

АНОТАЦІЯ

Казарян А.Г. Методи та засоби управління системою «розумного» будинку з використанням хмарних обчислень.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (галузь знань 12 «Інформаційні технології»). - Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2021.

Дисертацію присвячено підвищенню ефективності роботи систем управління приладами будинку за допомогою використання хмарних обчислень, алгоритмів штучних нейронних мереж та сучасних підходів до проектування високонавантажених інформаційних систем.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі досліджень, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок роботи з науковими темами. Подано відомості про апробацію результатів роботи та особистий внесок автора та його публікації.

У першому розділі дисертаційного дослідження проаналізовано основні напрямки розвитку комерційної сфери розробки систем «розумного» будинку та основні досягнення і дослідження з підвищення ефективності роботи систем «розумного» будинку, що опубліковані науковою спільнотою за останні роки.

Проведено аналіз існуючих систем «розумного» будинку та найбільш поширені їхні функції, а саме: функції системи безпеки, оптимізації енерговитрат, керування освітленням, терморегуляції.

На основі вищепроведеного аналізу сформовано вимоги до розроблення базових функцій систем «розумного» будинку, а саме: висока точність результатів автоматизованого передбачення, можливість обробки великих об'ємів даних та можливість автоматизованого масштабування системи під час різкого підвищення навантаження на систему.

Проаналізовано базові елементи для синтезу програмних та апаратних засобів збору і опрацювання даних в системах «розумного» будинку та інтерфейси

комунікації між ними. Визначено їх переваги і недоліки та особливості їх практичного використання.

На основі проведеного аналізу сформовано вимоги до системи «розумного» будинку та обґрунтовано її реалізацію на основі модульного підходу з використанням готових програмних елементів, що комбінуються відповідно до поставлених для вирішення вимог і базових проектних рішень та таких принципів: використання клієнт-серверної архітектури, застосування шаблонів обробки великих потоків даних, модульності побудови системи, відкритості та сумісності програмно-апаратного забезпечення. На основі проведеного аналізу сформовано завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі вдосконалено метод синтезу засобів ліцензування, розгортання, масштабування та оптимізації навантаження у системах «розумного» будинку за допомогою запровадження хмарних обчислень.

Розроблено інформаційну модель структур синтезованих складових системи «розумного» будинку, яка базується на принципах клієнт-серверної та модульної архітектури і дає змогу формалізувати базову структуру системи та модифікувати її в процесі вдосконалення і додавання нових функцій.

Розроблено засоби ефективного та швидкого опрацювання великих об'ємів даних у системах «розумного» будинку із застосуванням архітектурного шаблону Redux, що забезпечує швидкодію та надійність роботи системи «розумного» будинку під час пікових навантажень з різким збільшенням вхідного потоку даних для опрацювання.

Розроблено метод управління приладами під'єднаних до систем «розумного» будинку на основі роботи алгоритмів штучного інтелекту, а саме алгоритму штучної нейронної мережі. Розроблено алгоритми вибору оптимального типу штучної нейронної мережі та вибору оптимальної структури внутрішніх шарів відповідно до поставленої для вирішення задачі.

Розроблено моделі управління приладами систем «розумного» будинку за допомогою синтезу алгоритму штучної нейронної мережі та мереж Петрі.

У третьому розділі розроблено метод емуляції роботи системи «розумного» будинку у помешканні з плануванням приміщень, розміщенням освітлювальних приладів та їх групуванням у помешканні, розміщенням електричних розеток та їх групуванням, розміщення сенсорів руху та зонування приміщень.

Розроблено моделі роботи приладів будинку на основі мереж Петрі, а саме моделі станів роботи підсистеми управління освітлювальними приладами помешкання, моделі станів роботи підсистеми моніторингу руху у помешканні, моделі станів роботи підсистеми клімат-контролю у помешканні.

У четвертому розділі дисертаційної роботи розроблено розподілену інформаційну технологію автоматизованого управління приладами «розумного» будинку на основі мереж Петрі з застосуванням роботи алгоритмів штучного інтелекту.

Розроблена структура модулів та архітектура програмної реалізації інформаційної технології, мережевої структури компонент.

Розроблено програмне та інформаційне забезпечення синтезу елементів системи управління приладами будинку, яка написана на мові JavaScript з використанням технології NodeJS.

Ключові слова: інформаційна технологія, хмарні обчислення, алгоритм штучної нейронної мережі, клієнт-серверна архітектура, архітектурний шаблон проектування Redux, ієрархічні мережі Петрі.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Teslyuk V., Kazarian A., Kryvinska N., Tsmots I. Optimal artificial neural network type selection method for usage in smart house systems. *Sensors*. 2021. Vol. 21, iss. 1. 47.
2. Holovatyu A., Teslyuk V., Kryvinska N., Kazarian A. Development of microcontroller-based system for background radiation monitoring. *Sensors*. 2020. Vol. 20, iss. 24. 7322.
3. Теслюк В. М., Казарян А. Г. Вибір оптимального типу штучної нейронної мережі для автоматизованих систем “розумного” будинку. *Науковий вісник НЛТУ України*. Т. 30, № 5. С. 90–93.
4. Казарян А. Г., Теслюк В. М. Розробка моделі керування приладами системи "розумний" будинок з використанням мережі Петрі та алгоритму штучної нейронної мережі. *Моделювання та інформаційні технології*. 2019. Вип. 86. С. 126–135.
5. Теслюк В. М., Казарян А. Г., Казимира І. Я. Опрацювання даних у системах "розумного" будинку з використанням моделей на підставі мереж Петрі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 1. С. 131–136.
6. Теслюк В. М., Цмоць І. Г., Казарян А. Г., Теслюк Т. В. Метод проектування систем “розумного” будинку з використанням архітектурного шаблону Redux. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 7. С. 146–150.
7. Kazarian A., Beregovska K., Teslyuk V. Data analysis model and forms of cloud analytical functions for “smart” house systems. *Information and innovation technologies in economics and administration : monograph / ed. by O. Chukurna, M. Gawron-Łapuszek*. Katowice, 2019. P. 17–27.
8. Kazarian A., Teslyuk V., Tsmots I., Greguš J. Development of a «smart» home system based on the modular structure and architectural data flow pattern Redux. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 155. P. 35–42.
9. Kazarian A., Teslyuk V., Tsmots I., Tykhan M. Implementation of the face recognition module for the “smart” home using remote server. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 871: *Advances in Intelligent Systems and*

- Computing III. Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2018, September 11-14, Lviv, Ukraine. P. 17–27.
10. Казарян А. Г., Теслюк В. М., Машевська М. В. Розроблення системи керування базою даних системи "розумного" будинку. Моделювання та інформаційні технології. 2018. Вип. 84. С. 184–190.
 11. Kazarian A., Teslyuk V., Tykhan M., Mashevskya M. Usage of SaaS software delivery model in intelligent house systems. Przegląd elektrotechniczny. 2019. Vol. 95, Nr 7. S. 38–41.
 12. Казарян А. Г., Теслюк В. М., Коваль В. Я. Використання функції розпізнавання облич для контролю доступу користувачів та автоматизованого управління налаштувань приладів "розумного" будинку. Моделювання та інформаційні технології. 2018. Вип. 83. С. 180–185.
 13. Kazarian, V. Teslyuk, I. Tsmots and M. Mashevskya, "Units and structure of automated "smart" house control system using machine learning algorithms," 2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), Lviv, 2017, pp. 364-366, doi: 10.1109/CADSM.2017.7916151.
 14. K. Artem and T. Vasyl, "Structure and model of the smart house security system using machine learning methods," 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, 2017, pp. 105-108, doi: 10.1109/AIACT.2017.8020076.
 15. K. Artem, T. Ivan and T. Vasyl, "Intelligent house as a service and its practical usage for home energy efficiency," 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2017, pp. 220-223, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098773.
 16. Казарян А. Г., Теслюк В. М. Розробка програмного ядра спеціалізованих систем інтелектуального управління приладами // Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні : збірник тез

- доповідей XIV Науково-практичної конференції (Львів, 17-20 квітня 2018 р.). – 2018. – С. 11–12.
17. K. Artem, N. Kunanets, R. Holoshchuk, V. Pasichnik and A. Rzhеuskyi, "Information Support of the Virtual Research Community Activities Based on Cloud Computing," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2018, pp. 199-202, doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526685.
 18. K. Artem, T. Vasyl and T. Ivan, "Development of Face Recognition Module for a “Smart Home” System Using a Remote Server," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2018, pp. 25-28, doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526642.
 19. Artem K., Holoshchuk R., Kunanets N., Shestakevysh T., Rzhеuskyi A. (2019) Information Support of Scientific Researches of Virtual Communities on the Platform of Cloud Services. In: Shakhovska N., Medykovskyy M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing III. CSIT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 871. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_22
 20. Kazarian, A., Kunanets, N., Pasichnyk, V., Veretennikova, N., Rzhеuskyi, A., Leheza, A., & Kunanets, O. (2019). Complex Information E-Science System Architecture based on Cloud Computing Model. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2362
 21. Teslyuk, V., Kazarian, A., Kryvinska, N., Tsmots, I., Teslyuk, T. Automated synthesis method of smart home systems based on the architectural pattern redux. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2533, pp. 58–69
 22. A. Kazarian and V. Teslyuk, "Optimization of Neural Network Structure for Smart House Systems," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 562-565, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879772.

SUMMARY

Kazarian A.G. Methods and tools for managing a "smart" home system using cloud computing.

The dissertation for obtaining a scientific degree of the Doctor of Philosophy on the specialty 122 "Computer science" (12 – Information technologies). – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2021.

The dissertation is devoted to increase of efficiency of work of control systems of devices of the house by means of use of cloud computing, algorithms of artificial neural networks and modern approaches for designing of highly loaded information systems..

The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation, formulates the purpose and main objectives of research, identifies the scientific novelty of the work and the practical significance of the results, shows the relationship of work with scientific topics. Information on approbation of results of work and personal contribution of the author and his publication is given.

The first section of the dissertation research analyzes the main directions of development of the commercial sphere of smart home systems development and the main achievements and research on improving the efficiency of "smart" home systems published by scientific community in recent years.

The analysis of the existing systems of the "smart" house and their most common functions, namely: functions of the security system, optimization of energy consumption, lighting control, thermoregulation. Based on the above analysis, the requirements for the development of basic functions of smart home systems are formed, namely: high accuracy of automated prediction results, the ability to process large amounts of data and the ability to automatically scale the system during a sharp increase in system load.

The basic elements for the synthesis of software and hardware for data collection and processing in "smart" home systems and communication interfaces between them are analyzed. Their advantages, disadvantages and features of practical use are determined. Based on the analysis and research, the requirements for the system of "smart" house are formed and its implementation is justified on the basis of a modular approach using ready-

made software elements that combine the requirements and basic design solutions and the following principles: usage of client-server architecture, application of templates for processing large data streams, modular construction of the system, openness and compatibility of software and hardware.

On the basis of the conducted analysis the tasks of dissertation research are formed. The second section improves the method of synthesis of licensing, deployment, scaling and load optimization in smart home systems through the introduction of cloud computing.

An information model of the structures of the synthesized components of the "smart" house system has been developed, which is based on the use of client-server and modular architecture and allows to formalize the basic structure of the system and modify it in the process of improving and adding new functions.

Developed tools for efficient and fast processing of large amounts of data in "smart" home systems using the architectural template Redux, which provides speed and reliability of the "smart" home system during peak loads with a sharp increase in input data flow for processing.

The method of control of devices of systems of "smart" house on the basis of work of algorithms of artificial intelligence, namely algorithm of an artificial neural network is developed.

Algorithms for selecting the optimal type of artificial neural network and selecting the optimal structure of the inner layers in accordance with the problem to be solved have been developed.

Models of control of devices of systems of "smart" house by means of synthesis of algorithm of an artificial neural network and Petri nets are developed.

The third section develops a method of emulating the system of a "smart" house in the room with the layout of the premises, placement of lighting fixtures and their grouping in the room, placement of electrical outlets and their grouping, placement of motion sensors and zoning.

Models of house devices operation based on Petri nets have been developed, namely models of states of operation of subsystem of control of lighting devices of apartment,

models of states of work of subsystem of monitoring of movement in room, models of states of work of subsystem of climate control in room.

In the fourth section of the dissertation the distributed information technology of the automated devices control of the "smart" house on the basis of Petri nets with application of work of algorithms of artificial intelligence is developed.

The structure of modules and architecture of information technology software implementation, network structure of components are developed.

Software for the synthesis of elements of the home appliance control system, which is based on the MongoDB database and written in JavaScript using NodeJS technology, has been developed.

Keywords: information technology, cloud computing, artificial neural network algorithm, client-server architecture, Redux architectural design template, hierarchical Petri nets.

**Scientific papers, in which the main scientific results of the dissertation
have been published**

1. Teslyuk V., Kazarian A., Kryvinska N., Tsmots I. Optimal artificial neural network type selection method for usage in smart house systems. *Sensors*. 2021. Vol. 21, iss. 1. 47.
2. Holovatyy A., Teslyuk V., Kryvinska N., Kazarian A. Development of microcontroller-based system for background radiation monitoring. *Sensors*. 2020. Vol. 20, iss. 24. 7322.
3. Teslyuk V., Kazarian A. Optimal type of artificial neural network for automated "smart" home systems selection. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. T. 30, № 5. P. 90–93.
4. Kazarian A., Teslyuk V. Development of a smart home device control model using a Petri net and an artificial neural network algorithm. *Modeling and information technology*. 2019. Vol. 86. P. 126–135.
5. Teslyuk V., Tsmots I., Kazarian A., Teslyuk T. A method "smart" house systems design using the Redux architectural template. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2019. T. 29, № 7. P. 146–150.
6. Teslyuk V., Kazarian A., Kazymyra I. Data processing in a "smart" home system using models based on Petri nets. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2021. T. 31, № 1. P. 131–136
7. Kazarian A., Beregovska K., Teslyuk V. Data analysis model and forms of cloud analytical functions for "smart" house systems. *Information and innovation technologies in economics and administration : monograph / ed. by O. Chukurna, M. Gawron-Łapuszek*. Katowice, 2019. P. 17–27.
8. Kazarian A., Teslyuk V., Tsmots I., Greguš J. Development of a «smart» home system based on the modular structure and architectural data flow pattern Redux. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 155. P. 35–42.
9. Kazarian A., Teslyuk V., Tsmots I., Tykhan M. Implementation of the face recognition module for the "smart" home using remote server. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 871: *Advances in Intelligent Systems and*

- Computing III. Selected papers from the International conference on computer science and information technologies, CSIT 2018, September 11-14, Lviv, Ukraine. P. 17–27.
10. Kazarian A., Teslyuk V., Mashevskaya M. Development of a database management system for a "smart" home system. *Modeling and information technology*. 2018. Vol. 84. P. 184–190.
 11. Kazarian A., Teslyuk V., Tykhan M., Mashevskaya M. Usage of SaaS software delivery model in intelligent house systems. *Przegląd elektrotechniczny*. 2019. Vol. 95, Nr 7. S. 38–41.
 12. Kazarian A., Teslyuk V., Koval V. Face recognition usage for user access control and automatically control smart home device settings. *Modeling and information technology*. 2018. Vol. 83. P. 180–185.
 13. Kazarian, V. Teslyuk, I. Tsmots and M. Mashevskaya, "Units and structure of automated "smart" house control system using machine learning algorithms," 2017 14th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM), Lviv, 2017, pp. 364-366, doi: 10.1109/CADSM.2017.7916151.
 14. K. Artem and T. Vasyl, "Structure and model of the smart house security system using machine learning methods," 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Lviv, 2017, pp. 105-108, doi: 10.1109/AIACT.2017.8020076.
 15. K. Artem, T. Ivan and T. Vasyl, "Intelligent house as a service and its practical usage for home energy efficiency," 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2017, pp. 220-223, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098773.
 16. Kazarian A., Teslyuk V. Development of a software core for specialized systems of devices intelligent control // Problems and prospects of economic, business development and computer technologies in Ukraine: Proceedings of the XIV Scientific and Practical Conference (Lviv, 17-20 April 2018). – 2018. – P. 11–12.

17. K. Artem, N. Kunanets, R. Holoshchuk, V. Pasichnyk and A. Rzhеuskyi, "Information Support of the Virtual Research Community Activities Based on Cloud Computing," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2018, pp. 199-202, doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526685.
18. K. Artem, T. Vasyl and T. Ivan, "Development of Face Recognition Module for a "Smart Home" System Using a Remote Server," 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, 2018, pp. 25-28, doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526642.
19. Artem K., Holoshchuk R., Kunanets N., Shestakevysh T., Rzhеuskyi A. (2019) Information Support of Scientific Researches of Virtual Communities on the Platform of Cloud Services. In: Shakhovska N., Medykovsky M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing III. CSIT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 871. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_22
20. Kazarian, A., Kunanets, N., Pasichnyk, V., Veretennikova, N., Rzhеuskyi, A., Leheza, A., & Kunanets, O. (2019). Complex Information E-Science System Architecture based on Cloud Computing Model. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2362
21. Teslyuk, V., Kazarian, A., Kryvinska, N., Tsmots, I., Teslyuk, T. Automated synthesis method of smart home systems based on the architectural pattern redux. CEUR Workshop Proceedings, 2019, 2533, pp. 58–69
22. A. Kazarian and V. Teslyuk, "Optimization of Neural Network Structure for Smart House Systems," 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 562-565, doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879772.