

УДК 004.023

Міроненко Д. С., Резков Д. М.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯМ ПОВІТРЯ В УЧБОВОМУ ЗАКЛАДІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ

Автоматизація систем кондиціювання є економічно вигідною, адже вона суттєво знижує експлуатаційні витрати даної системи, поліпшує показники безпеки і спостерігається зниження коефіцієнта витрати енергоресурсів. Крім цього, помітно зменшується кількість кваліфікованих фахівців, що виконують системне обслуговування. Автоматизована система кондиціювання може здійснювати автоматичний збір даних про роботу кожного зі своїх компонентів. Використання спеціалізованих апаратних і програмних засобів, що ведуть збір і обробку інформації про стан вентиляції, дозволяє в режимі реального часу відслідковувати всі процеси кондиціювання повітря в учбовому закладі.

Проведено аналіз методів управління кондиціюванням повітря в учбовому закладі і запропоновано новий підхід до централізованого управління за допомогою автоматизованої системи до складу якої включено інтелектуальний блок прийняття рішень. Блок прийняття рішень функціонує з використанням алгоритму ройового інтелекту, а саме, алгоритму пошуку косяком риб (Fish School Search, FSS). Кожен агент (кондиціонер) виконує кілька видів рухів: по-перше, руху на підставі тільки свого власного досвіду, по-друге, на підставі досвіду всього косяка. Таким чином, кожен кондиціонер функціонує в умовах конкретного приміщення та з урахуванням загальних норм до учбового закладу, які виражені в цільових функціях. В статті наведена математична модель алгоритму.

Використання алгоритму ройового інтелекту забезпечує моделювання та управління колективною поведінкою децентралізованої системи, що само організовується. Запропонована модель алгоритму ройового інтелекту забезпечує стандартизацію, підвищення гнучкості і переносимості створюваного програмного забезпечення, підвищення швидкості розробки. Дозволяє збільшити якість управління процесом повітрообміну і збільшити сфери впливу автоматичного і автоматизованого контролю та управління. Крім цього, значно зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій і їх наслідки.

Ключові слова: *ройовий алгоритм, автоматизація, ефективне управління, учбовий заклад, кондиціювання.*

Вступ. Практично все сучасне обладнання може працювати в автоматичному режимі. Автоматизація процесів є позитивним фактором для правильної роботи техніки, а також дуже зручною функцією для користувачів. Побутові кондиціонери працюють в автоматичному режимі завдяки мікропроцесору, до якого підключені всі датчики. Ці датчики реагують на температуру і вологість повітря, реагують на забруднення фільтру, напругу електромережі та інші зовнішні параметри. Управляти кондиціонером дозволяє пульт, за допомогою якого можна вибрати режим роботи і всі параметри. Кожен окремо взятий кондиціонер може виконувати певні завдання і є локальним устаткуванням. Якщо в приміщенні встановлено кілька кондиціонерів, то кожен з них працює незалежно і разом вони не утворюють систему.

Системою кондиціонування кліматична техніка називається тільки в тому випадку, коли управління її роботою забезпечується єдиним центром.

Кондиціонування повітря в учбовому закладі – це створення і автоматична підтримка (регулювання) в закритих приміщеннях всіх або окремих параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря) на певному рівні з метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття учнів та ведення учбового процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературних джерелах автоматизації управління кондиціонуванням повітря в промислових приміщеннях приділено достатньо багато уваги [1-5].

Автоматизована система кондиціонування є економічно вигідною, адже автоматизація значно знижує експлуатаційні витрати даної системи. Поліпшуються показники безпеки і спостерігається зниження коефіцієнта витрати енергоресурсів. Крім цього, помітно зменшується кількість кваліфікованих фахівців, що виконують системне обслуговування. Вдосконалений комплекс кондиціонування може здійснювати автоматичний збір даних про роботу кожного з компонентів пристрою [1].

Автоматизована система управління кондиціонуванням учбового закладу має трирівневу структуру: перший рівень оснащений взаємопов'язаними між собою виконавчими пристроями і датчиками, які здійснюють алгоритми автоматичного управління; прилади керування та шафи автоматики займають другий рівень; третій рівень відведено системі диспетчеризації, яка безперервно контролює систему кондиціонування і реагує на всі зміни і збої, що відбуваються в ній. Використання спеціалізованих апаратних і програмних засобів, що ведуть збір і обробку інформації про стан вентиляції, дозволяє в режимі реального часу відслідковувати всі процеси, що відбуваються [2,3].

З метою підвищення економічності і швидкодії процесу регулювання треба включити в систему управління інтелектуальну комп'ютерну систему, яка б виконувала управління кількома кондиціонерами [5].

Метою даної статті є огляд математичної моделі ройового алгоритму пошук косяком риб (Fish School Search, FSS), та його використання для управління автоматизованою системою кондиціонування повітря в учбовому закладі.

Виклад основного матеріалу. Ройовий інтелект (PI) англійською Swarm intelligence, описує колективну поведінку децентралізованої системи, що само організовується. Розглядається в теорії штучного інтелекту як метод оптимізації [6].

Системи ройового інтелекту, як правило, складаються з множини агентів локально взаємодіючих між собою і з навколишнім середовищем. Ідеї поведінки, як правило, виходять від природи, а особливо, від біологічних систем. Кожен боїд слідує дуже простим правилам і, незважаючи на те, що немає якоїсь централізованої системи управління поведінки, яка б вказувала кожному з них на те, що йому слід робити, локальні і, в деякій мірі, випадкові взаємодії призводять до виникнення інтелектуальної групової поведінки, неконтрольованої окремими боїдами. В цілому, ройовий інтелект повинен являти собою багатоагентну систему, яка б володіла поведінкою, що зорганізується самостійно, яке, сумарно, має проявляти деяку розумну поведінку.

Серед багатьох алгоритмів ройового інтелекту (PSO – Particle Swarm Optimization, ACO – Ant Colony Optimization, ABCO – Artificial Bee Colony Optimization, FSS – Fish School

Search) було обрано алгоритм пошуку косяком риб (Fish School Search, FSS) створений на підставі моделювання руху косяка риб і представлений Б. Філо і Л. Нето в 2008 р. [6].

У косяку риби рухаються в одному напрямку з близькими швидкостями, підтримуючи узгоджений рух і приблизно однакову відстань між сусідами. Такий спосіб колективного руху допомагає ефективніше переміщатися на великі відстані, знаходити їжу і захищатися від хижаків. Кожен агент виконує кілька видів рухів: по-перше, руху на підставі тільки свого власного досвіду, по-друге, на підставі досвіду всього косяка. Другий вид руху розділяється на дві фази, описані нижче. Косяк риб «пам'ятає» тільки результати попередньої ітерації, а не найкращі знайдені за весь процес.

В ролі агентів «риб» будуть виступати окремі кондиціонери, які мають свої персональні характеристики (потужність, енергоспоживання, рівень шуму і т.і.)

Для застосування алгоритму потрібно щоб цільова функція була позитивна на всьому просторі пошуку: $f(X) \geq 0, X \in D$.

Алгоритм пошуку косяком риб можливо представити у вигляді кортежу:

$$FSS = \{S, M, A, P, I, O\}, \quad (1)$$

де S – множина агентів, M – об'єкт обміну досвідом між агентами, A – правила роботи ройового алгоритму, P – параметри, які використовуються алгоритмом, I та O – порти (входи та виходи) системи, через які вона взаємодіє з навколишнім середовищем і керуючою системою.

Множина агентів («риб» – кондиціонерів) $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{|S|}\}$, $|S|$ – кількість агентів. На j -й ітерації i -й агент характеризується станом $s_{ij} = \{X_{ij}, V_{ij}, w_{ij}\}$, де $X_{ij} = \{x_{1ij}, x_{2ij}, \dots, x_{lij}\}$ – вектор варійованих параметрів (положення агента), $V_{ij} = \{v_{1ij}, v_{2ij}, \dots, v_{lij}\}$ – вектор швидкостей агента, w_{ij} – вага агента.

Засобом непрямого обміну M є вектор з двох елементів, перший з них є скаляром і визначає зважену суму індивідуальних переміщень риб, а другий є вектором довжиною l і являє зважений центр тяжіння всього косяка, $M = \{m_j^S, C_j\}$.

Алгоритм A описує механізми функціонування косяка риб. Існують різні варіації алгоритму, нижче дана схема відповідно до опису [6].

1. Генерація початкових положень ($j=1$):

$$w_{i1} = \frac{w_{max}}{2}, i = 1, \dots, |S|, \quad (2)$$

де w_{max} – один за параметрів алгоритму.

2. Переміщення агентів. Оскільки переміщення в рамках однієї ітерації включає в себе кілька стадій, в даний опис вводиться проміжна між ітераціями стан з індексом $j + 0.5$.

2.1 Індивідуальні переміщення агентів між ітераціями j і $j + 1$ виконуються незалежно для всіх агентів і складаються з трьох кроків. На першому кроці задається випадкове значення швидкості:

$$V_{ij+0.5} = rnd \cdot V_{max}, i = 1, \dots, |S|, \quad (3)$$

де rnd – випадкове число, яке рівномірно розподілене в інтервалі $[0,1]$, V_{max} – вектор максимальних швидкостей по кожному виміру області пошуку $V_{max} = \{v_{max}^1, v_{max}^2, \dots, v_{max}^l\}$. Вектор можливо замінити скалярною величиною V_{max} у разі рівності усіх його елементів.

На другому кроці виконується переміщення зі знайденою швидкістю в межах області допустимих значень:

$$X_{ij+0.5} = \begin{cases} X_{ij} + V_{ij+0.5}, G(X_{ij} + V_{ij+0.5}) = 1 \\ X_{ij}, G(X_{ij} + V_{ij+0.5}) = 0 \end{cases}, \quad i = 1, \dots, |S|, \quad (4)$$

де $G(X)$ використовується як предикат, який показує, чи належить X області допустимих значень D .

Останній третій крок повертає агента на попередню позицію, якщо значення цільової функції в новій позиції виявилось гірше.

$$X_{ij+0.5} = \begin{cases} X_{ij+0.5}, \varphi(X_{ij+0.5}) \geq \varphi(X_{ij}) \\ X_{ij}, \varphi(X_{ij+1}) < \varphi(X_{ij}) \end{cases}, \quad i = 1, \dots, |S|, \quad (5)$$

2.2 Інстинктивно-колективне плавання виконується всіма рибами в одному напрямку і з однаковою швидкістю. На цьому етапі використовується об'єкт непрямой взаємодії m_j^S :

$$m_j^S = \frac{\sum_i (V_{ij+0.5} (\varphi(X_{ij+0.5}) - \varphi(X_{ij})))}{\sum_i (\varphi(X_{ij+0.5}) - \varphi(X_{ij}))}. \quad (6)$$

Кожна риба після цього переміщується на величину:

$$X_{ij+0.5} = X_{ij+0.5} + m_j^S, \quad i = 1, \dots, |S|. \quad (7)$$

Якщо будь-який елемент виходить за межу області допустимих значень, то він замінюється на значення відповідної межі.

2.3 Останній етап переміщень називається колективно-вольовим плаванням. Попередньо необхідно обчислити ваги агентів, вага агента i на кроці j обчислюється за формулою:

$$W_{ij+0.5} = W_{ij} + \frac{\varphi(X_{ij+0.5}) - \varphi(X_{ij})}{\max(\varphi(X_{ij+0.5}), \varphi(X_{ij}))}, \quad i = 1, \dots, |S|, \quad (8)$$

з урахуванням обмеження

$$1 \leq W_{ij+0.5} \leq W_{max}. \quad (9)$$

Якщо в результаті індивідуального і інстинктивно-колективного плавання всього рою (косяка риб) в цілому стало краще, то область пошуку звужується для більш ретельного дослідження поточної зайнятої області, інакше розширюється для пошуку нових рішень і виходу з потенційного локального екстремуму. Використовується так званий центр ваги рою:

$$C_j = \frac{\sum_i (W_{ij+0.5} X_{ij+0.5})}{\sum_i (W_{ij+0.5})}, \quad i = 1, \dots, |S|. \quad (10)$$

Переміщення при колективно-вольовому плаванні виконується по наступному правилу:

Інформаційні технології

$$X_{ij+1} = \begin{cases} X_{ij+0.5} + vol \cdot (X_{ij+0.5} - C_j), & ws_{j+0.5} > ws_{j-0.5} \\ X_{ij+0.5} - vol \cdot (X_{ij+0.5} - C_j), & ws_{j+0.5} \leq ws_{j-0.5} \end{cases}, \quad i = 1, \dots, |S|. \quad (11)$$

де $ws_{j+0.5}$ – сума ваг усіх агентів на поточній стадії (знаменник у формулі (8)), $ws_{j-0.5}$ є аналогічною сумою на попередній ітерації, а vol визначає величину кроку переміщень і обчислюється як:

$$vol = rnd \cdot vol_{max}, \quad (12)$$

де vol_{max} – максимально можливий розмір кроку, rnd – випадкова величина, рівномірно розподілена в інтервалі $[0,1]$.

Щоб отримати остаточні позиції агентів на ітерації $j + 1$, потрібно врахувати межу області допустимих значень, так само як на етапі 2.2. Коефіцієнти (параметри) алгоритму, що використовуються в формулах (2), (3), (12) утворюють вектор $P = \{v_{max}, w_{max}, vol_{max}\}$. Ці коефіцієнти визначають поведінку рою, вибір їх значень є особливим завданням, які вирішуються за допомогою різних методів адаптації.

ВИСНОВКИ

Автоматизована система управління кондиціонуванням в учбовому закладі повинна: виконувати автоматичне включення / вимикання кондиціонерів, прийом, обробку, зберігання інформації про поточні режими і стан обладнання, сигналізувати про критичні ситуації і надавати оперативний спосіб їх ліквідації. Впровадження автоматизованої системи кондиціонування дозволить збільшити якість управління процесом повітрообміну і збільшити сфери впливу автоматичного і автоматизованого контролю та управління. Крім цього, значно буде зменшена ймовірність виникнення аварійних ситуацій і їх наслідки.

Використання алгоритмів ройового інтелекту забезпечить моделювання та управління колективною поведінкою децентралізованої системи, що само організовується. Серед багатьох алгоритмів ройового інтелекту в науковому дослідженні було обрано алгоритм пошуку косяком риб (Fish School Search, FSS) створений на підставі моделювання руху косяка риб. Кожен агент виконує кілька видів рухів: по-перше, руху на підставі тільки свого власного досвіду, по-друге, на підставі досвіду всього косяка. Таким чином, кожен кондиціонер функціонує в умовах конкретного приміщення та з урахуванням загальних норм до учбового закладу, які виражені в цільових функціях.

Запропонована модель алгоритму ройового інтелекту забезпечує стандартизацію, підвищення гнучкості і переносимості створюваного програмного забезпечення, підвищення швидкості розробки. Дозволяє збільшити якість управління процесом повітрообміну і збільшити сфери впливу автоматичного і автоматизованого контролю та управління. Крім цього, значно зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій і їх наслідки.

Список використаних джерел:

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е. С. Бандарь [и др.]. – Киев: Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2015. – 560 с.

2. Лобанов, Д. В. Системы персональной вентиляции в помещениях умственного труда с применением ПЭВМ / Д. В. Лобанов, А. Ю. Глушков // Инженерные системы и сооружения. – 2016. – № 1 (22). – С. 42–48.

3. Лобанов, Д. В. Схема создания комфортных климатических параметров в офисах / Д. В. Лобанов, И. И. Полосин // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2015. – № 2 (158). – С. 58–61.

4. Морозов, А. А. Управление воздушными потоками в чистых помещениях электронной промышленности / А. А. Морозов // Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов ИИЭСМ за 2015-2016 учебный год / НИУ МГСУ. – М., 2016. – С. 23–29.

5. Кокорин, О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха / О. Я. Кокорин. – М. : Физматлит, 2003. – 131 с.

6. Карпенко, А. П. Популяционные алгоритмы глобальной оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов / А. П. Карпенко // Информационные технологии. Приложение к журналу. – 2012. – № 7. – С. 1–32.

Мироненко Д. С., Резков Д. М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ВОЗДУХА В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Автоматизация систем кондиционирования является экономически выгодной, ведь она существенно снижает эксплуатационные расходы данной системы, улучшает показатели безопасности и наблюдается снижение коэффициента расхода энергоресурсов. Кроме этого, заметно уменьшается количество квалифицированных специалистов, выполняющих системное обслуживание. Автоматизированная система кондиционирования может осуществлять автоматический сбор данных о работе каждого из своих компонентов. Использование специализированных аппаратных и программных средств, ведущих сбор и обработку информации о состоянии вентиляции, позволяет в режиме реального времени отслеживать все процессы кондиционирования воздуха в учебном заведении.

Проведен анализ методов управления кондиционированием воздуха в учебном заведении и предложен новый подход к централизованному управлению при помощи автоматизированной системы, в состав которой включен интеллектуальный блок принятия решений. Блок принятия решений функционирует с использованием алгоритма роевого интеллекта, а именно, алгоритма поиска косяком рыб (Fish School Search, FSS). Каждый агент (кондиционер) выполняет несколько видов движений: во-первых, движения на основании только своего собственного опыта, во-вторых, на основании опыта всего косяка. Таким образом, каждый кондиционер работает в условиях конкретного помещения и с учетом общих норм принятых для данного учебного заведения, выраженных в целевых функциях. В статье приведена математическая модель алгоритма.

Использование алгоритма роевого интеллекта обеспечивает моделирование и управление коллективным поведением децентрализованной системы, которая самоорганизуется. Предложенная модель алгоритма роевого интеллекта обеспечивает

стандартизацію, підвищення гнучкості і переносимості створюваного програмного забезпечення, підвищення швидкості розробки. Позволяє збільшити якість управління процесом воздухообміну і збільшити вплив автоматичного і автоматизованого контролю і управління. Крім цього, значительно зменшує ймовірність виникнення аварійних ситуацій і їх наслідки.

Ключевые слова: роевой алгоритм, автоматизація, ефективне управління, навчальне заведення, кондиціонування.

Mironenko D. S., Rezkov D. M.

MODELING OF THE CENTRALIZED CONTROL SYSTEM OF AIR CONDITIONING IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS USING THE ROYAL INTELLIGENCE ALGORITHM

Automation of air-conditioning systems is economically advantageous, as it significantly reduces the operating costs of the system. Improves safety performance and decreases energy efficiency ratio. In addition, the number of qualified professionals performing system maintenance is noticeably decreasing. An automated air-conditioning system can automatically collect data on the performance of each of its components. The use of specialized hardware and software to collect and process information on the state of ventilation allows real-time tracking of all air conditioning processes in the school.

An analysis of the methods of air conditioning management in an educational institution is carried out and a new approach to centralized management is proposed with the help of an automated system which includes an intelligent decision-making block. The decision-making unit operates using the swarm intelligence algorithm, namely the Fish School Search (FSS) algorithm. Each agent (conditioner) performs several types of movements: first, movements based only on their own experience, and secondly, based on the experience of the whole cant. Thus, each air conditioner functions in the conditions of a specific room and in accordance with the general norms for the educational institution, which are expressed in the intended functions. The article presents the mathematical model of the algorithm.

The use of the swarm intelligence algorithm provides for the modeling and control of the self-organized collective behavior of a decentralized system. The proposed model of the algorithm of swarm intelligence provides standardization, increase of flexibility and portability of the created software, increase of speed of development. Allows you to increase the quality of control of the air exchange process and to increase the scope of the influence of automatic and automated control and control. In addition, it significantly reduces the likelihood of accidents and their consequences.

Keywords: air conditioning algorithm, automation, efficient management, educational institution, conditioning

Рецензент:
Стаття надійшла