

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж Чернівецького
національного університету імені Юрія Федьковича»

Природниче відділення
Циклова комісія комп'ютерної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітньо-професійного ступеня «фаховий молодший бакалавр»
зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
підготовки за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерна інженерія»
на тему: **«Концептуальна модель проєктованого програмного
забезпечення на основі моделей і методів обчислювального
інтелекту»**

Виконав (ла):

студент (ка) 4-го курсу Мандрик Тарас Васильович

(прізвище, ім'я та по батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

Плахов О.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент:

Мельничук А.Ю.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

До захисту допущено:

Протокол засідання циклової комісії № _

від „___” _____ 2024 р.

Голова циклової комісії _____ Олександр ТАЩУК

Чернівці, 2024

Завдання та календарний план роботи

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича»
Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

Затверджую
Голова циклової комісії,
Олександр ТАЩУК.

«___» _____ 2023 р.

Завдання

На кваліфікаційну роботу	Мандрик Тарас Васильович
Тема кваліфікаційної роботи	Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення з використанням моделей і методів обчислювального інтелекту
Постановка завдання в короткій формі	Проаналізувати концепти складної системи на прикладі системи освітлення за допомогою FCM (Mental Modeler) та побудова дерева рішень на основі показників системи освітлення (ситуації комфортного та дискомфортного освітлення) за допомогою SilverDecisions
Вихідні дані (2-3 адреси сайтів, матеріали яких рекомендує керівник кваліфікаційної роботи)	Smart Home https://www.howtogeek.com/438927/how-to-set-up-a-childs-smart-bedroom/ https://online.isualparadigm.com/drive/#diagramlist:proj=0&new (Last accessed: 10.02.2020)

Календарний план роботи

Дата отримання версії звіту керівником	Етап виконання роботи	Виконання (зазначає керівник)
10.10.23	Отримання завдання до кваліфікаційної роботи.	
08.11.23	Огляд літератури, присвяченої Інтелектуальним системам управління та Методам обчислювального інтелекту.	

21.12.23	Програмне забезпечення для моделювання систем. Оформлення розділу 1.	
27.01.24	Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення	
29.02.24	Розробка прототипу системи управління освітленням. Оформлення розділу 2.	
30.03.24	Аналіз та синтез системи управління освітленням	
28.04.24	Експериментальна частина. Оформлення розділу 3.	
17.05.24	Оформлення та редагування кваліфікаційної роботи.	
<i>за графіком</i>	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом <i>Unichesk</i> .	
<i>за графіком</i>	Подання роботи на рецензію	
<i>за графіком</i>	Представлення роботи на засіданні Циклової комісії	
<i>за графіком</i>	Захист кваліфікаційної роботи	

Дата видачі завдання _____.

Студент

Тарас МАНДРИК.

Керівник (П.І.Б)

Олександр ПЛАХОВ

АНОТАЦІЯ

Мандрик Тарас Васильович Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення з використанням моделей і методів обчислювального інтелекту. Кваліфікаційна робота.

У Роботі розроблено прототип системи управління освітленням дитячої кімнати за допомогою проєктованого програмного забезпечення, побудовано та проаналізовано концепти складної системи на прикладі системи освітлення дитячої кімнати за допомогою FCM (Mental Modeler) на основі чого побудовано дерево рішень з використанням показників системи освітлення. У пакеті MM побудовано та параметризовано FCM, з доданням послідовних концептів у карту і встановлено зв'язки між концептами (в MM використано інтерфейс роботи з картою). Для кожного зв'язку встановлено рівень залежності. Переглянуто уявлення карти в вигляді матриці зв'язків (в MM з використанням інтерфейсу роботи з таблицею). Відредаговано рівень зв'язку між концептами за допомогою інтерфейсу редагування матриці.

Робота складається з 3 розділів, в яких проаналізовано та змодельовано, управління переміщенням колісного робота вздовж стіни лабіринту по заданому маршруту, за допомогою засобів Fuzzy tools середовища MATLAB створено проєкт з 5 вхідними та 2 вихідними змінними, спроектована структурна схема САУ рухом робота,.

Кваліфікаційна робота містить 41 сторінку, 7 рисунків та 16 посилань на літературні джерела.

Ключові слова: інтелектуальні системи управління, концептуальна модель, проєктоване програмне забезпечення, обчислювальний інтелект, Mental Modeler, конюгтивна карта

ЗМІСТ

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ.....	9
1.1. Інтелектуальні системи управління.....	9
1.2. Програмне забезпечення для моделювання систем.....	11
2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІМ	14
2.1 Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення.....	14
2.2 Розробка прототипу системи управління освітленням.....	17
3 ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ	21
3.1 Побудова діаграми варіантів.....	21
3.2. Побудова та параметризація FCM у пакеті MM.....	23
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29
ДОДАТКИ.....	39
Додаток А. Схема маршрутів АМР.....	40
Додаток Б. Блок-схема проєктування нечіткої системи керування.....	41
Додаток В. Схема руху робота.....	49
Додаток Г. UML діаграма принципу руху АМР	50
Додаток Д. UML діаграма основних функцій руху АМР.....	51
Додаток Ж. Результат моделювання часових залежностей координат $X(t)$, $Y(t)$ та відхилення e	52

СПИСОК ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ММ – Mental Modeler

ІСУ – Інтелектуальні системи управління

ОІ – Обчислювальний інтелект

ШІ – Штучний інтелект

ГА – Генетичні алгоритми

МН – Машинне навчання

ВСТУП

Розробка інтелектуальних систем управління освітленням стає все більш актуальною в контексті розвитку розумних будинків і підвищення комфорту життя. Зокрема, управління освітленням дитячої кімнати є важливим для створення безпечного і комфортного середовища для дітей.

Керування освітленням дитячої кімнати поділяється на керування трьома типами освітлення: природне освітлення; штучне освітлення; комбіноване (світлодинаміка). Для регулювання освітленості дитячої кімнати природним денним світлом та затінення вікон у вечірній час система автоматизації керує положеннями жалюзі та ролетів, а також механічним відкриттям і закриттям штор. Інтелектуальна система управління джерелами штучного освітлення регулює яскравість і кількість освітлювальних приладів для кожного окремого приміщення чи функціональної зони, в залежності від часу доби, погодних умов, виду діяльності дітей у конкретний час. Відповідно до запрограмованих ситуацій система, наприклад, може увімкнути світло в кімнаті, лише отримавши сигнал відкриття дверей. А якщо дитина прокинувся вночі, система увімкне приглушене освітлення у кімнаті. Однією з важливих можливостей системи управління освітленням дитячої кімнати є створення динамічних світлових сценаріїв, коли натискання на одну кнопку вмикає оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації. Наприклад, режим «Роботи за РС» може зменшити яскравість освітлення в дитячій кімнаті і закрити штори, а режим «Навчання», навпаки, створить максимальне освітлення в кімнаті і коли приходить час лягати спати, лежачи в ліжку, можна одним натисненням кнопки запустити виконання сценарію «Ніч» для виключення усіх основних світильників і залишити освітлення, там, де є необхідність. Додаткові можливості з'являються при використанні різноманітних датчиків – руху, освітленості, часу. Система визначає пріоритетність тих чи інших освітлювальних приладів, за потреби вмикає необхідні світильники і вимикає не використовувані. Крім створення комфорту, застосування таких систем значно подовжує термін служби електроприладів, а також чимало сприяє енергозбереженню. Приглушення

світла на 10 відсотків допомагає зберегти енергію і в той же час не приносить помітних змін в освітленні кімнати, система управління освітленням робить це. кімнатні сенсори можуть автоматично вимикати світло, коли в кімнаті нікого немає.

Тому мета роботи полягає у розробці концептуальної моделі проєктованого програмного забезпечення з використанням моделей і методів обчислювального інтелекту.

Основні задачі включають наступні етапи: Аналіз існуючих систем управління освітленням. Розробка прототипу системи управління освітленням. Побудова і аналіз концептів складної системи на прикладі системи освітлення дитячої кімнати. Розробка дерева рішень з використанням показників системи освітлення.

Для досягнення мети використано методи аналізу та синтезу систем управління освітленням на основі критеріїв середовища Mental Modeler.

Наукова новизна полягає у застосуванні моделей обчислювального інтелекту для розробки системи управління освітленням дитячої кімнати. Практичною цінністю є створення прототипу, який може бути використаний для подальшої розробки комерційного програмного забезпечення.

1. ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ І ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ

1.1. Інтелектуальні системи управління

Інтелектуальні системи управління (ІСУ) являють собою системи, які використовують методи штучного інтелекту (ШІ) для автоматичного прийняття рішень і управління процесами в різних сферах. Вони знаходять застосування в промисловості, сільському господарстві, розумних будинках, медицині тощо.

Основними підходами до розробки ІСУ є:

Нейронні мережі

Нейронні мережі є одним з найбільш популярних методів ШІ, що імітують роботу людського мозку. Вони складаються з шарів нейронів: вхідного, прихованого і вихідного, кожен з яких виконує певні обчислення на основі вхідних даних також володіють високою точністю та здатністю до навчання на великих обсягах даних, що дає можливість використовувати їх для розпізнавання образів, прогнозування, класифікації і управління складними системами. Однак вони потребують великої кількості обчислювальних ресурсів, а також у них існує складність у налаштуванні та навчанні через вразливість до перенавчання (overfitting). [1].

Генетичні алгоритми

Генетичні алгоритми (ГА) використовуються для пошуку оптимальних рішень шляхом імітації процесів природного відбору і генетичної еволюції. Вони показали свою ефективність у знаходженні глобальних оптимумів, здатності працювати з великими просторами пошуку а також ГА проявили гнучкість і можливість адаптації до різних типів задач. Но генетичні алгоритми потребують постійного налаштування параметрів (популяція, ймовірність кросоверу і мутації). і не завжди гарантують знайдення оптимального рішення що є їх недоліком [2].

Нечітка логіка

Нечітка логіка дозволяє працювати з неточними і нечіткими даними, що робить її корисною для управління системами, де присутня невизначеність. Вона

базується на нечітких множинах і нечітких правилах, що моделюють експертні знання. Завдяки здатності працювати з нечіткими даними, простотою у використанні, інтерпретацією результатів та можливості інтеграції з іншими методами III нечітка логіка дає можливість використовувати її в системах управління, прийняття рішень, розпізнавання образів, прогнозування і оптимізації. В свою чергу одним з суттєвих недоліків є те що вона потребує експертних знань для створення правил а також є вразливою до помилок при визначенні параметрів. [3].

Машинне навчання

Машинне навчання (МН) є підрозділом III, який дозволяє системам навчатися на основі даних і покращувати свою продуктивність з часом без явного програмування. МН включає методи наглянутого, ненаглянутого і підкріпленого навчання що дає змогу використовується для класифікації, регресії, кластеризації, розпізнавання образів, обробки природної мови, прогнозування і автоматизації процесів [4].

Мультиагентні системи

Мультиагентні системи використовують кілька агентів, які взаємодіють між собою для досягнення загальної мети. Кожен агент може діяти самостійно, приймаючи рішення на основі своєї локальної інформації і спільно з іншими агентами. Їх гнучкість і розподіленість, здатність до колективного вирішення проблем та масштабованість і стійкість до збоїв окремих агентів дає змогу застосовувати їх для розподілених систем управління, моделювання соціальних та економічних систем, робототехніки, телекомунікацій і гри. Все ж у них наявна складність у координації агентів та потреба у комунікації між ними [5].

Огляд сучасних інтелектуальних систем управління

Розумні будинки

Інтелектуальні системи управління освітленням, опаленням, вентиляцією та іншими системами в розумних будинках дозволяють підвищити комфорт та зменшити енергоспоживання, що робить їх зручними, економними, та й такими, що володіють підвищеною безпекою. Но і вони володіють рядом недоліків які

проявляються у високій вартості впровадження, та потенційними проблемами з конфіденційністю [6].

Промислові системи управління

ІСУ широко використовуються в промисловості для автоматизації виробничих процесів, моніторингу стану обладнання, прогнозування відмов і оптимізації процесів вони сприяють підвищенню ефективності виробництва, зменшення витрат, покращення якості продукції, але у них наявна складність інтеграції з існуючими системами, висока вартість [7].

Медичні системи

Інтелектуальні системи управління знаходять застосування також у медицині де вони використовуються для діагностики, моніторингу пацієнтів і управління медичними закладами вони дають можливість покращення якості медичних послуг, підвищення точності діагностики, оптимізація ресурсів. Хоча і володіють рядом недоліків таких, як складність впровадження, висока вартість, питання конфіденційності даних [8].

Інтелектуальні системи управління є важливим інструментом для автоматизації та оптимізації процесів у різних сферах. Використання методів обчислювального інтелекту дозволяє підвищити ефективність, точність і гнучкість таких систем. Однак впровадження ІСУ пов'язане з низкою викликів, таких як висока вартість, складність налаштування і питання конфіденційності даних.

Подальші дослідження у цій області можуть бути спрямовані на розробку більш ефективних алгоритмів, зниження витрат на впровадження та покращення безпеки і конфіденційності даних.

1.2 Програмне забезпечення для моделювання систем

Моделювання є важливим етапом у розробці інтелектуальних систем управління. Воно дозволяє аналізувати складні системи, прогнозувати їх поведінку та оптимізувати процеси. Існує багато програмних засобів для моделювання систем, які використовують різні методи і підходи.

MATLAB/Simulink є потужним інструментом для моделювання фізичних систем (електричних, механічних, гідравлічних), розробки алгоритмів керування, симуляції і тестування вбудованих систем. *MATLAB* забезпечує середовище для чисельних розрахунків, а *Simulink* що дозволяє створювати моделі у вигляді блок-схем. Він володіє інтуїтивним інтерфейсом користувача, широким спектром бібліотек і функцій [9, 10].

AnyLogic – це багатопарадигмове середовище для моделювання, що підтримує дискретно-подвійну, системну динаміку та агент-орієнтоване моделювання. Воно дозволяє створювати моделі складних систем, включаючи виробничі процеси, логістичні системи та соціальні мережі. *AnyLogic* володіє потужними інструментами для аналізу і візуалізації має підтримку різних парадигм моделювання та вбудованою мовою програмування для розширених налаштувань [11, 12].

Mental Modeler – це інструмент для побудови та аналізу моделей на основі нечітких когнітивних карт (FCM). Він дозволяє користувачам моделювати складні системи, враховуючи взаємозв'язки між різними компонентами. Через що знайшли широке застосування у створенні екологічних моделей, суспільних системах, процесах прийняття рішень [13, 14].

Vensim – це програмне забезпечення для моделювання системної динаміки, що дозволяє створювати моделі з використанням графічного інтерфейсу. *Vensim* використовується для аналізу поведінки систем у часі [15].

Stella – це інструмент для моделювання системної динаміки, що дозволяє створювати моделі з використанням графічних блок-схем. Він широко використовується в освіті, дослідженнях і бізнесі [16].

Як прпрограмне середовище було вибрано *Mental Modeler* –адже це інструмент для побудови та аналізу моделей на основі нечітких когнітивних карт (FCM). Цей інструмент розроблений для допомоги в моделюванні складних систем, де взаємозв'язки між різними компонентами не завжди можуть бути точно визначені. Основна мета *Mental Modeler* полягає у створенні інтерфейсу,

що дозволяє користувачам формувати, візуалізувати і аналізувати свої ментальні моделі.

Ключові особливості

Нечіткі когнітивні карти (FCM): Mental Modeler використовує FCM для моделювання систем. FCM – це графічний метод, який відображає взаємозв'язки між різними елементами системи через поняття концептів і їх зв'язків. Кожен зв'язок може мати вагу, яка визначає ступінь впливу одного концепту на інший.

Інтерфейс користувача: Програмне забезпечення пропонує інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс для створення і редагування карт. Користувачі можуть додавати концепти, встановлювати зв'язки між ними і налаштовувати вагу цих зв'язків. Всі зміни можна легко відстежувати і коригувати.

Mental Modeler надає інструменти для аналізу створених моделей. Це включає можливість перегляду карт у вигляді матриці зв'язків, яка показує всі можливі взаємозв'язки між концептами. Крім того, користувачі можуть проводити симуляції для оцінки впливу зміни одного концепту на всю систему. Він підтримує можливість спільної роботи над моделями, що дозволяє групам експертів об'єднувати свої знання і досвід для створення більш точних і комплексних моделей також *Mental Modeler* може бути використаний для моделювання різних типів систем – від екологічних до соціальних та економічних. Це робить його універсальним інструментом для досліджень і практичного застосування.

Застосування

Екологічні моделі: Mental Modeler часто використовується для моделювання екосистем і природних процесів. Це дозволяє дослідникам аналізувати вплив різних факторів на екологічну систему і прогнозувати можливі зміни.

Суспільні системи: Інструмент може застосовуватися для моделювання соціальних процесів, включаючи аналіз поведінки громад, прийняття рішень і впливу соціальних політик.

Процеси прийняття рішень: Mental Modeler допомагає виявляти ключові фактори, що впливають на прийняття рішень, і моделювати можливі наслідки різних стратегій.

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ІМ

2.1 Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення дитячої кімнати.

Концептуальна модель – це абстрактне уявлення про систему, яка описує основні компоненти, їхні взаємозв'язки та принципи взаємодії. розробимо концептуальну модель проєктованого програмного забезпечення для управління освітленням дитячої кімнати з використанням Mental Modeler.

Створюємо систему управління освітленням дитячої кімнати, яка забезпечувала б оптимальні умови для дітей та знижувала споживання енергії. Система повинна враховувати різні фактори, такі як природне освітлення, присутність дітей, час доби, активність дітей та інші параметри.

Для моделювання системи управління освітленням буде використано нечіткі когнітивні карти (FCM), що дозволяють моделювати взаємозв'язки між різними компонентами системи і враховувати їх вплив один на одного. Mental Modeler буде використано для створення і аналізу FCM.

Основні компоненти концептуальної моделі включають в себе

Джерела освітлення: Лампи, світлодіоди

Сенсори: Датчики руху, датчики освітленості, датчики присутності

Впливові фактори: Природне освітлення, час доби, активність дітей, рівень освітленості

Контролери: Мікроконтролер для обробки даних сенсорів, програмне забезпечення для аналізу даних і прийняття рішень.

Зворотний зв'язок: Інформація про поточний стан освітлення, реакція на зміни умов, побудова FCM за допомогою Mental Modeler

Кроки побудови FCM:

Ідентифікація концептів: Визначення основних компонентів системи та факторів, що на них впливають. У даному випадку це будуть джерела освітлення, сенсори, впливові фактори та контролери.

Встановлення зв'язків між концептами: Визначення взаємозв'язків між різними концептами, наприклад, як зміна рівня природного освітлення впливає на необхідність включення додаткового штучного освітлення.

Визначення ваг зв'язків: Встановлення ваг зв'язків, що відображають силу впливу одного концепту на інший. Це може бути зроблено на основі експертних знань або аналізу даних.

Аналіз моделі: Використання Mental Modeler для аналізу побудованої моделі, проведення симуляцій для оцінки впливу різних факторів на систему.

Аналіз і синтез системи управління освітленням.

Аналіз існуючих рішень для управління освітленням дитячої кімнати дозволяє визначити ефективні підходи, які можуть бути застосовані для розробки інтелектуальної системи. Розглянемо сучасні технології та підходи, що використовуються для управління освітленням, з метою виявлення їхніх переваг та недоліків у контексті завдань, що стоять перед проєктованим програмним забезпеченням.

Підходи до вирішення завдань управління освітленням

Традиційні системи управління освітленням

Базуються на використанні вимикачів і димерів для ручного керування освітленням. Користувачі можуть вручну включати або вимикати світло, а також регулювати його яскравість.

Системи з датчиками руху та присутності

Використовують датчики руху та присутності для автоматичного включення та вимкнення світла залежно від наявності руху або присутності людей у кімнаті.

Системи з датчиками освітленості

Використовують датчики освітленості для вимірювання рівня природного світла і автоматичного регулювання штучного освітлення.

Програмовані системи управління освітленням

Використовують таймери та програмовані контролери для автоматичного включення/вимкнення освітлення в заданий час.

Розумні системи управління освітленням

Інтегровані з системами "розумний будинок", ці системи використовують комбінацію датчиків руху, освітленості, часу доби та інтелектуальних алгоритмів для автоматичного управління освітленням.

Аналіз існуючих підходів до управління освітленням дитячої кімнати показує, що найбільш перспективними є розумні системи управління. Вони забезпечують високу ефективність, гнучкість і можливість автоматичного адаптування до умов освітлення. Однак, їх висока вартість і складність установки можуть бути обмежуючими факторами.

Системи з датчиками руху та освітленості також є ефективними для зниження споживання енергії та забезпечення комфорту, але вони можуть мати недоліки у вигляді хибних спрацьовувань або потреби в точному налаштуванні.

Традиційні та програмовані системи мають свої переваги у простоті та вартості, але вони не забезпечують необхідного рівня автоматизації та ефективності для сучасних вимог.

На основі аналізу існуючих підходів можна виділити кілька ключових рекомендацій для розробки інтелектуальної системи управління освітленням дитячої кімнати:

Інтеграція датчиків руху та освітленості: Використання комбінації датчиків дозволить забезпечити автоматичне регулювання освітлення залежно від наявності людей та рівня природного світла.

Застосування інтелектуальних алгоритмів: Використання моделей обчислювального інтелекту для аналізу даних від датчиків та прийняття оптимальних рішень щодо керування освітленням.

Можливість налаштування сценаріїв: Надавати користувачам можливість налаштовувати сценарії освітлення залежно від часу доби, режиму дня дитини та інших факторів.

Дистанційне керування: Інтеграція з мобільними додатками для можливості дистанційного керування та моніторингу стану системи.

Енергоефективність: Оптимізація споживання енергії за рахунок автоматичного вимкнення світла в непотрібний час та зниження яскравості при достатньому рівні природного освітлення.

Розробка такої системи з використанням Mental Modeler дозволить створити гнучке та ефективне рішення для управління освітленням дитячої кімнати, що забезпечить комфортні умови для дітей і знизить витрати на електроенергію.

2.2 Розробка прототипу системи управління освітленням

Розробка прототипу системи управління освітленням дитячої кімнати з використанням моделей обчислювального інтелекту передбачає створення функціональної моделі, яка буде враховувати різні фактори, такі як природне освітлення, присутність дітей, час доби та активність дітей. Цей розділ містить детальний опис розробки прототипу з використанням Mental Modeler.

Основні компоненти системи

Джерела освітлення: Лампи і світлодіоди (LED).

Сенсори: Датчики руху, датчики освітленості, датчики присутності.

Контролери: Мікроконтролери для обробки даних сенсорів і управління освітленням.

Інтерфейс користувача: Мобільний додаток для дистанційного керування і налаштування системи.

Архітектура системи

Система управління освітленням дитячої кімнати складається з наступних модулів:

Сенсорний модуль: Датчики руху, освітленості та присутності.

Модуль обробки даних: Мікроконтролер, що обробляє дані від сенсорів.

Модуль управління освітленням: Контролери для керування лампами та світлодіодами.

Модуль користувацького інтерфейсу: Мобільний додаток для налаштування і моніторингу системи.

Використання Mental Modeler

Для моделювання системи буде використано Mental Modeler, який дозволяє створювати нечіткі когнітивні карти (FCM) для аналізу взаємозв'язків між компонентами системи.

Кроки розробки прототипу:

Ідентифікація концептів: Визначення основних компонентів системи та факторів, що на них впливають.

Встановлення зв'язків між концептами: Визначення взаємозв'язків між різними компонентами системи.

Визначення ваг зв'язків: Встановлення ваг зв'язків, що відображають силу впливу одного концепту на інший.

Аналіз моделі: Проведення симуляцій для оцінки впливу різних факторів на систему управління освітленням.

Ідентифікація концептів

Природне освітлення (A), Датчики руху (B), Датчики освітленості (C), Час доби (D), Активність дітей (E), Рівень освітленості (F), Система управління освітленням (G), Джерела освітлення (L)

Встановлення зв'язків між концептами

Природне освітлення (A) → Рівень освітленості (F)

Датчики руху (B) → Активність дітей (E)

Датчики освітленості (C) → Рівень освітленості (F)

Час доби (D) → Природне освітлення (A)

Активність дітей (E) → Рівень освітленості (F)

Рівень освітленості (F) → Система управління освітленням (G)

Система управління освітленням (G) → Джерела освітлення (Лампи, Світлодіоди)

Визначення ваг зв'язків

Ваги зв'язків можуть бути визначені на основі експертних знань або аналізу даних. Наприклад:

Природне освітлення (A) → Рівень освітленості (F): 0.8

Датчики руху (B) → Активність дітей (E): 0.5

Датчики освітленості (C) → Рівень освітленості (F): 0.7

Час доби (D) → Природне освітлення (A): 0.6

Активність дітей (E) → Рівень освітленості (F): 0.9

Рівень освітленості (F) → Система управління освітленням (G): 1.0

Система управління освітленням (G) → Джерела освітлення (L): 1.0

Після встановлення ваг зв'язків модель можна аналізувати за допомогою Mental Modeler. Проведення симуляцій допоможе виявити, як зміни одного або кількох факторів впливають на загальну систему освітлення.

Реалізація прототипу

Обладнання

Мікроконтролер (наприклад, Arduino)

Датчики руху (PIR сенсори)

Датчики освітленості (фоторезистори або датчики освітленості)

Світлодіоди та лампи

Мобільний додаток (для налаштування і моніторингу системи)

Програмне забезпечення

Arduino IDE для програмування мікроконтролера

Mental Modeler для моделювання та аналізу

Мобільний додаток для користувацького інтерфейсу

Код для мікроконтролера (приклад на Arduino)

```
#include <LightSensor.h>
#include <MotionSensor.h>
#include <SmartLightController.h>

LightSensor lightSensor(A0); // Підключення датчика
освітленості до аналогового входу A0
MotionSensor motionSensor(2); // Підключення датчика
руху до цифрового входу 2
SmartLightController lightController(3); //
Підключення світлодіодів до цифрового виходу 3

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    lightSensor.begin();
    motionSensor.begin();
    lightController.begin();
}

void loop() {
    int lightLevel = lightSensor.read(); // Зчитування
рівня освітленості
    bool motionDetected = motionSensor.detect(); //
Перевірка наявності руху

    // Логіка управління освітленням
    if (motionDetected && lightLevel < 200) {
        lightController.turnOn();
    } else {
        lightController.turnOff();
    }

    // Виведення даних для моніторингу
    Serial.print("Light Level: ");
    Serial.println(lightLevel);
    Serial.print("Motion Detected: ");
    Serial.println(motionDetected);

    delay(1000); // Затримка перед наступним циклом
}
```

3 ОПИС РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

3.1. Побудова діаграми варіантів

Розробка прототипу системи управління освітленням дитячої кімнати з використанням Mental Modeler дозволяє створити ефективну та гнучку систему, яка враховує різні фактори, забезпечуючи оптимальні умови для дітей і знижуючи споживання енергії. Інтеграція датчиків, інтелектуальних алгоритмів та користувацького інтерфейсу забезпечує високий рівень автоматизації та зручності. Діаграма варіантів використання (use case diagram) – це діаграма, що описує взаємовідносини і залежності між групами варіантів використання і дійових осіб, що беруть участь в процесі. Такий вид діаграми базується на уніфікованій мові моделювання процесів UML, що наглядно демонструє процес за допомогою специфічних зрозумілих умовними позначками рисунок 3.1 [20].

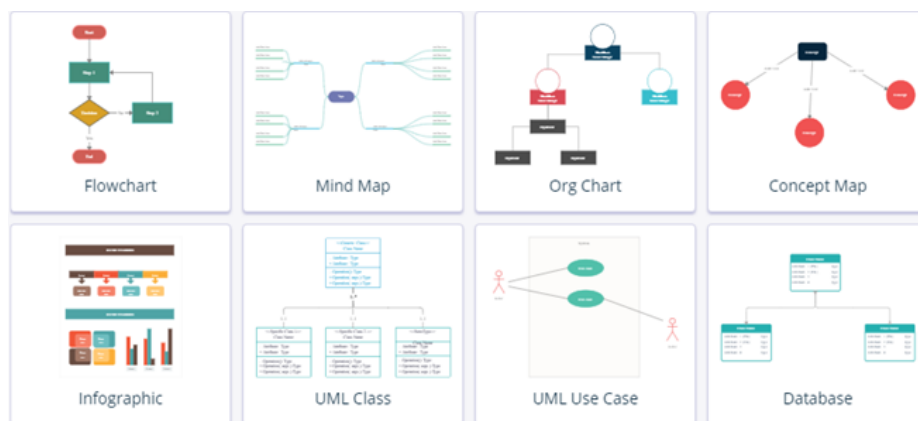


Рисунок 3.1 - Шаблони побудови діаграм та схем

Важливо усвідомлювати, що діаграми варіантів використання не призначені для відображення проекту і не можуть описувати внутрішній стан системи. Діаграми варіантів використання призначені для спрощення взаємодії з майбутніми користувачами системи, з клієнтами, і слугують для визначення необхідних характеристик системи. Тобто, діаграми варіантів використання говорять про те, що система повинна робити, не вказуючи на методи реалізації [21]. Актор (actor) – дійова особа, яка є зовнішнім джерелом (проте не є елементом системи) і взаємодіє з системою через варіант використання. Дійові особи можуть бути як реальними людьми (наприклад, користувачами системи), так і іншими комп'ютерними системами або зовнішніми подіями. Дійові особи

представляють не фізичних людей або системи, а їх ролі. Мається на увазі те, що коли людина взаємодіє з системою різними способами, віна відображається декількома дійовими особами. Варіант використання (Use Case) описує групу дій в системі, які призводять до конкретного результату з точки зору дійової особи. Варіанти використання є описом типових взаємодій між користувачами системи і самою системою. Вони відображають зовнішній інтерфейс системи і вказують форму того, що система повинна зробити [22]. При роботі з варіантами використання слід пам'ятати наступні правила:

- кожен варіант використання відноситься як мінімум до однієї дійової особи;
- кожен варіант використання має ініціатора;
- кожен варіант використання призводить до відповідного результату.

Актори, що взаємодіють з проектом: Розробник – займається створенням моделей, налаштовує колір та інтенсивність світла, налаштовує матеріали та їх властивості, перспективу освітленості та рендерінг, а також створює по кадрову анімацію усієї системи освітлення. Користувач – головний користувач системи, який має можливість переглядати функціонування різноманітних наявних форм для освітлення, здійснювати огляд джерел світла в кольорах та в різній інтенсивності. Також користувач має змогу переглядати матеріали під впливом певного виду світла. Діаграму було створено у програмному забезпеченні онлайн діаграми для створення блок-схем, діаграм процесу, організаційних схем, UML, ER та мережевих діаграм Draw IO. Діаграма Use Case продемонстрована на рис. 3.2

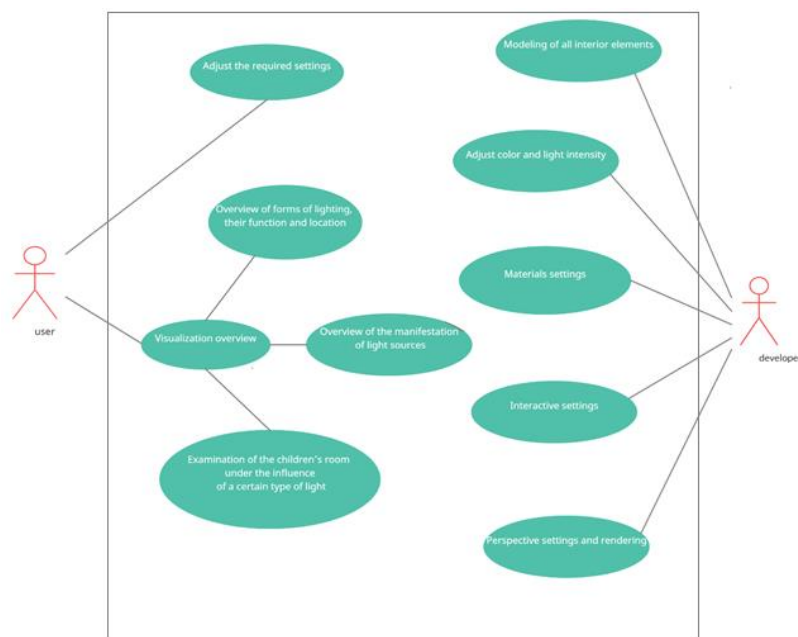


Рисунок 3.2 – Система управління освітлення дитячої кімнати

3.2. Побудова та параметризація FCM у пакеті ММ

У пакеті ММ побудувати та параметризувати FCM, додаючи послідовно концепти в карту і встановлюючи зв'язки між концептами (в ММ використовувати інтерфейс роботи з картою). Для кожного зв'язку встановити рівень залежності. Два концепта карти можуть бути пов'язані позитивним зв'язком (збільшення/зменшення значення концепту А призводить до збільшення/зменшення значення концепту В), негативним зв'язком (збільшення/зменшення значення концепту А призводить до зменшення/збільшення значення концепту В), також зв'язок може бути відсутнім. Негативна або позитивна оцінка зв'язку задається чисельно в діапазоні $[-1, +1]$. ММ дозволяє встановити рівень оцінки шляхом переміщення повзунка шкали рівня зв'язку на візуальній формі карти. Далі ММ інтерпретує рівень кожного зв'язку за допомогою значення точкової функції приналежності 1-го типу, заданої в діапазоні $[-1, +1]$. На рисунку 3.3 та рисунку 3.4 представлено screen shorts пакету ММ, які демонструють приклад FCM звичайної системи управління освітленням дитячої кімнати. Природне освітлення — це біологічно найцінніший вид освітлення, до якого максимально пристосоване око людини. Воно визначається сприятливим спектральним

складом. Природне освітлення позитивно впливає на психофізіологічний стан людини. Тому рівень комфортного освітлення з рівнем природного освітлення пов'язаний додатнім зв'язком (0,75). Рівень штучного освітлення пов'язаний від'ємними зв'язками з рівнем природного освітлення (0,7), рівнем комфортного освітлення (0,7) та додатнім зв'язком від вартості енергії (0,3), яка пов'язана від'ємним зв'язком з рівнем комфортного освітлення (0,3). Активна зона пов'язана додатніми зв'язками з вартістю енергії (0,3) та часом очікування (0,3), який пов'язаний з рівнем комфортного освітлення від'ємним зв'язком (0,3).

Рівень освітлення в дитячій кімнаті повинен забезпечувати нормальне емоційне і фізичне здоров'я дитини. Достатній рівень освітленості і ергономічне розташування освітлювальних приладів дозволяють дитині зберегти зір навіть при дуже напружених шкільних навантаженнях. Рівень природного та штучного освітлення формують рівень комфорту дитини в кімнаті та рівень освітленості кімнати, який в свою чергу складається з загального, локалізованого чи комбінованого освітлення. Окремим блоком можна відмітити рівень енергозбереження при штучному освітленні та управління освітленням, системи яке може бути автоматичним, автоматизованим і ручним.

Освітлення повинно задовольняти такі основні вимоги: бути рівномірним і достатньо інтенсивним; не створювати різких тіней на місцях роботи, значних контрастів між освітленим робочим місцем і навколишньою обстановкою; не створювати зайвих відблисків у полі зору дитини; давати правильний напрямок світлового потоку.

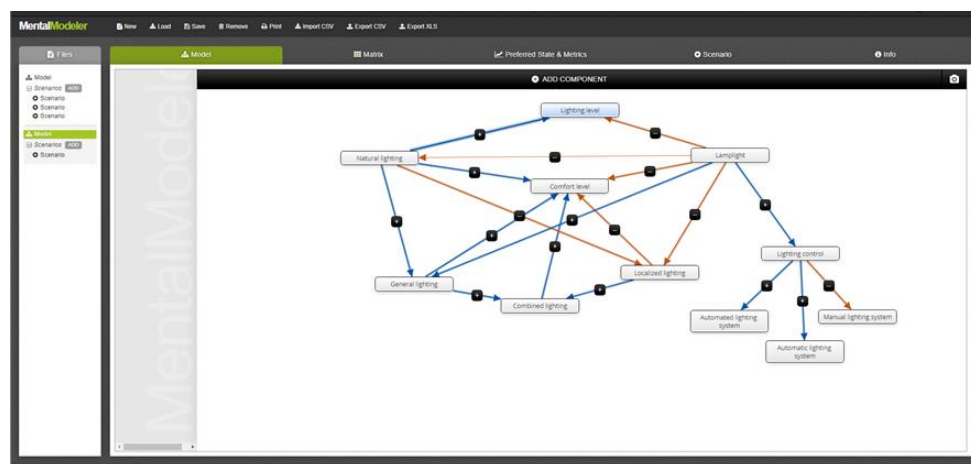
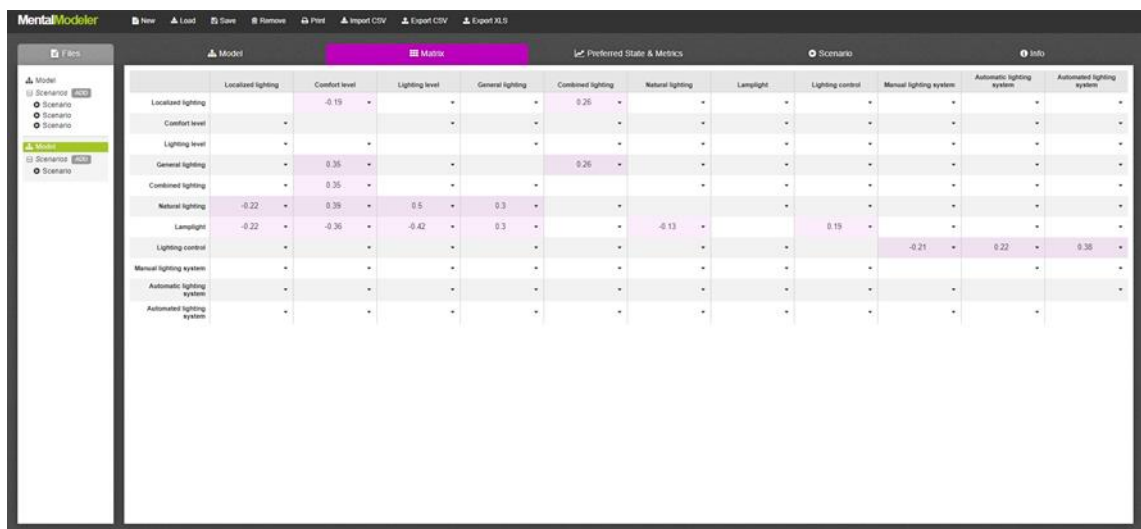


Рисунок 3.3 – FCM системи управління освітленням у вигляді графа

Використовуючи в ММ інтерфейс роботи з інтелектуальними сценаріями вибрати один з сценаріїв моделювання. Загальна формула обчислення значення кожного концепту приведена в (1). Моделювання змін в середовищі виконується за допомогою Sigmoid Function (2) та за допомогою Hyperbolic Tangent Function (3). Для запуску сценарію потрібно вибрати File> New> Scenario. При виконанні сценарію початкове значення кожного концепту автоматично змінюється з урахуванням значень зв'язків між концептами. Початкові значення встановлюються в ручному режимі в зоні State Prediction. Для прикладу три концепти мають нульові значення за замовчуванням, інші три встановлені позитивними. У вікні відображення результатів моделювання за обраним сценарієм будуть представлені значення рівня оцінки концептів, обраних для моделювання їх стану (графічно і в чисельному вигляді [-1, +1]). Різні результати за різними сценаріями продемонстровані на рисунок 3.5 та рисунок 3.6. Аналіз результатів моделювання дозволяє виявити найбільш впливові концепти для системи що проектується.



Model	Localized lighting	Comfort level	Lighting level	General lighting	Combined lighting	Natural lighting	Lamp light	Lighting control	Manual lighting system	Automatic lighting system	Automated lighting system
Localized lighting	-0.19				0.25						
Comfort level											
Lighting level											
General lighting		0.35			0.26						
Combined lighting		0.35									
Natural lighting	-0.22	0.39	0.5	0.3							
Lamp light	-0.22	-0.36	-0.42	0.3		-0.13		0.19			
Lighting control									-0.21	0.22	0.38
Manual lighting system											
Automatic lighting system											
Automated lighting system											

Рисунок 3.4 – FCM системи управління освітленням у вигляді таблиці



Рисунок 3.5 – Результати моделювання FCM системи управління освітленням за сценарієм Sigmoid [Mental Modeler]



Рисунок 3.6 – Результати моделювання FCM системи управління освітленням за сценарієм Hyperbolic Tangent

Кожен сценарій реалізує ітераційний процес обчислення нових значень концептів. По кожному сценарію використовується загальна формула обчислення значення кожного концепту (проте функція f різна для різних сценаріїв):

$$C_i(t + 1) = f(\sum_{i=1, i \neq j}^n w_{ij} C_i(t)) \quad (1)$$

Де $C_i(t)$ – значення концепту в момент t ;

w_{ij} – значення оцінки зв'язку між концептами (див. табличну форму уявлення FCM).

f - функція активації змін, має вигляд Sigmoid Function:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2)$$

або Hyperbolic Tangent Function:

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (3)$$

Процес обчислення завершується, коли значення концептів вже не змінюються відповідно запланованій точності. Графіки функцій Sigmoid Function та Hyperbolic Tangent Function наведено на рисунку 3.7. Чим вище значення x , тим ближче значення функцій Sigmoid та Hyperbolic Tangent до одиниці, а чим нижче значення x , тим ближче значення функції Sigmoid до 0, а функції Hyperbolic Tangent – до (-1).

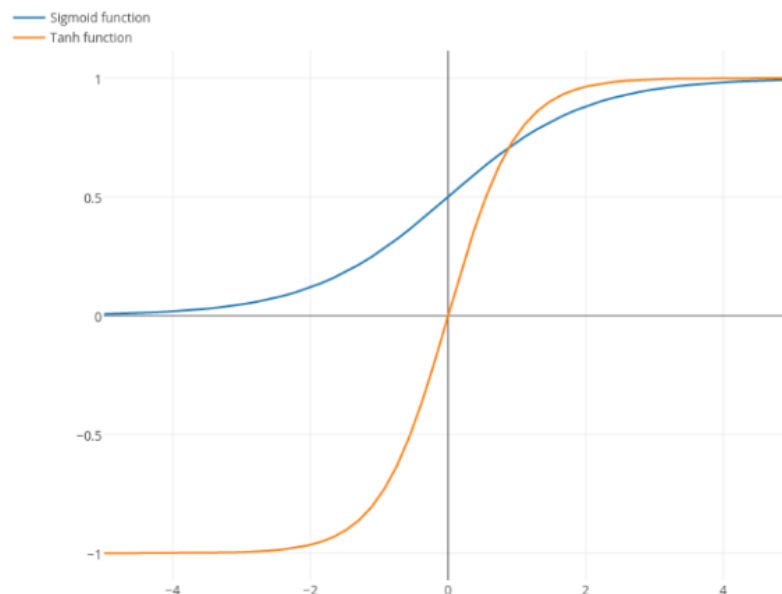


Рисунок 3.7– Графіки Sigmoid Function та Hyperbolic Tangent Function.

Аналіз складності моделі системи управління освітленням на основі критеріїв середовища ММ. Проаналізувавши показники таблиці (вкладка Preferred State & Metrics), впливає, що найвищі показники ступеня у таких компонентів як рівень комфортного освітлення та рівень загального освітлення,

що задовольняє потреби. Також досить важливими компонентами є рівень штучного освітлення та рівень природного освітлення, які досить сильно впливають на головні компоненти. Також слід відмітити вартість енергії та рівень штучного освітлення, якщо ці компоненти занадто низькі, то вони будуть заважати досягти задовільного рівня комфорту освітлення.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі побудовано та проаналізовано концепти складної системи, на прикладі системи освітлення дитячої кімнати за допомогою FCM (Mental Modeler) та побудовано дерево рішень з використанням показників системи освітлення дитячої кімнати. У пакеті ММ побудовано та параметризовано FCM, з доданням послідовних концептів у карту і встановлено зв'язки між концептами (в ММ використано інтерфейс роботи з картою). Для кожного зв'язку встановлено рівень залежності. Переглянуто уявлення карт в вигляді матриці зв'язків (в ММ використано інтерфейс роботи з таблицею). Відредаговані рівні зв'язку між концептами за допомогою інтерфейсу редагування матриці. Всі зміни в матриці зв'язків відображені в зміні уявлення зв'язків у вигляді карти

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Prentice Hall. (1999).
- 2) Mitchell, M. An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press. (1998).
- 3) Zadeh, L. A. Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338-353. (1965).
- 4) Bishop, C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. (2006).
- 5) Wooldridge, M. An Introduction to MultiAgent Systems. Wiley. (2009).
- 6) Cook, D. J., & Das, S. K. (2007). How Smart Are Our Environments? An Updated Look at the State of the Art. Pervasive and Mobile Computing, 3(2), 53-73.
- 7) Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. Manufacturing Letters, 3, 18-23.
- 8) Dey, N., Ashour, A. S., & Borra, S. (2017). Classification and Clustering in Biomedical Signal Processing. Springer.
- 9) Karris, S. T. Introduction to Simulink with Engineering Applications. Orchard Publications. (2006).
- 10) MATLAB Documentation.
(URL: <https://www.mathworks.com/help/matlab/>)
- 11) AnyLogic Documentation.
(URL: <https://anylogic.com/resources/documentation/>)
- 12) Borshchev, A. (2013). The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic 6. AnyLogic North America.
- 13) Gray, S., Zanre, E., & Gray, S. R. J. (2014). Fuzzy Cognitive Maps as Representations of Mental Models and Group Beliefs. In Advances in Environmental Psychology (pp. 63-86). Springer.
- 14) Mental Modeler. (URL: <http://www.mentalmodeler.org/>)
- 15) Vensim Documentation. (URL: <https://vensim.com/documentation/>)
- 16) Stella Documentation. (URL: <https://www.iseesystems.com/>)
- 17) Hannon, B., & Ruth, M. (2001). Dynamic Modeling. Springer.

- 18) Kruse R. et al. Computational Intelligence. A Methodological Introduction. Springer Verlag London 2013, 482 p. URL: www.doi.org/10.1007/978-1-4471-5013-8 (Last accessed: 10.02.2020)
- 19) Computational intelligence. From Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Computational_intelligence
- 20) Fuzzy Cognitive Map. Mental Modeler. URL: www.mentalmodeler.org (Last accessed: 20.09.2020)
- 21) Kosko B. Fuzzy cognitive map. Int. J. Man-Machine Studies. 1986, 24, pp.65-75
- 22) Kelvin and Color Temperature: [Электронный ресурс], – Режим доступа до ресурсу: <https://thegreensunshineco.com/think-beyond-white-led-and-bulb-growlights-kelvin-and-color-temperature/>
- 23) Gray S., Cox L. An Introduction to Mental Modeler: A tool for environmental planning and research. URL: <http://www.mentalmodeler.org/articles/Mental%20Modeler%20Manual%20for%20Workshop.pdf> (Last accessed: 10.02.2020)

--

ДОДАТКИ

Додаток А

Система управління освітлення дитячої кімнати

```
graph LR
    user((user))
    developer((developer))

    user --- UC1(Adjust the required settings)
    user --- UC2(Overview of forms of lighting, their function and location)
    user --- UC3(Visualization overview)
    user --- UC4(Examination of the children's room under the influence of a certain type of light)

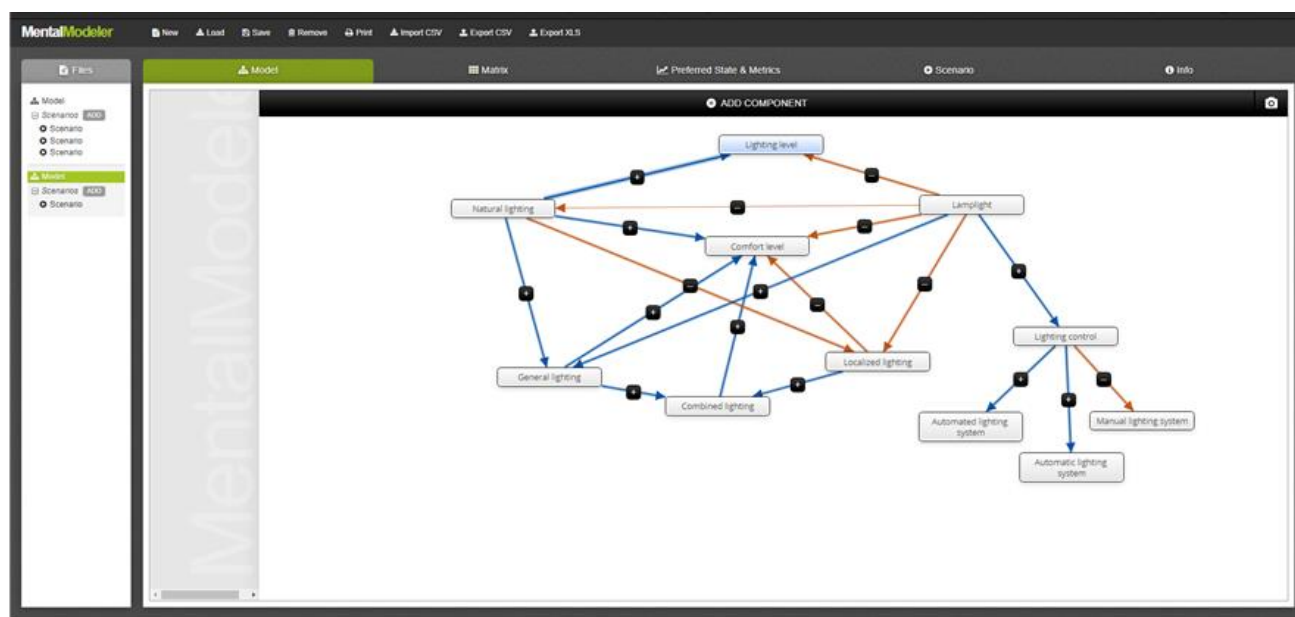
    developer --- UC5(Modeling of all interior elements)
    developer --- UC6(Adjust color and light intensity)
    developer --- UC7(Materials settings)
    developer --- UC8(Interactive settings)
    developer --- UC9(Perspective settings and rendering)

    UC1 --- UC2
    UC2 --- UC3
    UC3 --- UC4
    UC5 --- UC6
    UC6 --- UC7
    UC7 --- UC8
    UC8 --- UC9
```



					Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення на основі моделей і методів обчислювального інтелекту	Лім.			Маса			Масштаб		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розроб.		Мандрик Т.В												
Перевір.		Gkffjd J/J/												
Т. Контр.						Арк. 1			Аркушів 1					
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії								
Н. Контр.														
Затверд.		Ташук О.Ю.												

FCM системи управління освітленням у вигляді графа



					Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення на основі моделей і методів обчислювального інтелекту	Лім.			Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Мандрик Т.В								
Перевір.		Плахов О.О.								
Т. Контр.										
Реценз.						Арк. 1			Аркушів 1	
Н. Контр.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Затверд.		Ташук О.Ю.								

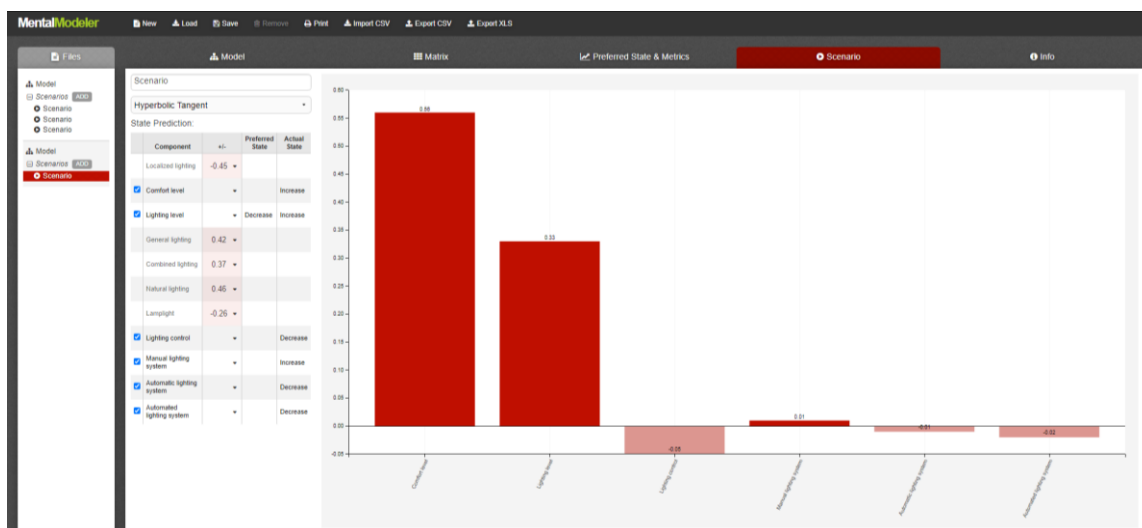
FCM системи управління освітленням у вигляді таблиці

The screenshot shows the MentalModeler software interface. The main window displays a table with 12 columns representing different lighting systems and metrics. The rows list various lighting systems and their corresponding values for different metrics.

	Localized lighting	Comfort level	Lighting level	General lighting	Combined lighting	Natural lighting	Lamp/light	Lighting control	Manual lighting system	Automatic lighting system	Automated lighting system
Localized lighting	-0.19	*	*	*	0.26	*	*	*	*	*	*
Comfort level	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lighting level	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
General lighting	*	0.35	*	*	0.26	*	*	*	*	*	*
Combined lighting	*	0.35	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Natural lighting	-0.22	0.39	0.5	0.3	*	*	*	*	*	*	*
Lamp/light	-0.22	-0.36	-0.42	0.3	*	-0.13	*	0.19	*	*	*
Lighting control	*	*	*	*	*	*	*	*	-0.21	0.22	0.38
Manual lighting system	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Automatic lighting system	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Automated lighting system	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

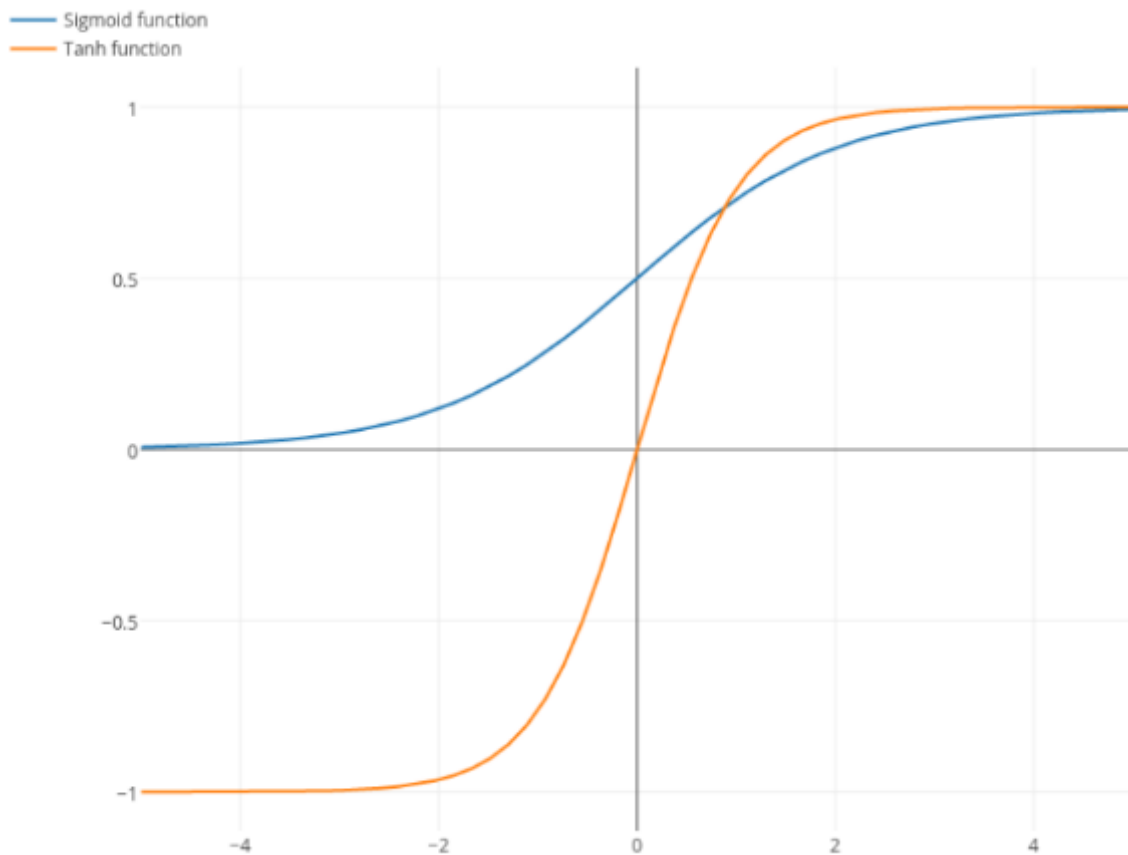
					Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення на основі моделей і методів обчислювального інтелекту	Літ.			Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Мандрик Т.В								
Перевір.		Плахов О.О.								
Т. Контр.						Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.										
Затверд.		Ташук О.Ю.								

Результати моделювання FCM системи управління освітленням за сценарієм Hyperbolic Tangent



						Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення на основі моделей і методів обчислювального інтелекту	Лім.			Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мандрик Т.В									
Перевір.		Плахов О.О.									
Т. Контр.							Арк. 1			Аркушів 1	
Реценз.							Циклова комісія Комп'ютерної інженерії				
Н. Контр.											
Затверд.		Ташук О.Ю.									

Графіки Sigmoid Function та Hyperbolic Tangent Function.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Концептуальна модель проєктованого програмного забезпечення на основі моделей і методів обчислювального інтелекту	Літ.			Маса		Масштаб	
Розроб.		Мандрик Т.В										
Перевір.		Плахов О.О.										
Т. Контр.						Арк. 1			Аркушів 1			
Реценз.						Циклова комісія Комп'ютерної інженерії						
Н. Контр.												
Затверд.		Ташук О.Ю.										