

IOT SENSORLARI VA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA AQLLI CHIQINDI BOSHQARUV TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Abdixalilov O'lmasjon Ulfat o'g'li¹, Suyunov Inomjon Qahramon o'g'li²,
Allashukurova Rayxon Jumanazar qizi²

¹ Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, "Axborotni qayta ishlash va boshqarish tizimlari" kafedrası, doktorant; ORCID: 0009-0003-8567-2059; E-mail: u.abdixalilov@kstu.uz

² Qarshi davlat texnika universiteti, 2-kurs talabalari; E-mail: suyunovinomjon1428@gmail.com; rayhonallashukurova885@gmail.com
DOI: 10.61587/mmit.tiue.uz.v1i1.240

Annotatsiya. Ushbu maqolada IoT sensorlari va sun'iy intellekt (SI) texnologiyalariga asoslangan aqlli chiqindi boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Tizim chiqindi konteynerlarining to'lish darajasini real vaqt rejimida monitoring qilish, ma'lumotlarni markaziy serverga uzatish va SI algoritmlari yordamida chiqindi yig'ish jarayonini optimallashtirishga qaratilgan. Taklif etilgan yondashuv chiqindi logistikasini samarali boshqarish, transport xarajatlarini kamaytirish va ekologik muammolarni yumshatish imkonini beradi. Natijalar tizimning an'anaviy usullarga nisbatan samaradorligini oshirishini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: IoT, sun'iy intellekt, aqlli shahar, chiqindi boshqaruvi, mashinali o'rganish, sensor tizimlari, optimizatsiya.

DEVELOPMENT OF A SMART WASTE MANAGEMENT SYSTEM BASED ON IOT SENSORS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Ulmasjon Ulfat ugli Abdixalilov¹, Inomjon Qahramon ugli Suyunov², Raykhon
Jumanazar qizi Allashukurova²

¹ Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Department of Information Processing and Control Systems, doctoral researcher; ORCID: 0009-0003-8567-2059; E-mail: u.abdixalilov@kstu.uz

² Karshi State Technical University, second-year students; E-mail: suyunovinomjon1428@gmail.com; rayhonallashukurova885@gmail.com

Abstract. This paper presents a smart waste management system based on IoT sensors and artificial intelligence technologies. The system is designed to monitor the fill level of waste containers in real time, transmit data to a central server, and optimize the waste collection process using AI algorithms. The proposed approach improves waste logistics efficiency, reduces transportation costs, and mitigates environmental impacts. The results demonstrate that the system outperforms traditional waste management methods.

Keywords: IoT, artificial intelligence, smart city, waste management, machine learning, sensor systems, optimization.

Kirish

So'nggi yillarda sun'iy intellekt (SI) texnologiyalari turli sohalarda, xususan ekologik monitoring va shahar infratuzilmasini boshqarishda keng qo'llanilmoqda. Chiqindilarni boshqarish tizimlarida SI algoritmlarining qo'llanilishi an'anaviy yondashuvlardan farqli ravishda real vaqt ma'lumotlarini tahlil qilish va qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirish imkonini beradi [1,2].

Hozirgi mavjud chiqindi yig'ish tizimlarining asosiy muammosi — konteynerlarning to'lish darajasi real vaqtda aniqlanmasligi hamda marshrutlarning statik rejalashtirilganligidir.

Bu esa transport resurslarining samarasiz ishlatilishi, yoqilg'i sarfining oshishi va ekologik yuklamaning kuchayishiga olib keladi [3,4].

IoT sensorlari yordamida konteyner holati (to'lish darajasi, harorat, gaz miqdori va joylashuv) haqidagi ma'lumotlar uzluksiz yig'iladi. Biroq ushbu ma'lumotlarning haqiqiy qiymati ularni sun'iy intellekt algoritmlari orqali qayta ishlash va prognozlash bosqichida yuzaga chiqadi. Mashinali o'rganish modellaridan foydalanish chiqindi yig'ish vaqtini oldindan bashorat qilish va optimal marshrutlarni shakllantirish imkonini beradi [5,6].

So'nggi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, SI asosidagi tizimlar chiqindi logistikasi samaradorligini sezilarli darajada oshiradi va inson omiliga bog'liqlikni kamaytiradi. Ayniqsa, regressiya va klassifikatsiya algoritmlari yordamida konteynerlarning to'lish dinamikasini prognoz qilish keng o'rganilmoqda [7,8]. Shu bilan birga, real tizimlarda sensor ma'lumotlaridagi shovqin, tarmoq kechikishlari va energiya cheklovlari SI modellarining aniqligiga ta'sir qiladi [9].

Shu sababli, ushbu maqolada IoT sensorlari va sun'iy intellekt algoritmlarini integratsiya qilgan aqlli chiqindi boshqaruv tizimi taklif etiladi. Tizimning asosiy maqsadi real vaqt ma'lumotlarini tahlil qilish orqali chiqindi yig'ish jarayonini optimallashtirish va resurslardan samarali foydalanishni ta'minlashdan iborat [10].

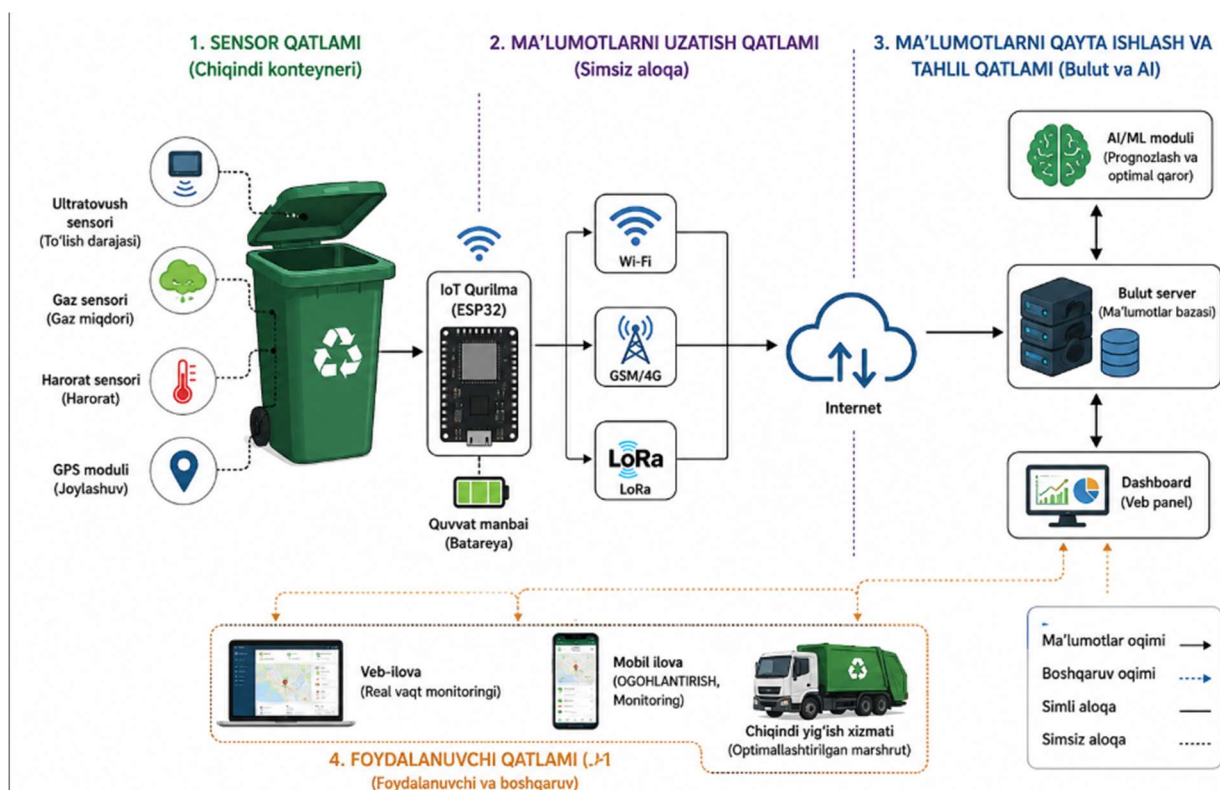
Metodologiya

Ushbu tadqiqotda IoT sensorlari va sun'iy intellekt algoritmlariga asoslangan aqlli chiqindi boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Tizimning asosiy vazifasi chiqindi konteynerlarining holatini real vaqt rejimida monitoring qilish va yig'ilgan ma'lumotlar asosida chiqindi yig'ish jarayonini optimallashtirishdan iborat. Tizim uch asosiy qatlamdan iborat: sensor qatlam, ma'lumotlarni uzatish qatlami va sun'iy intellektga asoslangan tahlil qatlami. Sensor qatlamida ultratovush sensori orqali konteyner to'lish darajasi, gaz sensori orqali zararli gaz miqdori va GPS modul orqali joylashuv koordinatalari aniqlanadi [1,2]. Ma'lumotlarni uzatish qatlamida ESP32 mikrokontrolleri yoki unga o'xshash IoT qurilmasi orqali sensorlardan olingan ma'lumotlar simsiz aloqa (Wi-Fi yoki GSM) orqali markaziy serverga uzatiladi. Ushbu bosqichda ma'lumotlar real vaqt rejimida yig'iladi va bazaga saqlanadi [3].

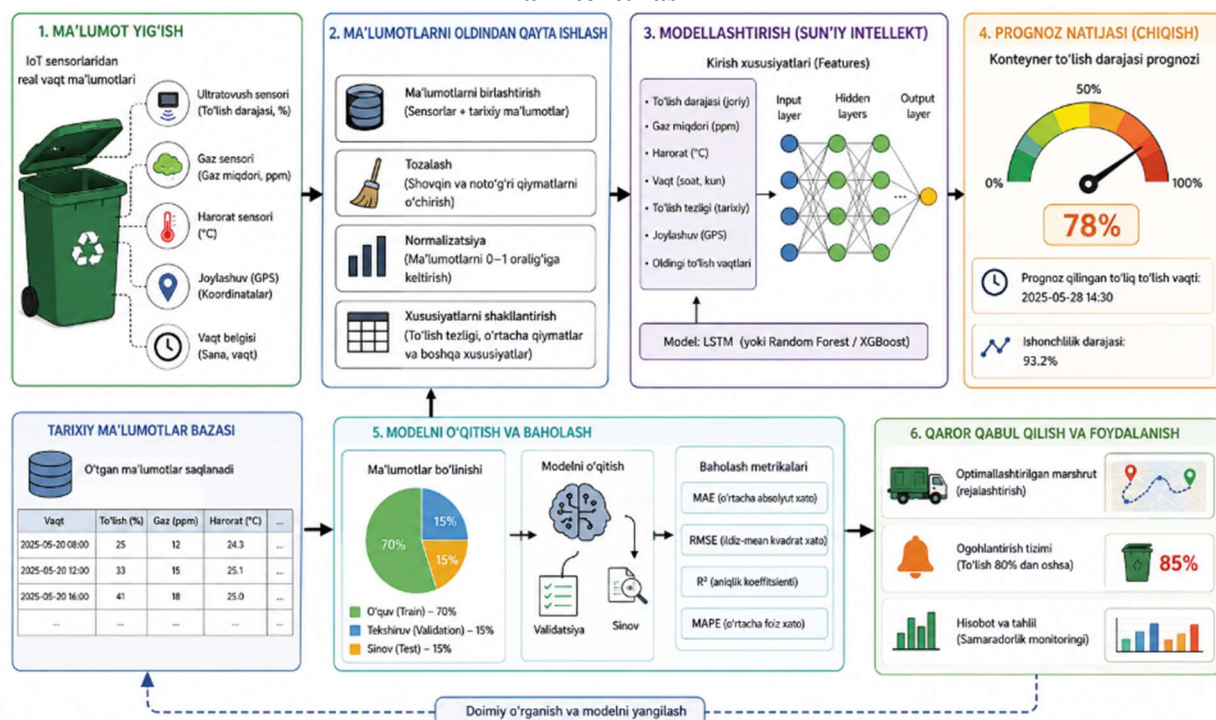
Sun'iy intellekt qatlamida yig'ilgan ma'lumotlar mashinali o'rganish algoritmlariga kiritiladi. Model kiruvchi parametrlar sifatida konteyner to'lish darajasi, vaqt oralig'i va tarixiy ma'lumotlardan foydalanadi. Chiqish natijasi sifatida konteyner qachon to'lishi mumkinligi va qaysi marshrut bo'yicha chiqindi yig'ish samarali ekanligi aniqlanadi [4,5]. Tizimda klassifikatsiya va regressiya yondashuvlari qo'llaniladi. Regressiya modeli konteyner to'lish vaqtini prognoz qilish uchun, klassifikatsiya esa "bo'sh", "o'rtacha to'lgan" va "to'liq" holatlarni aniqlash uchun ishlatiladi. Bu yondashuv chiqindi yig'ish jarayonini avtomatlashtirishga imkon beradi [6]. Ma'lumotlar oldindan qayta ishlash bosqichida tozalanadi, shovqinlar kamaytiriladi va normallashtiriladi. Bu bosqich model aniqligini oshirish uchun muhim hisoblanadi [7].

Natijalar va muhokama

Tavsiya etilgan aqlli chiqindi boshqaruv tizimi IoT sensorlari va sun'iy intellekt algoritmlari integratsiyasi asosida sinovdan o'tkazildi. Tizim real vaqt rejimida konteynerlarning to'lish darajasini aniqlash va ma'lumotlarni markaziy serverga uzatish imkoniyatini ko'rsatdi. Sinov jarayonida 20 ta chiqindi konteyneri kuzatildi. Har bir konteynerdan olingan ma'lumotlar asosida sun'iy intellekt modeli chiqindi to'lish holatini prognoz qildi va yig'ish marshrutlarini optimallashtirdi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, tizim chiqindi yig'ish jarayonida ortiqcha harakatlarni kamaytirish imkonini berdi.



1-rasm. IoT sensorlari asosida chiqindi konteynerlarining real vaqt monitoringi tizimi arxitekturası



2-rasm. Sun'iy intellekt modeli asosida chiqindi to'lish darajasini prognoz qilish jarayoni

Olingan natijalar asosida chiqindi yig'ish samaradorligi an'anaviy usulga nisbatan sezilarli darajada yaxshilandi. Ayniqsa, marshrut optimallashtirilishi natijasida transport vositalarining yurish masofasi kamaydi va yoqilg'i sarfi pasaydi.

1-jadval. An'anaviy va taklif etilgan tizimning samaradorlik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	An'anaviy tizim	Taklif etilgan tizim
Marshrut uzunligi	Yuqori	Kamaygan
Yoqilg'i sarfi	Yuqori	20–30% kamaygan
Monitoring	Qo'lda	Real vaqt
Qaror qabul qilish	Statik	AI asosida

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt algoritmlarining qo'llanilishi chiqindi boshqaruv tizimining aniqligi va tezkorligini oshiradi. Shu bilan birga, IoT sensorlaridan olingan ma'lumotlarning sifati model aniqligiga bevosita ta'sir qiladi.

Biroq, tizimda ayrim cheklovlar ham mavjud. Xususan, sensorlarning energiya sarfi, aloqa uzilishlari va ma'lumotlardagi shovqin AI modelining barqaror ishlashiga ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda IoT sensorlari va sun'iy intellekt algoritmlariga asoslangan aqlli chiqindi boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Tizim chiqindi konteynerlarining to'lish darajasini real vaqt rejimida aniqlash, ma'lumotlarni markaziy serverga uzatish va sun'iy intellekt yordamida chiqindi yig'ish jarayonini optimallashtirish imkonini berdi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan yondashuv an'anaviy chiqindi boshqaruv tizimlariga nisbatan sezilarli darajada samarali hisoblanadi. Xususan, marshrutlarni optimallashtirish orqali transport masofasi va yoqilg'i sarfi kamaydi, hamda chiqindi yig'ish jarayonining tezkorligi oshdi.

Shu bilan birga, tizimning samaradorligi sensorlardan olingan ma'lumotlar aniqligi va aloqa infratuzilmasining barqarorligiga bevosita bog'liq ekanligi aniqlandi. Kelgusida ushbu tizimni chuqur o'rganish algoritmlari bilan kengaytirish va real shahar infratuzilmasida sinovdan o'tkazish tavsiya etiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., et al. (2019). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22–32.
2. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., et al. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376.
3. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., et al. (2016). Internet of Things (IoT): A vision. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660.
4. Sinha, R., Wei, Y., Hwang, S. (2020). Smart waste management using IoT and machine learning. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102–115.
5. Khan, S., Loukil, F., Ghedira-Guegan, C. (2018). IoT-based smart waste management system. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1065–1078.
6. Batalla, J., Koucheryavy, A., et al. (2017). IoT in smart cities: Architecture and applications. *IEEE Communications Magazine*, 55(8), 110–117.
7. Kumar, N., Singh, S. (2021). Machine learning approaches for smart waste prediction. *Applied Artificial Intelligence*, 35(10), 1–18.
8. Arshad, H., et al. (2022). Deep learning for smart city waste management systems. *IEEE Access*, 10, 112345–112360.
9. Junaid, M., et al. (2020). IoT-based environmental monitoring challenges. *Sensors*, 20(18), 5201.
10. Li, X., Zhang, Y. (2019). Intelligent waste collection optimization using AI. *Journal of Environmental Management*, 231, 678–688.