

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

**Сатура Андрій Віталійович**

УДК 004.89

**ПІДСИСТЕМА ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ  
ПОВЕДІНКИ АВТОНОМНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ SMART-  
БУДИНКІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ**

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат

магістерської кваліфікаційної роботи на здобуття освітньої кваліфікації

«Магістр комп'ютерних наук»

**Миколаїв – 2021**

Магістерська кваліфікаційна робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем.

Науковий керівник: к. ф.-м. н., доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем  
Кулаковська Інесса Василівна

Рецензент: к. т. н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії  
Солобуто Лариса Вадимівна

Захист відбудеться «23» лютого 2021 р. о 9<sup>30</sup> год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З дипломною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «16» лютого 2021 р.

Секретар  
екзаменаційної комісії,  
к.пед.н., доцент

Н. М. Болюбаш

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

*Актуальність* дослідження визначається тим, що існує потреба у розробці ефективної автоматизованої програмної системи, що була б здатною координувати діяльність розумних пристроїв у сучасному будинку. Це обумовлено тим, що технології «розумних будинків» невпинно впроваджуються у повсякденне життя сучасної людини. При цьому, користувачі у першу чергу звертають увагу на безпеку використання таких технологій, надійність, та енергоефективність. Вирішення таких питань можливе зокрема за рахунок створення централізованих систем керування, що здатні аналізувати активність як пристроїв так і мешканців будинку, і на основі цих даних формувати певні моделі поведінки для підключених приладів.

*Метою* магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів аналізу даних при проектуванні інтелектуальних систем контролювання та координації процесів у «розумних будинках».

*Об'єктом* дослідження є процеси планування та оптимізації роботи автономних пристроїв.

*Предметом* дослідження є методи аналізу даних для планування та оптимізації роботи автономних пристроїв.

*Практичне значення* даної магістерської кваліфікаційної роботи полягає у можливості застосування моделі підсистеми планування та оптимізації поведінки пристроїв у системах «розумних будинків».

Результати даної магістерської кваліфікаційної роботи було надруковано у тезах XXIII Всеукраїнської науково-методичної конференції «Могилянські читання – 2020» у секції Комп'ютерні науки. Також, подано до друку публікацію на конференції 16th International Conference on System of Systems Engineering.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 107 сторінок, 30 рисунків, 7 таблиць та 64 посилання на літературні джерела.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі визначена актуальність роботи, практична значимість. сформульована мета роботи та задачі, що повинні бути вирішені в дипломній роботі.

У першому розділі описано та проаналізовано зібрану інформацію з актуальних публікацій у сфері розумних пристроїв. Наведено приклади систем типу «розумний дім», що використовуються у провідних країнах, а також доступні на ринку для звичайних покупців.

Ми можемо дати таке визначення поняттю «розумний дім»: автоматизована електронна система, що здатна реагувати на зовнішні чинники, такі як природне освітлення та температура, і застосовувати визначені дії.

Такі системи можуть мати як централізований так і нецентралізований характер побудови. Централізована система Smart Home покладається на єдиний або розподілений контролер, що включає в себе базові компоненти для керування різними підключеними приладами у будинку. У той же час, нецентралізована система будується на базі низки непов'язаних між собою автономних пристроїв і фактично не має кореневого керуючого елемента.

Використання автоматизованих систем Smart Home дозволяє застосовувати сучасні технології для впровадження засобів ефективного енергозбереження. Інтегруючи інформаційні та комунікаційні технології в системах з використанням відновлюваної енергії як от сонячного світла чи вітру, «розумні будинки» здатні автономно приймати рішення щодо збереження енергії та її використання, що призводить до зменшення негативних антропогенних чинників на довколишнє середовище, ефективного розподілу енергії.

Згідно з дослідженням проведеним iControl у 2015 році, попит на поєднані та розумні пристрої у першу чергу базується на потребі у «особистій та родинній безпеці», та в другу чергу – у «необхідності збереження енергії». Автоматизація

домашніх приладів включає різноманітні інтелектуальні системи безпеки та установки спостереження.

З іншого боку, існує також критика систем типу «розумний будинок», як щодо їх потенціалу як засобу енергозбереження так і технології підтримки безпеки для мешканців. Згідно з доповідями деяких компаній, технології «розумний будинок» дозволяють зменшити на 30% витрати вартості енергії без втрати чи порушення комфорту для мешканців.

При розробці систем «розумний дім» необхідно приділяти дуже важливим вимогам, таким як: надійність, приватність та безпека, налаштування під потреби користувачів та визначення змін у стилі життя, легкість у керування, взаємодія між системами.

Будинки є місцями, навантаженими змістом та емоціями, в яких часто багато членів домогосподарства з різними ролями та стосунками, що повинні взаємодіяти з технологіями та обговорювати свої бажання та потреби для досягнення відносно мирного співіснування. Для домашнього життя характерні події, які передбачають регулярні поломки, імпровізації, компроміси та конфлікти.

Багатьох користувачів мало цікавить розуміння того, що може зробити розумний будинок, або як вони працюють, оскільки вони зосереджені на більш нагальних щоденних потребах. Таким чином, «розумний будинок» повинен уникати того, щоб користувачі відчували себе неконтрольованими за допомогою форм "співпраці людина-дім".

На даний момент існує не так багато рішень, які б інтегрували всі деталі систем "розумного будинку". Тобто більшість проектів зосереджені на певних аспектах цих систем. А саме: автономні пристрої, які не підключені до центральної системи управління, або великі мережі, що включають окремі будинки, в основному виконують завдання збору великих обсягів інформації та їх подальшого аналізу. І часто споживачі обмежуються використанням пристроїв однієї компанії, частиною

єдиної, але закритої, екосистеми або окремими пристроями, які погано взаємодіють між собою.

У другому розділі розглянуто результати дослідження методів та підходів до збору та аналізу даних. Зокрема висвітлено два можливі методи обробки даних представлених часовими рядами. У результаті дослідження було обрано ефективну комбінацію з розглянутих підходів.

Математичне формулювання завдання вивчення окремих факторів та їх взаємозв'язків на зібраних даних відоме як задача аналізу даних (англ. Data Analysis). Дана задача включає в себе процеси вивчення, відсіювання, трансформації та моделювання даних з ціллю виокремити корисну інформацію, сформулювати висновки та для підтримки прийняття рішень.

Процес витягу або вилучення даних (англ. Data Extraction) можна описати таким чином: спершу виконується збір даних з вихідних систем, після чого витягнуті дані зберігаються в «сховищі даних» для подальшого дослідження. Часто, цей засіб використовується при роботі з веб-ресурсами, базами даних, друкованими виданнями та потоками неструктурованої інформації.

Видобуток даних (англ. Data Mining) – це процес, що використовується дослідниками для перетворення необроблених даних у корисну інформацію. Використовуючи програмне забезпечення для пошуку шаблонів на великих вибірках даних, підприємства можуть дізнатися більше про своїх клієнтів, щоб розробити більш ефективні маркетингові стратегії, збільшити продажі та зменшити витрати. Видобуток даних залежить від ефективного збору даних, збереження та комп'ютерної обробки.

Видобуток даних передбачає вивчення та аналіз великих блоків інформації для визначення значущих моделей та тенденцій. Він може бути використаний різними способами, наприклад, маркетинг баз даних, управління кредитним ризиком, виявлення шахрайства, фільтрація спаму електронною поштою або навіть для розпізнавання настроїв чи думок користувачів.

Існує широкий спектр сучасних методів, популярних у процесі обробки навчальних даних. Серед цих методів можна виділити: прогнозування, кластеризацію, регресійний аналіз, факторний аналіз, когортний аналіз та аналіз часових рядів. Для вирішення поставленої задачі важливо мати можливість ефективно працювати з даними, що є впорядкованими та знаходяться у площині часу. Для цього варто звернути увагу на методику аналізу даних на часових рядах.

Аналіз часових рядів – це статистичний прийом, який використовується для виявлення тенденцій та циклів у часі. Дані часових рядів – це послідовність точок даних, які вимірюють одну і ту ж змінну в різні моменти часу (наприклад, щотижневі показники продажів або щомісячні реєстрації електронною поштою). Розглядаючи тенденції, пов'язані з часом, аналітики можуть прогнозувати, як змінна, що цікавить, може коливатися в майбутньому.

Проводячи аналіз часових рядів, основними закономірностями, на які ви будете звертати увагу у своїх даних, є:

1) тенденції: стабільне, лінійне збільшення або зменшення протягом тривалого періоду часу;

2) сезонність: передбачувані коливання даних через сезонні фактори протягом короткого періоду часу. Наприклад, ви можете спостерігати пік продажів купальників влітку приблизно в той же час щороку;

3) циклічні тенденції: непередбачувані цикли, коли дані коливаються. Циклічні тенденції зумовлені не сезонністю, а навпаки, можуть виникати внаслідок економічних або галузевих умов.

Маючи на увазі, що методи видобутку даних є досить складними та потребують вкладення значних сил у їх застосування, а також з огляду на специфіку нашого завдання, видобуток даних виконуватиметься на початкових етапах розробки або при подальшій підтримці системи, з появою нових вимог та потреб. Необхідно зібрати базову інформацію про використання певних пристроїв, основні

шаблони поведінки людини, проаналізувати її, на основі чого сформувати певну модель розроблюваної підсистеми.

Для аналізу часових рядів обрано метод динамічного викривлення часу – DTW. DTW використовується як метрика відстаней для встановлення подібності двох потоків даних у часовому просторі. Ця метрика була впроваджена у сферу видобування даних задля усунення недоліків евклідової відстані.

Існує чимало сфер застосування методу DTW, зокрема розпізнавання тексту та кластеризації упорядкованих даних. Як правило, кластеризація використовується для статичних даних, тому відомі методи кластеризації, такі як k-means чи k-medoids, не можуть бути ефективно використані при роботі з динамічними даними. Кластеризація може бути застосована до цих часових рядів, щоб отримати уявлення про дані.

**У третьому розділі** питання практичного застосування, описаних у попередньому розділі, методів аналізу даних, зокрема часових рядів. Перш за все, приділено увагу дослідженню можливих сценаріїв роботи розроблюваної системи, способи отримання та обробки даних. Виокремлено важливі складові майбутньої системи.

Принцип роботи системи (на базі підсистеми планування) полягає у наступному: на основі зібраної інформації про активність пристроїв, зовнішні чинники (як от погодні умови), стороння часова інформація (робочі дні, вихідні, свята тощо) формується базова модель поведінки, взаємозв'язків різних факторів тощо; система бере на себе роль координатора роботи пристроїв; постійно аналізується діяльність користувача задля покращення формування режимів роботи пристроїв, виявлення шаблонів поведінки та інше.

Ми можемо виділити наступні основні етапи роботи системи.

1) навчання. Триває орієнтовно один календарний тиждень, починаючи з першого дня (неділя чи понеділок, залежить від регіону) включно з вихідними днями;



2) налаштування. Виконується наприкінці кожного робочого дня при навчанні, а також у підсумку тижня, місяця, кварталу при нормальній роботі. У цей час виконується аналіз зібраної статистичної інформації, корегуються режими роботи, перевіряються журнали подій та збоїв. Після завершення першого етапу виконується виключно у години найменшої активності у будинку для уникнення конфліктів між потоками даних;

3) нормальна робота. Виконується базовий мінімум обміну інформації, збираються дані про активність пристроїв, показники із зовнішніх датчиків, ведеться журнал збоїв. У даному режимі система намагається виконувати щонайменше взаємодій між компонентами заради заощадження енергії, особливо у періоди активності.

У межах поставленої задачі, видобуток даних для групи пристроїв системи «розумний дім» полягає у зборі всієї інформації, яку кожен з них надає. Це стосується як запису кожної дії, що ініціюється мешканцями будинку, так і автоматичних подій. До автоматичних ми відносимо такі підкатегорії: дії ініційовані самим пристроєм у автоматичному порядку та ініційовані контролером. Важливо виокремити кожен з видів дій, оскільки це прямо впливає на сприйняття ситуації.

Можна впровадити шкалу ваг для різного роду подій у всій системі. Діяльність спричинена мешканцем будинку має прямий вплив на те, як система «розуміє» його звички та потреби, тому таким діям призначається найбільша вага. Важливо зрозуміти, коли користувачеві зручно виконувати ті чи інші заняття, до якої температури він звик тощо.

Однією із задач у видобутку даних є зберігання зібраної інформації з метою її подальшого використання. Цю задачу можна покласти на реляційні СКБД, оскільки вони дозволяють не лише надійно зберігати дані у структурованому вигляді, а й надають можливість формування зв'язків між структурами у звичному для реального світу вигляді.

Що стосується обробки самих сигналів від компонентів усієї системи, постає проблема у їх інтерпретації. Часто ми матимемо справу із сигналами типу «Увімкнути», «Вимкнути» та «Змінити режим  $X$  з на  $Y$ ». До того ж, звернімо увагу на те, що кожен окремий пристрій може мати свій набір можливих сигналів та подій. З цього постає потреба перетворювати такі дані до одного вигляду, що називається стандартизацією. Така процедура може виконуватись наприклад з використанням нормалізації, формула якої наведена нижче. Таким чином, для всіх видів пристроїв завжди матимемо діапазон значень сигналів у вигляді  $[0; 1]$ .

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}.$$

Використання методу DTW у цій роботі розглядається на двох етапах – початкове проектування та безпосередня реалізація. Таким чином, спершу ми застосуємо його на тестових даних для того, щоб визначитися з основними залежностями між серіями даних та формуванні основного уявлення про те, як застосувати його на практиці. У подальшому, DTW буде застосовано у тестовому варіанті системи, визначиться його ефективність та доцільність використання.

Безпосереднє практичне використання методу DTW передбачає власне розрахунок відповідної йому моделі на вхідних наборах даних, а потім використання кількох його «побічних ефектів».

**У четвертому розділі** розглянуто розроблювану у ході даної дипломної роботи підсистему планування. Було визначено основні структурні компоненти, порядок виконання дій, архітектуру складових. Зазначено на основі яких технологій проведено розробку. Відображено приклад роботи віртуального середовища та контролерів пристроїв

Удосконалені автоматизовані системи Smart Home дозволяють використовувати сучасні технології для впровадження ефективних та надійних засобів для енергозбереження. Інтегруючи інформаційні та комунікаційні технології в системи з відновлюваними джерелами енергії (як от сонячна та вітроенергетика), розумні будинки можуть самостійно приймати рішення щодо

збереження та використання енергії, яка може зменшити негативні антропогенні фактори навколишнього середовища, ефективно розподіляти енергію між пристроями. Для цього потрібно використовувати такі системи, які включають численні датчики, що реагують на зовнішні та внутрішні фактори та події, включаючи діяльність у будинку.

Впровадження ефективної та високоефективної системи може стати відносно простим за допомогою таких технологій як .NET 5, що забезпечує різноманітні потужних засобів. Основна перевага використання такої технології полягає в тому, що всі засоби сумісні, при тому що застосовуються вони для різних напрямків та задач: для Web API ми можемо використовувати ASP .NET, для навчання інтелектуальних систем це Microsoft.ML, для мобільних додатків – Xamarin Forms тощо.

Система розумного будинку побудована з окремих компонентів, які повинні бути змінними та автономними. Враховуючи це, її можна поділити на підсистеми та групи пристроїв. Компоненти системи можуть бути як логічними, так і фізичними. Найкращий спосіб їх з'єднати – дотримуватись принципу слабкої зв'язаності, що дає нам можливість замінити будь-який окремий елемент іншим або додати новий, не вносячи глобальних змін.

Утворення системи зі слабкою зв'язаністю стає можливим зокрема з використанням відповідного програмного забезпечення та абстрагуванням від деталей. Такий підхід у деяких випадках може дещо погіршити загальну продуктивність системи, якщо мова йдеться про використання слабких чи недосконалих систем обчислення. Сучасні ж пристрої при низьких витратах енергії здатні виконувати більшу кількість операцій, ніж їх аналоги минулих років.

Приладами можна керувати за допомогою інших пристроїв, таких як панелі управління та смартфони. Пристрій першого типу безпосередньо підключений до локальної мережі, в якій працює система, і дозволяє прямо керувати процесами, не переймаючись щодо зовнішнього втручання. Смартфони слід використовувати

лише для отримання базової інформації та, можливо, запитів від системи, які вимагають оперативного втручання власника.

Під час планування розробки програмного продукту, було вирішено використати наступні технології:

- 1) C# 9 – основна мова програмування;
- 2) .NET Standard 2.1 – для розробки ядра середовища;
- 3) .NET 5 – для розробки основних сервісів;
- 4) NDtw – реалізація метода DTW на платформі .NET.

**У методичній частині** роботи було описано розроблені практичні роботи на теми «Розширений пошук у інформаційно-пошукових системах» та «Засоби спеціалізованого пошуку в інформаційно-пошукових системах, індексовані каталоги».

**У спеціальній частині** з охорони праці було розглянуто питання виконання вимог та рекомендацій з охорони праці та техніки безпеки на підприємстві, де було здійснено проходження переддипломної практики. Для продуктивної праці розробників потрібне якісне освітлення, тому були зроблені розрахунки виробничого освітлення.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою роботи було дослідження методів аналізу даних при проектуванні інтелектуальних систем контролювання та координації процесів у «розумних будинках». Для досягнення поставленої мети було виконано ряд завдань.

У процесі виконання даної дипломної роботи було здійснено аналіз предметної сфери у межах теми. Як результат, було визначено основні принципи та підходи до вирішення поставлених задач. Також було наведено аналогічні системи, що вирішують задачі планування та розподілу агропромислових ресурсів. Для наведених аналогів було визначено певні характеристики та особливості.

Розглянуто питання практичного застосування досліджених методів аналізу даних, зокрема аналізу часових рядів. Перш за все, приділено увагу дослідженню можливих сценаріїв роботи розроблюваної системи, способи отримання та обробки даних. Виокремлено важливі складові майбутньої системи.

Описано розроблювану у ході даної дипломної роботи підсистему планування. Було визначено основні структурні компоненти, порядок виконання дій, архітектуру складових. Зазначено на основі яких технологій проведено розробку.

Серед проблем, що постали в ході виконання роботи можна зазначити необхідність у прийнятті рішення щодо вибору ефективного методу аналізу даних, способу його практичного застосування та питання інтерпретації різного роду інформації, отриманої з пристроїв, підключених до підсистеми.

У результаті виконання дипломної роботи був набутий досвід самостійної науково-дослідної роботи для вирішення поставлених завдань. За підтримки даної підсистеми, «розумний дім» отримає можливість здійснювати додаткові оптимізації процесів, підвищення енергоефективності та безпеки. Особливо корисною така система буде для власників кількоповерхових приватних будинків, де встановлено безліч електронних регульованих пристроїв.

## АНОТАЦІЯ

**Сатура Андрій Віталійович. Підсистема для планування і оптимізації поведінки автономних пристроїв для Smart-будинків на основі методів аналізу даних.** – На правах рукопису.

Магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньої кваліфікації «Магістр комп'ютерних наук». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2021.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню методів аналізу даних, як засобів створення підсистеми планування та оптимізації поведінки автономних пристроїв для «розумних будинків».

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження методів аналізу даних при проектуванні інтелектуальних систем контролювання та координації процесів у «розумних будинках».

Об'єктом дослідження є процеси планування та оптимізації роботи автономних пристроїв.

Предметом дослідження є методи аналізу даних для планування та оптимізації роботи автономних пристроїв.

Фахова частина магістерської кваліфікаційної роботи складається з наступних розділів: дослідження предметної області; загальний аналіз методів та підходів аналізу даних; реалізація запропонованої моделі підсистеми планування; розробки демонстраційного ПЗ.

Задачі, які були виконані в процесі роботи:

1) проведено аналіз предметної області, досліджено сучасне положення систем «розумний будинок» у житті людини, проведено огляд існуючих аналогів, публікацій та досліджень;

2) досліджено структуру та принципи роботи систем «розумний будинок»;

3) досліджено методи та підходи для обробки та аналізу даних, визначено переваги та недоліки, можливість пристосувати до виконання поставленої задачі;

4) розроблено модель підсистеми на основі обраних методів;

5) розроблено демонстраційний програмний застосунок.

В спеціальній частині магістерської кваліфікаційної роботи з «Охорони праці» було розглянуто питання виконання вимог та рекомендацій з охорони праці та техніки безпеки на підприємстві, де було здійснено проходження переддипломної практики.

У методичній частині розроблено практичні роботи з курсу методів збору та обробки даних мережі Internet.

Робота складається з 107 сторінок, 30 рисунків, 7 таблиць та 64 посилань на літературні джерела.

*Ключові слова:* розумні пристрої, планування, оптимізація, DTW, аналіз даних, C#, .NET 5

## ABSTRACT

**Andrii Satura. Subsystem for planning and optimization of autonomous devices behavior for Smart Homes based on data analysis methods – On the rights of the manuscript.**

Master's qualification work for obtaining an educational qualification "Master of Computer Science". – Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, 2021.

The master's qualification work is devoted to research of data analysis methods, used to create a subsystem for planning and optimization of autonomous devices for smart homes.

The *purpose* of this paper is to research data analysis methods in the design of intelligent control systems and coordination of processes in smart homes.

The *object* is the processes of planning and optimizing the operation of autonomous devices.

The *subject of research* is data analysis methods for planning and optimizing the operation of autonomous devices.

The professional part of master's research paper consists of the following sections: research of the subject area; general analysis of methods and approaches of data analysis; realization of the proposed subsystem for planning; design an application.

Tasks that were completed during the process:

- 1) analysis of the subject area, the modern position of the smart home systems in human life, the review of existing analogues, publications and researches;
- 2) analysis of the structure and principles of operation of smart home;
- 3) researching methods and approaches for data processing and analysis, identified advantages and disadvantages, the ability to adapt to the task;
- 4) forming a model of a subsystem on the basis of the chosen methods;
- 5) development of a demonstration software application.

In the special part of the master's qualification paper on "Occupational Safety" was an analysis of the implementation of the requirements and recommendations for occupational safety and health at the enterprise, where the undergraduate practice was carried out.

In the methodical part practical works on a course of methods of collecting and processing of data of the Internet are developed.

The paper consists of 107 pages, 30 figures, 7 tables and 64 references to literary sources.

*Keywords: smart devices, planning, optimization, DTW, data analysis, C#, .NET 5*