

## МОДЕЛЬ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ БУДІВЕЛЬ НА БАЗІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Для забезпечення необхідних рівнів теплового комфорту в приміщеннях різних будівель використовуються автоматизовані системи моніторингу та управління теплоспоживанням (АСМУ) [1]. Використання таких систем дозволяє зменшити споживання теплової енергії при забезпеченні нормативної внутрішньої температури у будівлях за рахунок зміни теплової потужності системи опалення відповідно до зміни температури зовнішнього повітря. При цьому накопичуються великі обсяги інформації щодо функціонування системи та прийнятих енергоменеджером рішень щодо уставок на керуючі сигнали з урахуванням впливу зовнішніх та внутрішніх факторів. Таким чином, завдання забезпечення необхідної ефективності використання енергоресурсів будівлями можна розглядати з позиції аналізу даних про функціонування їх систем управління теплоспоживанням та підтримки прийняття рішень. Тому **актуальною** є задача створення моделей роботи систем управління теплоспоживанням з урахуванням прийнятих рішень та зміни зовнішньої температури повітря.

**Постановка задачі.** Отримано дані з АСМУ теплоспоживанням багатоповерхового будинку. Необхідно створити прогнозуючу модель температури теплоносія в системі опалення, використовуючи історичні дані щодо параметризації системи енергоменеджером та методи машинного навчання. У якості базових обрано метод опорних векторів (SVM) та випадкового лісу (RF). Обидва методи є популярними та ефективними рішеннями для класифікації та регресії. Метод SVM зводиться до задачі квадратичного програмування, що має єдине рішення, яке виражається через скалярні добутки об'єктів, а не самі об'єкти. Це дозволяє використовувати ядра для збільшення розмірності простору ознакового опису, до того ж для навчання використовуються лише опорні об'єкти. RF – алгоритм машинного навчання, що полягає у використанні методу bagging на множині дерев рішень з використанням методу випадкових підпросторів. Перевагами є простота налаштування та стійкість до викидів. Дані з АСМУ включають в себе 32 параметри: дані з сенсорів температури зовнішнього Tout та внутрішнього Tin повітря й сенсорів температури теплоносія у прямому Tv та зворотному Tret трубопроводі системи опалення; дані з погодного контролера: уставки на мінімальне та максимальне значення температури теплоносія, нахил температурного графіку та його зміщення, значення комбінованої Tam та згладженої Tad температури зовнішнього повітря тощо. Діапазони значень деяких предикторів: Tout  $\in (-14,2 \div 15,1)$  °C; Tin  $\in (13,5 \div 19,95)$  °C; S  $\in (1 \div 2,1)$ ; Tret  $\in (21,8 \div 50)$  °C; Tad  $(-10,65 \div 14,7)$  °C. Для порівняння вирішено використовувати дані, зібрані з 15-хвилинним інтервалом в період з 12.10.2017 р. по 13.02.2018 р.

Незважаючи на прийнятний рівень помилки, час, витрачений на налаштування моделі, і чутливість SVM до викидів у вихідних даних робить метод надмірно ресурсовитратним, що, обумовило пошук більш оптимального методу. Порівняння моделей RF та SVM за кількістю ресурсів, що витрачені на створення моделей, можливості та складності інтерпретації результатів та неочевидних взаємозв'язків обумовило вибір RF для подальшого дослідження. Для збільшення точності моделі проведено її навчання на щохвилинних даних за той же період. Важливість параметрів системи досліджено з використанням розподілу мінімальної глибини для кожного з дерев та значень середньої квадратичної помилки після випадкової перестановки змінних.

**Висновки.** Створена прогнозуюча модель температури теплоносія в системі опалення на основі даних про параметри електронного регулятора за допомогою алгоритму RF. Встановлено, що від значень температури теплоносія у зворотному трубопроводі системи опалення та згладженого значення зовнішньої температури залежить значення середньої квадратичної помилки, що на тестових даних дорівнює 0,41 °C. Результати здійсненої перевірки роботи моделі на новому наборі даних демонструють можливість використання моделі для прогнозування параметрів інших систем управління теплоспоживанням.

### Література

1. Загирняк М.В., Перекрест А.Л. Опыт внедрения и использования автоматизированной системы мониторинга температурных режимов и удаленного управления теплоснабжением Кременчугского национального университета // Электротехнические и компьютерные системы, Одесса, 2014. – № 15 (91), С. 423-426.