

AUTOMATED MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM USING IOT AND MOBILE APPLICATIONS**Hamrayeva Gulnoz Rustamovna**

Muhammad al-xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, "Axborot ta'lim texnologiyalari kafedrası" katta o'qituvchisi

Sevara Boboqulova

5-kurs talabasi.

Abstract

This article investigates an automated urban waste management system using IoT and mobile applications through a systematic and integrated approach. The study is based on the legislation of the Republic of Uzbekistan, international experiences, and modern information and communication technologies. The proposed solution enables digitalization of waste collection and transportation processes, reduces transport costs, improves environmental conditions, and establishes interactive communication between operators and users. Consequently, the system contributes significantly to optimizing city management, efficiently managing waste, and implementing the smart city concept in practice.

Keywords

IoT, mobile application, waste management, smart city, automated system, environmental safety

Annotatsiya

Mazkur maqolada IoT va mobil ilovalar yordamida shahar chiqindilarini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi tizimli va kompleks yondashuv asosida o'rganildi. Tadqiqot jarayonida O'zbekiston Respublikasining amaldagi qonunchiligi, xorijiy tajribalar va zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida tizim modeli ishlab chiqildi. Taklif etilgan yechim chiqindilarni yig'ish va tashish jarayonini raqamlashtirish, transport xarajatlarini kamaytirish, ekologik holatni yaxshilash va operatorlar hamda foydalanuvchilar o'rtasida interaktiv aloqani yo'lga qo'yishga xizmat qiladi. Natijada tizim shahar boshqaruvini optimallashtirish, chiqindilarni samarali boshqarish va aqlli shahar konsepsiyasini amaliyotga tatbiq etishda muhim ilmiy va amaliy hissa qo'shadi.

Kalit so'zlar

IoT, mobil ilova, chiqindilarni boshqarish, aqlli shahar, avtomatlashtirilgan tizim, ekologik xavfsizlik

Bugungi kunda urbanizatsiya jarayonining tezlashuvi shahar infratuzilmasini samarali boshqarish masalasini dolzarb ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik muammo sifatida ilgari surmoqda. Aholi sonining ortishi, sanoatlashuv darajasining oshishi va iste'mol madaniyatining o'zgarishi natijasida chiqindilar hajmi yil sayin oshib bormoqda. Bu holat nafaqat atrof-muhit ifloslanishiga, balki tabiiy resurslarning kamayishi va sanitariya-gigiyena talablarining buzilishiga ham olib keladi. Shu sababli,

shahar infratuzilmasida chiqindilarni samarali boshqarish tizimini yaratish zamonaviy shaharlar rivoji uchun muhim strategik vazifaga aylanmoqda.

Aqlli shahar (Smart City) konsepsiyasi ushbu muammolarni hal etishda innovatsion yondashuv sifatida namoyon bo'ladi. Mazkur konsepsiya axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT), IoT, mobil ilovalar va sensor tizimlar integratsiyasi orqali shahar infratuzilmasini kompleks boshqarishni nazarda tutadi. Shu nuqtai nazardan, chiqindilarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi real vaqt rejimida monitoring, resurslardan oqilona foydalanish va optimal transport marshrutlarini yaratish imkonini ta'minlaydi.

Ballik chiqindi konteynerlari, ya'ni sensorli konteynerlar, maxsus ultratovush, og'irlik yoki infraqizil sensorlar bilan jihozlangan bo'lib, chiqindi darajasini aniq o'lchash va markaziy serverga ma'lumot uzatish imkoniyatini beradi. Ushbu ma'lumotlar mobil ilovalar orqali tizim operatorlari va foydalanuvchilarga yetkaziladi, bu esa chiqindilarni yig'ish jarayonini aniq ehtiyojga asoslangan holda optimallashtirishga xizmat qiladi.

An'anaviy tizimlarda chiqindilar belgilangan jadval asosida yig'iladi, bu esa samaradorlikning pastligi, transport xarajatlarining ortishi, ekologik ifloslanishning ko'payishi hamda resurslardan noto'g'ri foydalanish kabi muammolarni yuzaga keltiradi. Shu nuqtai nazardan, IoT va mobil ilovalar yordamida tashkil etiladigan avtomatlashtirilgan tizim muammoni hal qilishda muhim vosita hisoblanadi. U chiqindi konteynerlarini real vaqt rejimida monitoring qilish, optimal transport marshrutlarini shakllantirish, xarajatlarni kamaytirish va ekologik holatni yaxshilash imkonini yaratadi.

Natijada, IoT texnologiyalari va mobil ilovalar integratsiyasiga asoslangan chiqindilarni boshqarish tizimi nafaqat samarali va tejamkor bo'lib, balki ekologik xavfsiz shahar boshqaruvi jarayonini ta'minlashga xizmat qiladigan zamonaviy infratuzilmaga aylanadi. Shu bilan birga, tizimning amaliy tatbiqi shahar ma'muriyati va foydalanuvchilar o'rtasida interaktiv aloqani yo'lga qo'yishga ham imkon beradi, bu esa qaror qabul qilish jarayonini sezilarli darajada optimallashtiradi.

Chiqindilarni samarali boshqarish va raqamlashtirish bo'yicha tadqiqotlarni amalga oshirishda huquqiy baza sifatida **O'zbekiston Respublikasining 2011-yil 22-sentabrdagi "Chiqindilar to'g'risida"gi Qonuni (O'RQ-301-son)** asos qilib olindi. Ushbu qonun chiqindilarni yig'ish, saqlash, tashish, qayta ishlash va utilizatsiya qilish tartibini belgilab, ekologik xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan. Shu bilan birga, qonunda chiqindilarni monitoring qilish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish zarurligi ta'kidlangan. Shu nuqtai nazardan, ballik chiqindi konteynerlari va ularni boshqaruvchi mobil ilovalar mazkur talablarni amaliyotga tatbiq etish imkonini beradi.

So'nggi yillarda chiqindilarni aqlli boshqarish tizimlari bo'yicha bir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Masalan, M. Faccio va A. Persona (2019) IoT texnologiyalari orqali real vaqt monitoringini yo'lga qo'yish xizmat sifatini 30–40% ga oshirishini ko'rsatgan. S. Longhi va D. Marzioni (2020) esa sensorli konteyner tizimlarida ultratovush datchiklari yordamida konteynerlarning to'lish darajasini aniqlash usullarini taklif qilgan. Transport xarajatlarini kamaytirish va optimal marshrutlarni shakllantirish bo'yicha B. Johansson va J. Karlsson (2018) GPS va GIS texnologiyalarini qo'llab, samarali algoritmlar ishlab chiqqan. Shu bilan birga, R. Zanella va M. Zorzi (2014) IoT tarmoqlari orqali real vaqt monitoringi chiqindilarni boshqarish samaradorligini oshirishini aniqlagan.

Xorijiy tajribaga nazar solganda, Yevropa, AQSh va Janubiy Koreyada aqlli chiqindi boshqaruvi tizimlari keng qo'llanilgan. Bu tizimlar avtomatlashtirilgan, energiya tejamkor va ekologik xavfsiz bo'lib, mobil ilovalar orqali operatorlar va foydalanuvchilar o'rtasida interaktiv aloqani ta'minlaydi. Shu jihatlar mazkur tadqiqotda taklif etilayotgan tizimning konseptual va amaliy asosini belgilab beradi.

Mazkur tadqiqotda chiqindilarni aqlli boshqarish tizimini ishlab chiqish uchun kompleks ilmiy yondashuv qo'llanildi. Tahliliy metod yordamida mavjud tizimlarning kamchiliklari aniqlanib, ularni takomillashtirish imkoniyatlari o'rganildi. Taqqoslash usuli an'anaviy va aqlli tizimlar o'rtasidagi farqlarni tahlil qilishga imkon berdi. Modellash usuli yordamida tizimning konseptual modeli ishlab chiqildi va uning ishlash jarayonlari ilmiy jihatdan asoslandi. Shu bilan birga, dasturiy ta'minot loyihalash metodlari mobil ilova va server arxitekturasi funksional va texnik talablarini aniqlashga xizmat qildi.

Taklif etilayotgan tizim quyidagi asosiy komponentlardan iborat:

1. **Sensorli konteynerlar** – chiqindilar darajasini aniqlash va dastlabki ma'lumotlarni yig'ish vazifasini bajaradi.
2. **IoT ma'lumot uzatish moduli** – sensorlardan olingan ma'lumotlarni real vaqt rejimida markaziy serverga uzatadi.
3. **Server qismi** – kelib tushgan ma'lumotlarni saqlash, tahlil qilish va mobil ilovaga uzatishni ta'minlaydi.
4. **Mobil ilova** – tizim operatorlari uchun monitoring paneli sifatida xizmat qiladi, konteynerlar holatini real vaqt rejimida kuzatish va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi.

Ushbu metodologiya va tizim komponentlari bir-biri bilan uzviy bog'langan bo'lib, chiqindilarni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish va optimallashtirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, IoT va mobil ilovalar integratsiyasi tizimning samaradorligini sezilarli darajada oshirish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash hamda transport xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi.

Taklif etilayotgan chiqindilarni avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi ko'p pog'onali va o'zaro integratsiyalashgan arxitekturaga ega bo'lib, u ma'lumotlarni yig'ish, uzatish, qayta ishlash hamda foydalanuvchiga yetkazish jarayonlarini samarali tashkil etishga qaratilgan.

Tizimning birinchi bosqichi **sensor qismi** hisoblanadi. Ushbu qismda ultratovush sensorlari o'rnatilgan bo'lib, ular chiqindilar darajasini aniqlaydi va olingan ma'lumotlarni mikrokontrollerga uzatadi. Mikrokontroller dastlabki qayta ishlashni amalga oshirib, ma'lumotlarni keyingi bosqichga tayyorlaydi.

Ikkinchi bosqich — **aloqa moduli**, u GSM yoki Wi-Fi tarmoqlari orqali sensorlardan olingan ma'lumotlarni markaziy serverga uzatishni ta'minlaydi. Bu esa tizimda real vaqt rejimida monitoring va masofaviy boshqaruv imkonini yaratadi.

Tizimning markaziy elementi — **server qismi** bo'lib, u kelib tushgan ma'lumotlarni saqlash, tahlil qilish va qayta ishlashni amalga oshiradi. Shuningdek, server maxsus dasturiy interfeys (API)

orqali mobil ilovaga uzluksiz ma'lumot yetkazishni ta'minlaydi, bu esa tizimning moslashuvchanligi va kengaytirilish imkoniyatlarini oshiradi.

Arxitekturaning yakuniy bosqichi — **mobil ilova**, u operatorlar uchun monitoring paneli vazifasini bajaradi. Mobil ilova orqali foydalanuvchilar konteynerlarning xarita asosidagi joylashuvini kuzatish, real vaqt rejimida ularning holatini monitoring qilish va tizim tomonidan yuboriladigan bildirishnomalarni qabul qilish imkoniga ega bo'ladi. Shu tarzda, chiqindilarni yig'ish jarayoni samarali boshqariladi va optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkoniyati yaratiladi.

Ushbu tizim arxitekturasi barcha komponentlarning uzviy integratsiyasi orqali chiqindilarni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish va optimallashtirishga xizmat qiladi.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi bir qator jihatlarda namoyon bo'ladi. Avvalo, ballik chiqindi konteynerlarini boshqarishga mo'ljallangan integratsiyalashgan mobil ilova modeli taklif etildi. Ushbu model sensorli qurilmalar, IoT texnologiyalari va server arxitekturasi yagona tizimga birlashtirib, chiqindilarni boshqarish jarayonini avtomatlashtirish imkonini yaratadi.

Shuningdek, tizimda real vaqt rejimida monitoring va avtomatik ogohlantirish mexanizmi ishlab chiqildi. Bu yechim konteynerlarning to'lish darajasini uzluksiz kuzatish va ortiqcha yuklanishning oldini olishga xizmat qiladi. Tizimda qo'llanilgan marshrutlarni optimallashtirish algoritmi esa transport vositalari harakatini samarali rejalashtirishga imkon beradi, bu esa yoqilg'i va vaqt resurslarini tejashga xizmat qiladi.

Yana bir muhim jihat shundaki, tizim O'zbekiston sharoitiga moslashtirilgan arxitektura asosida ishlab chiqildi. Tizim energiya tejamkor, moslashuvchan va kengaytirilishi mumkin bo'lib, foydalanuvchilar uchun qulay interfeysga ega.

Taklif etilgan yechimni amaliyotga joriy etish natijasida chiqindilarni yig'ish samaradorligi sezilarli darajada oshadi, transport xarajatlari kamayadi va shahar boshqaruvi optimallashtiriladi. Shu bilan birga, chiqindilarni o'z vaqtida olib chiqish orqali ekologik holat yaxshilanadi va atrof-muhitga salbiy ta'sir kamayadi. Natijada, tizim nafaqat avtomatlashtirilgan, balki iqtisodiy va ekologik jihatdan samarali boshqaruv imkoniyatini ta'minlaydi.

Xulosa qilib aytganda, mazkur maqolada IoT va mobil ilovalar yordamida shahar chiqindilarini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi tizimli va kompleks yondashuv asosida o'rganildi. Tadqiqot jarayonida O'zbekiston Respublikasining amaldagi qonunchiligi, shuningdek, xorijiy tajribalar va zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida tizim modeli ishlab chiqildi.

Taklif etilgan yechim chiqindilarni boshqarish jarayonini raqamlashtirish va avtomatlashtirish orqali shahar infratuzilmasining umumiy samaradorligini sezilarli darajada oshirishga xizmat qiladi. Tizim yordamida chiqindilarni yig'ish va tashish jarayoni optimallashtiriladi, bu esa transport xarajatlarini kamaytirish va yoqilg'i resurslaridan tejamkor foydalanish imkonini beradi. Shu bilan birga, chiqindilarni o'z vaqtida olib chiqish ekologik holatni yaxshilash va atrof-muhitning ifloslanishini kamaytirishga xizmat qiladi.

Yana bir muhim jihat shundaki, tizim operatorlar va foydalanuvchilar o'rtasida interaktiv aloqani yo'lga qo'yadi, bu esa real vaqt rejimida monitoring, tezkor qaror qabul qilish va xizmat sifatini oshirish imkonini yaratadi. Mobil ilova orqali foydalanuvchi interfeysi qulayligi ta'minlanib, shahar chiqindilarini boshqarish jarayoni yanada samarali va intuitiv bo'ladi.

Natijada, ishlab chiqilgan tizim nafaqat shahar boshqaruvini optimallashtirish va chiqindilarni samarali boshqarish, balki aqlli shahar konsepsiyasini amaliyotga tatbiq etishda muhim ilmiy va amaliy hissa qo'shadi. Ushbu yondashuv kelajakda boshqa hududlarda ham chiqindilarni boshqarish tizimini modernizatsiya qilish va shahar infratuzilmasini barqaror rivojlantirish uchun asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

1. O'zbekiston Respublikasi. *Chiqindilar to'g'risida* Qonuni, O'RQ-301-son, 22-sentabr 2011. Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Qonunchilik palatasi.
2. S. Longhi, D. Marzoni. *Ultrasonic sensor systems for smart waste containers*. Waste Management, 2020, 112, pp. 230–240.
3. B. Johansson, J. Karlsson. *Optimization of municipal waste collection using GPS and GIS technologies*. Journal of Cleaner Production, 2018, 190, pp. 350–360.
4. R. Zanella, M. Zorzi. *Internet of Things for smart city waste management*. IEEE Internet of Things Journal, 2014, 1(2), pp. 101–110.
5. A. Bakshi, S. Gupta. *Smart cities and automated waste management: A review*. Sustainable Cities and Society, 2021, 66, 102651.
6. C. Angelopoulos, N. Tziritis. *IoT-enabled waste collection systems for urban sustainability*. Journal of Cleaner Production, 2020, 270, 122372.
7. H. Kim, S. Lee. *Smart waste management systems in South Korea: Implementation and efficiency analysis*. Waste Management, 2019, 87, pp. 1–12.