

Герасименко В.А., к.т.н., доцент

Денисенко Д.С., здобувач

Романов В.О., здобувач

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова*

ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ГРОМАДСЬКИХ ПРОСТОРІВ

Інтенсивна урбанізація, зростання тривалості активного часу перебування людей у містах та посилення вимог до енергоефективності та безпеки громадських просторів зумовлюють перехід від традиційних систем освітлення до інтелектуальних рішень, інтегрованих у концепцію «розумного міста». Сучасні LED-технології в поєднанні з датчиками, мережами Інтернету речей (IoT) та хмарною аналітикою дозволяють створювати системи освітлення, що адаптуються до реального використання простору, змін погоди, часу доби й потреб користувачів, істотно знижуючи енергоспоживання без погіршення візуального комфорту. Дослідження останніх років [1] демонструють, що впровадження інтелектуальних систем у внутрішніх та зовнішніх громадських просторах дає змогу скорочувати споживання електроенергії на десятки відсотків за рахунок поєднання димування, зонального керування та адаптивних сценаріїв роботи освітлювальних приладів.

Ключовою відмінністю інтелектуальної системи освітлення від традиційної є її здатність до контекстно-залежного керування освітлювальними приладами на основі даних від різних сенсорів, прогнозних моделей та політик керування, закладених у програмне забезпечення. Типова архітектура такої системи має кілька рівнів: апаратний рівень (LED-світильники зі вбудованими драйверами, датчики присутності, освітленості, камери), рівень зв'язку (DALI-2, ZigBee, Bluetooth Mesh, NB-IoT, LoRaWAN), рівень керування (локальні контролери, шлюзи) та верхній рівень платформи, де здійснюються аналітика, формування сценаріїв, інтеграція з іншими сервісами «розумного міста». Наукові роботи з інтелектуального освітлення [2] показують, що переважна більшість сучасних рішень базується на IoT-підході. На рисунку 1 наведено структуру інтелектуальної системи освітлення та її складових.

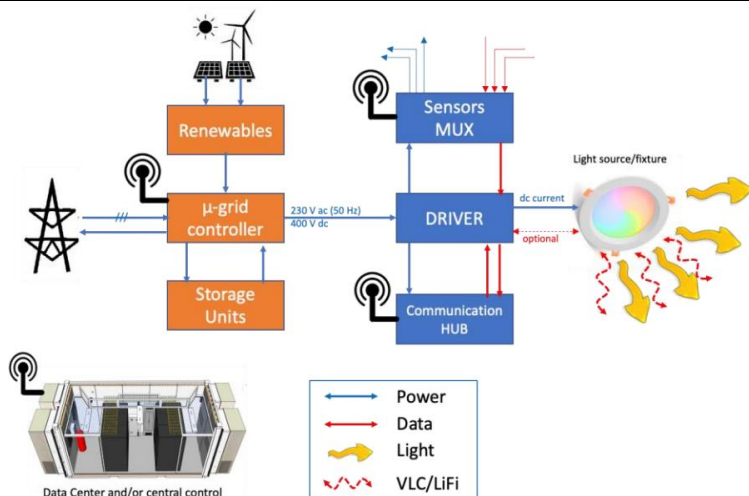


Рисунок 1 – Структура інтелектуальної системи освітлення

При проектуванні інтелектуальної системи освітлення для громадських просторів важливо враховувати специфіку таких середовищ. Громадські простори мають багатофункціональний характер: тут можуть одночасно співіснувати потоки пішоходів, велосипедистів, зони відпочинку, дитячі майданчики, малі архітектурні форми, елементи озеленення тощо. Це вимагає розділення території на функціональні підзони з різними світлотехнічними вимогами – від базового рівня освітленості для безпечного пересування до акцентного підсвічування об'єктів та динамічного сценарного освітлення під час заходів. Додатковим обмеженням є необхідність зниження світлового забруднення, дотримання вимог до обмеження сліпучої дії, коректного вибору колірної температури та узгодження з місцевими нормативами й політиками.

Структуру процесу проектування інтелектуальної системи освітлення доцільно будувати як послідовність етапів. На аналітичному етапі виконується збір та обробка вихідних даних: геометрія простору, характеристики покриттів, наявні елементи благоустрою, існуючі системи освітлення, статистика відвідуваності, вимоги нормативних документів щодо мінімальної освітленості, рівномірності та сліпучої дії. Наступним етапом формується набір цілей: мінімізація енергоспоживання, підвищення безпеки пересування, створення комфортної атмосфери, можливість організовувати події без додаткових тимчасових інсталяцій, інтеграція з системами

відеоспостереження, Wi-Fi-інфраструктурою тощо. На етапі концептуального проектування визначається структура мережі освітлення, принципи зонування, вибір типів світильників, датчиків та протоколів зв'язку, а також загальна логіка керування (централізована, децентралізована або гібридна). Завершальний інженерний етап включає детальні світлотехнічні розрахунки, моделювання сценаріїв роботи, оцінку енергоефективності та окупності, розробку вимог до кібербезпеки й захисту даних користувачів.

Не менш важливою складовою проектування є людиноцентричний підхід (HCL), який передбачає орієнтацію не лише на формальні нормативні показники, а й на суб'єктивне сприйняття світла користувачами: відчуття безпеки, атмосфери простору, візуальний комфорт. Сучасні дослідження [3] показують, що грамотно спроектоване освітлення може істотно підвищувати привабливість громадських просторів, подовжувати час їх активного використання і сприяти соціальній взаємодії, водночас знижуючи рівень злочинності та кількість нещасних випадків у темну пору доби.

Проектування інтелектуальної системи освітлення для громадських просторів є комплексним завданням, що поєднує світлотехнічні розрахунки, цифрові технології, урбаністичні підходи та соціально-психологічні аспекти сприйняття середовища. Подальший розвиток цього напрямку досліджень пов'язаний із глибшою інтеграцією методів штучного інтелекту, цифрових двійників міських просторів, а також із формуванням прозорих стандартів і рекомендацій, які дозволять масштабувати успішні пілотні рішення до рівня міських і регіональних систем освітлення.

Список використаних джерел:

1. González-Amarillo, C.-A.; Cárdenas-García, C.-L.; Caicedo-Muñoz, J.-A.; Mendoza-Moreno, M.-A. Smart Lumini: A Smart Lighting System for Academic Environments Using IoT-Based Open-Source Hardware. *Revista Facultad de Ingeniería*, Vol. 29, No. 54 (2020), e11060. DOI: 10.19053/01211129.v29.n54.2020.11060
2. Khemakhem S., Krichen L. A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting system application for smart cities // *Franklin Open*. 2024. Vol. 8, Art. 100142. DOI: 10.1016/j.fraope.2024.100142
3. Bachanek, K.H.; Tundys, B.; Wiśniewski, T.; Puzio, E.; Maroušková, A. Intelligent Street Lighting in a Smart City Concepts – A Direction to Energy Saving in Cities: An Overview and Case Study. *Energies* 2021, 14, 3018. <https://doi.org/10.3390/en14113018>