

¹Д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

²Канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

³Канд. техн. наук, старший викладач кафедри комп'ютерних систем і мереж ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна

СТРУКТУРА ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Актуальність. Постійно зростаюча тенденція до подорожчання енергоресурсів призводить до необхідності зниження енергоспоживання, тобто до економії енергоресурсів. З точки зору житлових приміщень, впровадження систем мікроклімату необхідне для організації комфортних умов перебування суб'єктів і економного використання енергоресурсів.

Мета. Метою роботи є вирішення актуальної задачі енергоефективного регулювання мікроклімату приміщень на основі використання інформаційної інтелектуальної системи яка враховує побажання суб'єктів які там знаходяться, що у свою чергу, дозволяє забезпечити ефективне керування опалювальними приладами за рахунок зменшення або збільшення температури оточуючого середовища.

Метод. Вирішення поставленої задачі запропоновано шляхом використання структури експертної системи, як однієї із складових системи інтелектуального регулювання мікроклімату приміщень, на основі використання нейро-нечіткої підсистеми логічного виводу. Дана підсистема дозволяє автоматично формувати керуючу інформацію для регулювання мікроклімату приміщень в залежності від побажань суб'єктів, узагальнюючи інформацію про час і місце їх перебування у різні періоди часу. У якості підсистеми логічного виводу запропоновано п'ятишарову нейро-нечітку систему прямого розповсюдження помилки, яка реалізує систему нечіткого виводу типу Сугено нульового порядку. Також запропоновано схему роботи інтелектуальної системи регулювання мікроклімату приміщень та підхід щодо реалізації процесу ідентифікації суб'єктів у приміщенні.

Результати експериментальних досліджень підтвердили ефективність використання запропонованої структури експертної системи в системах типу «Інтелектуальний дім». Також було встановлено значення параметрів які впливають на якість та продуктивність роботи запропонованої системи. У якості енергоресурсу було обрано природний газ та середньостатистичні діапазони температур житлових приміщень.

Висновки. Особливістю запропонованої системи є універсальність використання будь-яких кліматичних пристроїв, а також можливість автоматичного налаштування мікроклімату приміщення з урахуванням побажань суб'єктів. Також, головною особливістю запропонованого методу налаштування мікроклімату є визначення та запам'ятовування поведінки суб'єктів приміщення, що у поєднанні із апаратом нейронних мереж надає змогу до прогнозування встановлення відповідних значень мікроклімату приміщення, і, як результат, до економії енергоресурсів.

Ключові слова: інтелектуальна система, мікроклімат приміщення, експертна система, енергоспоживання.

НОМЕНКЛАТУРА

ANFIS – adaptive neuro-fuzzy inference system;

RFID – Radio Frequency IDentification;

A_i – лінгвістична нечітка змінна асоційована з i вузлом;

E – значення середньоквадратичної помилки;

P – тиск;

U_j – висновок кожного j -го правила;

T – температура;

N – кількість спостережень у вибірці навчальних даних v_p ;

j – загальна кількість правил нечіткої системи виводу;

u – загальний вихід мережі;

U_j – вихід нейронну 4-го шару;

v_p – різниця між заданою та поточною температурою у приміщенні;

\overline{W}_j – відносна ступінь (вага) виконання нечіткого правила;

w_j – вихід нейрону j -го правила;

α – кількість кроків навчання;

δ – значення середньоквадратичного відхилення обраної температури суб'єктами приміщення;

$\mu_{A_i}(\chi)$ – функція належності;

χ – значення i -го вузла;

Φ – відносна вологість;

БД – база даних;

БЗ – база знань;

ЕС – експертна система;

САУ – система автоматичного управління.

ВСТУП

Сучасні системи забезпечення мікроклімату житлових і виробничих приміщень неможливо уявити без систем автоматизованого управління. Застосовуючи САУ можливо оптимізувати роботу кліматичного обладнання, знижуючи витрати на експлуатацію, наприклад, за рахунок зменшення енергоспоживання [2].

Необхідність зниження енергоспоживання також обумовлена постійно зростаючою тенденцією до подорожчання, і, як наслідок, економії енергоресурсів [1]. У системах забезпечення мікроклімату приміщень, як результат, виникає необхідність використання сучасного енергозберігаючого обладнання та проведення різних організаційних заходів. З точки зору організації енергозберігаючих заходів можна виділити керовані процеси автоматичного регулювання температури в залежності від часу доби, дня тижня, переривчастого опалення і т. д.

Використання сучасного енергозберігаючого обладнання є невід'ємною вимогою при організації систем

автоматичного регулювання мікроклімату, що, в свою чергу, дозволяє забезпечити необхідний і точний рівень регулювання, наприклад, температури і вологості повітря.

З точки зору житлових приміщень, таких як квартири, котеджі або приватні будинки, система мікроклімату, в першу чергу, необхідна для організації комфортних умов для перебування людини в приміщенні. Вона повинна допомагати підтримувати комфортну для мешканців температуру і вологість. У свою чергу, для кожної людини існують свої комфортні параметри клімату, так як деякі люди звикли до прохолоди, а інші - до тепла.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Процес налаштування і підтримки комфортних умов проживання для однієї людини є досить простим, тому що враховує параметричні особливості одного суб'єкта [4]. За умови врахування особливостей декількох суб'єктів, можливість комфортного регулювання мікроклімату повинна містити довгі і складні алгоритми підстроювання обладнання, або може стати практично неможливою.

Так як існуючі інформаційні системи, методики, підходи автоматизованого регулювання мікроклімату мають можливість виконувати регулювання параметрів мікроклімату тільки на основі раніше прописаної логіки роботи і не враховують специфіку поведінки суб'єктів приміщення то, головною метою досліджень було розробка структури експертної системи як частини інформаційної системи інтелектуального регулювання мікроклімату (ІСІРМ) житлових приміщень з урахуванням особливостей і побажань всіх проживаючих суб'єктів, що має привести до спрощення процесу регулювання і автоматичного підстроювання під потреби кожного або групи суб'єктів. Також, метою досліджень було створення підходу щодо інтелектуального регулювання мікроклімату на основі вдосконалення існуючої ІСІРМ.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Реалізація поставленого завдання зводиться до труднощів, які виникають при використанні різної логіки окремих елементів, і які є складовою частиною систем забезпечення мікроклімату. Частина існуючих контролерів мають жорстку логіку і при проектуванні САУ не дозволяють вийти за межі заводських налаштувань. Також, у більшості програмованих логічних контролерах практично неможливо прописати алгоритм, який буде вирішувати поставлену задачу [3].

На основі аналізу існуючих рішень регулювання мікроклімату в приміщеннях, можна виділити наступні варіанти при створенні алгоритму регулювання [2, 7]:

- 1) виконання аналізу параметрів зовнішнього середовища і мікроклімату, в результаті чого вибирається заздалегідь запрограмований алгоритм;
- 2) інформаційна система сама прораховує різні комбінації схемних рішень і сама вибирає з них найбільш оптимальні;
- 3) адаптивна інформаційна система яка налаштовується під поточні умови в результаті чого видозмінює алгоритми управління кліматичною технікою

У загальному випадку процес інтелектуального регулювання мікроклімату в приміщенні має такий вигляд (рис. 1) [7, 8]:

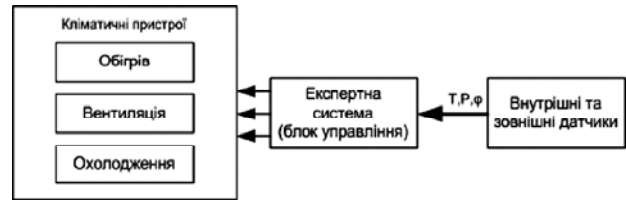


Рисунок 1 – Структурна схема процесу регулювання мікроклімату

де T – температура, P – тиск, Φ – відносна вологість, отримана з внутрішніх і зовнішніх датчиків приміщення. Блок управління являє собою експертну систему, яка «навчається» протягом усієї своєї роботи. Тобто, поповнює або коригує свою базу знань в залежності від змін внутрішніх або зовнішніх факторів приміщення, обліку днів тижня або сезону року, в якому вона працює. У якості виконавчих пристроїв можуть виступати радіатори, кондиціонери, вентилятори тощо.

Слід зазначити, що головною умовою правильної і коректної роботи ІСІРМ є наявність відповідних виконавчих пристроїв. Наприклад, в якості опалювальних приладів слід використовувати замість звичних чавунних радіаторів, яким властива велика інерційність, сталеві, алюмінієві або біметалічні [1].

Головним недоліком існуючих інформаційних систем інтелектуального регулювання мікроклімату є відсутність можливості автоматичного підстроювання температурних параметрів мікроклімату приміщення під кожного суб'єкта.

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Авторами запропонована структура ІСІРМ яка дозволяє автоматично змінювати мікроклімат приміщення на основі побажань суб'єктів і їх часу перебування (рис. 2).



Рисунок 2 – Вдосконалена схема ІСІРМ

Де блок «Вибір оптимальних умов мікроклімату» є вибором відповідних значень вологості і температури суб'єктом у відповідному приміщенні (наприклад, в кухні, залі, ванній і т. д.). Блок «Ідентифікація суб'єкта» реєструє час і тривалість перебування суб'єкта в відповідному приміщенні. Структурна схема даного блоку має наступний вигляд (див. рис. 3).



Рисунок 3 – Схема ідентифікації суб'єкта ІСІРМ

Кожен із суб'єктів при вході або виході з приміщення повинен реєструватися за допомогою RFID зчитувача, в результаті чого відповідна інформація зберігається в БД експертної системи. Логіко-функціональна схема роботи експертної системи має наступний вигляд (див. рис. 4).

Для реалізації блоку «Логічний висновок і формування керуючої інформації» запропоновано використовувати адаптивну систему нейро-нечіткого виводу. Дана система дозволяє автоматично формувати керуючу інформацію для регулювання мікроклімату приміщення в залежності від побажань суб'єктів, узагальнюючи інформацію про час і місце їх перебування в різні періоди часу. Моделювання процесів управління виконано в середовищі MatLab з пакетом розширення Fuzzy Logic Toolbox [6].

Блок «Логічний висновок і формування керуючої інформації» формує керуючий вплив на елементи вико-



Рисунок 4 – Логіко-функціональна схема роботи експертної системи

навчих пристроїв підтримки мікроклімату в приміщенні (механізм сервоприводу крана батареї, реле включення кондиціонера, вентиляції або нагрівача), змінюючи температуру навколишнього повітря T і відносну вологість Φ .

Метою управління є вплив на елементи управління виконавчих пристроїв, тобто закриття або відкриття крана батареї, а також включення або виключення кондиціонера. Керуючий вплив формується на основі інформації про неузгодженість інформації між заданою і поточною температурою в приміщенні.

Блок «Логічний висновок і формування керуючої інформації» містить систему нечіткого виводу – наприклад, для управління краном батареї і реле включення кондиціонера. Дана система представлена у вигляді нейро-нечіткої п'ятишарової мережі прямого поширення помилки (див. рис. 5). Мережа реалізує систему нечіткого виводу типу Сугено нульового порядку та має чотири вхідні змінні:

1. IVG – пора року (час опалювального сезону чи ні);
2. IT – місцевий час;
3. ICO – температура навколишнього середовища;
4. ICZ – задана температура.

Виходом мережі є лінгвістична змінна OU яка в залежності від значень вхідних змінних формує керуючу інформацію для виконавчих пристроїв, тобто включення/вимикання сервоприводу крана батареї або реле включення кондиціонера.

Для лінгвістичної оцінки вхідної змінної IVG використовується три терми, для змінної IT – 6 термів, для змінної ICO – 5 термів і для змінної ICZ – 5 термів. У якості терми-множини першої лінгвістичної змінної IVG використовується множина $PIVG = \{ \text{«опалювальний сезон}_1\text{»}, \text{«не опалювальний сезон»}, \text{«опалювальний сезон}_2\text{»} \}$, яке записується в символічному вигляді як $PIVG = \{IVGZ1, IVGL, IVGL2\}$. У якості терми-множини другої лінгвістичної змінної IT використовується безліч $PII = \{ \text{«ранній ранок»}, \text{«ранок»}, \text{«полудень»}, \text{«вечір»}, \text{«пізній вечір»}, \text{«ніч»} \}$, яке записується в символічному вигляді як $PII = \{ ITR, ITU, ITP, ITV, ITPV, ITN \}$. У якості терми-множи-

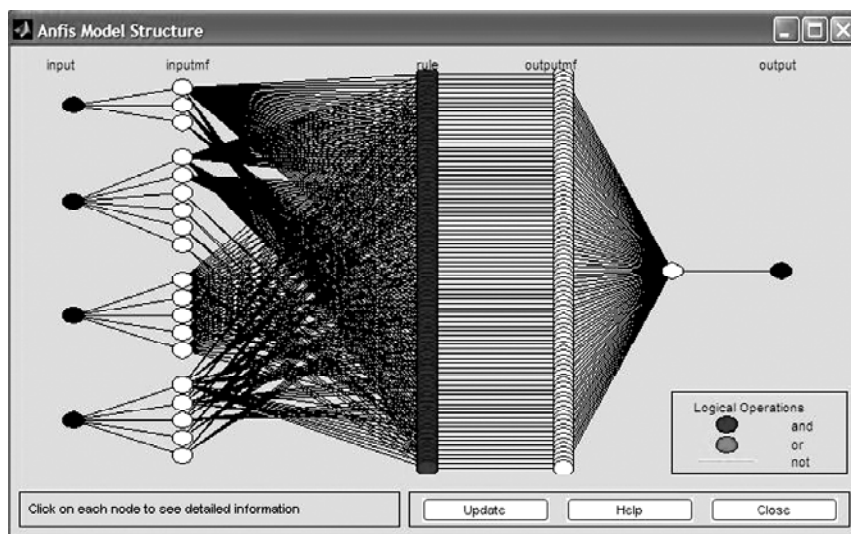


Рисунок 5 – Структура нейро-нечіткої мережі системи нечіткого виведення

ни третьої лінгвістичної змінної ІСО використовується множина $TICO = \{\text{«холодно»}, \text{«прохолодно»}, \text{«комфортно»}, \text{«жарко»}, \text{«дуже жарко»}\}$, яке записується в символічному вигляді як $TICO = \{ICOH, ICOP, ICOK, ICOJ, ICON\}$. У якості терми-множини четвертої лінгвістичної змінної ІСЗ використовується множина $TICZ = \{\text{«холодно»}, \text{«прохолодно»}, \text{«комфортно»}, \text{«жарко»}, \text{«дуже жарко»}\}$, яке записується в символічному вигляді як $TICZ = \{ICZH, ICZP, ICZK, ICZJ, ICZN\}$. Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної ОУ становить множину значень для кліматичних пристроїв $TOU = \{U_j\}, j = 1, \dots, 5$.

Залежно від отриманих значень можна виділити наступні режими роботи кліматичних пристроїв:

1. U_1 – закрити кран батареї;
2. U_2 – відкрити кран батареї;
3. U_3 – нічого не робити;
4. U_4 – включити кондиціонер;
5. U_5 – вимкнути кондиціонер.

Шари нейро-нечіткої мережі мають наступне призначення (рис. 5):

Шар 1. Визначає нечіткі терми вхідних параметрів. Виходи цього шару представляють значення функції приналежності при конкретних значеннях. Кожен вузол шару є адаптивним з функцією приналежності $\mu_{A_i}(\chi)$, де χ – значення i -го вузла, $i=1, \dots, n$; A_i – лінгвістична нечітка змінна асоційована з даним вузлом. Для термів вхідних змінних обрані трапецієподібні функції приналежності.

Шар 2. Визначає посилки нечітких правил. Даний шар – неадаптивний. Кожен вузол з'єднаний з тими вузлами першого шару, які формують передумови відповідного правила. Виконує нечітку логічну операцію «AND» на параметрах посилок правил. Виходами нейронів цього шару є міри істинності посилок кожного j -го правила бази знань системи, обчислені за формулою:

$$w_j = \min |\mu_{IVG_j}(IVG), \mu_{IT_j}(IT), \mu_{ICO_j}(ICO), \mu_{ICZ_j}(ICZ)|, \quad (1)$$

де $j=1, \dots, 200$ – визначає загальну кількість правил нечіткої системи виведення.

Шар 3. Здійснює нормалізацію ступенів виконання правил. Неадаптивні вузли цього шару розраховують відносну ступінь (вагу) виконання нечіткого правила по формулі:

$$\overline{W}_j = w_j / \sum_{j=1}^{200} w_j. \quad (2)$$

Шар 4. Чітке число U_p задає результат кожного j -го правила, розглядається як нечітка множина з сингтонною функцією приналежності. Адаптивні вузли четвертого шару розраховують внесок кожного нечіткого правила у вихід мережі за формулою:

$$y_j = \overline{W}_j U_j, i = 1, \dots, 200. \quad (3)$$

Шар 5. Неадаптивний вузол цього шару підсумовує вклади всіх правил:

$$y = \sum_{j=1}^{200} y_j. \quad (4)$$

Програмна реалізація нейро-нечіткої мережі отримана в математичному пакеті Matlab Fuzzy Logic з використанням програмної m -функції ANFIS. Система нечіткого виводу була налаштована автоматично. Параметри вузлів мережі при навчанні налаштовувалися таким чином, щоб мінімізувати стандартну помилку (RMSE) на основі наступної залежності:

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [v_p(i) - OU(i)]^2} \longrightarrow \min, \quad (5)$$

де v_p – неузгодженість між заданою і поточною температурою у приміщенні, N – кількість спостережень у вибірці навчальних даних v_p .

Як алгоритм навчання мережі ANFIS для визначення параметрів функції належності було вибрано метод зворотного поширення помилки, заснований на градієнтному методі найшвидшого спуску.

Процес заповнення БД експертної системи відбувається у декілька кроків. Першим кроком є запис всіх можливих значень ID міток суб'єктів, значенням температури, пори року та часу до БД протягом деякого часу T . Час T обирається індивідуально і може сягати від декількох хвилин до декількох годин. У результаті отримаємо середні значення температури у відповідності до побажань суб'єктів та їх спільного часу перебування у приміщенні.

Якщо необхідно внести зміни до роботи ІСІРМ, наприклад зміна кліматичного приладу, зміна побажань суб'єктів тощо, то необхідна корекція БД. У даному випадку відбувається коригування БД у відповідності до поточної пори року.

Приклад таблиці БД експертної системи представлено у табл. 1, і відповідно структура таблиці відповідає першій нормальній формі.

Завданням підсистеми придбання знань є оновлення бази знань на основі отриманої інформації з датчиків, а також вона може бути відкоригована суб'єктом. Слід зазначити, що експертна система може бути в стані навчання і в звичайному стані. Метою режиму навчання є формування блоком логічного виводу керуючої інформації для виконавчих пристроїв на основі інформації отриманої від суб'єктів.

Взаємодію БД з БЗ можна продемонструвати наступним чином. Нехай маємо $\{d/D\}$ – множину станів кліматичних пристроїв (β) записаних у термінах доменів D .

Таблиця 1 – Приклад таблиці БД експертної систем

№ запису	ID суб'єкта	Місяць	День	Час заходу у приміщення	Час виходу із приміщення	№ приміщення
1	12212	7	21	11.00	13.00	1
2	89761	8	12	12.00	13.00	1
---	---	---	---	---	---	---

Тоді $\{\tau/T\}$ – множина поточних значень за допомогою яких визначається стан кліматичного пристрою () записаних у термінах доменів T . $\{T\}$ – результати поточних даних для конкретного кліматичного пристрою. Під станом кліматичного пристрою слід розуміти стан «ввімкнений» або «вимкнений».

При визначенні поточного стану кліматичного пристрою на вхід БЗ поступають результати поточних даних, а на виході отримуємо список результатів:

$$\forall \beta \{\bar{\tau}/T\} \rightarrow БЗ \rightarrow \{d/D\}. \quad (6)$$

У випадку зворотної задачі: на вході отримаємо стан пристрою або зміну кліматичних параметрів для приміщення, а на виході отримаємо множину нових записів БД, тоді отримаємо наступну залежність:

$$\{d/D\} \rightarrow БЗ \rightarrow \{\tau/T\}_1, \dots, \{\tau/T\}_n. \quad (7)$$

Слід відмітити те, що у процесі визначення поточного стану кліматичного пристрою при заповненні БД можуть виникати різні фактори $\{\mu\}$. Під факторами слід розуміти, наприклад ремонт кліматичного пристрою, відсутність електроенергії, тощо. Тому у загальному випадку, залежність (1) прийме наступний вигляд:

$$\forall \beta \exists \{\mu\} \subseteq БЗ : \forall \mu \in \{\mu\}, \{\bar{\tau}/T\} \xrightarrow{\mu} \{d/D\}. \quad (8)$$

Отже на основі отриманих залежностей структура даних БЗ експертної системи матиме наступний вигляд (таблиця 2).

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Було проведено моделювання роботи запропонованого підходу в інформаційній інтелектуальній системі регулювання мікроклімату на основі використання системи нейро-нечіткого виводу з метою створення керуючої інформації. Навчальна вибірка отримана на основі використання методу Монте-Карло. Початкове значення кроку навчання в напрямку антиградієнта критерію E при зміні параметрів функції належності задано рівним $\alpha = 10^{-4}$. Допустима зміна величини кроку за одну ітерацію – 15%. Для навчання мережі значення критерію навчання, в середньому, становить $E = 2,187$, після 500 ітерацій – $E = 0,159$. Залежність значення помилки навчання від кількості даних навчальної вибірки представлено на рис. 6.

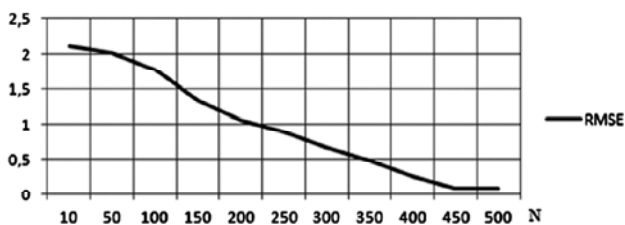


Рисунок 6 – Залежність похибки навчання від кількості елементів навчальної вибірки

При моделюванні роботи експертної системи малося на увазі, що використовуються сучасні сталеві або біметалічні радіатори, і проведені енергоефективні заходи, наприклад, утеплення зовнішніх стін, а також в приміщенні є кондиціонер.

Головною особливістю запропонованої структури експертної системи як частини ІСІРМ є автоматичне налаштування мікроклімату приміщення під суб'єкта який там знаходиться, з можливістю запам'ятовування часу перебування. В результаті чого, в період часу коли суб'єкт (суб'єкти) відсутні або їх вибрані температурні режими збігаються і ЕС здатна зменшити витрати використовуваного енергетичного ресурсу за рахунок зменшення температури повітря в приміщенні.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

Результати моделювання використання кількості тепла для опалення приміщення представлені на рис. 7. У якості енергетичного ресурсу для розрахунку кількості використаного тепла, було вибрано природний газ.

Де δ – середньоквадратичне відхилення обраної температури суб'єктами приміщення. Наприклад, для $\delta = 0,82$ діапазон вибраних температур становить $18 - 19^\circ\text{C}$, для $\delta = 1,53$ діапазон вибраних температур становить $С$ і т. д. В якості одиниці вимірювання використаної кількості тепла було обрано Гкал.

Для досягнення підвищення температури в приміщенні на 1°C в якості норми споживання тепла було прийнято $0,001\text{Гкал}$, ґрунтуючись на раніше розглянутих розрахунках [5]. Тобто, з отриманих даних, наприклад, для підтримки середньої температури в приміщенні без використання ЕС необхідно в місяць витратити $0,001 \times 41,67 = 0,04\text{Гкал}$ (рис. 7). Слід зазначити, що під середньою температурою приміщення мається на увазі температура, обрана в якості оптимальної для всіх суб'єктів.

6 ОБГОВОРЕННЯ

З результатів моделювання видно, що при значенні $\delta < 1$ або $\delta > 6,5$ використання ЕС не є раціональним,

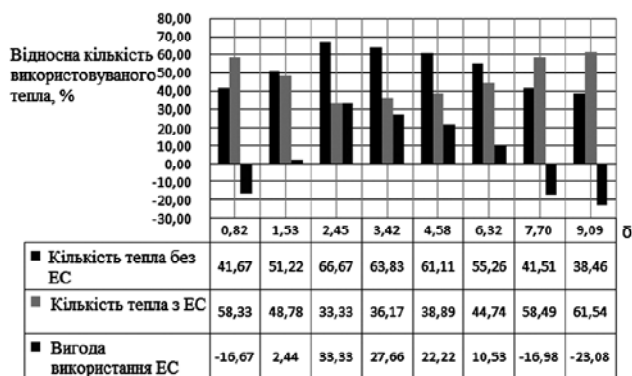


Рисунок 7 – Результати моделювання роботи ІСІРМ

Таблиця 2 – Приклад таблиці БЗ експертної систем

№ запису	ID пристрою	Місяць	День	Час включення	Час виключення	Стан
1	12212	7	21	11.00	13.00	1
2	89761	8	12	12.00	13.00	0
---	---	---	---	---	---	---

відбувається перевитрата тепла, і відповідно, збільшується кількість витрат енергоресурсу. Також, під час навчання нейро-нечіткої мережі для досягнення меншого значення середньоквадратичної помилки навчання необхідно використовувати навчальну вибірку з великим значенням вхідних даних або більшого значення кількості епох навчання. Але, зі збільшенням кількості епох навчання збільшується загальний час навчання нейро-нечіткої мережі, що в свою чергу впливає на загальну реакцію системи. Залежність часу навчання від кількості епох представлено на рис. 8, значення N було обрано рівним 250, $E=10^{-3}$, у якості апаратних ресурсів було обрано комп'ютер з процесором Intel Atom 1.8 Ghz, RAM=4Gb.

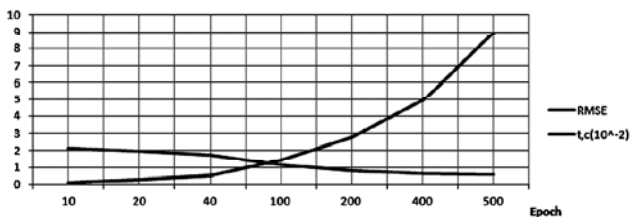


Рисунок 8 – Залежність часу навчання від кількості епох

З результатів видно, що при досягненні мінімального значення RMSE необхідно затратити більше часу на навчання нейро-нечіткої мережі. Тому доцільно знаходити «золоту середину» по часу навчання, значенням RMSE і кількості елементів вхідної вибірки.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день інтелектуальні системи регулювання мікроклімату є невід'ємною частиною систем «розумний дім». З урахуванням всіх переваг і досягнень сучасних методів, способів і інформаційних технологій регулювання мікроклімату, сьогодні практично не існує систем, які б налаштовувалися автоматично під кожного суб'єкта.

Використання запропонованої структури ЕС у складі інтелектуальної системи ICIPM дозволить зменшити в середньому до 23,4% кількості використовуваного тепла для опалення приміщення за рахунок врахування побажань суб'єктів щодо комфортних умов в приміщенні. Дані умови досягаються за рахунок налаштування температури на період перебування суб'єкта в приміщенні, наприклад, якщо людині С1 комфортно при 18°C, а людині С2 при 22°C, причому С1 знаходиться в приміщенні з 9.00 до 14.00, а С2 з 13.00 до 18.00 то ЕС автоматично і плавно підлаштує температуру під даних суб'єктів. Слід

Купин А. И.¹, Музыка И. О.², Кузнецов Д. И.³

¹Д-р техн. наук, професор, заведуючий кафедри комп'ютерних систем і мереж ГВУЗ «Криворізький національний університет», г. Кривий Ріг, Україна

²Канд. техн. наук, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж ГВУЗ «Криворізький національний університет», г. Кривий Ріг, Україна

³Канд. техн. наук старший преподаватель кафедри комп'ютерних систем і мереж ГВУЗ «Криворізький національний університет», г. Кривий Ріг, Україна

СТРУКТУРА ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ МІКРОКЛІМАТА ЖИЛИХ ПОМЕЩЕНЬ

Актуальність. Постійно рости тенденція к удорожанию енергоресурсов приводит к необходимости снижения энергопотребления, то есть к экономии энергоресурсов. С точки зрения жилых помещений, внедрение систем микроклимата необходимо для организации комфортных условий пребывания субъектов и экономного использования энергоресурсов.

зазначити, що якщо час перебування суб'єктів збігається, то вибирається середнє значення температури.

Можна зробити висновок, що використання запропонованої ЕС дає можливість налаштувати сприятливі умови мікроклімату під кожного суб'єкта приміщення, а також зменшити енерговитрати.

ПОДЯКИ

Дослідження виконувалось відповідно до постанови НАН України №179 від 20.10.2013 р. «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2014–2018 роки» на базі кафедри комп'ютерних систем та мереж ДВНЗ «Криворізький національний університет».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конох И. С. Разработка и исследование интеллектуальной системы регулирования параметров микроклимата помещения / И. С. Конох, И. С. Гула, С.В. Сукач // Электромеханические и энергосберегающие системы. – 2010. – №3 (11). – С. 80–85.
2. Мансуров Р. Ш. Экспериментальное исследование переходных процессов в системах обеспечения микроклимата / Р. Ш. Мансуров // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: IV Международная научно-техническая конференция, Москва, 10–12 октября 2011 г.: тезисы докладов. – Москва: МГСУ, 2011. – С. 382–387.
3. Кувшинов Ю. Я. Динамические свойства помещения с регулируемой температурой воздуха / Ю. Я. Кувшинов // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1993. – № 4. – С. 201–210.
4. Управление микроклиматом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.soliton.com.ua/pr/MA-2009-Feb-Produal-small.pdf>.
5. Расчет Гкал на отопление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://otoplenie-gid.ru/operacii/raschety/364-raschet-gkal-na-otoplenie>
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М.: Горячая линия, 2007. – 288 с.
7. Mayer A. An intelligent system for the climate control and energy savings in agricultural greenhouses / A. Mayer, E. Kamel, F. Enrico // Energy Efficiency. – 2016. – № 9. – P. 1241–1255
8. Marvuglia A. Coupling a neural network temperature predictor and a fuzzy logic controller to improve thermal comfort regulation in an office building / A. Marvuglia // Building and Environment. – 2014. – № 72. – P. 287–299.
9. Рутковская Д. А. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. А. Рутковская. – М.: Питер, 2006. – 124 с.
10. Abonyi J. Cluster analysis for data mining and system identification / J. Abonyi, B. Feil. – Basel: Birkhäuser, 2007. – 303 p.

Стаття надійшла до редакції 30.11.2016.

Після доробки 28.12.2016.

Цель. Целью работы является решение актуальной задачи энергоэффективного регулирования микроклимата помещений на основе использования информационной интеллектуальной системы учитывающей пожелания субъектов находящихся там, что в свою очередь, позволяет обеспечить эффективное управление отопительными приборами за счет уменьшения или увеличения температуры окружающей среды.

Метод. Решение поставленной задачи предложено путем использования структуры экспертной системы, как одной из составляющих системы интеллектуального регулирования микроклимата помещений на основе использования нейро-нечеткой подсистемы логического вывода. Данная подсистема позволяет автоматически формировать управляющую информацию для регулирования микроклимата помещений в зависимости от пожеланий субъектов, обобщая информацию о времени и месте их пребывания в разные периоды времени. В качестве подсистемы логического-вывода предложено пятислойную нейро-нечеткую систему прямого распространения ошибки, которая реализует систему нечеткого вывода типа Сугено нулевого порядка. Также предложена схема работы интеллектуальной системы регулирования микроклимата помещений и подход к реализации процесса идентификации субъектов в помещении.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили эффективность использования предложенной структуры экспертной системы в системах типа «Интеллектуальный дом». Также было установлено значение параметров влияющих на качество и производительность работы предложенной системы. В качестве энергоресурса был избран природный газ и среднестатистические диапазоны температур жилых помещений.

Выводы. Особенностью предлагаемой системы является универсальность использования любых климатических устройств, а также возможность автоматической настройки микроклимата помещения с учетом пожеланий субъектов. Также, главной особенностью предложенного метода настройки микроклимата является определение и запоминание поведения субъектов помещения что в сочетании с аппаратом нейронных сетей дает возможность к прогнозированию и установления соответствующих значений микроклимата помещения, и, как результат, к экономии энергоресурсов.

Ключевые слова: интеллектуальная система, микроклимат помещения, экспертная система, энергопотребление.

Kupin A. I.¹, Muzyka I. O.², Kuznetsov D. I.³

¹Sc.D., Professor, Head of Department of Computer Systems and Networks SHEE «Kryvyi Rih National University», Krivoy Rog, Ukraine

²Ph.D., Associate Professor of Department of Computer Systems and Networks SHEE «Kryvyi Rih National University», Krivoy Rog, Ukraine

³Ph.D., Senior teacher of Department of Computer Systems and Networks SHEE «Kryvyi Rih National University», Krivoy Rog, Ukraine

STRUCTURE OF DECISION SUPPORT SYSTEM OF INFORMATION SYSTEM INTELLIGENT CLIMATE CONTROL RESIDENTIAL

Context. The ever-growing tendency to rise in price of energy makes it necessary to reduce power consumption, that is, to save energy. In terms of accommodation, the introduction of microclimate necessary for the organization of comfortable conditions for the subjects and economical use of energy.

Objective. The purpose of work is to solve the actual problem of energy-efficient indoor climate control based on the use of information intellectual system which takes into account the wishes of the subjects are there, which in turn, helps to ensure effective management of heating devices by reducing or increasing the ambient temperature.

Method. The solution of the problem suggested by the use of expert system structure as a component of the intelligent control system of indoor climate through the use of neuro-fuzzy inference subsystem. This subsystem allows you to automatically generate control information for indoor climate control, depending on the wishes of the subjects, summarizing information on the time and place of their stay in different periods of time. As a logical subsystem suggested a five-layer neuro-fuzzy feedforward error system, which implements the fuzzy inference Sugeno zero order. Scheme of intelligent indoor climate control system is also proposed and the approach to the implementation of the process of identifying the subjects in the room.

Results. The experimental results confirmed the efficiency of the proposed expert system structure in systems «Smart House». It was also set parameters affecting the quality and performance of the proposed system. As an energy source, natural gas has been elected, and the average temperature ranges premises.

Conclusions. A feature of the proposed system is the versatility of the use of any air conditioning, as well as to automatically adjust the room climate to meet the wishes of subjects. Also, the main feature of the proposed method is to determine the microclimate settings and memory behavior of the subjects of the room combined with neural networks makes it possible to predict and detect relevant indoor climate values, and as a result, to save energy.

Keywords: intelligent system, indoor climate, expert system, power consumption.

REFERENCES

1. Konoh I. S., Gula I. S., Sukach S. V. Razrabotka i issledovanie intellektual'noj sistemy regulirovanija parametrov mikroklimate pomeshhenija, *Jeletromehaničeskie i jenergosberegajushhie*, 2010, No. 3(11), pp. 80–85.
2. Mansurov R. Sh. Jeksperimental'noe issledovanie perehodnyh processov v sistemah obespečenija mikroklimate, *Teoreticheskie osnovy teplogazosnabženija i ventiljacii: IV Meždunarodnaja naučno-tehničeskaja konferencija, Moskva, 10–12 oktjabrja 2011 g. : tezisy dokladov*. Moskva, MGSU, 2011, pp. 382–387.
3. Kuvshinov Ju. Ja. Dinamičeskie svojstva pomeshhenija s reguliruemoj temperaturoj vozduha, *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura*, 1993, No. 4, pp. 201–210.
4. Upravlenie mikroklimate [Jeletronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.soliton.com.ua/pr/MA-2009-Feb-Produal-small.pdf>.
5. Raschet Gkal na otoplenie [Electronic resource]. Access mode: <http://otoplenie-gid.ru/operacii/raschety/364-raschet-gkal-na-otoplenie>
6. Shtovba S. D. Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB. Moscow, Gorjachaja linija, 2007, 288 p.
7. Mayer A., Kamel E., Enrico F. An intelligent system for the climate control and energy savings in agricultural greenhouses, *Energy Efficiency*, 2016, No. 9, pp. 1241–1255
8. Marvuglia A. Coupling a neural network temperature predictor and a fuzzy logic controller to improve thermal comfort regulation in an office building, *Building and Environment*, 2014, No. 72, pp. 287–299.
9. Rutkovskaja D. A. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. Moscow, Piter, 2006, 124 p.
10. Abonyi J., Feil B. Cluster analysis for data mining and system identification, Basel, Birkhäuser, 2007, 303 p.