

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

Мірута Марта Юріївна

**Нечітка система виявлення аварійних ситуацій
системи «розумного будинку» /
Fuzzy emergency detection system of the smart home
system**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконала: студентка групи КІ–41
Мірута Марта Юріївна

Керівник
к.т.н., доцент, Л. О. Дубчак

ТЕРНОПІЛЬ-2023

РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему «Нечітка система виявлення аварійних ситуацій системи «розумного будинку»» зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» містить 55 сторінок пояснюючої записки, 13 рисунків, 6 таблиць, 3 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Метою кваліфікаційної роботи полягає в аналізі поточного стану комп'ютерних систем, їх основних характеристик та розробці відповідної нечіткої системи. Нечітка система дозволить підтримувати задану функціональність та стійкість будь-якої комп'ютерної системи..

Методи дослідження включають методи аналізу даних, методи нечіткої логіки, експертний підхід та метод статистичного аналізу.

Досліджено аварійні ситуації, що виникають при використанні системи розумного будинку. Розроблено нечітка система виявлення аварійних ситуацій системи розумного будинку на базі розроблених правил. Перевагою створеної нечіткої системи виявлення аварійних ситуацій системи розумного будинку є здатність враховувати нечіткість та неоднозначність вхідних даних, що дозволяє отримати більш гнучку та точну інформацію про потенційні аварійні стани. Також вона забезпечує можливість адаптуватися до змін умов та вимог системи, що робить її ефективним і надійним інструментом для виявлення аварійних ситуацій в розумному будинку.

Розроблено нечітку систему виявлення аварійних ситуацій системи розумного будинку і в результаті верифікації розробленої нечіткої системи, було переглянуто всі вхідні та вихідні дані і зроблено висновок, що система працює коректно, відповідно до встановлених вимог, а також до розробленої бази нечітких правил та відповідного розробленого алгоритму.

Ключові слова: АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ, НЕЧІТКА СИСТЕМА, НЕЧІТКА ЛОГІКА.

RESUME

The qualification paper on the topic "Fuzzy emergency detection system of the "smart house" system" from specialty 123 "Computer Engineering" of the bachelor's degree contains 55 pages of explanatory note, 13 figures, 6 tables, 3 appendices. The amount of graphic material is 2 sheets of A3 format.

The purpose of the qualification work is to analyze the current state of computer systems, their main characteristics, and the development of a corresponding fuzzy system. A fuzzy system will allow maintaining the given functionality and stability of any computer system.

Research methods include data analysis methods, fuzzy logic methods, expert approach and statistical analysis method.

The emergency situations that arise when using the smart home system have been studied. A fuzzy system for detecting emergency situations of the smart home system based on the developed rules has been developed. The advantage of the created fuzzy emergency detection system of the smart home system is the ability to take into account the vagueness and ambiguity of the input data, which allows obtaining more flexible and accurate information about potential emergency situations. It also provides the ability to adapt to changes in conditions and system requirements, which makes it an effective and reliable tool for detecting emergency situations in a smart home.

A fuzzy system for detecting emergency situations of the smart home system was developed and as a result of the verification of the developed fuzzy system, all input and output data were reviewed and it was concluded that the system works correctly, in accordance with the established requirements, as well as the developed base of fuzzy rules and the corresponding developed algorithm.

Keywords: EMERGENCY SITUATIONS OF THE SMART BUILDING, FUZZY SYSTEM, FUZZY LOGIC.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Перелік умовних скорочень | 10 |
| Вступ..... | 11 |
| 1 Сучасні технології розумного будинку..... | 12 |
| 1.1. Сучасні системи керування та аналізу аварійних ситуацій розумного будинку..... | 12 |
| 1.2 Застосування нечітких систем для аналізу аварійних ситуацій..... | 21 |
| 1.3 Постановка задачі | 23 |
| 2 Нечітка система аналізу аварійних ситуацій..... | 26 |
| 2.1 Нечітка логіка в задачах інженерії..... | 26 |
| 2.2 Алгоритм Мамдані..... | 30 |
| 2.3 Алгоритм Сугено..... | 37 |
| 3. Нечітка систма виявлення аварійних ситуацій | 42 |
| 3.1 Загальна схема нечіткого алгоритму аналізу стану комп'ютерної системи.. | 42 |
| 3.2 Модель розробленого нечіткого алгоритму | 44 |
| 3.3 Симуляція та аналіз роботи нечіткої системи..... | 49 |
| 4 Техніко–економічне обґрунтування..... | 53 |
| 4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення | 53 |
| 4.2 Розрахунок ціни програмного забезпечення..... | 59 |
| 4.3 Визначення показників економічної ефективності | 60 |
| Висновки | 64 |
| Список використаних джерел | 66 |
| Додаток А Вихідний текст програмного засобу | 72 |
| Додаток Б Довідка про використання | 74 |
| Додаток В Світлокопії виданих публікацій..... | 75 |

| | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|-----------------------------------|------|---------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розробив | Мірута М.Ю. | | | | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Дубчак Л.О. | | | | 7 | | |
| Консульт. | Савка Н.Я. | | | | ЗУНУ,ФКІТ, КІ-41 | | |
| Н. Контр. | Мельник Г.М. | | | | | | |
| Затвердив | Дубчак Л.О. | | | | | | |

| | |
|---|----|
| Додаток Г Нечітка система виявлення аварійних ситуацій системи розумного будинку. Схема структурна..... | 77 |
| Додаток Д Нечітка система виявлення аварійних ситуацій системи розумного будинку. Схема функційна..... | 78 |

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|----------|--------|------|---|---------------------|------|---------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | | | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив | Мірута М.Ю. | | | | НЕЧІТКА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ | Літ. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | Дубчак Л.О. | | | | | | 7 | |
| Консульт. | Савка Н.Я. | | | | | ЗУНУ,ФКІТ, КІ-41 | | |
| Н. Контр. | Мельник Г.М. | | | | | | | |
| Затвердив | Дубчак Л.О. | | | | | | | |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

| | | |
|-----|---|-------------------------|
| AI | – | Artificial Intelligence |
| РЧ | – | Радіочастот |
| IoT | – | Інтернет речей |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 10 |

ВСТУП

Комп'ютерні системи мають велике значення у сучасному світі. Вони використовуються практично в усіх сферах життя суспільства, стали незамінні для сучасних професій майже усіх галузей. Завдяки комп'ютерній системі можна вирішувати прикладні завдання в предметних галузях діяльності як технологічна підготовка, керування, облік, автоматизація процесів.

Неможливо уявити сучасну людину без комп'ютера, або ж сучасне підприємство без застосування великих комп'ютерних систем та мереж. Тому є актуально захистити комп'ютерну систему шляхом вчасної та регулярної діагностики, яка зможе попередити 90% усіх існуючих проблем, що можуть виникнути.

Мета даної наукової роботи полягає в аналізі поточного стану комп'ютерних систем, їх основних характеристик та розробці відповідної нечіткої системи. Нечітка система дозволить підтримувати задану функціональність та стійкість будь-якої комп'ютерної системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати всі можливі стани комп'ютерних систем;
- дослідити нечітку логіку та обрати відповідний алгоритм нечіткого виводу по базі знань;
- побудувати функції належності;
- сформуванати базу правил;
- дослідити роботу реалізованої нечіткої системи.

Об'єкт дослідження – комп'ютерні системи та їх основні характеристики.

Предмет дослідження – методи та засоби підвищення стійкості комп'ютерних систем.

Методи дослідження – методи нечіткої логіки, а саме – алгоритм нечіткого висновку Мамдані.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 11 |

1 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

1.1. Сучасні системи керування та аналізу аварійних ситуацій розумного будинку

Розумний дім – це житло, яке використовує пристрої, підключені до Інтернету, для віддаленого моніторингу та керування приладами та системами, такими як освітлення та опалення[8].

Технологія розумного дому, яку також часто називають домашньою автоматизацією або домотикою (від латинського «domus» означає дім), забезпечує власникам будинків безпеку, комфорт, зручність та енергоефективність, дозволяючи їм керувати розумними пристроями, часто за допомогою програми розумного дому на своєму смартфоні або іншому мережевому пристрої. Будучи частиною Інтернету речей (IoT) [15], системи та пристрої розумного будинку часто працюють разом, обмінюючись між собою даними про використання споживачами та автоматизуючи дії на основі вподобань власників будинків.

Системи «Розумний дім» викликали великий інтерес в останні роки, щоб зробити життя людей простішим і комфортнішим[5]. Система «Розумний дім» пропонує людям ефективно та комфортно керувати домашнім середовищем. Технологічний прогрес останніх років призвів до створення великої кількості розумних і складних систем, які сприяли розвитку технологій розумного життя. Сучасні типи систем розумного дому: Dual Tone Multi Frequency, Global System for Mobile, розпізнавання голосу, Zigbee, Bluetooth, Інтернет і Wi-Fi, і системи розумного будинку на основі жестів[20-24].

Майже в кожному аспекті життя, де технологія увійшла в домашній простір (лампочки, посудомийні машини тощо), з'явилася альтернатива «розумного будинку» [1-2]:

Смарт-телевізори підключаються до Інтернету, щоб отримати доступ до вмісту за допомогою програм, наприклад відео та музики за запитом. Деякі смарт-телевізори також включають розпізнавання голосу чи жестів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

Крім того, дистанційно керовані та налаштовувані, інтелектуальні системи освітлення, такі як Hue від Philips Lighting Holding BV, можуть визначати, коли в кімнаті знаходяться люди, і за потреби регулювати освітлення. Розумні лампочки також можуть регулювати себе залежно від наявності денного світла[34].

Розумні термостати, такі як Nest від Nest Labs Inc., оснащені вбудованим Wi-Fi, що дозволяє користувачам планувати, контролювати та віддалено контролювати домашню температуру. Ці пристрої також вивчають поведінку власників будинків і автоматично змінюють налаштування, щоб забезпечити мешканцям максимальний комфорт і ефективність. Інтелектуальні термостати також можуть звітувати про споживання енергії та нагадувати користувачам про необхідність заміни фільтрів, серед іншого[40].

За допомогою розумних замків і механізмів відкриття гаражних воріт користувачі можуть надавати або забороняти доступ відвідувачам. Розумні замки також можуть виявляти, коли поруч мешканці, і відмикати двері за них.

За допомогою інтелектуальних камер безпеки жителі можуть стежити за своїми домівками, коли вони відсутні або у відпустці[3]. Розумні датчики руху також здатні визначити різницю між мешканцями, відвідувачами, домашніми тваринами та грабіжниками та можуть повідомити поліцію, якщо буде виявлено підозрілу поведінку.

Догляд за домашніми тваринами можна автоматизувати за допомогою підключених годівниць. Кімнатні рослини та газони можна поливати за допомогою підключених таймерів.

Доступні різноманітні кухонні прилади, включаючи розумні кавоварки, які можуть автоматично приготувати свіжу чашку в запрограмований час; розумні холодильники, які відстежують терміни придатності, складають списки покупок або навіть створюють рецепти на основі наявних інгредієнтів; повільні плити і тостери; а також, у пральні, пральні та сушильні машини.

Монітори домашньої системи можуть, наприклад, помітити стрибок напруги та вимкнути прилади або помітити збій води чи замерзання труб і вимкнути воду, наприклад, щоб підвал не затопило[18].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 13 |

Однією з найбільш рекламованих переваг домашньої автоматизації є забезпечення душевного спокою власників будинків, що дозволяє їм дистанційно контролювати свої домівки, протистоячи таким небезпекам, як забута кавоварка, залишена увімкненою, або вхідні двері, залишені незамкненими.

Дематика також корисна для людей похилого віку, забезпечуючи моніторинг, який може допомогти людям похилого віку комфортно та безпечно залишатися вдома, а не переїжджати до будинку престарілих або потребувати цілодобового догляду вдома[11].

Розумні будинки можуть пристосовуватися до вподобань користувачів для зручності. Наприклад, користувач може запрограмувати відкриття дверей гаража, увімкнення світла, увімкнення каміна та відтворення улюблених мелодій після прибуття.

Домашня автоматизація також допомагає споживачам підвищити ефективність. Замість того, щоб залишати кондиціонер увімкненим цілий день, система «розумного дому» може навчитися поведінці та переконатися, що будинок охолоджується до того моменту, коли господарі прийдуть додому з роботи. Те саме стосується побутової техніки. Завдяки інтелектуальній системі зрошення газон буде поливатися лише тоді, коли це необхідно і точно необхідною кількістю води. За допомогою домашньої автоматизації енергія, вода та інші ресурси використовуються більш ефективно, що допомагає заощадити як природні ресурси, так і гроші споживача.

Однак системам домашньої автоматизації важко стати масовими, частково через їхню технічну природу. Недоліком розумних будинків є їх уявна складність; деякі люди відчувають труднощі з технологією або відмовляються від неї з першою ж незручністю. Виробники та альянси розумних будинків працюють над зменшенням складності та покращенням взаємодії з користувачем, щоб зробити його приємним і корисним для користувачів усіх типів і технічних рівнів[6].

Щоб системи домашньої автоматизації були справді ефективними, пристрої мають бути сумісними незалежно від виробника та використовувати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

однаковий протокол або, принаймні, додаткові протоколи. Оскільки це відносно новий ринок, золотого стандарту для домашньої автоматизації ще немає. Однак стандартні альянси співпрацюють із виробниками та протоколами, щоб забезпечити взаємодію та бездоганну взаємодію з користувачем.

Ще одна важлива проблема – безпека розумного будинку. У звіті NTT Data Corp. за 2016 рік було виявлено, що 80% споживачів у США стурбовані безпекою даних свого розумного будинку[4]. Якщо хакерам вдасться проникнути на інтелектуальний пристрій, вони потенційно можуть вимкнути світло та сигналізацію та відчинити двері, залишивши будинок незахищеним для злому. Крім того, хакери потенційно можуть отримати доступ до мережі власника будинку, що призведе до гірших атак або викрадання даних. У жовтні 2016 року ботнет Mirai IoT зміг вивести з ладу частини Інтернету за допомогою серії розподілених атак типу «відмова в обслуговуванні» (DDoS), використовуючи погано захищені камери, відеореєстратори та маршрутизатори як точки входу[37].

Крім безпеки будинку, багато противників розумного дому хвилюються про конфіденційність даних. У звіті NTT Data виявлено, що 73% споживачів стурбовані конфіденційністю даних, які передаються їхніми розумними домашніми пристроями[17]. Хоча виробники пристроїв і платформ для розумного дому можуть збирати дані про споживачів, щоб краще адаптувати свої продукти або пропонувати клієнтам нові та покращені послуги, довіра та прозорість є критично важливими для виробників, які прагнуть залучити нових клієнтів.

Новозбудовані будинки часто будуються з інфраструктурою розумного будинку. З іншого боку, старі будинки можна модернізувати за допомогою розумних технологій. Хоча багато систем розумного дому все ще працюють на X10 або Insteon, популярність Bluetooth і Wi-Fi зросла.

Zigbee і Z-Wave є двома найпоширенішими протоколами зв'язку домашньої автоматизації, які використовуються сьогодні[29]. Обидва використовують мережеві технології mesh, малопотужні радіосигнали малого

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 15 |

радіусу дії для підключення систем розумного будинку. Хоча обидва націлені на одні й ті самі програми для розумного дому, Z-Wave має діапазон від 30 метрів до 10 метрів у Zigbee, причому Zigbee часто сприймається як більш складний з двох. Чіпи Zigbee доступні багатьма компаніями, тоді як мікросхеми Z-Wave доступні лише від Sigma Designs.

Розумний дім — це не набір розрізнених інтелектуальних пристроїв і приладів, а ті, які працюють разом, створюючи дистанційно керовану мережу. Усі пристрої контролюються головним контролером домашньої автоматизації, який часто називають концентратором розумного дому. Розумний домашній концентратор — це апаратний пристрій, який діє як центральна точка системи розумного дому та здатний сприймати, обробляти дані та обмінюватися бездротовим зв'язком. Він об'єднує всі різні програми в єдину програму для розумного дому, якою домовласники можуть дистанційно керувати. Приклади розумних домашніх хабів включають Amazon Echo, Google Home, Insteon Hub Pro, Samsung SmartThings і Wink Hub.

Деякі системи розумного будинку можна створити з нуля, наприклад, за допомогою Raspberry Pi або іншої плати для прототипування. Інші можна придбати як набір розумного дому, також відомий як платформа розумного дому, який містить елементи, необхідні для запуску проекту домашньої автоматизації.

У простих сценаріях розумного дому події можна запланувати або запустити. Часові події базуються на годиннику, наприклад, опускання блайдів о 18:00, тоді як тригерні події залежать від дій в автоматизованій системі; наприклад, коли смартфон власника наближається до дверей, розумний замок розблоковується, а розумні ліхтарі вмикаються.

Машинне навчання та штучний інтелект (AI) стають все більш популярними в системах розумного будинку, дозволяючи програмам домашньої автоматизації адаптуватися до середовища. Наприклад, системи з голосовою активацією, такі як Amazon Echo або Google Home, містять віртуальних помічників, які вивчають і персоналізують розумний дім відповідно до вподобань і шаблонів мешканців[26].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 16 |

Хоча кожен розумний будинок є розумною будівлею, не кожна розумна будівля є розумним будинком. Підприємства, комерційні, промислові та житлові будинки всіх форм і розмірів, включаючи офіси, хмарочоси, багатоквартирні будинки, багатоквартирні офіси й резиденції, розгортають технології Інтернету речей, щоб підвищити ефективність будівель, зменшити витрати на енергію та вплив на навколишнє середовище, а також забезпечити безпека, а також підвищення задоволеності мешканців.

Багато тих самих інтелектуальних технологій, які використовуються в розумному домі, використовуються в розумних будівлях, включаючи освітлення, енергію, опалення та кондиціонування повітря, а також системи безпеки та доступу до будівель.

Наприклад, розумна будівля може зменшити витрати на енергію за допомогою датчиків, які визначають кількість мешканців у кімнаті. Температуру можна регулювати автоматично, увімкнувши прохолодне повітря, якщо датчики виявлять повну конференц-залу, або зменшивши опалення, якщо всі в офісі пішли додому на день.

Розумні будівлі також можуть підключатися до розумної мережі . Тут компоненти розумної будівлі та електрична мережа можуть «розмовляти» та «слухати» один одного. За допомогою цієї технології можна ефективніше керувати розподілом енергії, завчасно проводити технічне обслуговування та швидше реагувати на відключення електроенергії.

Окрім цих переваг, розумні будівлі можуть надати власникам і менеджерам будинків переваги передбачуваного обслуговування. Двірники, наприклад, можуть поповнювати туалетні приналежності, коли датчики використання відстежують низький рівень заряду дозаторів мила чи паперових рушників. Або можна передбачити технічне обслуговування та несправності холодильного обладнання будівлі, ліфтів і систем освітлення.

З випуском у 1975 році X10, комунікаційного протоколу для домашньої автоматизації, розумний дім, колись нездійсненна мрія а-ля The Jetsons , ожив. X10 надсилає пакети радіочастот (РЧ) 120 кГц цифрової інформації на існуючу електричну проводку будинку до програмованих розеток або вимикачів[3]. Ці

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 17 |

сигнали передають команди відповідним пристроям, керуючи тим, як і коли пристрої працюють. Передавач може, наприклад, посилати сигнал по електричній проводці будинку, повідомляючи пристрою про ввімкнення в певний час.

Однак, оскільки електрична проводка не розроблена таким чином, щоб бути вільною від «шуму» радіодіапазону, X10 не завжди був повністю надійним. Сигнали будуть втрачені, а в деяких випадках сигнали не перетинатимуться в ланцюгах, які були з'єднані з різною полярністю, утворюючись, коли напруга 220 вольт розділяється на пару 100-вольтових джерел, як це зазвичай буває в США[9]. Крім того, X10 був спочатку це була одностороння технологія, тому, хоча розумні пристрої можуть приймати команди, вони не можуть надсилати дані назад до центральної мережі. Пізніше, однак, стали доступні двосторонні пристрої X10, хоча і за вищою ціною.

Коли в 2005 році на сцену вийшла компанія з домашньої автоматизації Insteon, вона запровадила технологію, яка поєднувала електричну проводку з бездротовими сигналами. Інші протоколи, включаючи Zigbee і Z-Wave, з'явилися з тих пір для протидії проблемам, схильним до X10, хоча X10 залишається широко розповсюдженим комунікаційним протоколом донині.

Nest Labs було засновано в 2010 році та випустило свій перший розумний продукт, Nest Learning Thermostat, у 2011 році[33]. Компанія також створила розумні детектори диму/чадного газу та камери безпеки. Після придбання компанією Google у 2015 році вона стала дочірньою компанією Alphabet Inc. у тому ж році.

У 2012 році SmartThings Inc. запустила кампанію на Kickstarter, зібравши 1,2 мільйона доларів для фінансування своєї системи розумного будинку. Після додаткового фінансування компанія вийшла на ринок у серпні 2013 року та була придбана компанією Samsung у 2014 році[48].

Нещодавно такі компанії, як Amazon, Apple і Google, випустили власні продукти для розумного дому та платформи домашньої техніки, зокрема Amazon Echo, Apple HomeKit і Google Home.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 18 |

У світі, що старіє, важливо якомога довше зберігати гарне здоров'я та незалежність. Замість госпіталізації чи інституціоналізації людям похилого віку та інвалідам можна 24 години на добу допомагати в їхньому власному середовищі за допомогою численних «розумних» пристроїв. Концепція розумного дому є перспективним і економічно ефективним способом покращення домашнього догляду за людьми похилого віку та інвалідами ненав'язливим способом, що дозволяє отримати більшу незалежність, підтримувати гарне здоров'я та запобігати соціальній ізоляції.

Розумні будинки оснащені датчиками, приводами та/або біомедичними моніторами. Пристрої працюють у мережі, підключеній до віддаленого центру збору та обробки даних. Віддалений центр діагностує поточну ситуацію та за потреби ініціює процедури допомоги. Імплантовані пристрої in vivo для спостереження за людьми 24 години на добу як всередині, так і поза домом.

Платформа системи управління розумним будинком побудована з використанням індивідуальний дизайн вбудованої системи. Вбудований модуль керування, розроблений на основі використання механізм веб-сервісів складається з 15 каналів моніторингу на основі стандартів XML SOAP[25]. Кожен канал інтегрований у спеціальну схему керування розумним будинком і виконує двонаправлене керування в реальному часі. У разі недоступності сервера, мобільний Модуль зв'язку за допомогою GSM був розгорнутий як альтернативний засіб керування механізм. Пропоноване вбудоване рішення пропонує двонаправлений режим реального часу управління, а також оптимізовану продуктивність для роз Abstract

Останні розробки в галузі електромережі показали, що вплив розподіленої енергії, електромобілів, гібридних електромобілів і розумних гаджетів є сприятливим для навколишнього середовища. Це економічно. А ще він надійний. Потреби можна підвищити за допомогою скоординованого інтелектуального керування. Відсутність узгодженого контролю може мати деякі негативні наслідки, такі як скорочення терміну служби компонентів розподілу електроенергії та розподільних трансформаторів. Розумні будинки із застосуванням системи енергоменеджменту та інтелектуальної мережі

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 19 |

дозволяють організовано контролювати ресурсність будинку без турботи споживачів, одночасно мінімізуючи перевантаження та перегрів розподіленої підструктури.

Децентралізоване керування «розумним будинком», яке підтримується хмарою, за допомогою автономних агентів ІКТ називаються федеральними регуляторами розумного будинку (FSHR). Запропоноване рішення управління є гібридним у тому сенсі, що воно бере повний контроль над «доступом до ресурсів», водночас дає свободу іншим суб'єктам, представленим у екосистемі будинку, тобто приладам, працювати з найкращими можливостями. Щоб забезпечити виконання рішень, пов'язаних із ресурсами, прийнятих FSHR, у рішенні розглядається серія шлюзів ресурсів. Жадібний, але справедливий і розумний алгоритм також пропонується як частина модуля планування FSHR, щоб забезпечити роботу рішення майже в реальному часі, що є критичною вимогою для дуже неоднорідних і динамічних екосистем будинку. Запропоноване рішення FSHR за визначенням не залежить від постачальника, оскільки воно дозволяє входити в екосистему будь-якому пристрою за умови, що він аутентифікований власником будинку або органом FSHR, а також якщо він відповідає основним вимогам FSHR щодо запиту та використання ресурсів. Кожен агент FSHR підключається за допомогою підключень Telco до хмари підтримки FSHR, яка забезпечує надійний стан розгорнутого інтелекту та коду в модулях FSHR, а також надає надійні профілі зовнішніх змінних, таких як ціна ресурсу. Рішення дуже локалізовано всередині приміщень будинку, тому воно може досягти високого рівня довіри та прийняття власниками будинку в масштабах. Крім того, розроблено об'єктно-орієнтований симулятор для оцінки масштабованості та продуктивності рішення в різних масштабах від одного будинку до провінції[12].

З точки зору придушення глобального потепління та виснаження енергетичних ресурсів, відновлювана енергія, така як генерація вітру (WG) і фотоелектрична генерація (PV), привертає увагу в системах розподілу. Крім того, за останні роки зросла кількість електрифікованих багатоквартирних будинків або резиденцій, таких як «розумний будинок» постійного струму.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 20 |

Однак через коливання потужності з відновлюваних джерел енергії та навантажень балансування попиту та постачання в енергосистемі стає проблематичним.

Тому розумна мережа стала дуже популярною у всьому світі. Для досягнення оптимальної роботи використовуються розподілені контрольовані навантаження, такі як акумулятор і тепловий насос. Мінімізуючи коливання потоку потужності в точці з'єднання, можна зменшити максимальне споживання електроенергії та вартість електроенергії. Ця система складається з фотоелектричного генератора, теплового насоса, акумулятора, сонячного коректора та навантаження. З метою перевірки ефективності запропонованої системи MATLAB використовується в симуляції.

1.2 Застосування нечітких систем для аналізу аварійних ситуацій

Зараз побутова техніка, така як світло, вентилятор, кондиціонер, холодильник, витяжний вентилятор тощо, контролюється вручну. Завдяки розвитку технологій Інтернету речей автоматизація розумного дому впроваджується для покращення обслуговування та оптимального споживання енергії. Запропонована система використовує технології Інтернету речей з основною метою зосередитися на автоматичному контролі та моніторингу приладів, таких як світло та вентилятор, без зусиль людини та забезпечити ручне керування приладами[43]. Ця система забезпечує ефективне управління енергією під час використання побутової техніки. У запропонованій системі домашньої автоматизації два інтелектуальні пристрої працюють автоматично, враховуючи присутність людини та фактори навколишнього середовища як вхідні дані, і, відповідно, створюючи повну систему домашньої автоматизації як вихід. Енергозбереження та, отже, керування можна здійснити, коли інтелектуальне освітлення та інтелектуальний вентилятор автоматично вимикаються, коли в кімнаті немає людей, за допомогою входів ІЧ-датчика

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 21 |

руху. Розумна трубка автоматизована за допомогою датчика LDR та інфрачервоного датчика руху, тоді як розумний вентилятор автоматизований за допомогою датчика температури та вологості з нечіткою логікою, а також інфрачервоного датчика руху. Розроблено мобільний додаток, який є інтерфейсом для керування пристроями.

Завдяки останнім досягненням у комунікаційних і сенсорних технологіях Інтернет речей (IoT) швидко розвивається. Передбачається, що мільярди об'єктів будуть підключені, що створить величезну кількість даних. Хмарні обчислення були переважним вибором для моніторингу підключених об'єктів і надання інтелектуальних даних на основі даних, але високий час відгуку та навантаження на мережу хмарних рішень є обмежуючими факторами для розгортання IoT[10]. Щоб впоратися з цією проблемою, у цьому документі пропонується новий підхід до забезпечення низькорівневого інтелекту для додатків Інтернету речей через крайовий контролер Інтернету речей, який використовує контролер нечіткої логіки разом із периферійними обчисленнями. Цей низькорівневий інтелект разом із хмарним інтелектом формує розподілений інтелект IoT. Пропонований контролер дозволяє розподіленому шлюзу IoT керувати невизначеністю вхідних даних; крім того, взаємодіючи з навколишнім середовищем, система навчання може з часом підвищити свою продуктивність, що призводить до підвищення надійності шлюзу IoT. Таким чином, такий контролер може запропонувати різні контекстно-залежні міркування для полегшення розподіленого IoT. Змодельований сценарій розумного дому було зроблено, щоб довести правдоподібність низькорівневого інтелекту щодо зменшення затримки та більш точного прогнозування через досвід навчання на межі. такий контролер може запропонувати різні контекстно-залежні міркування для полегшення розподіленого IoT[30]. Змодельований сценарій розумного дому було зроблено, щоб довести правдоподібність низькорівневого інтелекту щодо зменшення затримки та більш точного прогнозування через досвід навчання на межі. такий контролер може запропонувати різні контекстно-залежні міркування для полегшення розподіленого IoT. Змодельований сценарій розумного дому було зроблено,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

щоб довести правдоподібність низькорівневого інтелекту щодо зменшення затримки та більш точного прогнозування через досвід навчання на межі.

1.3 Постановка задачі

В даному дослідженні розробляється програмний засіб аналізу аварійних ситуацій розумного будинку на основі нечіткої системи. Даний програмний засіб повинен виконувати аналіз і швидке реагування в момент порушення роботи системи. Доступ буде виконуватись на основі зчитування комбінації відповідного логіну і паролю, а у випадку, коли буде необхідно отримати доступ з підвищеним пріоритетом, який дозволяє виконувати операції створення, редагування, копіювання, переміщення файлу, потрібно буде, на додачу до логіну і паролю, вставити в USB-роз'єм токен.

Програмний засіб захисту файлів розробляється на основі нечіткої логіки. Хоч цей напрямок всього лиш набуває широкого впровадження в комп'ютерних технологіях, він є досить перспективним та надає широкі можливості розробникам, зокрема і в галузі захисту інформації.

Нечітка логіка вирішує протиріччя між суворістю математики і невизначеністю реального світу. Апарат розмитої, нечіткої, логіки дозволяє формалізувати нечіткі поняття і знання, оперувати ними і, відповідно, робити нечіткі висновки.

Відмінність нечіткої логіки від класичної булевої полягає в тому, що вона оперує, крім значень "істина" і "брехня", ще й проміжними значеннями. Основу цього апарату становить математична теорія нечітких множин, що оперує такими поняттями, як нечіткі множини, нечіткі змінні, або лінгвістичні змінні, нечіткі відносини та ін.

Нечіткі методи характеризуються використанням лінгвістичних змінних замість числових, або на додаток до них, прості відносини описуються за допомогою нечітких висловлювань, а більш складні – нечіткими алгоритмами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

Відповідні правила дозволяють швидко обробляти складні поєднання, що є важливою перевагою розмитої логіки.

Для подальшої побудови системи захисту файлів на основі нечіткої логіки розробляється дерево рішень (рисунок 1.1).

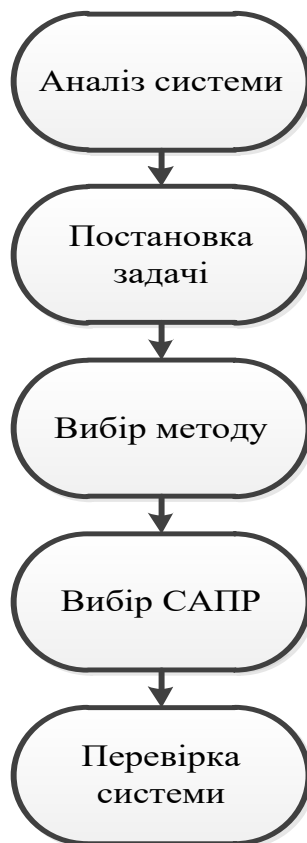


Рисунок 1.1 – Дерево рішень

На першому етапі виконується детальний аналіз системи, при якому виконується чітке виділення властивостей розроблювальної системи і її основних властивостей.

Далі здійснюється постановка задачі, при якій виконується опис задачі, виділення цілі розробки.

Після цього проводиться вибір методу розробки. В даній дипломній роботі в якості методу розробки було вибрано нечітку логіку.

Передостаннім етапом є вибір системи автоматизованого проектування. В даному випадку було вибрано САПР Matlab, а точніше пакет, який входить до її складу – Simulink.

Завершальним етапом є перевірка розробленої системи. На даному етапі виконується перевірка системи на запропонованих тестах, в результаті чого, стає зрозумілим, те, чи відповідають очікування, зроблені при постановці завдання, результатам тестів, отриманих при перевірці системи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 25 |

2 НЕЧІКА СИСТЕМА АНАЛІЗУ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ

розумного будинку

2.1 Нечітка логіка в задачах інженерії

Головним джерелом натхнення для впровадження теорії нечітких множин була необхідність для моделювання явищ реального світу, які за своєю суттю є нечіткими та двозначними. Людські знання про складні проблеми можуть бути успішно представлені за допомогою неточні терміни природної мови. Теорії нечітких множин і нечіткої логіки надати формальні інструменти для математичного представлення та ефективної обробки такою інформації.

Під терміном «система» зазвичай розуміють набір взаємодіючих між собою компонентів чітко визначеною структурою та організованою як складне ціле, яке можна розрізнити із «зовнішнього» середовища[13-14].

Нечіткі системи — це структури, засновані на нечітких техніки, орієнтовані на обробку інформації, де використовуються класич теорія множин і бінарна логіка неможливі або складні. У літературі такі терміни, як нечітка система, нечітка модель, система на основі нечітких правил, нечіткий контролер або нечіткий асоціативна пам'ять використовуються взаємозамінно залежно від типу програми.

Їх основна характеристика включає в себе символічне представлення знань у формі нечіткі умовні (якщо–тоді) правила.

Типова структура нечіткої системи складається з чотирьох функціональних блоків: фазифікатор, механізм нечіткого висновку, база знань і дефазифікатор. Обидва лінгвістичні значення (визначені нечіткими наборами) і чіткі (числові) дані можуть використовуватися як входи для нечіткої системи. Якщо застосовуються чіткі дані, то процес висновку попередньо передається фазифікацією, яка призначає відповідний нечіткий набір нечіткому введенню[27].

Значення вхідних змінних відображаються в лінгвістичні значення вихідної за допомогою відповідного методу наближених міркувань

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 26 |

(інференційний механізм) використання експертних знань, які представлені у вигляді сукупності нечітких умовних правил (база знань). Крім лінгвістичних значень, можуть використовуватися числові дані необхідний як результат нечіткої системи. У таких випадках застосовуються методи дефазифікації використовуються, які призначають репрезентативні чіткі дані результуючому вихідному нечіткому набору.

Практичні застосування нечітких систем включають задачі, для яких повний математичний опис недоступний, або де використання точної моделі є неекономічною або дуже незручною. Керування інформацією робить нечітку систему чудовим інструментом, наприклад, для контролю процеси, ідентифікація системи, підтримка прийняття рішень та обробка сигналів і зображень[41].

У наступних розділах лише статичні нечіткі системи (тобто системи, де результати визначаються лише на основі поточних вхідних значень). В комплекті це концепції представлення знань у формі нечітких умовних правил, ідея наближеного міркування та опис основних структур нечіткості системи.

Головним джерелом натхнення для впровадження теорії нечітких множин була необхідність для моделювання явищ реального світу, які за своєю суттю є нечіткими та двозначними. Людські знання про складні проблеми можуть бути успішно представлені за допомогою неточні терміни природної мови. Теорії нечітких множин і нечіткої логіки надати формальні інструменти для математичного представлення та ефективною обробки такою інформації. Під терміном «система» зазвичай розуміють набір взаємодіючих між собою компонентів чітко визначеною структурою та організованою як складне ціле, яке можна розрізнити із «зовнішнього» середовища. Система спілкується з середовищем так звані входи та виходи.

Нечіткі системи — це структури, засновані на нечітких техніки, орієнтовані на обробку інформації, де використовуються класична теорія множин і бінарна логіка неможливі або складні. У літературі такі терміни, як нечітка система, нечітка модель, система на основі нечітких правил, нечіткий контролер або нечіткій асоціативна пам'ять використовуються взаємозамінно

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 27 |

залежно від типу програми[16]. Їх основна характеристика включає в себе символічне представлення знань у формі нечіткі умовні (якщо–тоді) правила. Типова структура нечіткої системи складається з чотирьох функціональних блоків: фазифікатор, механізм нечіткого висновку, база знань і дефазифікатор. Обидва лінгвістичні значення (визначені нечіткими наборами) і чіткі (числові) дані можуть використовуватися як входи для нечіткої системи. Якщо застосовуються чіткі дані, то процес висновку попередньо передається фазифікацією, яка призначає відповідний нечіткий набір нечіткому введенню. Значення вхідних змінних відображаються в лінгвістичні значення вихідного вихідного за допомогою відповідного методу наближених міркувань (інференційний механізм) використання експертних знань, які представлені у вигляді сукупності нечітких умовних правил (база знань). Крім лінгвістичних значень, можуть використовуватися числові дані необхідні як результат нечіткої системи.

У таких випадках застосовуються методи дефазифікації використовуються, які призначають репрезентативні чіткі дані результуючому вихідному нечіткому набору[32]. Практичні застосування нечітких систем включають задачі, для яких повна математичний опис недоступний, або де використання точного (не–нечітка) модель є неекономічною або дуже незручною. Здатність обробляти інформацію робить нечітку систему чудовим інструментом, наприклад, для контролю процесу, ідентифікація системи, підтримка прийняття рішень та обробка сигналів і зображень.

У наступних розділах лише статичні нечіткі системи (тобто системи, де результати визначаються лише на основі поточних вхідних значень) [42]. В комплекті концепції представлення знань у формі нечітких умовних правил, ідея наближеного міркування та опис основних структур нечіткої системи.

З розвитком бездротового зв'язку зростає попит на пристрої для безпечного пересування незрячих людей. Для надійної оцінки даних на основі максимальної ймовірності використовуються пристрої штучного інтелекту з кількома методами введення та виведення. Запропоновано модель розумного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

будинку для безпечного та надійного пересування незрячих людей. Для моделювання використовувалася нечітка логіка. Вихідні дані з пристроїв Інтернету речей (IoT), що містять датчики та Bluetooth, приймаються як вхідні дані нечіткого контролера. Правила були розроблені на основі умов і вимог незрячої людини для створення рішень як результат[39]. Ці вихідні дані передаються через пристрої IoT, щоб допомогти сліпій людині або користувачеві безпечно пересуватися. Пропонована система забезпечує користувачеві легку навігацію та уникнення перешкод.

Інтелектуальне управління та моніторинг домашньої електричної мережі є основою технології Smart Grid, одночасно забезпечуючи рішення для енергетичної кризи. Метою цього дослідження є реалізація недорогої системи інтелектуального контролера для розумних будинків за допомогою обчислень нечіткої логіки як застосування домашньої автоматизації та керування попитом на мережу середнього напруги[49]. Контролер отримує вимірювання лічильника енергії, значення температури, вологості та освітленості як вхідні дані та розраховує вихідні дані для керування електричною мережею відповідного будинку. Він також розраховує рахунок за електроенергію та намагається керувати електричним обладнанням вдома для економії рахунку за електроенергію. Пропонований контролер спочатку створено та протестовано в середовищі MATLAB, а потім реалізовано в мікроконтролері Arduino[38].

Незважаючи на те, що терміни «нечітка логіка» та «нечіткі системи» широко відомі, термін «нечітка інженерія» використовується нечасто. Ініціатива впровадження нечіткої логіки як інженерного інструменту виникла в Японії, і на сьогоднішній день багато японських компаній намагаються послідовно застосувати її для проектування реальних систем[31]. Однак визначення «нечіткої інженерії» ще не є чітким. Хтось може задатися питанням, чи означає це пряме застосування нечіткої теорії, чи воно включає якусь нову парадигму, чого і можна від неї очікувати. Автор намагається відповісти на ці питання, спираючись на дослідницький досвід LIFE.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 29 |

2.2 Алгоритм Мамдані

Нечітка модель Мамдані є однією з найпоширеніших та добре відомих моделей в рамках нечіткої логіки. Ця модель була запропонована Лотфі Заде в 1975 році і названа на честь свого співробітника Ейбрахіма Мамдані[44-46].

Нечітка модель Мамдані дозволяє вирішувати проблеми, в яких використовуються нечіткі або приблизні значення вхідних даних. Вона базується на нечітких правилах, які визначають залежності між вхідними та вихідними змінними системи. Основна ідея полягає в тому, що нечіткі множини використовуються для моделювання нечеткості та неоднозначності в системі[35].

Основні компоненти нечіткої моделі Мамдані включають:

– Нечіткі множини: Вхідні та вихідні змінні моделі представляються у вигляді нечітких множин. Нечіткі множини визначаються за допомогою функцій приналежності, які вказують ступінь належності елементів до цих множин. Функція приналежності може бути трикутною, трапецевидною або іншою формою.

– Нечіткі правила: Нечіткі правила визначають залежності між вхідними та вихідними змінними системи. Вони складаються з двох частин: антецеденту (умови) та консеквенту (висновок). Антецеденти визначаються на основі значень функцій приналежності вхідних змінних, а консеквенти визначаються на основі значень функцій приналежності вихідної змінної. Інтерференція:

– Інтерференція в нечіткій моделі Мамдані використовується для обчислення вихідних значень на основі нечітких правил та вхідних значень. Цей процес включає оцінювання ступеня виконання кожного правила, обчислення активації кожного правила та агрегацію активацій для отримання загального вихідного значення.

– Дефазифікація: Дефазифікація в нечіткій моделі Мамдані використовується для перетворення нечіткого вихідного значення у відповідне

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 30 |

точне значення. Цей процес може включати в себе різні методи, такі як центр тяжіння, середньо–максимальний метод або інші методи вирішення.

Практичне значення нечіткої моделі Мамдані виявлення аварійних ситуацій полягає в її здатності працювати з нечіткими або приблизними вхідними даними та робити прийнятні рішення на основі цих даних[28]. Це особливо корисно в системі розумного будинку, де вхідні дані можуть бути неоднозначними або невизначеними.

Застосування нечіткої моделі Мамдані виявлення аварійних ситуацій у системі розумного будинку може мати наступні практичні переваги:

– Забезпечення точності виявлення: Нечітка модель Мамдані дозволяє враховувати нечіткість та неоднозначність вхідних даних[36]. Це дозволяє досягати більш точного виявлення аварійних ситуацій, що забезпечує безпеку мешканців та майна в будинку.

– Ефективність та оптимізація: Використання нечіткої моделі Мамдані дозволяє досягати оптимальних рішень та ефективно використовувати ресурси системи розумного будинку[19]. Наприклад, система може оптимізувати розподіл енергії, використовувати воду та інші ресурси з урахуванням потреб та умов.

–Мінімізація помилок та локалізація проблем: Нечітка модель Мамдані може допомогти виявити та локалізувати аварійні ситуації в системі розумного будинку. Це дозволяє швидко реагувати на проблеми та зменшувати можливі наслідки аварій.

–Зменшення затрат: Використання нечіткої моделі Мамдані може призвести до зменшення затрат на управління системою розумного будинку. Система може ефективно використовувати ресурси, уникати непотрібних розходів та знижувати ризик аварій та збитків, що може зменшити витрати на ремонт та заміну обладнання.

Система нечіткого висновку Mamdani працює наступним чином:

–Визначення набору нечітких правил.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 31 |

– Фазифікація вхідних даних за допомогою функцій належності вхідних даних.

– Об'єднання нечітких вхідних даних відповідно до нечітких правил для встановлення міцності правила (нечіткі операції).

– Знаходження наслідків правила шляхом поєднання сили правила та вихідної функції належності (наслідок).

– Об'єднання наслідків для отримання розподілу вихідних даних (агрегація).

– Дефазифікація розподілу вихідних даних (цей крок виконується, лише якщо потрібен чіткий вихід (клас)).

Існує два типи систем нечіткого висновку Мамдані:

– Метод висновку Max–Min

– Метод висновку Max–Product

Зверніть увагу на такі правила:

– Правило 1: ЯКЩО x_1 дорівнює A^1_1 , а x_2 дорівнює A^2_1 , ТО y_1 дорівнює B_1

– Правило 2: ЯКЩО x_1 дорівнює A^1_2 або x_2 дорівнює A^2_2 , ТО y_2 дорівнює B_2

Давайте обчислимо результат для $x_1 = 2,5$ і $x_2 = 3$

Функції членства для заданих правил вхід нечітка множина A^1_1 (рис.2.1).

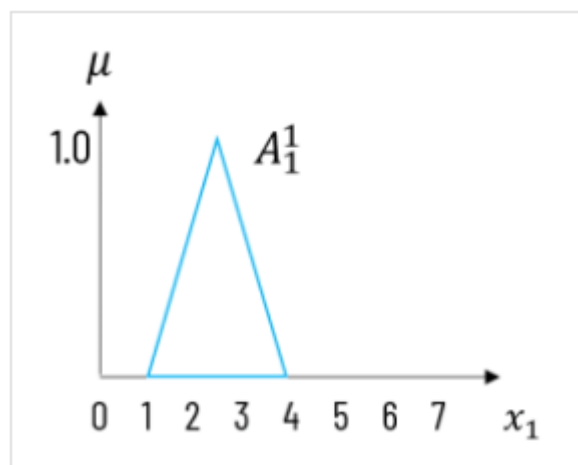


Рисунок 2.1 – Вхід нечітка множина A^1_1

Функції членства для заданих правил вхід нечітка множина A_2^1 (рис.2.2).

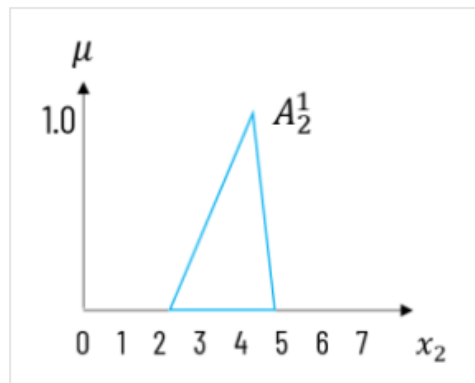


Рисунок 2.2 – Вхід нечітка множина A_2^1

Функції членства для заданих правил вихід нечітка множина B_1 (рис.2.3).

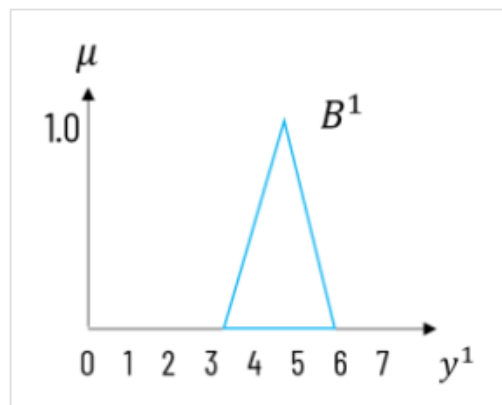


Рисунок 2.3 – Вихід нечітка множина B_1

Функції членства для заданих правил вхідний нечіткий набір A_2^1 (рис.2.4).

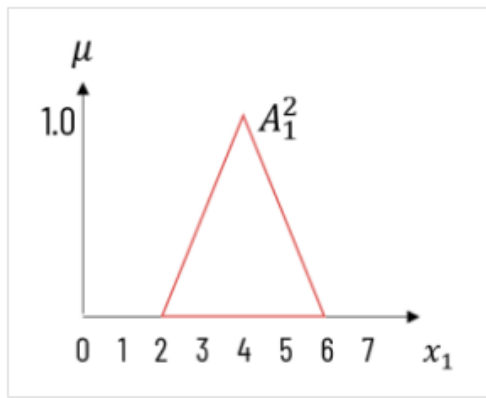


Рисунок 2.4 – Вхідний нечіткий набір A_1^2

Функції членства для заданих правил вхідний нечіткий набір A_2^2 (рис.2.5).

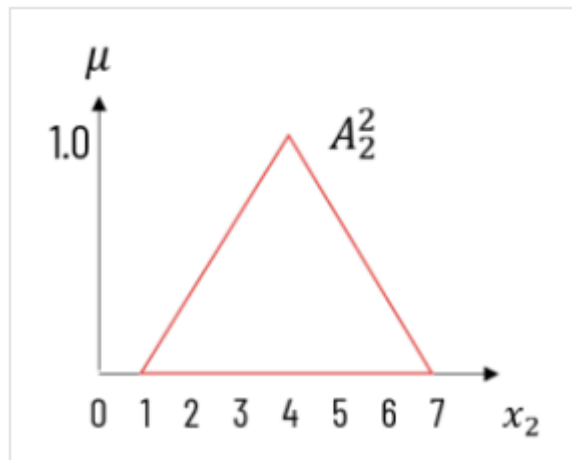


Рисунок 2.5 – Вхідний нечіткий набір A_2^2

Функції членства для заданих правил вихід нечітка множина B_2 (рис.2.6).

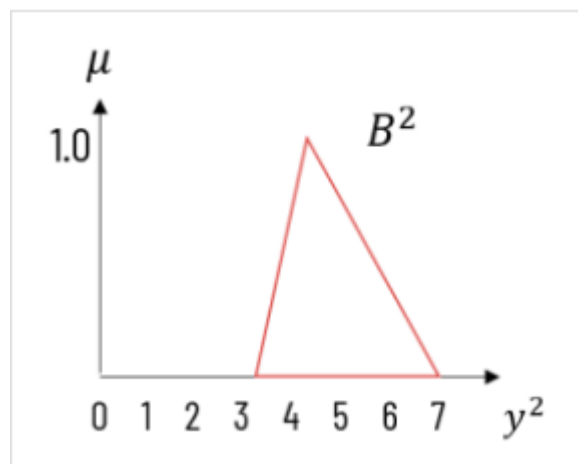


Рисунок 2.6 – Вихід нечітка множина B_2

Нечітке значення, що відповідає x_1 і x_2 в обох вхідних нечітких наборах, показано на наступному малюнку. Його відповідна приналежність до вихідної функції також зображена. Оскільки це метод висновку *Max – Min*, найвище значення належності з двох вхідних наборів призначається відповідному вихідному набору.

Для першого правила значення нечіткої приналежності для x_1 було б 0,8, а для x_2 – 0,4. Речення в першому правилі IF–THEN пов’язані за допомогою сполучника . Отже, ми повинні взяти перетин нечітких значень, яке повертає їх мінімум. Отже, вихід y_1 матиме членство 0,4 у нечіткому наборі вихідних даних B_1 .

Для другого правила значення нечіткої приналежності для x_1 буде 0,3, а для x_2 – 0,7. Речення у другому правилі ЯКЩО–ТОДІ пов’язані за допомогою сполучного зв’язку. Отже, ми повинні взяти об’єднання нечітких значень, яке повертає їх максимум. Отже, вихід y_2 матиме членство 0,7 у нечіткому наборі вихідних даних B_2 .

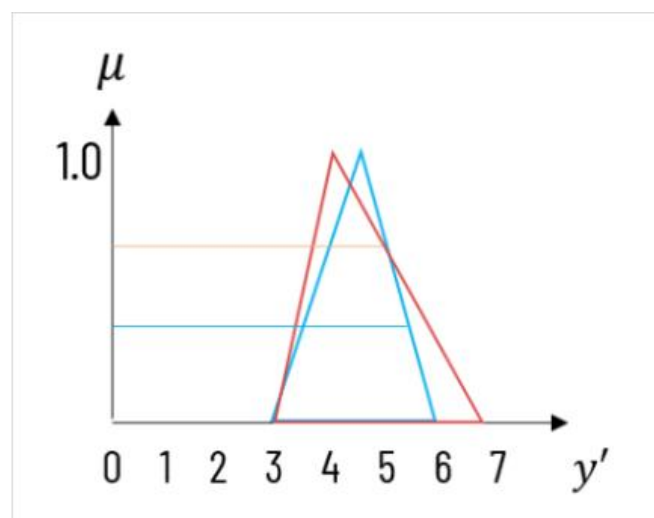


Рисунок 2.7 – Агрегований нечіткий вихід

Щоб обчислити остаточний чіткий вихід, ми агрегуємо функції нечіткого виводу (рис. 2.7).

Ми можемо застосувати будь-яку техніку дефазифікації, як обговорювалося раніше, щоб знайти остаточний чіткий результат для даного випадку.

А тепер проведемо аналогію з методом висновку максимального продукту. Роглянемо ті самі вхідні дані, які ми використовували в системі висновків *max-min*. У методі висновку максимального продукту вихідна функція зменшується до призначеного нечіткого вихідного значення, а не просто відсікає вихідну функцію, як обговорювалося. Решта процедур ідентичні методу висновку *max-min*.

Відображення призначеного нечіткого значення вихідної функції та масштабування вихідної нечіткої функції (рис. 2.8).

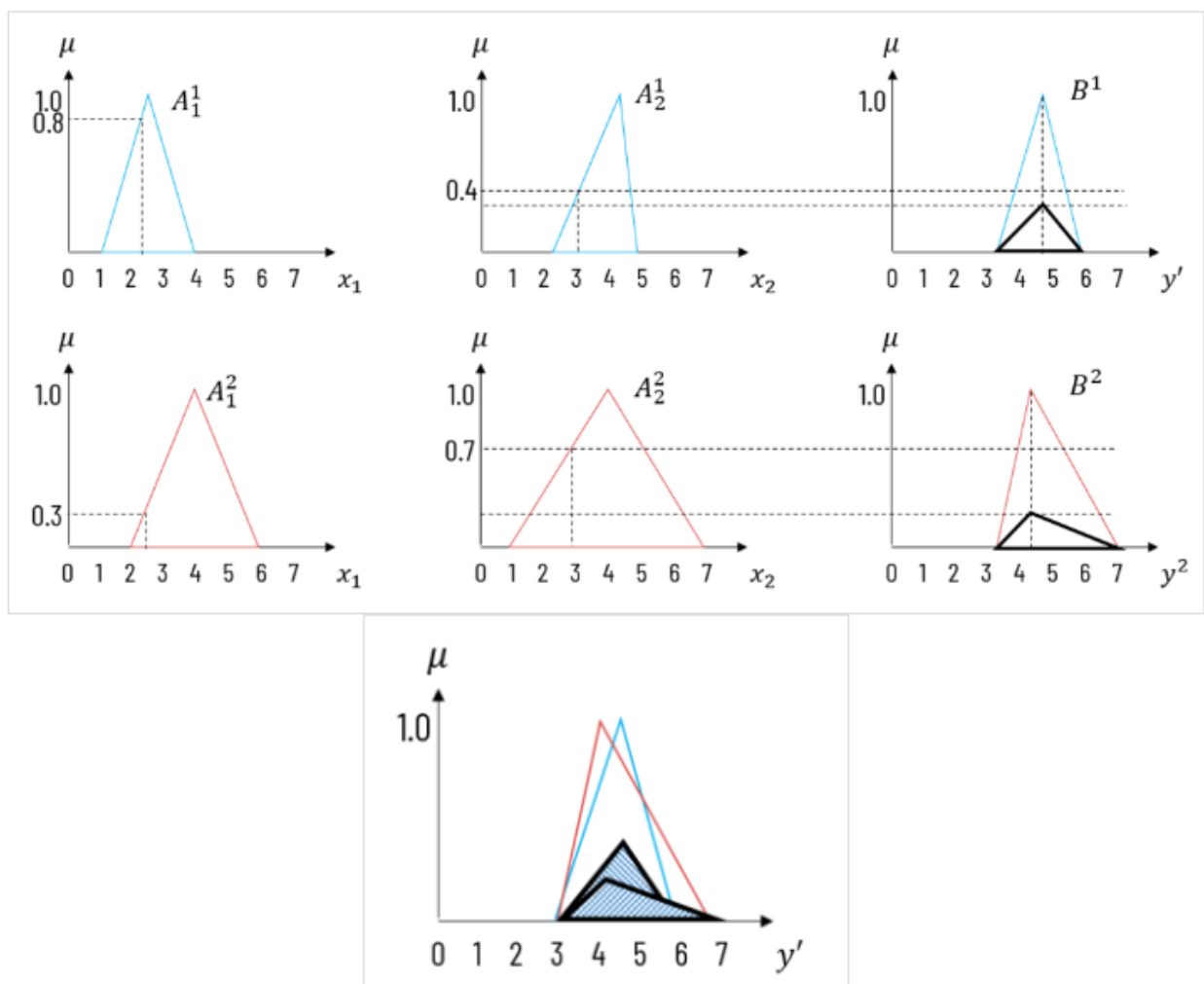


Рисунок 2.8. – Агрегований нечіткий вихід

Щоб обчислити остаточний чіткий вихід, ми агрегуємо функції нечіткого виводу.

2.3 Алгоритм Сугено

Алгоритм Сугено, також відомий як алгоритм Такагі–Сугено–Канго (Takagi–Sugeno–Kang), є одним з найпоширеніших алгоритмів в рамках нечіткої логіки. Цей алгоритм використовується для моделювання нечітких систем, а особливо для вирішення задач прогнозування, управління та прийняття рішень.

Алгоритм Сугено базується на нечітких правилах, які складаються з антецедента (умови) та консеквента (висновку). Але на відміну від нечіткої моделі Мамдані, в якій консеквенти виражаються у вигляді нечітких множин, в алгоритмі Сугено консеквенти представляються лінійними або нечіткими функціями, що залежать від вхідних змінних.

Основні кроки алгоритму Сугено:

-- Визначення нечітких правил: Спочатку необхідно визначити нечіткі правила, що описують залежності між вхідними та вихідними змінними системи. Кожне правило складається з антецедента та консеквента.

-- Оцінка ступеня виконання правил: Для кожного правила визначається ступінь виконання, що вказує, наскільки вхідні значення відповідають умовам антецедента.

-- Комбінування правил: Залежно від методу комбінування правил (наприклад, середньо–максимальний або вагований середній) обчислюється загальний вихідний результат шляхом комбінування висновків правил з урахуванням їх ступенів виконання.

-- Дефазифікація: В останньому кроці застосовується процес дефазифікації, що перетворює нечітку вихідну функцію в точне числове значення. Це досягається шляхом комбінації вихідних значень з урахуванням їх ступенів виконання. Зазвичай використовується центр тяжіння або ваговане середнє для отримання точного числового результату.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 37 |

Практичне значення алгоритму Сугено виявлення аварійних ситуацій полягає в його здатності до аналізу складних нечітких залежностей та прийняття точних рішень на основі цих залежностей. Деякі з практичних застосувань алгоритму Сугено в системі розумного будинку включають:

Прогнозування енергетичного споживання: Алгоритм Сугено може бути використаний для прогнозування енергетичного споживання будинку на основі вхідних факторів, таких як погода, кількість мешканців, розклад роботи тощо. Це дозволяє ефективно управляти енергією та знижувати витрати.

Контроль температури: Алгоритм Сугено може бути використаний для контролю температури в будинку, враховуючи різні фактори, такі як зовнішня температура, час доби, наявність мешканців та їхні вподобання. Це дозволяє підтримувати комфортні умови та економити енергію.

–Виявлення вторгнення: Алгоритм Сугено може бути застосований для виявлення вторгнення або несправних дій у системі розумного будинку. Він може аналізувати вхідні дані відеокамер, датчиків руху та інших датчиків безпеки, щоб виявити підозрілі або небажані активності та спрацювати відповідний сигнал тривоги.

–Управління освітленням: Алгоритм Сугено може бути використаний для ефективного управління освітленням у системі розумного будинку. Він може аналізувати зовнішні умови, відомості про присутність у приміщенні та вподобання мешканців для автоматичного регулювання яскравості та освітлення, що сприяє енергоефективності та зручності.

–Управління системами безпеки: Алгоритм Сугено може бути використаний для управління різними системами безпеки у розумному будинку, такими як контроль доступу, відеоспостереження, датчики витoku води тощо. Він дозволяє аналізувати вхідні дані з різних джерел та приймати рішення щодо активації відповідних безпечних заходів.

Алгоритм Сугено має практичне значення в системі розумного будинку, оскільки він дозволяє ефективно аналізувати та керувати різними аспектами системи. Він забезпечує точне прийняття рішень, адаптоване до змінних умов

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 38 |

та вимог користувачів. Використання алгоритму Сугено сприяє підвищенню безпеки, комфорту та енергоефективності розумного будинку.

Загалом, нечіткі правила можуть бути представлені у такому форматі, як «ЯКЩО попередник, ТО наслідок», антецедент нечіткого правила може включати кілька частин, які можуть об'єднуватися за допомогою диз'юнктиви «І» (наприклад, оператор мінімуму або продукту) або диз'юнктиви «АБО». (оператор супремуму або максимуму), а наслідок нечіткого правила – це набір нечітких множин. А саме, наслідок нечіткого правила може бути отриманий для формування нового нечіткого набору на основі оператора імплікації та операції агрегування антецедентів. Два з найбільш часто використовуваних методів імплікації – це мінімум, який скорочує нечітку функцію належності, і добуток, який масштабує функцію належності. Наприклад, були використані мінімальні та максимальні наслідки, а рівняння продемонструвати обчислення операторів «І» та «АБО» для нечітких множин A та B :

$$A \cup B : (A \cup B)(x) = A(x) \vee B(x), \quad (2.1)$$

$$A \cap B : (A \cap B)(x) = A(x) \wedge B(x), \quad (2.2)$$

де $A(x)$ і $B(x)$ позначають функції належності нечітких множин A і B відповідно.

Система на основі нечітких правил є важливою системою нечіткого логічного висновку, у якій даний вхідний сигнал відображається на визначений простір на основі методу нечіткої логіки. Ядро нечіткої системи на основі правил складається з деяких правил, а форма правила визначається наступним чином:

$$\text{IF } x_1 \text{ is } A_1, x_2 \text{ is } A_2, \dots, x_n \text{ is } A_n, \text{ THEN } y \text{ is } B, \quad (2.3)$$

де A і B — нечіткі множини. Метод нечіткого висновку спочатку перетворює нечіткі правила в деякі відображення, а потім завершує наближене обчислення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 39 |

міркування. Лі вказав, що кожен алгоритм нечіткого логічного висновку можна підсумувати як різновид методу інтерполяції та задовольняє універсальне наближення. Тому розумно використовувати нечіткий логічний висновок для прогнозування системи.

На даний момент існує кілька різних типів FRBS, які класифікуються на дві категорії: прямі та непрямі методи. Прямі методи включають Мамдані, Сугено та деякі інші методи нечіткого висновку, які використовуються в основному через їхню простоту. Система нечіткого логічного висновку Мамдані є різновидом методу композиції нечітких відношень, заснованого на імплікації та агрегації операторів, і широко застосовується завдяки своїй гнучкості в роботі з лінгвістичними змінними та забезпеченню незалежності між запущеними правилами. Він має просту структуру операції «Sup–Star» і базується на ряді попередньо визначених як $IF x_1 \in A_1 \text{ і } ix \text{ п дорівнює } A_n, \text{ ТОДІ } u \text{ дорівнює } B_1$, де x і y — вхідні (попередні) атрибути та вихідні (наслідкові) відповідно. A_i це лінгвістична змінна, яка визначає рівні вхідних даних.

Система нечіткого логічного висновку Сугено, відрізняється від системи нечіткого логічного висновку Мамдані, оскільки наслідок B є лінійною комбінацією, тобто у представлено лінійною функцією входів x_i , а не нечітким набором.

Зазвичай система нечіткого висновку включає п'ять модулів: фазифікація вхідних змінних, композиційна операція вхідних нечітких наборів, оператор імплікації між правилами нечіткого логічного висновку, композиційна операція наслідків і дефазифікація вихідного висновку. Враховуючи, що вихідна змінна системи нечіткого висновку Sugeno є лінійною функцією вхідних змінних, таким чином оператор імплікації між правилами нечіткого висновку буде скасовано. Таким чином, наступні кроки будуть використані для створення системи нечіткого висновку Sugeno на основі програмного середовища Matlab.

Фазифікація вхідних змінних. Завданням цього модуля є встановлення функції приналежності нечіткої множини A_i , що відповідає вхідній змінній;

Композиційна операція вхідних нечітких множин. Оператор композиції – «I» між нечіткими множинами;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 40 |

Композиційна операція консеквентів Для кожного результату правила отримаємо оцінки невизначених параметрів за допомогою методу найменших квадратів.

Дефазифікація вихідного висновку Враховуючи, що вихідні дані кожного правила є лінійною функцією вхідних змінних, дефазифікація вихідних даних буде виконана за допомогою відповідного середнього вихідного результату.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

3. НЕЧІТКА СИСТМА ВИЯВЛЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ

3.1 Загальна схема нечіткого алгоритму аналізу стану комп'ютерної системи

Загальна схема нечіткого алгоритму аналізу стану комп'ютерної системи може включати наступні кроки:

–Визначення вхідних параметрів: Спочатку потрібно визначити вхідні параметри, які будуть використовуватися для аналізу стану комп'ютерної системи. Це можуть бути такі фактори, як завантаженість процесора, використання пам'яті, час відповіді системи тощо.

–Лінгвістична оцінка параметрів: Для кожного вхідного параметра необхідно встановити лінгвістичні терми та визначити їх значення. Наприклад, можуть бути використані терми "низький", "середній" і "високий" для оцінки завантаженості процесора.

–Визначення нечітких правил: Наступним кроком є визначення нечітких правил, які описують залежності між вхідними параметрами та станом комп'ютерної системи. Це можуть бути правила в форматі "ЯКщо (антецедент), ТО (консеквент)", де антецедент і консеквент включають лінгвістичні терми та їх значення.

–Фазифікація: В цьому кроці вхідні параметри перетворюються в нечіткі множини на основі встановлених лінгвістичних термів. Це здійснюється шляхом визначення ступенів приналежності для кожного терму залежно від значення вхідного параметра.

–Інтерференція: Наступним кроком є інтерференція, яка включає застосування нечітких правил до фазифікованих вхідних параметрів. Використовуючи механізми логічного виведення, обчислюються ступені виконання для кожного правила.

–Агрегація: В цьому кроці ступені виконання для кожного правила об'єднуються, щоб отримати загальний ступінь виконання для кожного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 42 |

лінгвістичного терму, що використовується в консеквентах правил. Це може бути зроблено, наприклад, шляхом використання максимуму або середнього значення.

– Дефазифікація: Останнім кроком є дефазифікація, де отримані ступені виконання агрегованих лінгвістичних термів перетворюються в точні числові значення. Це зазвичай виконується шляхом використання методів, таких як центр тяжіння або середнє значення.

– Валідація та налаштування: Після побудови нечіткої моделі і перед її впровадженням в реальну систему важливим кроком є валідація та налаштування моделі. Це включає перевірку ефективності моделі на відомих тестових даних і, при необхідності, внесення коригувань у лінгвістичні терми, правила або вагові коефіцієнти, щоб покращити результати.

– Інтеграція з системою: Після успішної валідації та налаштування нечітка модель може бути інтегрована в комп'ютерну систему для аналізу стану. Це може включати розробку інтерфейсу, що дозволяє збирати вхідні дані, виконувати обчислення з використанням нечіткої моделі та генерувати відповіді або рекомендації на основі результатів.

– Моніторинг та підтримка: Після впровадження нечіткої моделі в реальну систему важливо забезпечити постійний моніторинг та підтримку моделі. Це може включати періодичну перевірку результатів, виявлення аномалій, оновлення моделі на основі нових даних або зміни умов експлуатації системи.

Застосування нечітких алгоритмів аналізу стану комп'ютерних систем має практичне значення, оскільки вони дозволяють моделювати та аналізувати складні залежності, які можуть бути важко виражені за допомогою традиційних алгоритмів. Вони дозволяють враховувати нечіткість та невизначеність вхідних даних, а також роблять можливим прийняття рішень на основі нечітких правил, що забезпечує більш гнучкий та адаптивний підхід до управління системою. Нечіткі алгоритми дозволяють забезпечити більш точне та ефективне

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 43 |

аналізування стану комп'ютерної системи, що може привести до покращення її продуктивності та зниження ризиків аварійних ситуацій.

Практичне значення нечіткої системи виявлення аварійних ситуацій в системі розумного будинку полягає у забезпеченні безпеки, комфорту та ефективності життя мешканців. Вона може виявляти потенційні аварійні ситуації, такі як пожежа, протікання води, витік газу, вторгнення, та надавати раннє попередження та рекомендації щодо вжиття заходів безпеки.

Нечітка система може аналізувати вхідні дані в реальному часі, враховувати їх нечіткість та незваженість, і давати відповідні рекомендації для забезпечення оптимального функціонування системи розумного будинку. Наприклад, вона може контролювати енергоефективність будинку та автоматично регулювати температуру, освітлення та використання електроприладів залежно від потреб та умов.

Крім того, нечітка система може забезпечити адаптивне управління системою розумного будинку. Вона може враховувати змінюючіся умови, такі як побутові звички мешканців, зміна погоди або енергетичні тарифи, і належним чином реагувати, забезпечуючи оптимальний режим функціонування.

3.2 Модель розробленого нечіткого алгоритму

Для побудови нечіткої системи на основі розробленого алгоритму потрібно для початку задати вхідні дані, а також кінцевий результат. На вході було задано наступні значення:

- вода;
- газ;
- електрика.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 44 |

На виході отримано загальний стан системи, який напряму залежить від значень вхідних даних. Загальний вигляд розробленої нечіткої системи (рис.3.1).

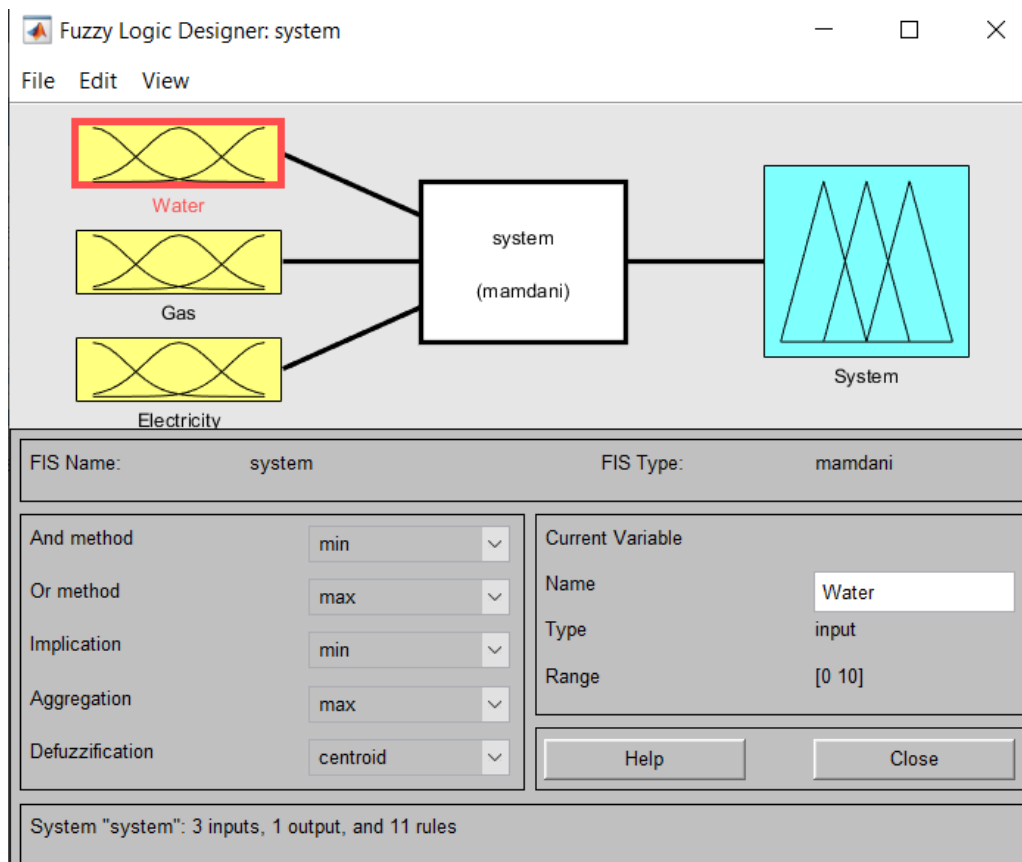


Рисунок 3.1 – Входи розробленої системи

Далі для кожного з входів, а також для виходу необхідно створити функції належності. Для входів було обрано функції типу “gbellmf”, адже вони дозволяють краще візуально показати зміну значень. Для виходу застосовуються функції типу “trimf”. Для подальшої роботи потрібно визначитись в яких межах значень будуть коливатись вхідні та вихідні дані. Проаналізувавши роботу комп’ютерних систем для входів було призначено межі, а саме для води від 0 до 10:

- від 0 до 4 – перебої водопостачання;
- від 3 до 7 – нормальний стан;
- від 6 до 10 – прорив водопостачання.

Функції приналежності води (рис.3.2)

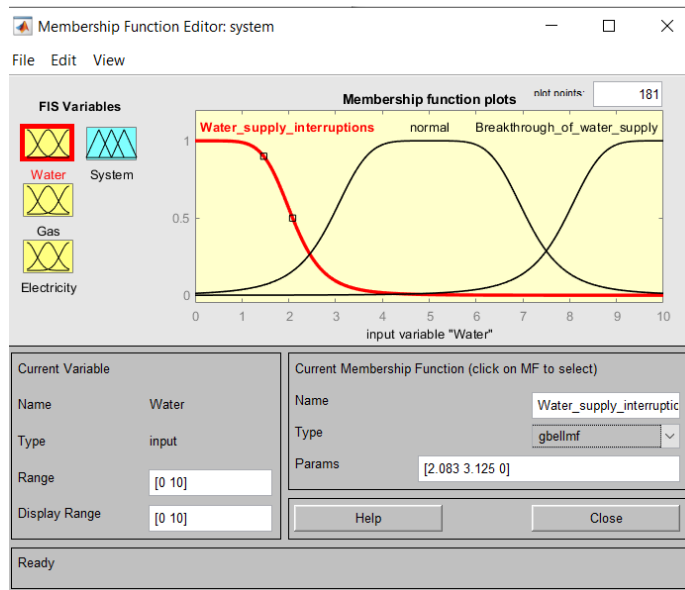


Рисунок 3.2 – Функції приналежності води

Для газу від 0 до 10:

- від 0 до 4 – перебої постачання газу;
- від 3 до 7 – нормальний стан;
- від 6 до 10 – витік газу

Функції приналежності газу (рис.3.3)

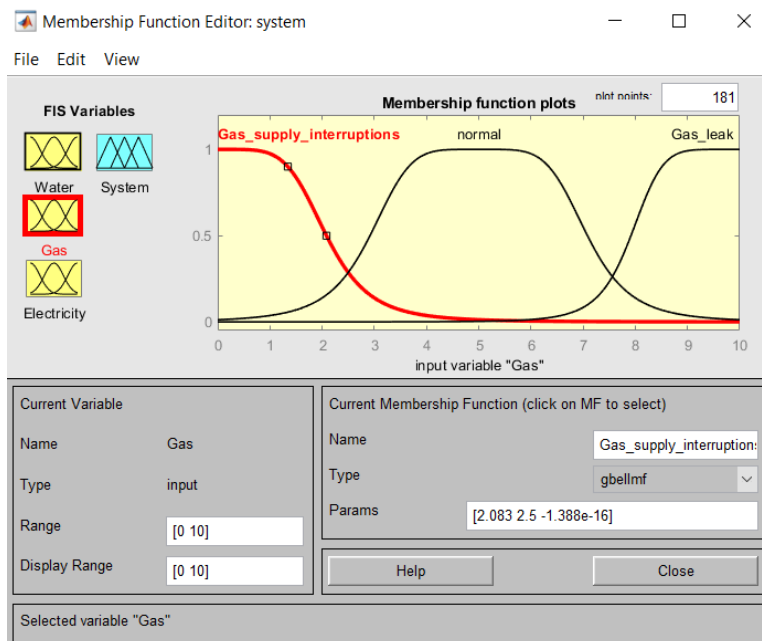


Рисунок 3.3 – Функції приналежності газу

Для електрики від 0 до 10:

- від 0 до 4 – зниження напруги
- від 3 до 5 – нормальний стан;
- від 4 до 7 – перебої постачання електроенергії;
- від 6 до 10 – зростання напруги.

Функції приналежності електрики (рис.3.4)

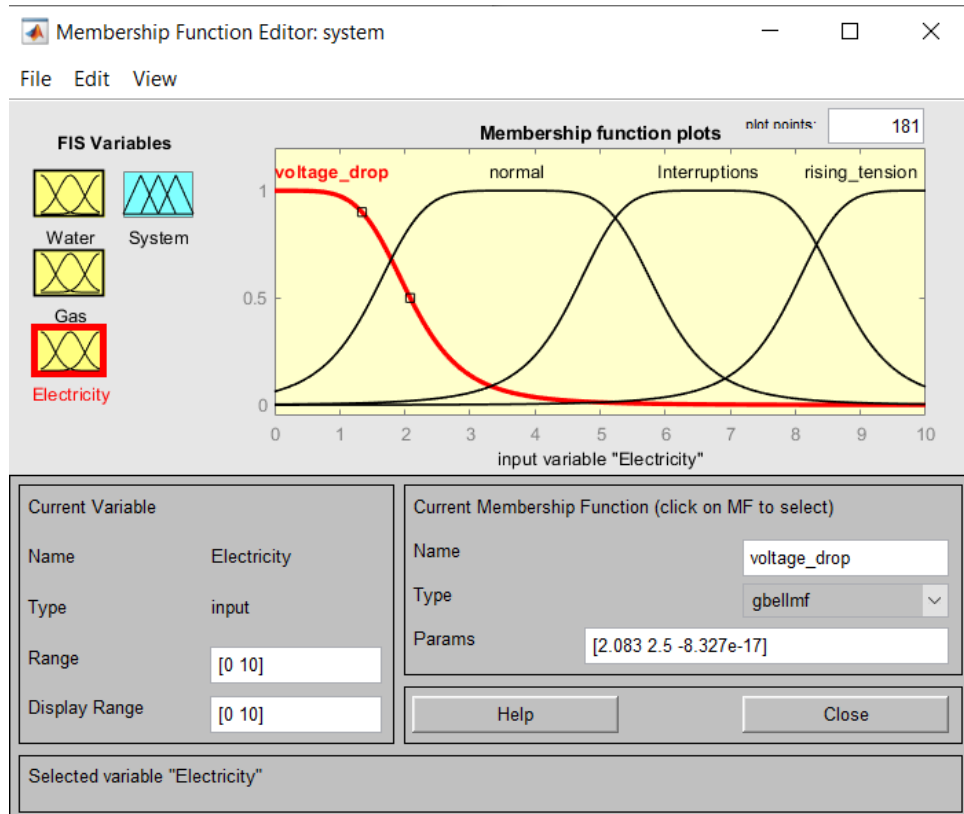


Рисунок 3.4 – Функції приналежності електрики

Для загального стану системи було умовно встановлено шкалу від 0 до 10:

- від 0 до 3 – відключення системи;
- від 3 до 7 – моніторинг стану;
- від 7 до 10 – нормальний стан.

Також кінцевого стану системи зображені відповідно(рис.3.5)

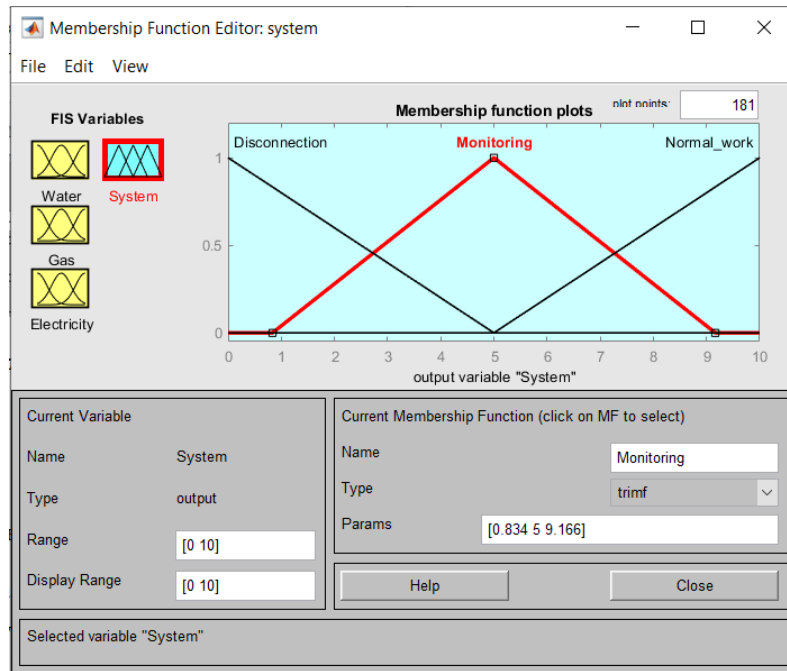


Рисунок 3.5 – Функції приналежності стану системи

Для функцій приналежності також була розроблена база нечітких правил. Нечіткою базою правил називається сукупність нечітких правил типу "якщо – то", що визначають взаємозв'язок між входами і виходами досліджуваного об'єкта.

База правил систем нечіткого виводу призначена для формального подання емпіричних знань або знань експертів в тій чи іншій проблемній області.

У системах нечіткого виведення використовуються правила нечітких продукцій, в яких умови і укладення сформульовані в термінах нечітких лінгвістичних висловлювань.

Усі вхідні змінні мають по три нечітких стани і ще один стан none, коли значення вхідної змінної не задане системою. Випадок, коли значення усіх вхідних змінних не задані, на практиці неможливий.

3.3 Симуляція та аналіз роботи нечіткої системи

Для підтвердження працездатності нечіткої системи на рисунках 3.6 та 3.7 подані поверхні значень.

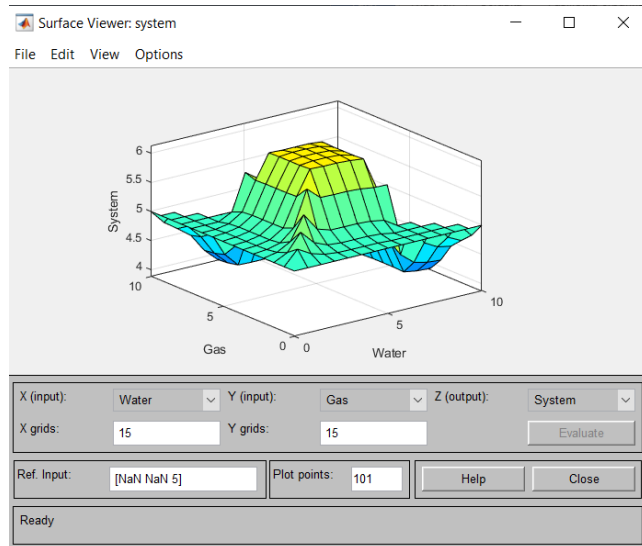


Рисунок 3.6 – Поверхня значень стану системи (system) залежно від відношення води(water) до газу (gas)

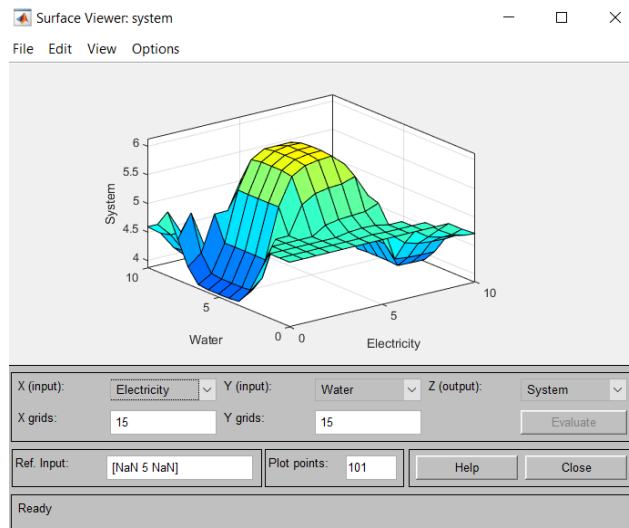


Рисунок 3.7 – Поверхня значень стану системи (system) залежно від відношення електрики (electricity) до газу (gas)

Нечіткий вивід моделі вибору стану комп'ютерної системи, побудованого на основі заданих 64 правил з поточними значеннями змінних water, gas, electricity та system має вигляд, представлений на рисунку 2.17.

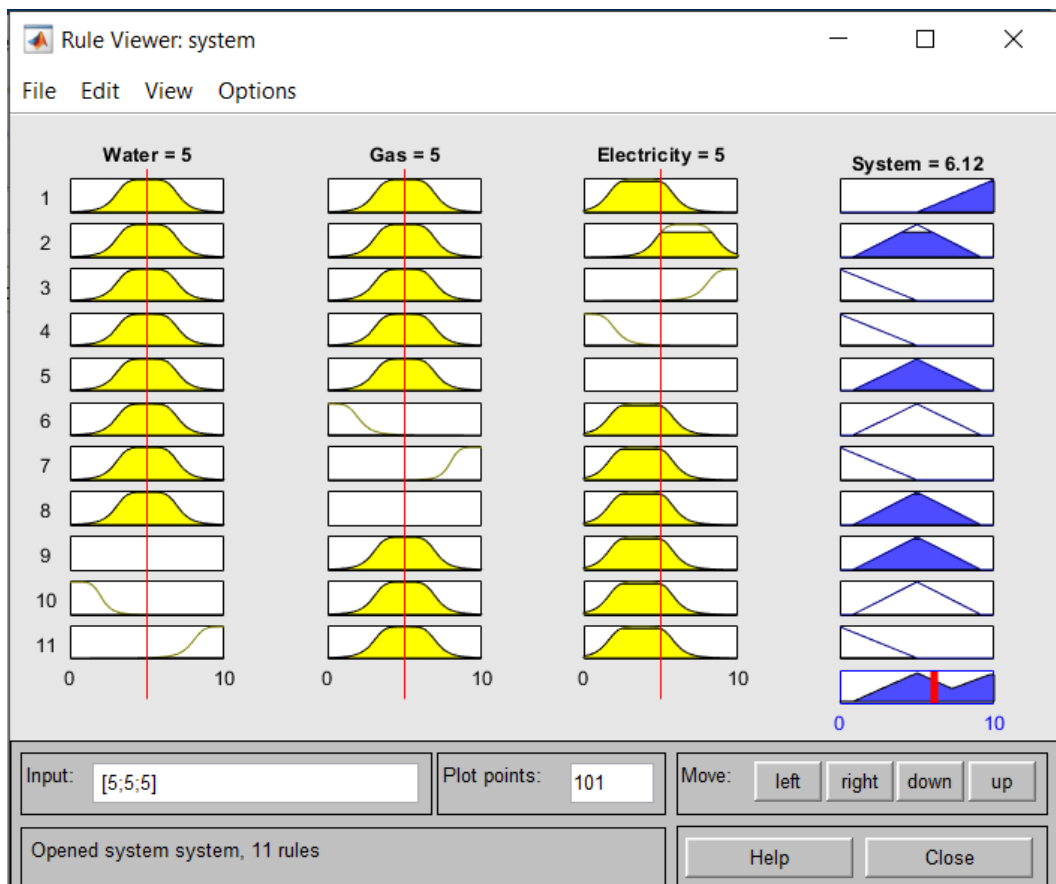


Рисунок 3.5 – Графічне зображення правил нечіткої системи

Для підтвердження правильності роботи створеної нечіткої системи необхідно виконати кілька етапів.

Починаючи зі збору даних, необхідно зібрати вхідні дані, які будуть використовуватися для оцінки роботи системи. Далі, наступним кроком буде розробка нечіткої моделі, що включає в себе визначення нечітких правил і створення нечітких множин для вхідних змінних. Після цього, система потребуватиме навчання і налаштування. Застосовуючи навчальні алгоритми, буде досягнуто оптимальних значень для параметрів моделі, що дозволить їй працювати краще і вирішувати поставлені завдання з вищою точністю.

Останнім етапом буде перевірка та тестування системи. Це включатиме використання вхідних тестових даних, які не використовувалися під час

навчання, для оцінки роботи системи. Результати будуть порівнюватися з очікуваними виходами, і будуть проведені різні метричні оцінки, такі як точність, чутливість, специфічність тощо.

Отже для підтвердження правильності роботи створеної нечіткої системи, представлено таблицю даних з результатами моделювання (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Результати моделювання нечіткої системи

| Вхідні значення | | | Вихідне значення system |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Water | gas | electricity | |
| нормальний | нормальний | нормальний | Нормальна робота |
| нормальний | нормальний | перебої електропостачання | Моніторинг |
| нормальний | нормальний | зростання напруги | Відключення системи |
| нормальний | нормальний | зниження напруги | Відключення системи |
| нормальний | нормальний | немає даних | Моніторинг |
| нормальний | перебої постачання газу | нормальний | Моніторинг |
| нормальний | витік газу | нормальний | Відключення системи |
| нормальний | немає даних | нормальний | Моніторинг |
| Немає даних | нормальний | нормальний | Моніторинг |
| Перебої водопостачання | нормальний | нормальний | Моніторинг |
| Прорив водопостачання | нормальний | нормальний | Відключення системи |

Отже, в результаті верифікації розробленої нечіткої системи, було переглянуто всі вхідні та вихідні дані і зроблено висновок, що система працює коректно, відповідно до встановлених вимог, а також до розробленої бази нечітких правил та відповідного розробленого алгоритму.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 52 |

4 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
НЕЧІТКА СИСТЕМА ВИЯВЛЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ
СИСТЕМИ «РОЗУМНОГО БУДИНКУ»

В цьому розділі кваліфікаційної роботи (КР) проводиться економічне обґрунтування доцільності розробки нечіткої системи виявлення аварійних ситуацій системи «розумного будинку». Застосування нечіткої системи виявлення аварійних ситуацій може мати декілька потенційних економічних переваг. По–перше, вона може сприяти зниженню витрат на ремонт та заміну обладнання, оскільки система здатна вчасно виявляти та реагувати на потенційні проблеми. Це дозволяє запобігти виникненню серйозних пошкоджень та зберегти ресурси. По–друге, нечітка система може покращити безпеку жителів будинку та уникнути можливих аварійних ситуацій, що може призвести до значних втрат. Забезпечення безпеки має важливе значення для будинків, особливо в контексті розумних будинків, де використовуються різноманітні підключені пристрої. Зокрема, здійснюється розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення, експлуатаційних витрат, ціни споживання програмного забезпечення. В заключній частині визначаються показники економічної ефективності нового програмного продукту, обґрунтовуються відповідні висновки.

4.1 Розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення

Витрати на розробку і впровадження програмних засобів (К) включають:

$$K = K_1 + K_2 \quad (4.1)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 53 |

де K_1 – витрати на розробку програмних засобів, грн;

K_2 – витрати на відлагодження і досліdну експлуатацію програми рішення задачі на комп'ютері, грн.

Витрати на розробку програмних засобів включають:

- витрати на оплату праці розробників (ВОП);
- витрати на відрахування у спеціальні державні фонди (Вф);
- витрати на покупні вироби (Пв);
- витрати на придбання спецобладнання для проведення експериментальних робіт (Об);
- накладні витрати (Н);
- інші витрати (Ів).

Розрахунок витрат на оплату праці

Витрати на оплату праці включають заробітну плату (ЗП) всіх категорій працівників, безпосередньо зайнятих на всіх етапах проектування. Розмір ЗП обчислюється на основі трудомісткості відповідних робіт у людино–днях та середньої ЗП відповідних категорій працівників.

У розробці програмного забезпечення задіяні наступні спеціалісти – розробники, а саме – керівник проекту, студент–дипломник.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

| Посада виконавців | Погодинна заробітна плата, грн |
|--------------------------|--------------------------------|
| Кервний дипломної роботи | 124 грн/год |
| Студент | 17 грн/год |

Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою:

$$B_{оп} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M n_{ij} \cdot t_{ij} \cdot C_{ij} \quad (4.2)$$

де n_{ij} – чисельність розробників i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, осіб;
 t_{ij} – затрачений час на розробку проекту співробітником i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год;

C_{ij} – годинна ставка працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн.

Середньо годинна ставка працівника може бути розрахована за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0(1+h)}{PЧ_i}, \quad (4.3)$$

де C_{ij} – основна місячна заробітна плата розробника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн;

h – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат);

$PЧ_i$ – місячний фонд робочого часу працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год (приймаємо 168 год).

Результати розрахунку записують до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

| № п/п | Посада виконавця | Час розробки, год. | Погодинна заробітна плата, грн | Витрати на оплату праці, грн |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1 | Кервний дипломної роботи | 16годин | 124 грн/год | 1 984 грн |
| 2 | Студент | 234 години | 17 грн/год | 3978 грн |
| РАЗОМ витрати на розробку | | | | 5 962 грн |

Відрахування на соціальні заходи

Заробіток кервний дипломної роботи становить 1 984 грн.

ЄСВ (єдиний соціальний внесок) становить 22%

$$1\,984 \text{ грн} \times 22\% = 436,48 \quad (4.4)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 55 |

Розрахуємо ПДФО (Податок на прибуток або на доходи 18%):

$$1\,984 \text{ грн} \times 18\% = 357,12 \quad (4.5)$$

Також з зарплати має бути утриманий ВЗ (Військовий збір 1,5%):

$$1\,984 \text{ грн} \times 1,5\% = 29,76 \quad (4.6)$$

Працівнику “чистими” має бути перераховано за місяць:

$$1\,984 \text{ грн} - 436,48 - 357,12 - 29,76 = 1\,160,64 \quad (4.7)$$

Заробіток студент становить 3978 грн.

До розрахунку загального місячного (річного) оподатковуваного доходу платника податку не включається, зокрема, сума стипендій України, призначених законом, постановами Верховної Ради України, указами Президента України

Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

У таблиці 4.3 наведений перелік купованих виробів і розраховані витрати на них.

Таблиця 4.3 – Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

| Найменування | Виробник (модель) | Одиниці вимірювання | Кількість | Ціна за одиницю, грн | Сума, грн |
|--------------|---|---------------------|-----------|----------------------|-----------|
| Контролер | Настінний контролер дистанційного керування Allen & Heath PL-14 | Шт. | 1 | 6 786 грн | 6 786 грн |
| Разом | | | | 6 786 грн | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

Якщо для розробки КС використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою, наведеною в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4– Розрахунок витрат на використання комп’ютерної техніки

| Назва устаткування | Паспор-тна потужність, кВт | Коефіцієнт використання потужності | Час роботи обладнанн, год | Ціна електроенергії, кВт год грн | Су-ма, грн |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|
| Ноутбук | 0,17 | 0,8 | 234 | 1,44 грн | 57,2 |
| Разом витрати на електроенергію | | | | | 57,2 |

Накладні витрати

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати. Вони розраховуються за встановленими відсотками до витрат на оплату праці. Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 150% від заробітної плати:

$$H = 1,5 \cdot 5962 = 8943 \text{ (грн.)} \quad (4.5)$$

Інші витрати

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони становлять 10% від заробітної плати:

$$I = 5962 \cdot 0,1 = 596,2 \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

Витрати на розробку програмного забезпечення складають:

$$K_1 = V_{OP} + V_{\Phi} + V_{ПВ} + H + I \quad (4.7)$$

$$K_1 = 1847,6 + 378,76 + 187 + 2771,4 + 184,76 = 5369,86 \text{ (грн)} \quad (4.8)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 57 |

Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту визначаємо за формулою:

$$K_2 = S_{м.г.} \cdot t_{від} \quad (4.9)$$

де $S_{м.г.}$ – вартість однієї машино–години роботи ПК, грн/год.;

$t_{від}$ – комп’ютерний час, витрачений на відлагодження і дослідну експлуатацію створеного програмного продукту, год.

Загальна кількість днів роботи на комп’ютері дорівнює 40 днів. Середній щоденний час роботи на комп’ютері – 2 години. Вартість години роботи комп’ютера дорівнює 5,2 грн. Тому:

$$K_2 = 5,2 \cdot 80 = 416 \text{ грн.} \quad (4.10)$$

На основі отриманих даних складаємо кошторис витрат на розробку програмного забезпечення (таблиця 2.5).

Таблиця 4.5 – Кошторис витрат на розробку програмного забезпечення

| Найменування витрат | Сума витрат, грн |
|---|---------------------|
| Витрати на оплату праці | 1847,6 |
| Відрахування у спеціальні державні фонди | 378,76 |
| Витрати на куповані вироби | 187 |
| Накладні витрати | 2771,4 |
| Інші витрати | 184,76 |
| Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту | 416 |
| Разом | 5785,52 |

4.2 Розрахунок ціни програмного забезпечення

Ціна споживання – це витрати на придбання і експлуатацію програмного продукту за весь строк його служби:

$$Ц_{C(П)} = Ц_{П} + B_{(E)NPV} \quad (4.11)$$

де $Ц_{П}$ – ціна придбання програмного продукту, грн.

$$Ц_{П} = K(1 + \frac{П_p}{100}) + K_o + K_k \quad (4.12)$$

де K – кошторисна вартість;

$П_p$ – рентабельність;

K_o – витрати на прив'язку та освоєння програмного забезпечення на конкретному об'єкті, грн;

K_k – витрати на доукомплектування технічних засобів на об'єкті, грн.

$$Ц_{Д} = 5785,52 \cdot (1 + 0,3) = 7521,2 \text{ (грн.)} \quad (4.13)$$

Вартість витрат на експлуатацію програмного забезпечення (за весь час його експлуатації), грн:

$$B_{enpv} = \sum_{t=0}^T \frac{B_{eП}}{(1 + R)^t} \quad (4.14)$$

де B_{en} – річні експлуатаційні витрати, грн;

T – термін служби програмного забезпечення, років;

R – річна ставка проценту банку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 59 |

$$B_{\text{епрв}} = \sum_{t=1}^5 \frac{4299,12}{(1 + 0,08)^t} = 17200,15 \text{ (грн)} \quad (4.15)$$

$$B_{\text{епрв}} = \sum_{t=1}^5 \frac{6448,68}{(1 + 0,08)^t} = 25800,2 \text{ (грн)} \quad (4.16)$$

Тоді ціна споживання програмного забезпечення дорівнюватиме:

$$Ц_{\text{сн}} = 7521,2 + 17200,15 = 24721,35 \text{ (грн)} \quad (4.17)$$

Аналогічно визначається ціна споживання для аналогу:

$$Ц_{\text{са}} = 6500,0 + 25800,2 = 32300,2 \text{ (грн)} \quad (4.18)$$

4.3 Визначення показників економічної ефективності

За міжнародним стандартам для оцінки ефективності розробки ПЗ застосовують такі показники:

- внутрішня норма дохідності;
- чистий приведений дохід;
- рентабельність;
- термін окупності.

Показник внутрішньої дохідності характеризує величину чистого прибутку (чистого валового доходу), що припадає на одиницю інвестиційних вкладень у кожному часовому інтервалі життєвого циклу проекту.

Розрахунок цього показника виконується за такою формулою:

$$\sum_{i=0}^T \frac{Di}{(1+q)^i} - \sum_{i=0}^T \frac{Ki}{(1+q)^i} = 0, \quad (4.19)$$

де Di – дохід (прибуток) у i -му періоді;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 60 |

K_i – інвестиційні вкладення в i -му періоді з урахуванням інфляційних процесів;

i – періоди виконання і впровадження проекту;

T – загальний період (тривалість) життєвого циклу проекту;

q – показник внутрішньої норми дохідності.

Показник інвестиційних вкладень з урахуванням інфляційних процесів обчислюємо за формулою:

$$K_i = \varphi_i * R_i, \quad (4.18)$$

де φ_i – коефіцієнт інфляції на поточний період;

R_i – інвестиційні платежі в i -му періоді (капітальні вкладення).

Отже,

$$K_i = 1,076 * 50000 = 75320 \text{ грн}, \quad (4.20)$$

де $\varphi_i = 107,6\%$ (коефіцієнт інфляції поданий в таблиці на 2022 рік в сфері ІТ)

$R_i = 70000$ грн

Дохід від розробки ПЗ у i -му періоді розраховуємо за формулою:

$$D_i = J_i(B_i - C_i), \quad (4.21)$$

де B_i – ціна продажу програмного продукту в i -му періоді;

C_i – собівартість програмного продукту (фактично дорівнює сумі витрат на розробку ПЗ);

J_i – кількість ПЗ.

Отже,

$$D_i = 1(80260 - 64208) = 16052 \text{ грн}, \quad (4.22)$$

де $B_i = 80260$ грн

$C_i = 64208$ грн

$J_i = 1$.

Вартість продажу розробленого продукту розраховують за формулою:

$$B_i = B_{заг} * (1 + p/100) \quad (4.23)$$

де p – середній рівень рентабельності на поточний період.

Отже,

$$B_i = 64208 * (1 + 25/100) = 80260 \text{ грн} \quad (4.24)$$

де $p = 25\%$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 61 |

Показник рентабельності інвестицій. У практиці середнього бізнесу для визначення ефективності проектних рішень широко використовується показник рентабельності інвестицій. Економічний зміст – характеризує частку чистого приведенного доходу, що припадає на одиницю дисконтованих в період життєвого циклу проекту інвестиційних вкладень.

$$p = \frac{\sum_{i=0}^T \frac{D_i}{(1+q_n)^i}}{\sum_{i=0}^T \frac{K_i}{(1+q_n)^i}} - 1 > 0. \quad (4.25)$$

У ринкових умовах при ціновій політиці, що змінюється, показник терміну окупності є одним з головних для підприємств. Він визначається на основі величини капітальних витрат по періодах розробки програмного продукту та величини фактичних чи прогнозних доходів:

$$\sum_{i=0}^T K_i = \sum_{i=0}^T D_i, \quad (4.26)$$

де T – термін окупності,

D_i – дохід (прибуток) у поточному періоді,

K_i – капітальні витрати у поточному періоді.

Економічна ефективність полягає у відношенні результату від розробленого програмного продукту до затрачених ресурсів:

$$E = D_i / B_{заг} \quad (4.27)$$

Отже,

$$E = 16052 / 64208 = 0,15 \quad (4.28)$$

Тоді термін окупності можна розрахувати за такою формулою:

$$T = 1 / E \quad (4.29)$$

Отже,

$$T = 1/0,15 = 6,6 \text{ років} \quad (4.30)$$

В даному розділі проведено розрахунок витрат на розробку програмного забезпечення. Враховуючи основні економічні показники, пов'язані з розробкою нечіткої системи виявлення аварійних ситуацій в системі "розумного будинку", можна зробити висновок про доцільність її

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 62 |

впровадження. Застосування нечіткої системи дозволяє знизити витрати на ремонт та заміну обладнання завдяки вчасному виявленню потенційних проблем. Це забезпечує ефективне управління ресурсами та запобігає серйозним пошкодженням. Крім того, вона сприяє поліпшенню безпеки і запобігає виникненню аварійних ситуацій, що може уникнути значних збитків та ризиків для жителів будинку. Якщо отримано суттєвий економічний ефект від розробки програмного продукту, а термін окупності капітальних вкладень не більший 10 років, то така розробка є економічно вигідною та конкурентоздатною на ринку подібних ІТ продуктів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 63 |

ВИСНОВКИ

Комп'ютерні системи відіграють життєво важливу роль у сучасному світі в різних сферах і галузях. Вони змінили спосіб нашого спілкування, роботи, навчання та взаємодії з навколишнім світом. Ось кілька основних причин, чому комп'ютерні системи мають велике значення:

Комунікація: комп'ютерні системи дозволяють миттєво спілкуватися через електронну пошту, програми обміну повідомленнями, відеоконференції та соціальні медіа-платформи. Вони революціонізували спосіб спілкування людей і обміну інформацією по всьому світу, подолавши географічні бар'єри.

Доступ до інформації: з появою Інтернету комп'ютерні системи зробили величезні обсяги інформації легко доступними. Люди можуть швидко знаходити інформацію, проводити дослідження та отримувати знання з широкого кола тем, розширюючи можливості людей і сприяючи навчанню впродовж життя.

Наукові дослідження: комп'ютерні системи відіграють вирішальну роль у наукових дослідженнях, від аналізу даних і моделювання до моделювання та складних обчислень. Вони дозволяють вченим обробляти величезні обсяги даних, прискорювати відкриття та вирішувати складні проблеми в різних галузях, включаючи астрономію, геноміку, моделювання клімату та відкриття ліків.

Розваги та медіа: комп'ютерні системи зробили революцію в індустрії розваг. Від сервісів потокового передавання та онлайн-ігор до створення цифрового контенту та спеціальних ефектів у фільмах, комп'ютерні системи забезпечують захоплюючий досвід і нові шляхи для творчості та самовираження.

Дослідження та інновації. Комп'ютерні системи знаходяться в авангарді технологічних досягнень та інновацій. Вони здійснюють прорив у штучному інтелекті, машинному навчанні, робототехніці та інших нових галузях, прокладаючи шлях для нових винаходів і відкриттів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 64 |

Загалом, комп'ютерні системи стали невід'ємною частиною нашого життя, впливаючи майже на всі аспекти суспільства. Їхня важливість, ймовірно, продовжуватиме зростати з розвитком технологій, відкриваючи нові можливості та змінюючи світ, у якому ми живемо.

У результаті виконання бакалаврської роботи вирішено науково–прикладну задачу розроблення методів аналізу цитологічних зображень патологічних станів молочної залози на основі побудови бази знань симптомів хвороби.

При цьому отримано такі результати:

–Проведено аналіз цитологічних та гістологічних зображень, що характеризуються своєю низькою якістю та складністю виділення окремих об'єктів. До того ж, процес обробки таких зображень досить трудомісткий та потребує спеціальних навичок у лікарів.

–Здійснено аналіз бази даних біомедичних зображень та побудовано нечіткі продукційні правила з відповідними функціями належності. Дослідження проведено на навчальній вибірці цитологічних та гістологічних зображень за рахунок пакету Fuzzy Logic Toolbox програмного комплексу Matlab. В результаті отримано правила опису передракових станів та відповідні їм кількісні ознаки мікрооб'єктів.

–Розроблено прототип нечіткої системи діагностування диспластичних процесів. Запропонована система може бути реалізована за допомогою використання таких інструментів, як FuzzyLogicToolbox з Matlab з подальшою розробкою нечіткого контролера в середовищі Simulink. Цей нечіткий контролер може бути використаний в медичній практиці для діагностики передракових і ракових процесів грудей та отримання точних результатів.

–Результати дипломного проектування прийняті до реалізації (додаток Б) та апробовано на конференції (додаток В).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 65 |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. J. Ahmad, H. Larijani, R. Emmanuel, M. Mannion and A. Javed, "Occupancy detection in non-residential buildings – A survey and novel privacy preserved occupancy monitoring solution", Applied Computing and Informatics, December 2018.
2. L. Wu, Y. Wang and H. Liu, "Occupancy Detection and Localization by Monitoring Nonlinear Energy Flow of a Shuttered Passive Infrared Sensor", IEEE Sensors Journal, vol. 18, no. 21, pp. 8656-8666, Nov. 2018.
3. C. Jiang, Z. Chen, L. C. Png, K. Bekiroglu, S. Srinivasan and R. Su, "Building Occupancy Detection from Carbon-dioxide and Motion Sensors", 2018 15th International Conference on Control Automation Robotics and Vision (ICARCV), pp. 931-936, 2018.
4. L. Zimmermann, R. Weigel and G. Fischer, "Fusion of Nonintrusive Environmental Sensors for Occupancy Detection in Smart Homes", IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 4, pp. 2343-2352, Aug. 2018.
5. B Abade, D Perez Abreu and M Curado, "A Non-Intrusive Approach for Indoor Occupancy Detection in Smart Environments", Sensors (Basel), Nov 2018.
6. Jan Vanus et al., "Design of a New Method for Detection of Occupancy in the Smart Home Using an FBG Sensor", Sensors (Basel Switzerland), vol. 20, no. 2, pp. 398, Jan. 2020.
7. Md Shadab Mashuk, James Pinchin, Peer-Olaf Siebers and Terry. Moore, A smart phone based multi-floor indoor positioning system for occupancy detection, 2018.
8. V. Nivetha, B. Subathra and S. Srinivasan, "Wi-Fi based Occupancy Detection in a Building with Indoor Localization", 2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control Optimization and Signal Processing (INCOS), pp. 1-4, 2019

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 66 |

9. S. GVK, A. T A. P J. Bapat and D. Das, "Challenges in the Design of an IoT Testbed", 2019 2nd International Conference on Intelligent Communication and Computational Techniques (ICCT), pp. 14-19, 2019.
10. A. Borrmann, M. König, C. Koch and J. Beetz, Building Information Modeling Technology Foundations and Industry Practice, Springer, 2018.
11. R. Mulero, A. Almeida, A. Gorka, P. Abril-Jiménez, M.T.A. Waldmeyer, M.P. Castrillo, et al., "An IoT-aware approach for elderly-friendly cities", IEEE Access, vol. 6, pp. 7941-7957, 2018.
12. A. Almeida, R. Mulero, P. rametta, V. Urošević, M. Andrić and L. Patrono, "A critical analysis of an IoT-aware AAL system for elderly monitoring", Future Generation Computer Systems, vol. 97, pp. 598-619, 2019.
13. S. Antonov, "Smart Solution for Fire Safety in a Large Garage", 2019 International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS), 2019.
14. X.-S. Chen, C.-C. Liu and I.-C. Wu, "A BIM-based visualization and warning system for fire rescue", Advanced Engineering Informatics, vol. 37, pp. 42-53, 2018.
15. F. A. Machado and R. C. Ruschel, "Solutions integrating BIM and Internet Of Things in building life cycle: a critical review", PARC Research in Architecture and Building Construction, vol. 9, no. 3, pp. 204-222, 2018.
16. M. Shahinmoghadam and A. Motamedi, "Review of BIM-centered IoT deployment: State of the Art Opportunities and Challenges", 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), 2019.
17. S. Tang, D. R. Shelden, C. M. Eastman, P. Pishdad-Bozorgi and X. Gao, "A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends", Automation in construction, vol. 101, pp. 127-139, 2019.
18. G. Cavallera, R. Conte Rosito, V. Lacasa, M. Mongiello, F. Nocera, L. Patrono, et al., "An Innovative Smart System based on IoT Technologies for Fire and Danger Situations", 2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2019.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 67 |

- 19.D. Prasad and C. Dhanamjayulu , “Solar PV integrated dynamic voltage restorer for enhancing the power quality under distorted grid conditions,” Electric Power Systems Research, vol. 213, p. 108746, 2022.
- 20.A. Moghassemi and S. Padmanaban , “Dynamic Voltage Restorer (DVR): A Comprehensive Review of Topologies, Power Converters, Control Methods, and Modified Configurations,” Energies, vol. 13, no. 16, Aug 2020.
- 21.O. J. Singh and D. P. Winston , “Enhanced Method of Mitigating Voltage Sags and Swells Using Optimized Fuzzy Controlled DVR,” Ijst-T Electr Eng, Oct 19 2022.
- 22.A. D. Falehi and M. Rafiee , “LVRT/HVRT capability enhancement of DFIG wind turbine using optimal design and control of novel (PID μ)-D-lambda-AMLI based DVR,” Sustain Energy Grids, vol. 16, pp. 111-125, Dec 2018.
- 23.E. A. Al-Ammar , A. Ul-Haq , A. Iqbal , M. Jalal , and A. Anjum , “SRF based versatile control technique for DVR to mitigate voltage sag problem in distribution system,” Ain Shams Eng J, vol. 11, no. 1, pp. 99-108, Mar 2020.
- 24.X. Q. Li , P. F. Lin , Y. Tang , and K. Wang , “Stability Design of Single-Loop Voltage Control With Enhanced Dynamic for Voltage-Source Converters With a Low LC-Resonant-Frequency,” Ieee T Power Electr, vol. 33, no. 11, pp. 9937-9951, Nov 2018.
- 25.R. Bhavani and N. R. Prabha , “Simulation of Reduced Rating Dynamic Voltage Restorer using SRF-ANFIS Controller,” Int J Fuzzy Syst, vol. 20, no. 6, pp. 1808-1820, Aug 2018.
- 26.S. Biricik , H. Komurcugil , N. D. Tuyen , and M. Basu , “Protection of Sensitive Loads Using Sliding Mode Controlled Three-Phase DVR With Adaptive Notch Filter,” Ieee T Ind Electron, vol. 66, no. 7, pp. 5465-5475, Jul 2019.
- 27.M. I. Mosaad , M. O. A. El-Raouf , M. A. Al-Ahmar , and F. M. Bendary , “Optimal PI controller of DVR to enhance the performance of hybrid power system feeding a remote area in Egypt,” Sustain Cities Soc, vol. 47, May 2019.
- 28.W. Jian , Z. Wenbing , G. Chao , B. Demeng , and W. Kuihua , “The new developed health index for power transformer condition assessment,” 2020 5th

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 68 |

Asia Conference on Power and Electrical Engineering, pp. 1880–1884, December 2020.

- 29.A. Kolodenkova and S. Vereshchagina , “Selection of basic parameters for the diagnosis of industrial electrical equipment using computer technology,” 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, pp. 982-986, June 2022.
- 30.G. A. Khatskevich , A. F. Pronevich , and M. V. Chaykovskiy , “Two-factor production functions with a given marginal substitution rate,” Economic Science Today, no. 10, pp. 169-181, November 2019.
- 31.V. V. Korobkin and A. E. Kolodenkova , “Diagnosis in SEMS based on cognitive models: group interaction,” Studies in Systems, Decision and Control, vol. 174, pp. 275–284, September 2019.
- 32.A. E. Kolodenkova and S. S. Vereshchagina , “Using a neural network for training a heterogeneous cognitive model for diagnosing the state of electrical equipment,” Vestnik RGUPS, no 2, pp. 163–171, June 2020.
- 33.S. R. Bakasov , Y. N. Matveev , and V. N. Bogatikov , “Technological safety and the production system,” International Journal of Recent Technology and Engineering, vol. 8, no. 2, pp. 734–736, 2019.
- 34.D. Vent , V. Erofeev , and et al ., Technological Safety Management of Industrial Processes Based on Fuzzy-Defined Models. Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev, Novomoskovsk Institute (branch), 2019.
- 35.N. Toichkin and V. Bogatikov , “Creation of a software interface to support the solution of research problems in the field of soft computing using the Python Scikit-fuzzy library,” Soft Measurements and Computing, vol. 43, no. 6, pp. 61–80, 2021
- 36.JL Gu, QJ Lei, HL Yu and ZG. Chen, "AHP-based assessment of equipment maintenance and security personnel effectiveness in plateau environment[J]", Modern Radar, vol. 43, no. 07, pp. 44-48, 2021.
- 37.Sun Pengcheng, Zhang Wei and Yin Yanyan, "Research and application of digitalization for maintenance and guarantee of aerospace equipment under

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 69 |

future war conditions[J]", Aerospace Industry Management, no. 05, pp. 7-11, 2022.

38.Guo Zun, Li Ganyin, Zhou Ming and Feng Wei, "Two-stage robust optimal scheduling of regional integrated energy systems considering network constraints and source-load uncertainties[J]", Power Grid Technology, vol. 43, no. 09, pp. 3090-3100, 2019.

39.Yan Jialun, Lin Jinguang, Lou Kewei, Zhang Xi and Sheng Deren, "An evaluation system for building-based integrated energy systems based on AHP-coefficient of variation method[J]", Thermoelectricity, vol. 48, no. 12, pp. 25-30, 2019.

40.Zhao Jing, "Research on Comprehensive Evaluation System of Integrated Energy Projects in Parks [D]", North China Electric Power University (Beijing), 2020.

41.HAN Zhonghe, QI Chao, XIANG Peng, LIU Minghao and WANG Shan, "Benefit analysis and comprehensive evaluation of distributed energy systems[J]", Thermal Power Generation, vol. 47, no. 02, pp. 31-36, 2018.

42.B.S. Chen, Q.F. Liao, D.C. Liu, W.Y. Wang, C.Y. Wang and S.Y. Chen, "Integrated assessment indicators and methods for regional integrated energy systems[J]", Power System Automation, vol. 42, no. 04, pp. 174-182, 2018.

43.Liu Junfeng, "Comprehensive evaluation of integrated energy systems based on measured d Liu Yuchen, "Comprehensive evaluation of regional distributed “multi-energy complementary” energy system[D]", 2019. ata [D]", 2019.

44.A. C. Pratama and R. Sarno, "Android application for controlling air conditioner using fuzzy logic", 2018 6th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 2018.

45.F. H. Sakaci, E. Cetiner, H. Chaouch and S. C. Yener, "Smart office for managing energy of lighting control system", 2018 6th International Istanbul Smart Grids and Cities Congress and Fair (ICSG), pp. 101-104, 2018.

46.C. Ding, W. Feng, X. Li and N. Zhou, "Urban-scale building energy consumption database: a case study for Wuhan China", Energy Procedia, vol. 158, pp. 6551-6556, 2019.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 70 |

47. A. el D. Hamdaoui and I. Haridi, "Parametrically generated building designed in an artificially intelligent environment" in *Renewable Energy for Smart and Sustainable Cities*, Cham: Springer International Publishing, pp. 24-30, 2019
48. H. R. O. Rocha, I. H. Honorato, R. Fiorotti, W. C. Celeste, L. J. Silvestre and J. A. L. Silva, "An Artificial Intelligence based scheduling algorithm for demand-side energy management in Smart Homes", *Appl. Energy*, vol. 282, no. 116145, pp. 116145, 2021.
49. A. Bouakkaz, A. J. G. Mena, S. Haddad and M. L. Ferrari, "Efficient energy scheduling considering cost reduction and energy saving in hybrid energy system with energy storage", *J. Energy Storage*, vol. 33, no. 101887, pp. 101887, 2021.
50. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня "Бакалавр" напрямку підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» фахового спрямування «Комп'ютерні системи та мережі» / О.М. Березький, Л.О.Дубчак, Р.Б. Трембач, Г.М. Мельник, Ю.М. Батько, С.В. Івас'єв / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2016. 65 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------|------|
| | | | | | КР.КІ.8351910.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 71 |