

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ТА СТАНУ ЛЮДИНИ В УМОВАХ РОЗУМНОГО СЕРЕДОВИЩА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі теоретично обґрунтовано підхід до моделювання взаємозв'язку між параметрами мікроклімату приміщення (температура, вологість, CO₂, освітленість) та функціональним станом людини. Запропоновано концепцію інтеграції такої моделі у медичну інформаційну систему, що функціонує в умовах розумного середовища. Особливу увагу приділено застосуванню методів штучного інтелекту та адаптивного регулювання з використанням біологічного зворотного зв'язку. Представлено структурну модель та підходи до формалізації взаємозалежностей між зовнішніми та внутрішніми фізіологічними параметрами.

Ключові слова: мікроклімат, функціональний стан, біосенсори, IoT, розумне середовище, медична інформаційна система, адаптивне керування.

ВСТУП

Параметри мікроклімату приміщень мають суттєвий вплив на фізіологічний стан людини. У контексті сучасної біомедичної інженерії зростає інтерес до інтеграції даних про мікроклімат з фізіологічними показниками для створення інтелектуальних систем підтримки життєдіяльності. Особливо це актуально в умовах лікувально-профілактичних закладів, навчальних приміщень, офісних просторів тощо, де мікрокліматичні умови можуть істотно впливати на працездатність, самопочуття та функціональний стан людини [1].

У наукових публікаціях останніх років з'являються окремі підходи до персоналізованого мікрокліматичного регулювання, однак відсутні цілісні моделі, що поєднують медичну інформацію, дані з сенсорних систем та механізми зворотного впливу на середовище. У цьому контексті важливо сформулювати теоретичну основу для побудови таких систем, з урахуванням індивідуальної фізіологічної реакції людини на параметри навколишнього середовища [1, 2].

Метою даної роботи є розробка структурної моделі, яка описує взаємозв'язок між параметрами мікроклімату та станом людини, і визначення ключових підходів до її застосування в медичних інформаційних системах адаптивного типу.

Новизна дослідження полягає в формалізації підходу до побудови моделі, що враховує взаємозв'язок між показниками мікроклімату та фізіологічним станом людини. Запропоновано концептуальну структуру такої моделі з можливістю її інтеграції в IT-системи розумного середовища. Теоретично обґрунтовано доцільність використання методів штучного інтелекту, таких як нейронні мережі, методи нечіткого виведення та багатофакторний аналіз, для реалізації адаптивного керування умовами середовища на основі індивідуального фізіологічного зворотного зв'язку [3].

ОСНОВНІ ПІДХОДИ

У рамках дослідження запропоновано концептуальний підхід до побудови системи, що враховує взаємозв'язок між параметрами мікроклімату приміщення та функціональним станом людини. Основу підходу становить ідея про створення адаптивного середовища, яке динамічно змінює свої параметри залежно від реакцій організму користувача. Такий підхід може бути реалізований як компонент медичної інформаційної системи в умовах «розумного середовища» [1, 5].

Передбачається, що система буде включати такі основні функціональні компоненти:

1. Модуль збору параметрів середовища та фізіологічного стану

Теоретично розглядається можливість використання наявних у літературі сенсорних технологій для моніторингу мікроклімату (температура, вологість, рівень CO₂, освітленість) та

базових фізіологічних показників людини (ЧСС, температура тіла, ШГР, частота дихання). Збір таких даних є необхідним для подальшого моделювання та аналізу [4].

2. Аналітичний блок

У межах концепції розглянуто можливість застосування методів:

- кореляційного та регресійного аналізу для визначення кількісного взаємозв'язку між параметрами середовища та реакцією організму;
- штучних нейронних мереж (зокрема багатошарових перцептронів або рекурентних мереж типу LSTM) для виявлення складних нелінійних залежностей;
- нечіткої логіки для формалізації експертних знань і прийняття рішень на основі нечітких вхідних змінних.

3. Модель зворотного зв'язку

Розробка математичної моделі, яка включає контур зворотного зв'язку між фізіологічними параметрами та регуляторами мікроклімату, є ключовим теоретичним завданням. Така модель має враховувати індивідуальні особливості користувача, допустимі межі параметрів, а також часову динаміку змін стану організму [6].

4. Концепція візуалізації та адаптивного керування

На рівні концепту запропоновано структуру, згідно з якою результати аналізу передбачають виведення рекомендацій або автоматизованих впливів на мікрокліматичні параметри (наприклад, через системи вентиляції, освітлення, обігріву). Усі рішення можуть бути представлені користувачу у вигляді інтерфейсу для нагляду за станом середовища та організму.

Таким чином, підхід ґрунтується на міждисциплінарному поєднанні біомедичної інженерії, математичного моделювання, штучного інтелекту та елементів автоматичного керування. Основною метою є створення науково-обґрунтованої основи для подальшої реалізації інтелектуальних медико-орієнтованих систем адаптації мікроклімату.

РЕЗУЛЬТАТИ

У результаті дослідження пророблено концептуальну модель інформаційної системи, що дозволяє поєднати дані про параметри мікроклімату з фізіологічними показниками людини для подальшого аналізу та формування керуючих дій у розумному середовищі.

На основі аналізу літературних джерел та відомих принципів моделювання взаємодії людина–середовище, виділено ключові компоненти системи:

- **сенсорний рівень**, що передбачає збір мікрокліматичних параметрів та базових фізіологічних показників;
- **аналітичне ядро**, орієнтоване на багатofакторний аналіз, застосування нейромережевих моделей та нечіткого логічного виведення;
- **блок прийняття рішень**, у якому формуються рекомендації або сигнали керування на основі попереднього аналізу;
- **інтерфейс користувача**, який може забезпечити доступ до індивідуалізованої інформації про стан середовища та функціональний стан організму.

Було пророблено загальну структурну схему, яка демонструє потоки інформації між функціональними модулями системи. Теоретичний аналіз показує доцільність використання нечіткої логіки для прийняття рішень в умовах варіативності фізіологічних реакцій, а також потенціал нейромереж для адаптивного навчання моделі на основі індивідуальних даних.

Окреслено потенційні сценарії застосування моделі — в умовах лікувальних установ, навчальних закладів, офісів, де критичним є підтримання комфортного функціонального стану персоналу чи пацієнтів. Отримані результати створюють передумови для подальших емпіричних досліджень та реалізації програмно-апаратних прототипів таких систем.

ВИСНОВКИ

У роботі теоретично обґрунтовано підхід до побудови моделі взаємозв'язку параметрів мікроклімату приміщення та фізіологічного стану людини. Запропонована модель враховує можливість використання фізіологічних реакцій як зворотного зв'язку для адаптивного регулювання умов навколишнього середовища.

Запропонована концепція інтегрується у контекст розумного середовища та медичних інформаційних систем, що дозволяє поєднати моніторинг стану людини з керуванням

технічними засобами підтримки мікроклімату. Обґрунтовано використання таких методів, як нейромережі, регресійний аналіз та нечітка логіка для формалізації й обробки багатofакторних залежностей між зовнішніми та внутрішніми параметрами.

Результати дослідження формують основу для подальших експериментальних та прикладних розробок, зокрема розробки адаптивних алгоритмів управління, персоналізованих інтерфейсів взаємодії та програмних модулів для інтеграції в eHealth-системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлов С. В., Салдан Й. Р., Злепко С. М. Контроль стану організму в системах eHealth. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 142 с.
2. Тимченко Л. І., Азаров О. Д. Системи сенсорного моніторингу.– Вінниця: ВНТУ, 2019.– 128 с.
3. ISO 7730:2005 – Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
4. World Health Organization. WHO guidelines on indoor air quality: selected pollutants. – Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010.
5. Zuiderveld, Karel J. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. In *Graphics Gems*, Academic Press, 1994.
6. Kovalchuk V. I. Modelling of biomedical processes: theoretical and applied aspects. – Kyiv: Naukova Dumka, 2022. – 256 p.

Пантелейчук Дмитро Олександрович – здобувач наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 163 Біомедична інженерія, група 163-23а, кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, vindims@gmail.com.

Науковий керівник: Костішин Сергій Володимирович – кандидат техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, seruykost@gmail.com

MODEL OF THE INTERRELATIONSHIP BETWEEN MICROCLIMATE PARAMETERS AND HUMAN FUNCTIONAL STATE IN A SMART ENVIRONMENT

Abstract

The paper theoretically substantiates an approach to modeling the interrelationship between indoor microclimate parameters (temperature, humidity, CO₂, illuminance) and the functional state of a human. A concept is proposed for integrating such a model into a medical information system operating within a smart environment. Particular attention is paid to the use of artificial intelligence methods and adaptive regulation based on biological feedback. A structural model is presented along with approaches to formalizing the interdependencies between external and internal physiological parameters.

Keywords: microclimate, functional state, biosensors, IoT, smart environment, medical information system, adaptive control.

Dmytro Panteleichuk – Candidate for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 163 Biomedical Engineering, group 163-23a, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, vindims@gmail.com.

Supervisor: Kostishin Serhii – candidate of Tech. of Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optical-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, seruykost@gmail.com