

УДК 628.8

Ю. І. Микитів, І. Я. Харів, М. Б. Горват, Р. З. Золотий, канд. техн. наук, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АНАЛІЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМФОРТУ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Y. I. Mykytiv, I. Y. Khariv, M. B. Horvat, R. Z. Zoloty, Ph.D., Assoc. Prof.
**ANALYSIS OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR ENSURING COMFORT AND
ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS**

Наразі будівлі відповідають за переважну кількість світового споживання енергії та викидів CO₂. Будівлі в основному становлять 40% загального споживання первинної енергії і майже 36% викидів CO₂ [1]. Енергія, отримана з викопного палива, сприяє значним викидам CO₂ і спричиняє глобальне потепління. Отже, завдання уряду, провадити політику у напрямку енергоефективності та створення екологічних будівель.

Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) уточнює: «В усьому світі широке впровадження найкращих доступних технологій і політики енергоефективності може дати річну економію кінцевого споживання енергії будівлями приблизно на 53 екзаджоулі (ЕДж) до 2050 року». Тому оптимізація споживання енергії має вирішальне значення для здорового навколишнього середовища та сталого розвитку. Інтеграція відновлюваних джерел енергії та інтелектуальних систем у будівлі може досягти очікуваної економії споживання енергії. Однак ефективна оптимізація енергоспоживання будівлі все ще є складним завданням через різні параметри, які впливають на енергоспоживання будівлі.

Ці впливові фактори можна розділити на п'ять основних типів:

1. Будівельні фізичні та теплові властивості (теплопровідність, питома теплоємність, товщина, щільність тощо)
2. Поведінка перебування (діяльність в будівлі, взаємодія з будівлею тощо) [2].
3. Тип будівельного сектору та енергетична політика будівель (тип будівлі, місце розташування, відповідна регіональна політика тощо).
4. Чисельність населення (кількість мешканців, діяльність у приміщенні).
5. Кліматичні умови (зовнішня температура за сухим термометром, швидкість вітру, відносна вологість зовнішнього повітря, сонячна радіація тощо).

Серед цих п'яти впливових факторів фізичні властивості будівлі, кліматичні умови та поведінка людей безпосередньо впливають на споживання енергії. У той же час інші параметри дещо мінімально впливають на споживання енергії.

Дослідження, проведене в університетських будівлях для оцінки зв'язку між споживанням енергії та чисельністю населення, діяльністю користувачів і профілями попиту, показує, що чисельність населення має мінімальний вплив на споживання електроенергії порівняно з іншими параметрами. Як правило, люди проводять 90% свого життя в будівлях, тому підтримка комфортного середовища є важливою для забезпечення здоров'я та продуктивності мешканців.

Якість проживання мешканців визначається трьома параметрами комфорту: тепловим комфортом, якістю повітря в приміщенні та візуальним комфортом. Ці три фактори можна контролювати, використовуючи контролер для управління опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря і системи освітлення з природними ресурсами (денне освітлення, зовнішня температура тощо). Система енергоменеджменту будівлі необхідна для покращення енергоефективності, одночасно забезпечуючи покращений комфорт мешканців. І навпаки, створення комфортного середовища в приміщенні потребує більше енергії для досягнення та підтримки

оптимального комфорту. Тому потрібен відповідний компроміс між енергією та комфортом у приміщенні. У цьому контексті останні розробки в таких систем зосереджені на розумних технологіях для усунення розриву між споживанням енергії та комфортом мешканців.

Для побудови систем енергоменеджменту ми будемо використовувати три основні підходи: модель білого ящика, чорного ящика та сірого ящика.

Моделі білого ящика є фізичним моделюванням. Це підхід, що спирається на термодинамічні та/або математичні рівняння та інженерні методи для енергетичного моделювання, аналіз і контроль. Прикладами підходу до моделювання на основі білого ящика є програмне забезпечення моделювання енергетичного аналізу будівель, таке як: EnergyPlus, Transient System Simulation, eQuest тощо. Ці програмні засоби в основному використовуються під час побудови на етапі планування та проектування, що передують зведенню будівлі. Вони обчислюють загальну енергію споживання, дизайн, планування роботи, інформація про освітлення тощо, на основі детальних фізичних властивостей будівлі, графік заповнення, географічні умови та тип будівельно-кліматичних параметрів.

Однак отримання таких точних даних для моделювання є складним, а в деяких випадках неможливим процесом. Крім того, через нелінійну поведінку будівельних параметрів, моделі білого ящика підходять як для простих моделей, так і для складних.

Моделі чорного ящика – це керовані даними енергетичні моделі будівель, які побудовані на основі даних часто вважаються такими, що легко моделювати, а не моделями білого ящика на основі фізики. Як правило, моделі з чорним ящиком застосовуються для прогнозування споживання енергії, планування роботи системи та адаптивного системи керування. Прикладами методів моделей чорної скриньки є штучні нейронні мережі, машини опорних векторів, генетичні алгоритми, навчання з підкріпленням, глибоке машинне навчання тощо. Окрім простоти застосування, моделі чорного ящика вимагають великих вхідних даних для навчання моделі. Таким чином, ці дані можуть бути недоступні в будівлях, у яких не встановлено давачі, обмеження їх застосування кількома будівлями з встановленими датчиками.

Щоб подолати недоліки моделей білого і чорного ящиків, були введені гібридні моделі. Гібридні моделі (моделі сірого ящика) є комбінацією моделей на основі фізики (моделі білого ящика) і статистичних методів (моделі чорного ящика). Моделювання сірого ящика визнано надійним і точним для моделювання будівельних систем і підвищення ефективності будівель .

Література

1. The European Commission. Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic And Social Committee and the Committee of the Regions; The European Commission: Brussels, Belgium, 2011. URL : [https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com_com\(2011\)0681_/com_com\(2011\)0681_en.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com_com(2011)0681_/com_com(2011)0681_en.pdf).
2. Yu, Z.; Fung, B.C.; Haghghat, F.; Yoshino, H.; Morofsky, E. A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption. Energy Build, 2011. URL : https://www.researchgate.net/publication/223058992_A_systematic_procedure_to_study_the_influence_of_occupant_behavior_on_building_energy_consumption.