həm texnoloji, həm də sosial-iqtisadi baxımdan perspektivli bir istiqamətdir. IoT texnologiyaları – xüsusilə LoRaWAN, NB-IoT, edge computing və V2I kommunikasiyası – mövcud nəqliyyat idarəetmə sistemlərinin funksionallığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmağa, tıxacları azaltmağa, yol təhlükəsizliyini gücləndirməyə və ekoloji göstəriciləri yaxşılaşdırmağa qadir-dir.

Şəhəratrafi kontekstin özünəxas xüsusiyyətləri – geniş ərazilər üzrə dağınıq infrastruktur, qeyri-bərabər rabitə əhatəsi, enerji təminatının məhdudluğu – universal həll yolunun olmadığını ortaya qoyur. Bu səbəbdən hər bir regionun coğrafi, iqtisadi və texnoloji reallıqlarına uyğunlaşdırılmış hibrid yanaşmalar daha effektiv nəticə verir.

Azərbaycan üçün tövsiyə kimi qeyd etmək olar ki, şəhərtrafi nəqliyyat IoT sistemlərinin tətbiqi tədricən, pilot layihə formatında həyata keçirilməlidir. Bunun üçün aşağıdakı addımların atılması zəruridir: birincisi, mövcud magistral yollardakı trafik dinamikasının ətraflı tədqiqi; ikincisi, LoRaWAN və ya NB-IoT əsaslı sensor şəbəkəsinin seçilmiş pilot zonalarda qurulması; üçüncüsü, dövlət-özəl sektor əməkdaşlığı modelinin formalaşdırılması; dördüncüsü, nəqliyyat IoT sistemlərini tənzimləyən normativ-hüquqi çərçivənin yaradılması.

Nəticə etibarilə, IoT texnologiyaları şəhərtrafi nəqliyyat idarəetməsini köklü şəkildə dəyişdirmək potensialına malikdir. Lakin bu transformasiyanın uğurla həyata keçirilməsi üçün texnoloji investisiyalarla yanaşı, institusional islahatlara, insan kapitalının inkişafına və ictimai maarifləndirməyə paralel diqqət yetirilməsi vacib şərtədir.

## ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, R. Ş., & Hüseynov, T. N. (2021). Nəqliyyat infrastrukturunun müasir idarəetmə problemləri. Bakı: Elm və Təhsil. 302 s.
2. Abbasov, F. M. (2022). Azərbaycanda yol hərəkəti təhlükəsizliyinin təmin edilməsinin hüquqi-texniki aspektləri. Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti Elmi Əsərləri, 3(18), 12–21. 10 s.
3. Azərbaycan Respublikası Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyi. (2022). Şəhərtrafi magistral yollarda nəqliyyat sıxlığı hesabatı. Bakı: NRYTN. 42 s.
4. Guerrero-Ibáñez, J., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2018). Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. *Sensors*, 18(4), 1212. 138 s.
5. Klapez M., Grazia C.A., & Casoni M. (2020). Internet of Vehicles: A Survey of Technologies and Challenges. *Future Internet*, 12(2), 28. 220 s.
6. Quliyev, E. C. (2020). LoRaWAN texnologiyasının Azərbaycanda rabitə infrastrukturuna inteqrasiyası. *İnformasiya Cəmiyyəti Problemləri*, 2, 44–52. 9 s.

7. Băjenescu, T. M. (2021). Edge Computing in IoT for Smart Transportation Systems. *Journal of Communications Technology and Electronics*, 66(5), 31–36. 6 s.
8. Kerner, B. S. (2019). *Traffic Engineering: New Developments*. Springer, Berlin. 412 s.
9. Məmmədov, A. Q., & Rəhimov, K. İ. (2023). Bakı-Sumqayıt sənaye dəhlizinin ekoloji nəqliyyat göstəriciləri. *Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin Əsərləri*, 1(29), 48–60. 13 s.
10. Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Strateji Araşdırmalar Mərkəzi. (2021). *Azərbaycan 2030: Milli Prioritetlər – Rəqəmsal inkişaf istiqaməti*. Bakı: SAM Nəşriyyatı. 64 s.
11. İsmayılova, G.R. (2022). Ağıllı şəhər konsepsiyasının Azərbaycanda tətbiqinin perspektivləri. *İqtisadiyyat və İdarəetmə*, 4, 22–31. 10 s.
12. Coleri Ergen, S. (2019). Autonomous Sensor Networks Powered by Renewable Energy for Smart Roads. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 68(9), 8617–8629. 13 s.

**UOT: 622.621.01**

**Məmmədov N.Y, Əhmədzadə M.R.**

*Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*  
*ahmedzadehmurad@gmail.com*

**Şəhərtrafi ərazilərdə nəqliyyatın IoT sistemləri ilə tənzimlənməsi**

## XÜLASƏ

Şəhərləşmənin sürətlənməsi şəhərtrafi ərazilərdə nəqliyyat yükünü artırır və ənənəvi idarəetmə üsullarının çatışmazlıqlarını aşkara çıxarır. Bu məqalədə Əşyaların İnterneti (IoT) texnologiyalarının şəhərtrafi nəqliyyat sistemlərinin tənzimlənməsindəki rolu araşdırılmışdır. LoRaWAN, NB-IoT, V2I kommunikasiyası və edge computing kimi texnologiyaların imkanları müqayisəli şəkildə təh-

lil edilmiş, Azərbaycan kontekstinə uyğun tətbiq tövsiyələri irəli sürülmüşdür. Tədqiqat göstərir ki, IoT inteqrasiyası nəqliyyat axınının optimallaşdırılmasına, yol qəzalarının azaldılmasına və idarəetmə səmərəliliyinin artırılmasına ciddi töhfə verə bilər.

**Açar sözlər:** *IoT, şəhərətəfi nəqliyyat, ağıllı nəqliyyat sistemləri, V2I kommunikasiyası, yol sensorları, LoRaWAN, nəqliyyat idarəetməsi.*

**UOT: 622.621.01**

**Mammadov N.Y, Ahmadzade M.R**

*Azerbaijan University of Architecture and Construction*  
*ahmedzadehmurad@gmail.com*

### **Regulation of transportation in suburban areas with IoT systems**

#### **ABSTRACT**

The acceleration of urbanization increases the transportation burden in suburban areas and reveals the limitations of conventional management approaches. This article investigates the role of Internet of Things (IoT) technologies in regulating suburban transportation systems. The capabilities of LoRaWAN, NB-IoT, V2I communication, and edge computing technologies are comparatively analyzed, and application recommendations tailored to the Azerbaijani context are proposed. The research demonstrates that IoT integration can make a significant contribution to optimizing traffic flow, reducing road accidents, and improving management efficiency in suburban transportation networks.

**Keywords:** *IoT, suburban transportation, intelligent transport systems, V2I communication, road sensors, LoRaWAN, traffic management.*

**Redaksiyaya daxil olma/Received 02.04.2026**

**Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 04.05.2026**

**UOT: 622.621.01**

**Мамедов Н.Ю., Ахмедзаде М.Р.**

*Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет*  
*ahmedzadehmurad@gmail.com*

### **Регулирование транспорта в пригородных зонах с помощью систем IoT**

#### **АННОТАЦИЯ**

Ускорение урбанизации увеличивает транспортную нагрузку в пригородных районах и обнажает недостатки традиционных методов управления. В данной статье исследуется роль технологий Интернета вещей (IoT) в регулировании пригородных транспортных систем. Сравнительному анализу подвергаются возможности таких технологий, как LoRaWAN, NB-IoT, V2I-коммуникация и граничные вычисления (edge computing), а также формулируются рекомендации по их применению с учётом условий Азербайджана. Исследование показывает, что интеграция IoT способна внести существенный вклад в оптимизацию транспортных потоков, снижение дорожно-транспортных происшествий и повышение эффективности управления пригородными транспортными сетями.

**Ключевые слова:** *IoT, пригородный транспорт, интеллектуальные транспортные системы, V2I-коммуникация, дорожные датчики, LoRaWAN, управление трафиком.*

*Məqaləyə AzMİU-nun*  
*“Nəqliyyat” fakültəsinin dekani*  
*E.N. Yusifzadə rəy vermişdir.*