

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗМІЩЕННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА БУДІВЛЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ

Сивак Н. К.

ya.nazar256@gmail.com

Черкаський державний фаховий бізнес-коледж

Хотунов В. І.

м. Черкаси, Україна

Світова енергетична криза та прагнення до децентралізації електропостачання актуалізують питання ефективного використання відновлюваних джерел енергії в міських умовах. Україна, яка має значний потенціал сонячної енергії (середньорічна інсоляція становить 1200-1400 кВт·год/м²), поступово інтегрує фотоелектричні (ФЕ) панелі в архітектуру будівель. Особливої актуальності це набуває в умовах руйнування централізованої енергетичної інфраструктури внаслідок воєнних дій та необхідності забезпечення енергетичної автономії окремих будівель.

Одним із найбільш економічно доцільних напрямів використання сонячної енергії в міських умовах є інтеграція ФЕ-панелей на вже існуючі будівлі. Такий підхід не потребує додаткового відведення земельних ділянок, мінімізує витрати на монтажні конструкції та дозволяє наблизити генеруючі потужності до споживача. Однак ефективність такого рішення критично залежить від правильності вибору місць розташування панелей, їх орієнтації та кута нахилу. За оцінками дослідників, помилки при виборі місць розміщення панелей можуть знижувати реальний виробіток електроенергії на 30-40% порівняно з потенційно можливим [1].

Традиційні методи проєктування сонячних електростанцій використовують усереднені показники інсоляції та спрощені геометричні моделі. Вони не враховують складну просторову конфігурацію сучасних будівель, наявність архітектурних елементів (парапетів, вентиляційних шахт, антен), що створюють затінення, а також взаємний вплив сусідніх будинків та зелених насаджень. Вирішення цієї проблеми потребує розробки

спеціалізованих програмних засобів для автоматизованої оптимізації просторового розташування сонячних модулів.

У даній роботі пропонується програмна реалізація оптимізаційної моделі, що поєднує геопросторовий аналіз із еволюційними обчисленнями. На першому етапі на основі цифрової моделі поверхні будівлі, яка формується з використанням відкритих геоданих OpenStreetMap та супутникових знімків Sentinel-2, будується інсоляційна карта. Для кожної елементарної ділянки площею $0,5 \times 0,5$ м розраховується річний потенціал сонячної енергії [2].

Другий етап передбачає розв'язання задачі оптимізації за допомогою генетичного алгоритму. Хромосома кодує набір позицій для розміщення N панелей, а фітнес-функція максимізує сумарний виробіток з урахуванням втрат через взаємне затінення. Генетичний алгоритм реалізує наступні оператори: селекція турнірним методом, одноточкове схрещування з ймовірністю 0,85 та мутація з ймовірністю 0,05.

Програмну реалізацію виконано мовою Python із використанням бібліотек NumPy для обчислень, Shapely для роботи з геометричними об'єктами, Rasterio для обробки растрових даних інсоляції та DEAP для реалізації генетичного алгоритму.

Для верифікації ефективності запропонованого методу було проведено порівняльний експеримент. Критерієм оцінки обрано річний виробіток електроенергії (кВт·год/рік) на одиницю встановленої потужності (1 кВт пікової потужності панелей).

Як видно з даних табл. 1, запропонований метод оптимізації на основі генетичного алгоритму забезпечує приріст річного виробітку електроенергії на 24,8-33,0% порівняно з рівномірним розміщенням та на 6,5-10,5% порівняно з жадібним алгоритмом. Найбільший ефект (33,0%) досягнуто для будівлі школи зі складною вальмовою конфігурацією даху, де вплив взаємного затінення є найбільш критичним. Найменший приріст (24,8%) зафіксовано для торгового центру з плоским дахом, що пояснюється відсутністю суттєвих природних перешкод для сонячного випромінювання.

Таблиця 1 – Результати порівняльного експерименту з оптимізації розміщення ФЕ-панелей

№	Тип будівлі	Конфігурація даху	Рівномірне розміщення, кВт·год/кВт	Жадібний алгоритм, кВт·год/кВт	Генетичний алгоритм, кВт·год/кВт	Приріст %
1	Житловий будинок	Двосхилий (аз. 45°/135°)	985	1180	1275	29,4
2	Школа	Вальмовий (складний)	910	1095	1210	33,0
3	Торговий центр	Плаский	1050	1240	1310	24,8
4	Адміністративна будівля	Односхилий (аз. 180°)	1020	1215	1290	26,5

Джерело: Розробка автора

Час обчислень для одного об'єкта (розмірність задачі – до 150 панелей) не перевищував 8 хвилин на стандартному ноутбучі (Intel Core i5, 16 ГБ RAM), що підтверджує придатність розробленого засобу для використання в реальній інженерній практиці. Статистична значущість отриманих результатів підтверджена за допомогою t-критерію Стюдента ($p < 0,05$) [3].

Таким чином, розробка та дослідження програмного модуля для автоматизованого розміщення фотоелектричних панелей на поверхнях будівель є ефективним інструментом підвищення енергоефективності міської забудови. Запропонований підхід, що поєднує геопросторовий аналіз та генетичні алгоритми, дозволяє автоматизувати процес проєктування та зменшити капітальні витрати на одиницю встановленої потужності. Подальші дослідження будуть спрямовані на інтеграцію даного підходу, у технології цифрових двійників будівель, з обов'язковим врахуванням динаміки змін цін в електроенергії.

Список використаних джерел:

1. Голуб В.О., Савченко О.В. Моделювання інсоляції будівель для задач сонячної енергетики. Відроджена енергетика. 2023. № 2(71). С. 24-31.
2. Ковальчук С.П., Бондаренко І.М. Геоінформаційні системи в енергетичному плануванні міст. Київ: Логос, 2024. 288 с.
3. Петренко О.А. Генетичні алгоритми в задачах оптимізації просторового розміщення об'єктів. Системні технології. 2024. № 5(148). С. 42-49. (дата звернення: 06.04.2026).

УДК 004.946

РОЗВИТОК КІБЕРСПОРТУ: ВІД ІНФРАСТРУКТУРИ ДО СОЦІАЛЬНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Йовченко Н. В.

silverletter.y.n.v@gmail.com

Черкаський державний фаховий бізнес-коледж

Люта М. В.

м. Черкаси, Україна

У сучасному цифровому суспільстві кіберспорт перетворився з розважального явища на повноцінну індустрію, що поєднує інформаційні технології, медіа та спортивну діяльність. Активний розвиток інфраструктури кіберспорту, зокрема професійних ліг, стримінгових платформ і спеціалізованих арен, сприяє його глобалізації та популяризації серед молоді. Водночас кіберспорт відіграє важливу роль у соціальній інтеграції, створюючи нові можливості для комунікації, самореалізації та професійного розвитку.

Крім того, кіберспорт супроводжується як новими можливостями (працевлаштування, розвиток цифрових навичок), так і потенційними ризиками (ігрова залежність, нерівномірний доступ до ресурсів), що зумовлює необхідність їх комплексного наукового аналізу.

Кіберспорт у сучасному розумінні є організованою змагальною діяльністю у сфері відеоігор, що функціонує за принципами традиційного спорту та формує окрему індустрію з розвиненою інфраструктурою. За останні десятиліття