

М.С. Граф, PhD
А.В. Яконюк, студент
Державний університет «Житомирська політехніка»
Д.В. Крант, аспірант
Ю.Ю. Головач, аспірант
Державний університет «Київський авіаційний інститут»

Аналіз можливостей інформаційної системи покращення якості сну на основі аналізу біометричних даних

У роботі проведено аналіз можливостей інформаційної системи покращення якості сну на основі аналізу біометричних даних з використанням технології Ambient Intelligence (AmI). В умовах сучасних стресових реалій, зокрема впливу пандемії COVID-19 та соціальних потрясінь, які значно погіршують психофізичний стан людей, покращення якості сну набуває особливої актуальності. AmI-системи дозволяють автоматично налаштовувати параметри середовища, такі як температура, освітлення та вологість, з урахуванням індивідуальних біометричних показників користувача, що сприяє підтриманню природних циркадних ритмів та підвищує загальний комфорт під час сну. У статті розглядаються сучасні дослідження у галузі адаптивних систем управління умовами сну, що враховують біоритми та фізіологічні потреби людини. Особлива увага приділяється можливостям AmI-систем для автономного налаштування параметрів середовища відповідно до даних, зібраних із сенсорів, таких як температура тіла, частота серцевих скорочень та фази сну. У дослідженні показано, що ці технології не лише покращують умови для сну, а й позитивно впливають на загальний стан здоров'я користувача та знижують рівень стресу. Система здатна самостійно функціонувати завдяки використанню алгоритмів машинного навчання, зокрема LSTM для прогнозування, фільтра Калмана для очищення даних, Isolation Forest для виявлення аномалій та K-means для кластеризації режимів сну.

Ключові слова: складна система; системний аналіз; структурний синтез; ситуаційний центр; системний підхід; кібернетична модель; показник якості; критерій ефективності.

Актуальність теми. Високий рівень стресу та втрата сну можуть стати причиною багатьох розумових чи фізичних проблем зі здоров'ям, таких як депресія, погіршення пам'яті, зменшення мотивації, ожиріння та інших. Спочатку пандемія COVID-19, а пізніше й повномасштабне вторгнення призвели до безпрецедентних змін у нашому житті, значного підвищення рівня стресу та переживань про здоров'я. Тому, коли загроза і стрес стають постійною складовою життя, сон стає одним із перших жертв психологічного дисбалансу. Постійні сигнали тривоги, непевність у майбутньому та необхідність пристосування до нових умов життя створюють тривалий стрес, який суттєво порушує сон, погіршуючи його якість та впливаючи на здоров'я людей. Тому сьогодні як ніколи важливо пропонувати рішення, які допоможуть людям зменшити порушення сну, таким чином покращити їхнє здоров'я та якість життя загалом. Дослідження, проведені Philips Global Sleep Survey [1, 2], показують, що:

- 67 % дорослих повідомляють про порушення сну принаймні раз на ніч;
- 62 % дорослих у всьому світі кажуть, що сплять не так добре, як хотіли б;
- 8 із 10 дорослих у всьому світі хочуть покращити свій сон, але 60 % не зверталися за допомогою до медиків;
- 44 % дорослих у всьому світі стверджують, що якість їхнього сну погіршилася за останні п'ять років.

Також, згідно з опитуванням [3], що проведене серед українців під час повномасштабного вторгнення, 245 респондентів (76,3 % загальної сукупності з 321 людини) відмітили у себе появу розладів сну після 24 лютого 2022 року.

Зважаючи на масштабні проблеми, пов'язані з порушенням сну, важливою є розробка інноваційних технологічних рішень, які допоможуть знизити стрес та поліпшити сон. У цьому контексті значну увагу привертають технології на основі штучного інтелекту, які можуть автоматично адаптувати навколишнє середовище для створення комфортних умов сну [4]. Зокрема, це – регулювання освітлення, температури та вологості, що дозволяє користувачам підтримувати природні циркадні ритми. Одним із найбільш перспективних напрямів у цій сфері є технологія Ambient Intelligence (AmI) [5], яка здатна адаптувати середовище під індивідуальні потреби користувача, забезпечуючи інтуїтивну взаємодію без прямого втручання. AmI використовує мережу сенсорів та алгоритми машинного навчання, щоб аналізувати та реагувати на показники здоров'я користувача, створюючи комфортне середовище для сну. Така система здатна вивчати вподобання своїх користувачів, розуміти їх потреби, реагувати та діяти відповідно до їхніх

потреб без явної взаємодії з боку людини за допомогою алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання [6]. Саме останнє різке відрізняє Ambient Intelligence від широковідомого альтернативного підходу до проектування такого типу систем, як розумний будинок (Smart home), що акцентований на використанні технологій для управління окремими аспектами домашнього середовища через підключені пристрої. AmI працює практично невидимо для користувача, створюючи ефект, ніби середовище «само собою» підлаштовується під потреби користувача, підтримуючи інтуїтивну взаємодію з людиною.

Отже, в умовах сучасних стресових реалій використання технологій Ambient Intelligence є перспективним інструментом для підвищення якості життя та зменшення негативних наслідків хронічного стресу. Використання таких систем не тільки допомагає індивідуально покращити якість сну, але й знижує навантаження на системи охорони здоров'я, що є актуальним завданням для багатьох країн світу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Численні дослідження підтверджують, що моделювання умов сну через AmI може суттєво підвищити його якість, знижуючи ризики розвитку порушень, пов'язаних із недосипанням та хронічною втомою.

Освітлення є важливим фактором, що впливає на циркадні ритми людини: природні цикли сну та неспання. Згідно з дослідженням, зміни в інтенсивності світла безпосередньо впливають на рівень мелатоніну в крові, гормону, що регулює сон [7]. AmI-системи можуть автоматично налаштувати освітлення відповідно до часу доби, забезпечуючи тепле світло ввечері для заспокоєння та поступове його зниження, що сприяє природному виробленню мелатоніну та підготовці організму до сну. Подібні рішення довели свою ефективність у покращенні сну, особливо в умовах штучного освітлення в міських середовищах [8].

Сучасні дослідження та розробки в галузі персоналізованих систем освітлення показують, що освітлення може бути адаптоване до індивідуальних потреб користувача, враховуючи його розпорядок дня та особливості сну. Зокрема, у [9] демонструється, що застосування регульованих систем освітлення, які враховують циркадні ритми людини, може сприяти не лише покращенню умов для сну, але й підвищенню загального рівня комфорту впродовж дня. Автори підкреслюють, що зміна спектрального складу та інтенсивності світла відповідно до природних циклів організму позитивно впливає на фізіологічні процеси, знижуючи рівень стресу та покращуючи самопочуття.

У дослідженні [10] представлено підхід до створення персоналізованої системи рекомендацій освітлення, що базується на обробці даних користувача. Зібрані дані про активність, час засинання і пробудження дозволяють системі автоматично налаштувати інтенсивність та колір світла відповідно до біоритмів користувача. Система, використовуючи моделі машинного навчання, аналізує регулярні зміни в режимі дня і адаптує освітлення для підтримки кращих умов для відпочинку та продуктивності.

У [11] досліджується підхід до створення розумної системи рекомендацій для глибокого сну, що поєднує методи гібридного глибинного навчання. Ця система інтегрує не лише параметри освітлення, а й інші фактори, як-от температуру й вологість, які корелюють з біометричними показниками користувача, зокрема частотою серцевих скорочень і рівнем активності. Дослідження показало, що така система може автоматично налаштувати параметри освітлення, створюючи оптимальні умови для фази глибокого сну, що позитивно впливає на відновлення організму та покращення самопочуття наступного дня.

Температура тіла та навколишнього середовища має ключове значення для досягнення глибоких фаз сну. Наукові дослідження підтверджують, що легке зниження температури вночі сприяє зануренню в глибокий сон [12]. У цьому контексті AmI може адаптувати температуру в кімнаті відповідно до показників тіла користувача, створюючи комфортне середовище, що відповідає його біологічним потребам. Наприклад, сучасні системи можуть налаштувати температуру під час сну на основі температури тіла, яка знижується вночі, що забезпечує стабільне середовище для якісного відпочинку [13].

Температурний режим тіла та навколишнього середовища є важливим фактором для досягнення оптимальних умов сну, зокрема для глибоких фаз, під час яких відбувається активне відновлення організму. Дослідження [12] показало, що природне зниження температури тіла вночі є одним із ключових тригерів для переходу до стану сну. Автори наголошують, що невелике зниження температури навколишнього середовища, яке супроводжує цей процес, сприяє більш ефективному засинанню та збільшує тривалість фаз глибокого сну, зокрема за рахунок зниження активності симпатичної нервової системи.

Робота [13] доповнює це дослідження, описуючи вплив термального середовища на циркадні ритми та якість сну. Тут зазначається, що підтримка стабільної температури в діапазоні 16–18 °C у спальні може значно покращити якість сну, сприяючи природним коливанням температури тіла протягом нічного відпочинку. Ці коливання своєю чергою сприяють підтримці циркадного ритму та забезпечують комфортні умови для тривалого сну. Автоматизовані системи на основі Ambient Intelligence (AmI) використовують біометричні показники користувача для адаптації температури кімнати, що реагують на фізіологічні зміни, такі як температура шкіри або частота серцевих скорочень, що дозволяє створити індивідуальні умови для сну.

Основна ідея дослідження [14] полягає в розробці моделі, яка використовує біометричні дані, такі як температура шкіри, частота серцевих скорочень, рівень активності, а також відомості про індивідуальні уподобання щодо температурного режиму. Система динамічно адаптує параметри температури в

приміщенні, враховуючи змінні умови та потреби кожного користувача, що дозволяє зберігати стабільний рівень комфорту. Особливу увагу автори приділяють тому, як ці системи можуть забезпечити стабільне середовище для сну, знижуючи ризик порушень сну через коливання температур.

Отже, використання технологій AmI для автоматичного регулювання освітлення та температури на основі біометричних даних є перспективним напрямом, який дає змогу не лише підтримувати стабільну температуру і відповідне освітлення, а й створювати більш індивідуальні умови, орієнтовані на особливості терморегуляції кожного користувача. Це особливо важливо в контексті забезпечення оптимального середовища для сну, оскільки комфортна температура знижує ризик пробуджень та сприяє переходу до глибших стадій сну, забезпечуючи кращий рівень відновлення організму.

Мета дослідження – дослідити розробку інформаційної системи покращення якості сну, використовуючи аналіз біометричних даних користувачів, та описати модель автоматичного регулювання умов середовища в розумному будинку на прикладі модель аналізу температурних даних.

Викладення основного матеріалу. Покращення якості сну завдяки автоматизованому регулюванню умов середовища є важливою сферою досліджень у сучасному технологічному контексті. Численні дослідження підтверджують, що використання Ambient Intelligence (AmI) для створення сприятливих умов сну суттєво підвищує його якість, знижуючи ризики розвитку порушень, пов’язаних із недосипанням та хронічною втомою.

Одним із ключових факторів, який впливає на біоритми людини, є освітлення, оскільки воно визначає циркадні ритми – природні цикли сну та неспання. Температура є не менш важливим фактором для досягнення глибоких фаз сну. Автоматизовані AmI-системи можуть адаптувати температуру в приміщенні відповідно до фізіологічних змін користувача, створюючи комфортне середовище для сну.

У цьому дослідженні розглядаються можливості створення такої AmI-системи для покращення якості сну, а також аналізуються її ключові складові та принципи функціонування. Зокрема, увага зосереджена на структурних елементах системи, методах збору та обробки даних, а також алгоритмах, які можуть забезпечити ефективне налаштування параметрів середовища.

Для загального опису системи та її елементів використано контекстну IDEF0 діаграму, що відображає ключові процеси, ресурси, управління та вихідні дані (рис. 1).

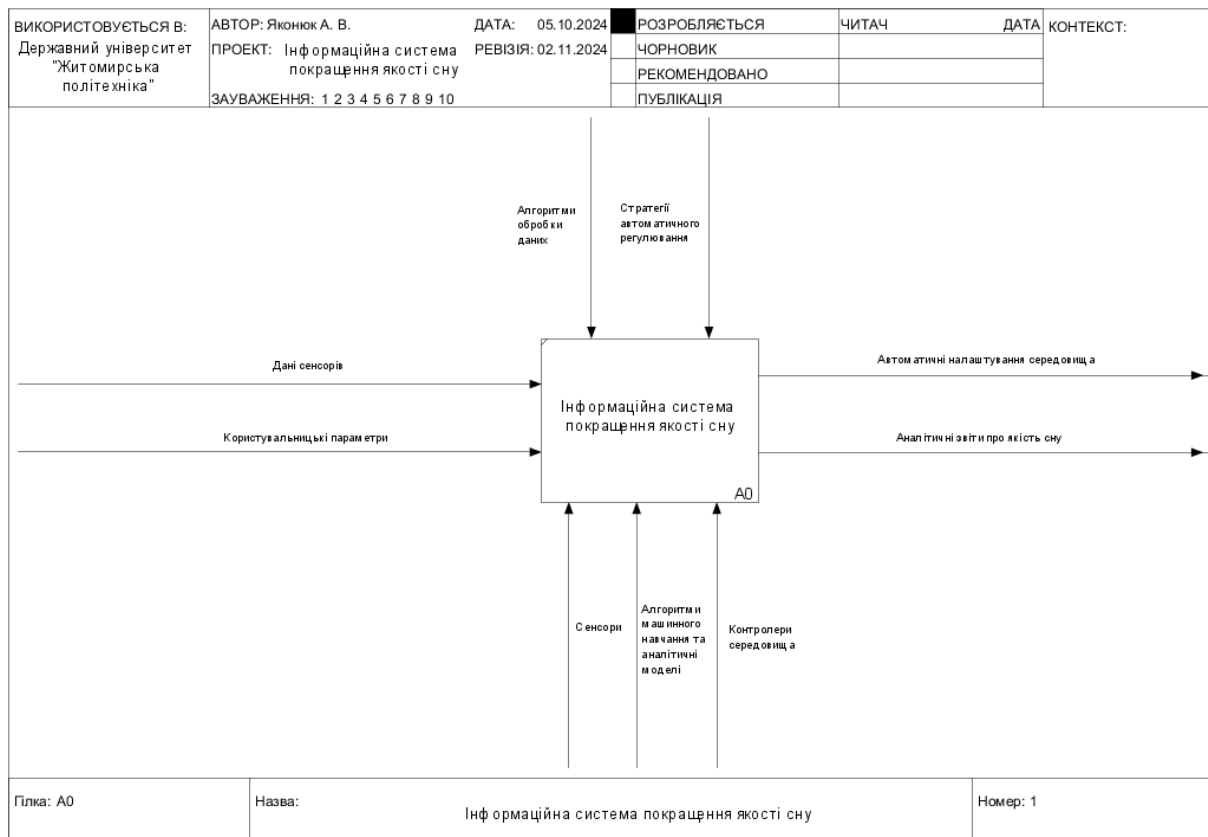


Рис. 1. Контекстна IDEF0 діаграма інформаційної системи покращення якості сну

Загальний потік роботи системи виглядає так: сенсори збирають дані про середовище і стан користувача, після чого алгоритми фільтрують та аналізують ці дані, виявляючи тенденції, аномалії та

шаблони, що вказують на потребу в коригуванні умов середовища. Контролери середовища автоматично змінюють налаштування температури, освітлення та інших параметрів для забезпечення комфортного сну. Користувач отримує аналітичні звіти, які дозволяють йому оцінити якість свого відпочинку та внести корективи за необхідності.

Ця контекстна IDEF0 діаграма ілюструє, як система збирає, обробляє та використовує дані для створення оптимального середовища для сну. Основний блок системи (A0) охоплює всі етапи – від моніторингу параметрів навколишнього середовища та біометричних показників до їх аналізу й автоматичного регулювання умов сну, таких як температура, освітлення та інші потенційні параметри комфорту. Основні вхідні дані містять інформацію від сенсорів та користувацькі параметри. Датчики температури та вологості є ключовими елементами сучасних систем моніторингу середовища. Серед датчиків температури розрізняють кілька типів, кожен з яких має свої особливості. Для побудови системи покращення якості сну одним з найбільш доступних варіантів є Taro Temperature & Humidity Sensor. Цей пристрій забезпечує точне вимірювання температури та вологості в реальному часі, дозволяючи контролювати параметри середовища для досягнення оптимальних умов сну.

Для збору біометричних даних використовується Apple Watch, що дозволяє системі враховувати індивідуальні фізіологічні потреби користувача. Цей смарт-годинник надає дані про час і фази сну, температуру тіла та частоту серцевих скорочень. Apple Watch фіксує моменти засинання та пробудження, а також тривалість фаз сну, таких як поверхневий, глибокий та швидкий сон (REM). Такі дані допомагають системі зрозуміти, як зміни в умовах навколишнього середовища впливають на якість сну, і підлаштовувати, наприклад, температуру, щоб зменшити ймовірність пробуджень під час глибокого сну. Вимірювання температури тіла дозволяє системі відстежувати природні фізіологічні коливання: якщо температура тіла знижується під час глибоких фаз сну, система може зменшити температуру в кімнаті для підтримки оптимального стану. Частота серцевих скорочень, яку також відстежує Apple Watch, може вказувати на рівень стресу чи релаксації; якщо годинник реєструє підвищений серцевий ритм, система може знизити інтенсивність освітлення чи створити легкий прохолодний потік повітря для зниження стресу та покращення комфорту.

Зібрані дані надходять до модуля обробки, де алгоритми машинного навчання виконують аналіз і виявлення патернів. Для очищення даних від шумів застосовуються алгоритми фільтрації. Наприклад, фільтр Калмана [15] дозволяє усунути випадкові коливання в даних сенсорів і згладжує значення, що забезпечує більш точні показники температури для подальшого контролю. Це особливо важливо для стабільної роботи системи контролю середовища сну, оскільки наявність чистих даних мінімізує вплив випадкових помилок вимірювання на алгоритми управління.

Показники оточення, а також біометричні дані, мають часову структуру, тому методи аналізу тимчасових рядів особливо корисні у цьому випадку. Такі підходи дозволяють виявляти тенденції, сезонні коливання та аномалії, які можуть впливати на комфорт сну. Зокрема, нейронна мережа Long Short-Term Memory (LSTM) добре підходить для прогнозування тимчасових рядів [16], оскільки ефективно працює з тривалими залежностями у даних, що актуально для передбачення змін температури на основі попередніх значень.

Аномальне виявлення стає корисним за необхідності ідентифікувати несподівані зміни температури, які можуть негативно позначитися на комфорті. Для цього часто використовують метод Isolation Forest [17], який ефективно знаходить аномалії в великих обсягах даних, не вимагаючи при цьому попереднього визначення нормальних значень. Виявлення аномалій допомагає уникнути несподіваних змін у налаштуваннях середовища, які можуть призвести до порушень сну.

Кластеризація є ще одним важливим підходом для обробки температурних даних, оскільки вона дозволяє виділяти подібні шаблони та розподіляти дані на класи, що може полегшити аналіз. Метод K-means [18], зокрема, дає змогу поділити дані на кілька кластерів, такі як денні та нічні температурні режими. Це дозволяє системі адаптувати налаштування температури відповідно до часу доби, створюючи комфортніше середовище для користувача.

Застосування моделей прогнозування допомагає передбачати майбутні зміни температури, що є важливим для підтримання стабільних умов. Лінійна регресія може використовуватися для короткострокового прогнозування, тоді як нейронні мережі підходять для обробки більш складних і нелінійних залежностей. Прогнозування дозволяє системі адаптувати налаштування температури наперед, забезпечуючи комфортні умови протягом ночі. Регресійний аналіз також відіграє важливу роль у дослідженні впливу температури на якість сну. Моделі множинної лінійної регресії дозволяють оцінити вплив різних факторів, таких як температура і вологість, на якість сну, зокрема на тривалість глибоких фаз або частоту пробуджень. Логістична регресія своєю чергою корисна для визначення ймовірності наявності або відсутності порушень сну.

Ось простий приклад, як таку модель аналізу температурних даних можна реалізувати на Python за допомогою бібліотек scikit-learn та keras:

```
import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.ensemble import IsolationForest
```

```
from sklearn.cluster import KMeans
from keras.models import Sequential
from keras.layers import LSTM, Dense
from filterpy.kalman import KalmanFilter
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

data = pd.read_csv('data.csv')
temperature_data = data['Температура'].values
time_data = pd.to_datetime(data['Час'])

def kalman_filter(data):
    kf = KalmanFilter(dim_x=2, dim_z=1)
    kf.x = np.array([0., 1.])
    kf.F = np.array([[1., 1.],
                    [0., 1.]])
    kf.H = np.array([[1., 0.]])
    kf.P *= 1000.
    kf.R = 5
    kf.Q = 0.1

    filtered_data = []
    for value in data:
        kf.predict()
        kf.update([value])
        filtered_data.append(kf.x[0])
    return np.array(filtered_data)

filtered_temperature = kalman_filter(temperature_data)

scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
filtered_temperature_scaled = scaler.fit_transform(filtered_temperature.reshape(-1, 1))

def create_lstm_dataset(data, look_back=10):
    X, y = [], []
    for i in range(len(data) - look_back):
        X.append(data[i:i + look_back])
        y.append(data[i + look_back])
    return np.array(X), np.array(y)

look_back = 10
X, y = create_lstm_dataset(filtered_temperature_scaled, look_back)
X = X.reshape(X.shape[0], X.shape[1], 1)

model = Sequential([
    LSTM(50, activation='relu', input_shape=(look_back, 1)),
    Dense(1)
])
model.compile(optimizer='adam', loss='mse')
model.fit(X, y, epochs=20, batch_size=1, verbose=0)

lstm_predictions_scaled = model.predict(X)
lstm_predictions = scaler.inverse_transform(lstm_predictions_scaled)

iso_forest_temp = IsolationForest(contamination=0.1, random_state=42)
anomalies_temp = iso_forest_temp.fit_predict(filtered_temperature.reshape(-1, 1))
anomaly_points_temp = np.where(anomalies_temp == -1)[0]

kmeans = KMeans(n_clusters=3, random_state=42)
clusters = kmeans.fit_predict(filtered_temperature.reshape(-1, 1))
```

У результаті виконання коду ми отримаємо модель, яка використовує фільтр Калмана для очищення даних від шумів, LSTM для аналізу часових рядів, Isolation Forest для виявлення аномалій, а також

кластеризаційні методи, як-от K-means, для групування даних. Ці алгоритми дозволяють не лише виявити важливі залежності між параметрами, але й передбачити можливі зміни, що можуть вплинути на якість сну.

Коли модуль обробки завершує аналіз, система автоматично застосовує налаштування до навколишнього середовища. Якщо зібрані дані показують, що температура піднялася вище за рекомендований діапазон або серцевий ритм вказує на стрес, система знижує температуру, коригує рівень освітлення або забезпечує легку вентиляцію. Всі ці налаштування виконуються без активного втручання користувача, створюючи ідеальні умови для сну в режимі реального часу. Для автоматичного регулювання температури в реальному часі доцільно використовувати контрольні алгоритми, які забезпечують стабільність системи. PID-регулятор (Proportional-Integral-Derivative) є одним із найпоширеніших інструментів автоматичного керування, який широко застосовується для підтримання стабільної температури та інших параметрів середовища. Він функціонує на основі зворотного зв'язку, що дозволяє контролювати значення параметра (наприклад, температури), постійно порівнюючи його поточне значення з бажанням і відповідно коригуючи дію.

Робота PID-регулятора ґрунтується на трьох взаємопов'язаних компонентах, кожен з яких відповідає за певний аспект контролю. Пропорційний компонент (P) реагує на поточне відхилення між заданою і фактичною температурою: чим більше відхилення, тим сильніша коригуюча дія, що спрямована на швидке наближення до цільового значення. Однак для стабільності необхідне деяке залишкове відхилення, тому пропорційний компонент самостійно не може повністю усунути помилку. Інтегральний компонент (I) компенсує цей недолік, враховуючи суму попередніх відхилень, що накопичилися з часом. Він додає коригуючу дію, яка поступово усуває залишкову помилку, яка може залишитися після пропорційного контролю. Третій компонент – диференціальний (D) – аналізує швидкість зміни відхилення, що дозволяє регулятору передбачити й швидко реагувати на зміни, запобігаючи надмірним коливанням навколо цільового значення. Це особливо корисно, коли температура швидко змінюється, оскільки диференціальний компонент пом'якшує реакцію, допомагаючи уникнути «перестрибування» бажаного значення через надмірну корекцію.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розробка інформаційної системи покращення якості сну на основі аналізу біометричних даних та автоматичного регулювання параметрів середовища є перспективним напрямом у галузі охорони здоров'я та розумних технологій. Запропонована система забезпечує персоналізований підхід до моніторингу та контролю умов сну, використовуючи технології Ambient Intelligence (AmI) та сучасні методи обробки даних. Впровадження такої системи дозволяє не лише підвищити комфорт користувача під час сну, але й покращити якість відпочинку, що водночас, позитивно впливає на загальний стан здоров'я.

Основні компоненти, такі як сенсори, алгоритми машинного навчання, контролери середовища, забезпечують безперервний потік даних, їх аналіз та автоматичне налаштування параметрів середовища. Застосування методів фільтрації даних, аномалійного виявлення, кластеризації та прогнозування дозволяє адаптувати систему до змін у фізіологічних показниках користувача та умовах навколишнього середовища. Використання LSTM, фільтра Калмана, Isolation Forest та K-means показало свою ефективність у забезпеченні стабільного та адаптивного контролю середовища.

Подальші дослідження можуть зосередитися на кількох напрямках для вдосконалення функціоналу та ефективності системи. Насамперед, варто розглянути можливість інтеграції історичних даних про повітряні тривоги, що може надати додаткові індикатори якості сну та стану здоров'я користувача. Також доцільно дослідити можливості адаптивного навчання системи, де алгоритми машинного навчання постійно оновлюватимуть свої моделі на основі нових даних, підвищуючи точність прогнозів та рекомендацій.

Іншим напрямом є дослідження впровадження алгоритмів глибокого навчання та навчання з підкріпленням для створення більш автономної системи управління. Такі алгоритми дозволять системі ухвалювати більш складні рішення щодо регулювання параметрів середовища, спираючись на глибокий аналіз фізіологічних та екологічних показників. Розробка таких адаптивних систем може стати основою для нових рішень у галузі розумних технологій для здоров'я, що забезпечуватиме користувачам високу якість сну та сприятиме покращенню їхнього загального стану здоров'я.

References:

1. «Philips global sleep survey shows we want better sleep, but only if it comes easily», *Philips*, [Online], available at: <https://www.philips.com/a-w/about/news/archive/standard/news/press/2019/20190307-philips-global-sleep-survey-shows-we-want-better-sleep-but-only-if-it-comes-easily.html>
2. «Why do we sleep and how does sleep affect your youth?», *Molodo™*, [Online], available at: <https://www.molodo.me/blogs/news/why-do-we-sleep>
3. Korost, Ya.V. and Shkvarok, A.K. (2023), «Otsinka yakosti snu naseleння Ukrainy pid chas voiennoho stanu ta ryzkyku rozvytku skarh z boku sertsevo-sudynnoi systemy na foni klinichno vyrazhenoho bezsonnia», *Clinical and Preventive Medicine*, Issue 7, pp. 68–73.

4. Sun, Y. and Li, S. (2021), «A systematic review of the research framework and evolution of smart homes based on the internet of things», *Telecommunication Systems*, [Online], available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11235-021-00787-w>
5. Ramos, C., «Ambient intelligence – A state of the art from artificial intelligence perspective», *SpringerLink*, [Online], available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-77002-2_24
6. Aarts, E. and Wichert, R., «Ambient intelligence», *SpringerLink*, [Online], available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-88546-7_47
7. Gooley, J.J. et al. (2011), «Exposure to Room Light before Bedtime Suppresses Melatonin Onset and Shortens Melatonin Duration in Humans», *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol. 96, No. 3, pp. E463–E472, doi: 10.1210/jc.2010-2098.
8. Chang, A.-M. et al. (2014), «Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 112, No. 4, pp. 1232–1237, doi: 10.1073/pnas.1418490112.
9. Pereira, M.O.K. et al. (2022), «Adjustable lighting system based on circadian rhythm for human comfort», *Journal of Optics*, doi: 10.1007/s12596-022-00874-4.
10. Zarindast, A. and Wood, J. (2021), «A Data-Driven Personalized Lighting Recommender System», *Frontiers in Big Data*, Vol. 4, doi: 10.3389/fdata.2021.706117.
11. Park, J.-H. and Lee, J.-D. (2023), «A Customized Deep Sleep Recommender System Using Hybrid Deep Learning», *Sensors*, Vol. 23, No. 15, doi: 10.3390/s23156670.
12. Murphy, P.J. and Campbell, S.S. (1997), «Nighttime Drop in Body Temperature: A Physiological Trigger for Sleep Onset?», *Sleep*, Vol. 20, No. 7, pp. 505–511, doi: 10.1093/sleep/20.7.505.
13. Okamoto-Mizuno, K. and Mizuno, K. (2012), «Effects of thermal environment on sleep and circadian rhythm», *Journal of Physiological Anthropology*, Vol. 31, No. 1, doi: 10.1186/1880-6805-31-14.
14. Li, D., Menassa, C.C. and Kamat, V.R. (2017), «Personalized human comfort in indoor building environments under diverse conditioning modes», *Building and Environment*, Vol. 126, pp. 304–317, doi: 10.1016/j.buildenv.2017.10.004.
15. Kalman, R.E. (1960), «A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems», *Journal of Basic Engineering*, Vol. 82, No. 1, pp. 35–45, doi: 10.1115/1.3662552.
16. Ma, X. et al. (2015), «Long short-term memory neural network for traffic speed prediction using remote microwave sensor data», *Transportation Research. Part C. Emerging Technologies*, Vol. 54, pp. 187–197, doi: 10.1016/j.trc.2015.03.014.
17. «Isolation forest» (2008), *Eighth IEEE International Conference on Data Mining*, pp. 413–422.
18. MacQueen, J. (1967), «Some methods for classification and analysis of multivariate observations», *Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, Vol. 1, No. 14, pp. 281–297.
19. *ASHRAE 55-2020. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy* (2021), Chynnyi vid 2021-04-30, Vyd. ofits.

Граф Марина Сергіївна – доктор філософії, завідувач кафедри комп’ютерних наук Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-4873-548X>.

Наукові інтереси:

- інформаційні системи;
- веб-орієнтовані системи;
- обробка інформації;
- аналіз даних;
- нейронні мережі;
- нечітка логіка.

Яконюк Андрій Володимирович – студент спеціальності комп’ютерні науки Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0009-0005-2461-8651>.

Наукові інтереси:

- веб-орієнтовані системи;
- хмарні технології;
- системи прийняття рішень.

Крант Данііл Вячеславович – аспірант Державного університету «Київський авіаційний інститут».

<https://orcid.org/0000-0003-4601-2827>.

Наукові інтереси:

- системи прийняття рішень;
- роботизовані системи.

Головач Юрій Юрійович – аспірант Державного університету «Київський авіаційний інститут».

<https://orcid.org/0000-0001-9872-8144>.

Наукові інтереси:

- системи прийняття рішень;
- роботизовані системи.

Graf M.S., Yakoniuk A.V., Krant D.V., Golovach I.I.

Analysis of the capabilities of an information system for improving sleep quality based on biometric data analysis

The paper analyses the capabilities of an information system for improving sleep quality based on the analysis of biometric data using Ambient Intelligence (AmI) technology. In the context of modern stressful realities, in particular the impact of the COVID-19 pandemic and social upheavals that significantly worsen the psychophysical state of people, improving sleep quality is of particular relevance. AmI systems allow you to automatically adjust environmental parameters such as temperature, lighting and humidity based on individual biometric parameters of the user, which helps to maintain natural circadian rhythms and improve overall comfort during sleep. The article discusses current research in the field of adaptive sleep management systems that take into account human biorhythms and physiological needs. Particular attention is paid to the capabilities of AmI systems to autonomously adjust environmental parameters according to data collected from sensors, such as body temperature, heart rate, and sleep phases. The study shows that these technologies not only improve sleep conditions, but also have a positive impact on the user's overall health and reduce stress levels. The system is able to function independently thanks to the use of machine learning algorithms, including LSTM for prediction, Kalman filter for data cleaning, Isolation Forest for anomaly detection, and K-means for clustering sleep patterns.

Keywords: complex system; system analysis; structural synthesis; situation centre; system approach; cybernetic model; quality indicator; efficiency criterion.

Стаття надійшла до редакції 27.09.2024.