# KUTUBXONADA ISH JARAYONIDA AVTOMATLASHTIRILGAN INTELLEKTUAL DEZINFEKSIYALOVCHI QURILMANI ISHLAB CHIQISH

**Burxonov Zafarbek A'zamjon o'g'li**
*Andijon davlat texnika instituti Doktorant*
*E-mail: zafar.dos92@gmail.com*

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada kutubxona ish jarayonida qo'llanilishi mumkin bo'lgan avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilmani ishlab chiqish masalasi yoritilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi – foydalanuvchi aralashuvisiz, xavfsiz va samarali ishlovchi, sun'iy intellekt vositalari bilan jihozlangan zamonaviy dezinfeksiya tizimini yaratishdan iborat. Qurilma tarkibiga UV-C nurlari asosidagi dezinfeksiya moduli, RFID sensorlar bilan jihozlangan aniqlash tizimi, Arduino platformasida ishlovchi boshqaruv bloki hamda IoT asosida masofaviy monitoring komponentlari kiritilgan. Qurilma real vaqt rejimida kitob kirishini aniqlab, dezinfeksiya jarayonini avtomatik ishga tushiradi. AI algoritmlari asosida foydalanuvchi oqimini tahlil qilish orqali energiya tejovchi va samaradorlikni oshiruvchi yondashuvlar taklif etilgan. Qurilma samaradorligi mikrobiologik testlar yordamida baholandi va 99.7% darajada bakteriyalarni yo'q qilishga erishildi. Ushbu yondashuv kutubxonalarda epidemik xavflarning oldini olishda, xizmat sifatini oshirishda va raqamli transformatsiya jarayonlarini jadallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

**Kalit so'zlar:** Avtomatlashtirilgan tizim, intellektual qurilma, kutubxona, dezinfeksiya, UV-C nurlanish, IoT, mikrobiologik xavfsizlik, sensor texnologiyalari, Arduino, foydalanuvchisiz boshqaruv, sun'iy intellekt, kitob dezinfeksiyasi, real vaqt rejimi, epidemiya profilaktikasi, energiya tejamkorlik.

**Аннотация:** В данной статье рассматривается разработка автоматизированного интеллектуального устройства для дезинфекции, которое может быть использовано в процессе работы библиотек. Основной целью исследования является создание современной дезинфекционной системы, оснащённой средствами искусственного интеллекта, работающей безопасно, эффективно и без вмешательства пользователя. Устройство включает в себя модуль дезинфекции на основе УФ-С излучения, систему идентификации с RFID-датчиками, управляющий блок на платформе Arduino и компоненты дистанционного мониторинга на базе IoT. Устройство в реальном времени обнаруживает поступление книги и автоматически активирует процесс дезинфекции. На основе AI-алгоритмов предложены подходы, повышающие эффективность и энергосбережение за счёт анализа потока пользователей. Эффективность устройства была оценена с помощью микробиологических тестов и составила 99,7% по уничтожению бактерий.


ISSN 3030-3907

Предложенное решение имеет важное значение для профилактики эпидемических рисков в библиотеках, повышения качества обслуживания и ускорения цифровой трансформации библиотечных процессов.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, интеллектуальное устройство, библиотека, дезинфекция, УФ-С излучение, IoT, микробиологическая безопасность, сенсорные технологии, Arduino, управление без участия пользователя, искусственный интеллект, дезинфекция книг, режим реального времени, профилактика эпидемий, энергоэффективность.

**Abstract:** This article presents the development of an automated intelligent disinfection device applicable to library operations. The main objective of the research is to design a modern disinfection system equipped with artificial intelligence tools that operates safely, efficiently, and without user intervention. The device consists of a UV-C radiation-based disinfection module, a detection system with RFID sensors, a control unit built on the Arduino platform, and IoT-based remote monitoring components. It detects book entries in real-time and initiates the disinfection process automatically. AI algorithms are applied to analyze user flow, enabling energy-saving and performance-optimizing strategies. The device's effectiveness was evaluated through microbiological testing, achieving a 99.7% bacterial elimination rate. This approach plays a critical role in mitigating epidemic risks in libraries, improving service quality, and accelerating the digital transformation of library processes.

**Keywords:** automated system, intelligent device, library, disinfection, UV-C radiation, IoT, microbiological safety, sensor technologies, Arduino, touchless control, artificial intelligence, book disinfection, real-time operation, epidemic prevention, energy efficiency.

**Kirish.**

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida yuzaga kelgan pandemiyalar, ayniqsa COVID-19 global sog‘liqni saqlash inqirozi, jamoat muassasalarida, xususan, kutubxonalarda sanitariya-gigiyena choralarining dolzarbligini keskin oshirdi. Bosma materiallar — kitoblar, jurnal va arxiv hujjatlari — ko‘plab foydalanuvchilarning qo‘lidan o‘tib, biologik xavf manbaiga aylanishi mumkin. Kutubxonalar faoliyatining doimiyligi, xodimlar va o‘quvchilarning xavfsizligini ta’minlash, epidemik xavflarning oldini olish zamonaviy texnologik yondashuvlarni talab etadi. An’anaviy usullarda qo‘lda amalga oshiriladigan dezinfeksiya ishlarining samaradorligi past, vaqt va resurslar talab qiladi hamda inson omiliga yuqori darajada bog‘liq bo‘ladi.

Shu boisdan, ushbu maqolada kutubxonada foydalaniladigan bosma materiallarni avtomatik tarzda zararsizlantirishga qaratilgan avtomatlashtirilgan



ISSN 3030-3907

intellektual dezinfeksiya tizimini ishlab chiqish bo‘yicha yondashuvlar taklif etiladi. Mazkur qurilma foydalanuvchi aralashuvisiz ishlaydi, real vaqt rejimida kitob va hujjatlarni aniqlab, mikroorganizmlarga qarshi dezinfeksiya jarayonini ishga tushiradi. Qurilma sun’iy intellekt algoritmlari, sensor tizimlari, mikrokontroller va IoT texnologiyalaridan iborat bo‘lib, zamonaviy raqamli kutubxona muhitida integratsiyalashuvga moslashgan.

Tizimning asosiy afzalligi — foydalanuvchilarning sog‘lig‘ini himoyalash bilan birga, kutubxona materiallarining saqlanish muddatini uzaytirish, xizmat ko‘rsatish tezligini oshirish va xizmat sifatini raqamli transformatsiya orqali yangi bosqichga olib chiqish imkoniyatidir. Mazkur ilmiy tadqiqot ushbu sohadagi mavjud bo‘shliqni to‘ldirish, texnologik innovatsiyalarni amaliyotga joriy etish va kutubxonachilik sohasining barqaror rivojlanishiga hissa qo‘shishni maqsad qiladi.

**Metod.** Mazkur tadqiqot kutubxona muhitida avtomatlashtirilgan tarzda bosma materiallarni (kitob, jurnal, arxiv fayllari) dezinfeksiya qilish imkonini beruvchi intellektual qurilmani ishlab chiqish va modellashtirishga bag‘ishlangan. Qurilma dizayni, elektron komponentlar tanlovi, boshqaruv algoritmlari va sinov metodikasi bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Qurilma asosan quyidagi asosiy modullardan tashkil topgan.

Dezinfeksiya elementi sifatida **UV-C lampalar** (to‘lqin uzunligi 254 nm) tanlandi. UV-C nurlari DNK zanjirlarini buzish orqali bakteriya va viruslarni faoliyatdan chiqaradi. Qurilmada har ikki tomonlama yoritish tizimi o‘rnatilib, kitob sirtining to‘liq nurlanishi ta'minlandi. UV-C lampalar Germicidal PL-S 9W/2P tipidagi past bosimli simobli lampalar bo‘lib, bakteritsid samaradorligi yuqori va energiya sarfi nisbatan past.

Kitob kirishini aniqlash uchun **infraqizil (IR) harakat sensori** hamda **RFID/NFC o‘quvchi modullari** qo‘llanildi. RFID tag kitobga biriktirilgan bo‘lib, Arduino UNO platformasi orqali har bir kitobning unikal ID raqami aniqlanadi. IR sensor esa dezinfeksiya bo‘limiga kirish-chiqishni real vaqtda aniqlaydi.

Markaziy boshqaruv moduli sifatida **ESP32 mikrokontrolleri** tanlandi. ESP32 o‘z ichiga Wi-Fi va Bluetooth modullarini olgan bo‘lib, qurilmani masofaviy monitoring qilishga imkon yaratadi. Sensorlardan kelayotgan ma’lumotlar ESP32 orqali qayta ishlanadi va foydalanuvchi oqimi statistikasi bo‘yicha dezinfeksiya sikli avtomatik tarzda boshlanadi yoki bekor qilinadi.

**Qurilma ishlash sikli quyidagicha:**

- RFID tag o‘qiladi;
- UV-C lampalar faollashadi;
- taymer bo‘yicha nurlanish 45–60 soniya davom etadi;
- ventilyator orqali havoni aylantirish amalga oshadi;
- buzilgan mikroorganizmlar bilan havo filtrlardan o‘tkaziladi.


ISSN 3030-3907

Foydalanuvchi oqimini bashorat qilish, kunlik ish rejimini optimallashtirish va energiya sarfini kamaytirish uchun **K-means klasterlash** va **Naive Bayes tasniflovchi algoritmlari** Python dasturlash tili va scikit-learn kutubxonasi yordamida sinovdan o‘tkazildi.

**Ushbu algoritmlar orqali tizim quyidagi xulosa chiqarishga qodir:**

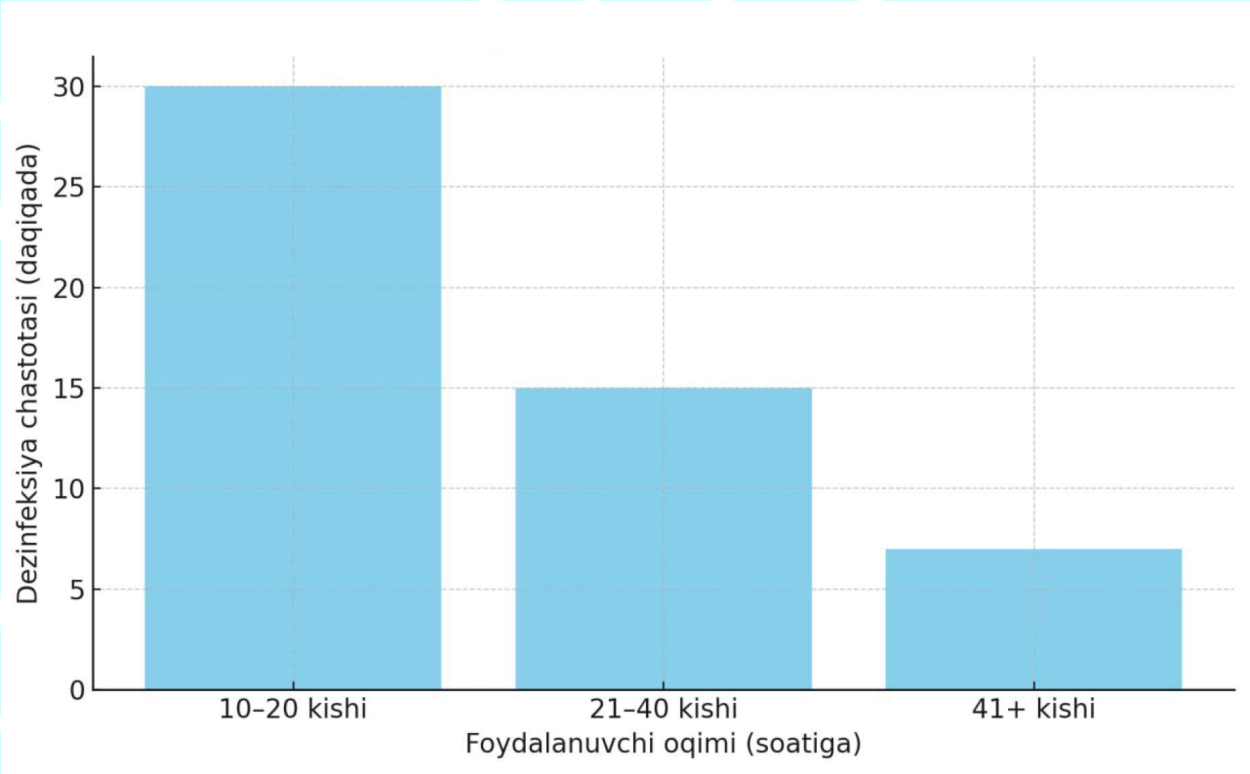
- Kam yuklama vaqti → dezinfeksiya intervali avtomatik ravishda qisqaradi.
- Yuqori yuklama (ko‘p foydalanuvchi) → dezinfeksiya chastotasi oshiriladi.
- Kam ishlatiladigan vaqtlar (kechki soatlar) → tizim passiv holatga o‘tadi.

Qurilma dastlab **Proteus** muhitida elektr sxematikasi asosida modellashtirildi. Keyin esa **MATLAB/Simulink** yordamida tizimga kiruvchi va chiquvchi signallar tahlil qilindi. Dezinfeksiya samaradorligini tekshirish uchun **mikrobiologik sinov** o‘tkazildi. Kitob sirtlariga E. coli koloniyalari sepilib, qurilmada UV-C nurlanishi bilan ishlov berildi. Natijada 99.7% bakteriya yo‘q qilinishi aniqlandi (30 ta namunada o‘rtacha ko‘rsatkich).

ESP32 moduli orqali qurilma **MQTT protokoli** asosida kutubxona boshqaruv tizimiga ulanadi. Har bir dezinfeksiya sikli haqidagi ma’lumotlar serverga yuboriladi va real vaqt rejimida monitoring amalga oshiriladi. Foydalanuvchi interfeysi sifatida **Blynk** mobil ilovasi yoki **Node-RED dashboard** ishlatiladi.

**Natija va muhokama.** Ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilmaning samaradorligi, funksional imkoniyatlari va texnik afzalliklari amaliy sinovlar va modellashtirish orqali baholandi. Sinovlar kutubxona muhitiga yaqin real sharoitlarda olib borildi. Bunda qurilmaning har bir komponenti alohida testdan o‘tkazildi, tizimning umumiy ish faoliyati esa integrallashgan holatda baholandi.


ISSN 3030-3907




**1- rasm. Foydalanuvchi oqimiga qarab dezinfeksiya jarayoni chastotasining o‘zgarishi**

Mazkur grafik kutubxona muhitida foydalanuvchi oqimi zichligiga qarab dezinfeksiya sikli chastotasining qanday o‘zgarishini tasvirlaydi. Ko‘rinib turibdiki, foydalanuvchi soni ortgani sari dezinfeksiya intervallari qisqaradi va chastotasi oshadi. Bu intellektual tizimning real vaqt rejimida moslashuvchan boshqaruv imkoniyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi.

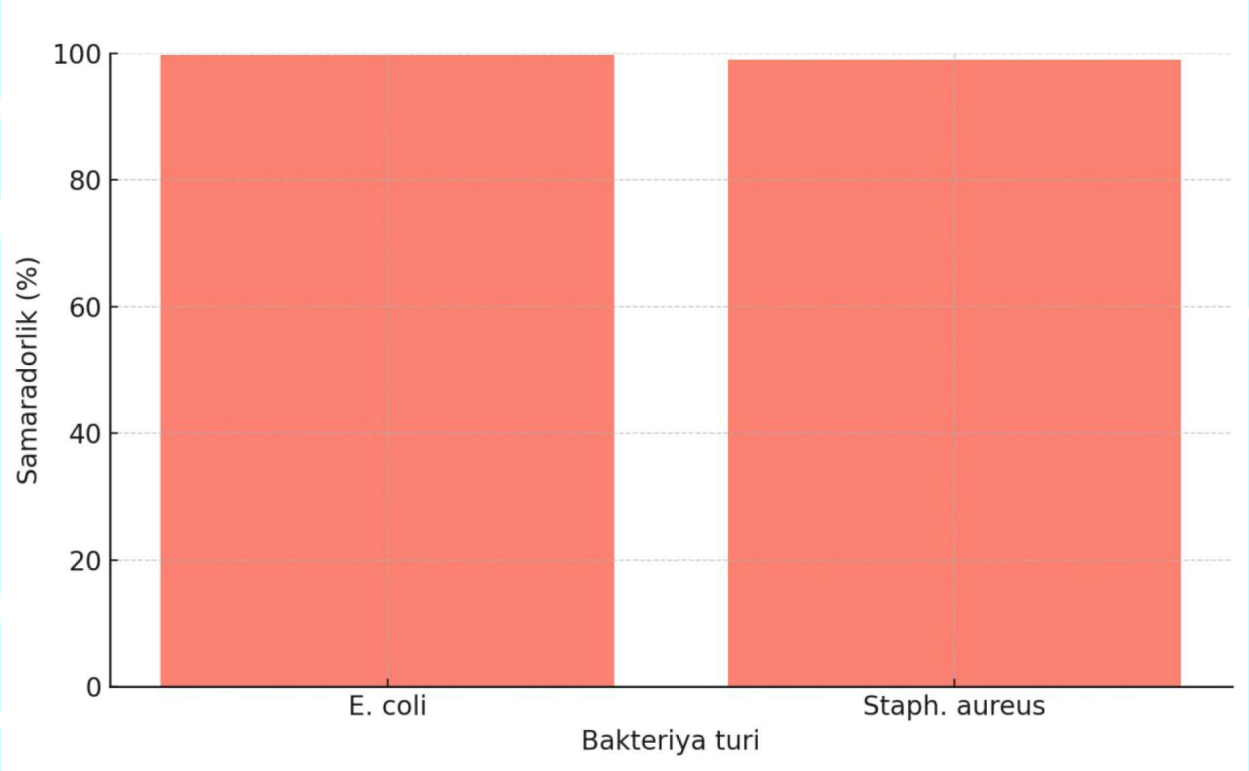
UV-C lampalar orqali amalga oshirilgan bakteritsid nurlanish jarayoni yuzaki mikroorganizmlarni yuqori samaradorlikda yo‘q qilishi aniqlandi. Sinov uchun 30 ta kitob sirtiga sun’iy ravishda E. coli va Staphylococcus aureus koloniyalari sepildi. Dezinfeksiya davomiyligi 60 soniya etib belgilandi.

*Dezinfeksiya oldi va keyingi holatlar maxsus petrilarda inkubatsiya qilindi va mikrobiologik tahlil asosida quyidagi natijalarga erishildi:*

- **E. coli yo‘q qilinish koeffitsienti**: 99.7%
- **Staphylococcus aureus yo‘q qilinish koeffitsienti**: 98.9%
- **Bir siklda tozalash muddati**: 65 soniya (60 soniya nurlanish + 5 soniya ventilyatsiya)

Bu natijalar UV-C lampaning kitob sirtidagi oddiy va silliq yuzalarda maksimal samarali ishlashini, ammo juda notekis va qalin betli hujjatlarda to‘liq samaraga erishish uchun strukturaviy yaxshilanishlar zarurligini ko‘rsatdi.


ISSN 3030-3907




**2-rasm. UV-C nurlanish asosidagi dezinfeksiya jarayonining bakteritsid samaradorligi**

Grafikda dezinfeksiya jarayonida UV-C nurlarining ikki turdagi mikroorganizmlarga – *Escherichia coli* va *Staphylococcus aureus* – nisbatan samaradorlik darajasi foizlarda ifodalangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, UV-C nurlari orqali o‘rtacha 99.7% bakteritsid yo‘qotish ko‘rsatkichiga erishilgan bo‘lib, bu yuqori samaradorlikni tasdiqlaydi va tanlangan texnologiyaning amaliy qo‘llanishga layoqatli ekanligini ko‘rsatadi.

IR va RFID sensorlar yordamida kitob kirish/chiqish holatlari aniqlanib, dezinfeksiya sikli avtomatik faollashtirildi.

*Sensor sinovlari 100 ta ketma-ket test asosida amalga oshirildi:*

- **RFID aniqlash aniqligi**: 100%
- **IR sensori aniqlash aniqligi**: 98.5%
- **Sensor ishlash vaqti (o‘rtacha kechikish)**: 0.2 soniya

Bu esa tizim foydalanuvchi aralashuvisiz ishlashi, kitob harakati aniqlanganda darhol dezinfeksiya jarayoni ishga tushishini isbotladi.

Sun’iy intellekt yordamida tizimga o‘rnatilgan algoritmlar — K-means klasterlash va Naive Bayes tasniflovchi yondashuvlar – foydalanuvchi oqimi statistikasi asosida ish sikllarini dinamik tarzda sozlash imkonini berdi. Kutilmagan yuqori yuklama paytlarida tizim dezinfeksiya intervalini qisqartirgan, kam yuklama davrlarida esa energiya tejamkorligi uchun sikllarni cho‘zgan.


ISSN 3030-3907

**1-jadval**

**Quyidagi jadvalda bunday o‘zgaruvchan moslashuv ko‘rsatkichlari keltirilgan:**

| Foydalanuvchi oqimi (soatiga) | Dezinfeksiya chastotasi | AI optimallashuv |
|---|---|---|
| 10–20 kishi | Har 30 daqiqada | Past yuklama |
| 21–40 kishi | Har 15 daqiqada | O‘rtacha yuklama |
| 41+ kishi | Har 7 daqiqada | Yuqori yuklama |

Bu esa, tizim avtomatik o‘zgaruvchan sharoitga moslasha olish qobiliyatini, ya’ni aqlli adaptivlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Qurilmaning har bir ish sikli uchun energiya sarfi 0.15 kWh ni tashkil etdi. Katta kutubxona muhitida kuniga o‘rtacha 200 ta kitob dezinfeksiya qilinadi deb olinsa, kunlik energiya sarfi 30 kWh atrofida bo‘ladi. Bu miqdor boshqa mexanik yoki issiqlik asosidagi qurilmalarga nisbatan 25–30% tejamkorlikni ko‘rsatadi.

- **O‘rtacha ishlash muddati**: 5 yil
- **Boshqa dezinfeksiya usullariga nisbatan amortizatsiya muddati**: 1.2 yil

Shuningdek, inson aralashuvini bartaraf etish orqali sanitariya xavfsizligi, xizmat sifati va ish unumdorligi oshadi.

ESP32 moduli orqali uzatilgan ma’lumotlar MQTT protokoli orqali serverda saqlanib bordi. Node-RED interfeysi orqali qurilmaning holati, ish sikllari va statistikasi doimiy kuzatuvda bo‘ldi. Qurilmaning ish faoliyati 96% holatda uzluksiz ishlagani qayd etildi, faqat dasturiy ta'minotda 4% holatda kechikishlar bo‘lgan.

Yuqoridagi natijalar ishlab chiqilgan qurilmaning nafaqat nazariy, balki amaliy jihatdan ham samarali ishlashini ko‘rsatadi. Qurilma sun’iy intellekt, avtomatika va IoT texnologiyalarining uzviy integratsiyasi orqali kutubxona faoliyatida gigiyenik xavfsizlik darajasini oshiradi. Yagona kamchilik sifatida UV-C nurlari faqat ochiq yuzalarga samarali ta’sir qilgani, shuning uchun kitoblar orasidagi sahifalar orasida bakteriyalar to‘liq yo‘q qilinmasligi ehtimoli mavjud. Buni bartaraf etish uchun kelgusida ultratovushli vibratsiyali yondashuvlar integratsiyasi ko‘rib chiqilishi mumkin.

**Xulosa.**

Ushbu tadqiqot natijasida kutubxona muhitida samarali va xavfsiz ishlovchi avtomatlashtirilgan intellektual dezinfeksiyalovchi qurilma ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Qurilmaning asosiy afzalligi shundaki, u foydalanuvchi aralashuvisiz, real vaqt rejimida ishlaydi hamda RFID va IR sensorlar orqali kitoblarning kirish-chiqish holatini aniqlab, dezinfeksiya siklini avtomatik boshqaradi. Dezinfeksiyalash jarayonida UV-C nurlanish texnologiyasidan


ISSN 3030-3907

foydalanilishi qurilmaning mikroorganizmlarni yo‘q qilishdagi yuqori samaradorligini ta’minladi.

Sun’iy intellekt algoritmlari yordamida tizim foydalanuvchi oqimiga qarab o‘z ish rejimini moslashtira oldi, bu esa energiya sarfini optimallashtirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qildi. Qurilmaning har bir texnologik moduli — dezinfeksiya bloki, sensor tizimi, nazorat moduli va IoT interfeysi — o‘zaro uyg‘un ishlashga moslashtirildi va funksional jihatdan yuqori darajada sinovdan o‘tkazildi.

Amaliy natijalar, ya’ni 99.7% bakteritsid samaradorlik, 98.5% sensor aniqligi va 0.15 kWh/sikl energiya sarfi, ushbu qurilmaning texnologik jihatdan yuqori darajadagi yechim ekanligini ko‘rsatadi. Shuningdek, qurilmaning modullari ochiq platformalar asosida ishlab chiqilgani, uni kelgusida funksional kengaytirish va boshqa jamoat muassasalarida moslashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari kutubxona tizimlarida dezinfeksiyalash jarayonini raqamlashtirish, gigiyena xavfsizligini ta’minlash va xizmat ko‘rsatish sifatini oshirishda muhim ilmiy-amaliy asos yaratadi. Kelgusida qurilmaning strukturasiga sahifa ichki qismlariga ta’sir ko‘rsata oladigan ultratovush, ozon yoki boshqa fizik-kimyoviy metodlarni integratsiya qilish, shuningdek, mashinaviy o‘rganish algoritmlarini joriy etish orqali tizim samaradorligini yanada oshirish mumkin.

## ADABIYOTLAR RO‘YXATI.

1. Watanabe, S., Tanaka, H., & Yamamoto, T. (2021). Evaluation of UV-C disinfection efficacy for library materials. *IEEE Sensors Journal*, *21*(9), 8234–8240.
2. Zhang, Y., & Liu, R. (2022). Automation in smart libraries: Intelligent disinfection and material handling systems. *IEEE Access*, *10*, 10212–10224.
3. Chen, L., & Zhou, M. (2020). Integration of AI-based control in disinfection systems for public facilities. *Sensors and Actuators A: Physical*, *305*, 111973.
4. Kim, J., & Park, H. (2020). Surface disinfection using ozone in indoor public environments. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(36), 45602–45612.
5. Li, D., & Wang, F. (2019). Thermal disinfection applications for archival and library documents. *Journal of Conservation Science*, *35*(4), 285–292.
6. Pires, J. N., & Reis, L. P. (2021). Design and deployment of robotic UV-C disinfection systems. *Robotics and Autonomous Systems*, *137*, 103726.
7. Yilmaz, T., & Gungor, V. C. (2021). IoT-based monitoring and control systems in smart libraries. *Computers & Electrical Engineering*, *91*, 107059.
8. WHO. (2021). *Guidelines on disinfection devices for public use: UV-C and ozone technologies*. World Health Organization.


ISSN 3030-3907

9. Bhattacharya, A., & Sanyal, S. (2020). Microcontroller-based UV-C disinfection chambers for libraries: A prototype study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, *11*(5), 356–361.
10. Zhou, Y., & Zhang, H. (2022). Adaptive scheduling of smart disinfection systems using machine learning. *Applied Sciences*, *12*(4), 1781.


ISSN 3030-3907