Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100282

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-05-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сінькевич Олег Олександрович

2. Sinkevych Oleh Oleksandrovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 11-05-2023

Спеціальність за освітою: Системний аналіз і управління

Місце роботи здобувача: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, м. Львів, Львівська обл., 79000, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 35.051.097

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, м. Львів, Львівська обл., 79000, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, м. Львів, Львівська обл., 79000, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 28.23, 28.23.29, 28.23.33, 50.41

Тема дисертації:

1. Оптимізація функціонування інтелектуальних об’єктів з використанням методів машинного навчання

2. Optimization of the functioning of intelligent objects using machine learning methods

Реферат/анотація:

1. У дисертації основна увага приділена розробці та удосконаленню прототипу апаратно-програмного комплексу для аналізу та обробки даних інтелектуального будинку. Проведений аналіз наукових публікацій та відкритих джерел у тематиці інтелектуальних будинків продемонстрував, що зараз існує недостатньо рішень щодо апаратно-програмних систем, функціювання яких не залежить від хмарних технологій та доступу до глобальної мережі Інтернет. Окремим та не менш важливим компонентом у проєктуванні систем керування інтелектуальним будинком є врахування теплофізичних процесів, які описуються відповідними динамічними рівняннями теплопереносу у приміщенні. Розв’язування таких рівнянь дозволяє як моделювати теплові процеси, так і використовувати їх розв’язки для уточнення прогнозування споживання енергії. У першому розділі дисертаційної роботи розглянуто проблематики створення систем інтелектуального будинку, які здебільшого базуються на граничних та туманних обчисленнях. Проаналізовані сучасний стан та аспекти граничних обчислень для інтелектуального будинку, що ґрунтуються на мікрокомп’ютерах Raspberry Pi 3 та мікроконтролерах Arduino. Також, розглянуті актуальні засоби та підходи до обробки сенсорних даних

в межах регресійних та нейромережевих моделей, останні з яких можна вбудовувати у мікроконтролери з метою прогнозування. Для забезпечення гнучкого розгортання нейромережевих моделей, проведений огляд та аналіз автоматизованих засобів циклу обробки даних — навчання та валідації нейронної мережі — вбудовування нейромережі на мікроконтролер з одночасним її розгортанням на мікрокомп'ютері. У другому розділі дисертаційної роботи описано дані, які використовуються у моделюванні системи. Для обробки цих даних розглянуті та реалізовані алгоритми виявлення викидів та аномалій; проведений статистичний аналіз та побудовані регресійні моделі: а) зовнішніх та внутрішніх температур; б) споживання газу та температур на поверхнях батарей та в) зовнішньою, внутрішньою температури та температури на обігрівальних елементах, результати яких можна використовувати для прогнозу та аналізу зв'язків між вимірюваннями. Запропоновано підхід до дезагрегації даних споживання газу на основі кластерного аналізу, метою якого є виділення конкретних споживачів газу з сумарних (агрегованих) даних. Для побудови нейромережевих прогностичних моделей температур детально описаний процес підготовки та перетворення даних та розглянуті актуальні архітектури рекурентних нейронних мереж, на основі яких реалізовані відповідні моделі. Сформульована задача оптимізації гіперпараметрів спроектованих нейромереж, розв'язування якої здійснено за допомогою генетичного алгоритму. Здійснений аналіз результатів та підбір оптимальної архітектури для розгортання на мікроконтролері STM32. Третій розділ дисертації присвячений апаратно-програмній реалізації прототипу комплексу для аналізу та обробки даних інтелектуального будинку. В якості апаратної платформи були обрані мікрокомп'ютер Nvidia Jetson Nano, що має достатні потужності для центрального обчислювального хабу та високопродуктивний мікроконтролер STM32 F767. Останній є базою первинних граничних обчислень завдяки розгорнутій на ньому нейронній мережі. При під'єднанні до нього датчиків температур, нейроконтролер може здійснювати короткотермінове прогнозування у реальному часі для порівняння з даними, що надходять на нього (випадок виявлення аномалій), чи використовуватися як окремий прогностичний модуль для оптимізації параметрів обігріву приміщення. Програмна частина даного прототипу складається з REST API, що огортає базу даних з вимірюваннями SQLite, модулі статистичної обробки та нейромережевого моделювання, систему для організації конвеєру MLOPS — Mlflow, оркестратор Apache Airlow та модуль комунікації з нейроконтролером на базі TCP сокетів. У четвертому розділі запропонована методика застосування теплофізичних моделей у поєднанні з даними температур та споживання газу для наближеної оцінки ефективних коефіцієнтів теплопровідності та теплоємності будівлі. Обчислення таких параметрів відбувається на основі розв'язків прямої та оберненої задач шляхом формулювання проблеми оптимізації функціоналу, який визначає різниця між обчисленими та реальними температурами у приміщенні відносно теплофізичних коефіцієнтів. Також, розроблена математична модель оцінки ефективних теплових параметрів індивідуальних джерел обігріву, які можна використовувати як для задач прогнозування споживання, так і для визначення частини від сумарної енергії обігріву, яка споживається конкретним обігрівальним елементом.

2. In dissertation, the main attention is paid to the development and improvement of the prototype of the hardware and software complex for the analysis and processing of data of an intelligent house. The analysis of scientific publications and open sources on the topic of intelligent buildings showed that there are currently not enough solutions for hardware and software systems, the functioning of which does not depend on cloud technologies and access to the global Internet. A separate and no less important component in the design of intelligent building control systems is the consideration of thermophysical processes, which are described by the corresponding dynamic equations of heat transfer in the room. Solving such equations allows both modeling of thermal processes and the use of their solutions to refine forecasting of energy consumption. The first chapter of the dissertation examines the problems of creating intelligent home systems, which are mostly based on boundary and fuzzy calculations. The current state and aspects of edge computing for the intelligent home, based on Raspberry Pi 3 microcomputers and Arduino microcontrollers, are analyzed. Also, current means and approaches to sensor data processing within regression and neural network models are considered, the latter of which can be built into microcontrollers for the purpose of prediction. To ensure flexible deployment of neural network models, a review and analysis of automated data processing cycle tools — training and validation of a neural network —

embedding a neural network on a microcontroller with simultaneous deployment on a microcomputer was conducted. The second chapter of the dissertation describes the data used in system modeling. Algorithms for the detection of emissions and anomalies were considered and implemented for the processing of these data; statistical analysis was carried out and regression models were built: a) external and internal temperatures; b) gas consumption and battery surface temperatures and c) external, internal and heating element temperatures, the results of which can be used for forecasting and analysis of relationships between measurements. An approach to the disaggregation of gas consumption data based on cluster analysis is proposed, the purpose of which is to select specific gas consumers from aggregated (aggregated) data. For the construction of neural network prognostic models of temperatures, the process of data preparation and transformation is described in detail, and current architectures of recurrent neural networks, on the basis of which the corresponding models are implemented, are considered. The problem of hyperparameter optimization of designed neural networks is formulated, the solution of which is carried out using a genetic algorithm. Analysis of the results and selection of the optimal architecture for deployment on the STM32 microcontroller was carried out. The third section of the dissertation is devoted to the hardware and software implementation of the complex prototype for analyzing and processing data of an intelligent building. The Nvidia Jetson Nano microcomputer, which has sufficient power for a central computing hub, and a high-performance STM32 F767 microcontroller were chosen as the hardware platform. The latter is the basis of primary boundary calculations due to the neural network deployed on it. When temperature sensors are connected to it, the neurocontroller can make short-term predictions in real time for comparison with the data coming to it (in case of anomaly detection), or be used as a separate predictive module to optimize room heating parameters. The software part of this prototype consists of a REST API wrapping a database with SQLite measurements, modules for statistical processing and neural network modeling, a system for organizing the MLOPS pipeline — Mlflow, an Apache Airlow orchestrator, and a communication module with a neurocontroller based on TCP sockets. In the fourth chapter, a method of applying thermophysical models in combination with temperature and gas consumption data is proposed for an approximate estimation of the effective coefficients of thermal conductivity and thermal capacity of the building. Calculation of such parameters takes place on the basis of solutions of direct and inverse problems by formulating the problem of optimization of the functional, which determines the difference between the calculated and real temperatures in the room relative to thermophysical coefficients. Also, a mathematical model for evaluating the effective thermal parameters of individual heating sources has been developed, which can be used both for consumption forecasting tasks and for determining the part of the total heating energy consumed by a specific heating element.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Монастирський Любомир Степанович

2. Monastyrskyi Liubomyr Stepanovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дивак Микола Петрович

2. Dyvak Mykola Petrovych

Кваліфікація: д. т. н., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шаховська Наталія Богданівна

2. Shakhovska Natalya Bohdanivna

Кваліфікація: д. т. н., 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Павлишенко Богдан Миколайович
2. Pavlyshenko Bohdan Mykolayovych

Кваліфікація: д. т. н., 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пелешко Дмитро Дмитрович
2. Peleshko Dmytro Dmytrovych

Кваліфікація: д. т. н., 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Дияк Іван Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Дияк Іван Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	
Реєстратор	
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Т.А.