

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний економічний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

Мельник Олег Олегович

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ОСВТІЛЕНІСТЮ «Розумний будинок» / INTELLECTUAL LIGHTING MANAGEMENT SYSTEM "Smart Home"

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Магістерська робота

Виконав студент групи АКІТм-21  
О.О. Мельник

---

Науковий керівник:  
к.т.н., О.І. Волинський

---

Магістерську роботу допущено до захисту:

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я.М. Николайчук

Тернопіль 2018

Тернопільський національний економічний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем  
Освітній ступінь "магістр"  
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
магістерська програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

Я.М.Николайчук

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мельник Олег Олегович

(прізвище, ім'я по-батькові)

### 1. Тема магістерської роботи

Інтелектуальна система управління освітленістю «Розумний будинок» /  
Intellectual lighting management system “Smart home”

керівник роботи к.т.н., О.І.Волинський

затвержені наказом по університету від ”14” листопада 2017 р. № 804

2. Строк подання студентом закінченої магістерської роботи 16 листопада 2018р.

### 3. Вихідні дані до магістерської роботи:

1. Вимоги до технічних характеристик системи

2. Структурна схема системи управління розумного будинку

3. Алгоритм контролю функціонування систем освітленості

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Опис та аналіз систем розумного будинку

2. Вибір та аналіз компонентів інтелектуальної системи управління розумного будинку

3. Автоматизований контроль управління інтелектуальної системи освітлення.

4. Контроль та параметри інтелектуальної системи освітленості

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

## 7. Дата видачі завдання 14 листопада 2017 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем розумного будинку та його параметрів	11.2017р. – 01.2018р.	
2	Вибір та аналіз компонентів інтелектуальної системи управління розумного будинку	02.2018р. – 04.2018р.	
3	Автоматизований контроль управління інтелектуальної системи освітлення	05.2018р. – 07.2018р.	
4	Контроль та параметри інтелектуальної системи освітленості	08.2018р. – 11.2018р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

О.О. Мельник

Керівник магістерської роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

к.т.н., О.І. Волинський

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ТА ЙОГО ПАРАМЕТРІВ.....	9
1.1 Поняття розумного будинку та опис його систем.....	9
1.2 Принципи автоматизації системи освітленості в приміщенні .....	11
1.3 Опис процесу освітлення і модель автоматизації в розумному будинку .	12
1.4 Модель життєвого циклу інтелектуальної системи освітлення.....	13
1.5 Аналіз контролю освітленості в будинку.....	19
2 ВИБІР ТА АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ .....	22
2.1 Компоненти та керування системою освітлення “розумного будинку” .....	22
2.2 Опис моделі інтелектуальної системи освітленості.....	23
3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ.....	29
3.1 Керування освітленням в будинку та їх системи.....	29
3.2 Розроблення роботи системи освітлення в будинку.....	32
3.3 Розробка моделі для систем освітленості "інтелектуального будинку" ....	35
3.4 Модель системи управління освітленістю в будинку.....	39
4 КОНТРОЛЬ ТА ПАРАМЕТРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕНОСТІ.....	42
4.1 Функції систем моніторингу освітленості розумного будинку.....	42
4.2 Об'єкти управління автоматизованих систем освітленості розумного будинку.....	45
4.3 Аналіз систем контролю освітленістю розумного будинку.....	46
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	59
ДОДАТОК А Лістинг програми системи освітлення.....	62

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕОМ – ефективність освітлення мережі

ІБ – інформаційна база

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом

ШНМ – штучна нейронна мережа

AVR – автоматичне введення резерву

ОУ – об'єкт управління

МСО – моніторингова система освітлення

ЛСІМ – логіко-статистична інформаційна модель

ТО – технологія освітлення

ДІ – динаміка інформації

## РЕФЕРАТ

Робота виконана на 64 сторінках та містить 30 рисунків, 6 таблиць, 21 джерело за переліком посилань.

**Мета роботи:** є розробка інтелектуальної системи управління освітленістю і контролю за її параметрами та режимами роботи інтелектуальної системи.

**Методи дослідження.** Методи, методики та технології створення САУ процесами та комплексами різного призначення. Інструментальні засоби моделювання, планування, алгоритмічного і програмного забезпечення задач аналізу та синтезу складних розподілених у просторі гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем.

**Результати роботи та їх новизна:** розроблена інтелектуальна система управління освітленістю в будинку, система контролю параметрів та станів з використанням логіко-статистичної інформаційної моделі.

**Рекомендації по використанню результатів роботи:** результати роботи можуть бути використані в системах управління процесом освітлення будинку, що дозволяє автоматизувати процес контролю освітленості відповідно, реагувати на всі данні які отримані під час процесів освітлення в розумному домі.

**Можливі напрямки розвитку.** Розроблена система контролю освітленості для “розумного будинку” може бути використана як основа охороної системи та такої, що адаптується до біологічного ритму користувача та потреб.

**Ключові слова:** ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ, СИСТЕМА ОСВІТЛЕНОСТІ В БУДИНКУ, КЕРУВАННЯ.

## ABSTRACT

The work is performed on 64 pages and contains 30 drawings, 6 tables, 21 sources by the list of references.

**The purpose of the work** is to develop an intelligent lighting control system and control its parameters and operating modes of the intellectual system.

**Research methods. Methods**, techniques and technologies for the creation of SAU processes and complexes of various purposes. Instrumental means of modeling, planning, algorithmic and software problems of analysis and synthesis of complex distributed computer-integrated systems in space.

**Results of work and their novelty:** an intelligent system of lighting control at home, a system for controlling parameters and states using the Logic of the statistical information model has been developed.

**Recommendations for using the results of work:** the results of work can be used in home lighting control systems, which allows to automate the control of illumination accordingly, to respond to all data obtained during the lighting processes in a smart home.

**Possible directions of development.** The developed lighting control system for a "smart house" can be used as a basis for a security system and one that adapts to the user's biological development and needs.

**Keywords:** INTELLIGENT LIGHTING SYSTEM, MONITORING SYSTEM, LIGHTNING SYSTEM IN HOUSEHOLD, MANAGEMENT.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасних інтелектуальних системах автоматизації та управління будівлями займають ключове місце, забезпечуючи взаємозв'язок усього інженерного обладнання та інтелектуальних систем.

Дослідження останніх років показує стійку тенденцію розвитку інформаційних технологій та такі які в подальшому будуть повністю або частково автоматизовані. Зокрема застосування інтелектуальних систем розумного будинку до справжнього моменту призвело до якісної зміни місця і ролі систем автоматизації та управління будівлями з одного боку і концепції взаємної ув'язки інженерного устаткування об'єктів та організаційно-технічних рішень по експлуатації з використанням систем автоматизації та управління будівлями з іншого боку.

У той же час, системи автоматизації та управління будівлями формують базу для створення нових сервісів для користувачів в рамках об'єкта. Це проявляє себе у підвищенні споживчої привабливості інтелектуальних будівель, що виражається, зокрема, в зниженні страхових ризиків за рахунок підвищення стійкості інтелектуальних будівель до різних дестабілізуючих факторів і зниженні витрат на експлуатацію, тобто у підвищенні ефективності інтелектуальних будівель в порівнянні з традиційними рішеннями.

Дешева робоча сила та енергоносії уповільнюють просування технологій автоматизацій будівель на всесвітній ринок, однак конкуренція на ринку нерухомості робить їх все більш затребуваними.

Разом з тим, економічне зростання останніх років, веде від надлишку електроенергії минулого до її дефіциту в майбутньому, що, у свою чергу, створює передумови більш широкого впровадження енергозберігаючих технологій та алгоритмів керування, які, в першу чергу, забезпечуються системами автоматизації будівель.



**Мета дослідження.** Метою дослідження є створення мікропроцесорної системи управління будівлею, реалізація якої дасть можливість керування роботою її об'єктів (освітленням, електропостачанням) в автоматичному режимі.

**Предметом досліджень** є метод, моделі та засоби автоматизації проектування систем “інтелектуального будинку”.

**Об'єктом дослідження** є процес автоматизованого проектування систем контролю освітленості в приміщенні.

**Методи дослідження:** на основі проаналізованих компонентів, та методів побудови систем автоматичного керування будівлею, вибір найбільш відповідної апаратної бази, вибір засобів розробки програмного забезпечення для контролера і людино-машинного інтерфейсу, розробка алгоритмів керування роботою об'єкта та реалізація цих алгоритмів в програмному забезпеченні для контролера.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в тому , що розробка інтелектуальної систем освітленості, адаптованих до всіх видів будинків придатних для використання систем освітленості розумного будинку, система включає в собі ЛСІМ, що дозволяє слідкувати за всіма станами розумного будинку і не допустити спричинень аварій, або неполадок.

**Практичне значення отриманих результатів** в тому, що на основі розробленого автоматизованого модулю освітленості та їх програмної реалізації побудовано структуру системи автоматизованої системи освітленості будинку на основі системи «Smart House», що дозволить зменшити затрати електроенергії.

**Публікації.** Мельник О.О. Система контролю освітленості в приміщенні з використанням ЛСІМ// О.О.Мельник//Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції "Юриспруденція та проблеми інформаційного суспільства"(ЮПС - 2018))”.-Івано-Франківськ.- 2018.- с. 90-95.

# 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ТА ЙОГО ПАРАМЕТРІВ

## 1.1 Поняття розумного будинку та опис його систем

За останні 20-30 років системи автоматизованого управління перестали бути модною екзотикою. Незалежно від області застосування, будь то будинок, складальний цех або поїзд, метою впровадження таких систем є зниження експлуатаційних витрат, забезпечення важливою інформацією, підвищення безпеки і комфорту. Але, незважаючи на те, що журналістів модних видань зараз більше цікавлять досягнення традиційних ІТ-компаній, прогрес в області автоматизації управління може в найближчому майбутньому відтворити на наше світовідчуття не менший вплив, ніж появи стільникових телефонів і Internet [1].

Для того щоб зрозуміти, як сильно змінилися можливості в області автоматизації за останні роки і як вони досі змінюються, важливо усвідомити значення деяких технологічних проривів, які відбулися за останні роки. Розробники не стоять на місці. Передбачити, як далеко вони підуть вперед всього через кілька років, можна тільки, кинувши погляд назад.

Після завершення ери мейн-фреймів, широкий розвиток одержали мережі міні-комп'ютерів, а потім, дешевих персональних ЕОМ, здатних, тим не менш, вирішувати досить складні професійні завдання. Об'єднані в мережі, подібні пристрої знаходять все більш широке застосування в системах автоматизації різного призначення.

Правда, на шляху технічного прогресу виявилось чимало серйозних перешкод. Мало того, що системи автоматизації різного призначення були автономні, але й подібні по керуючим функціям системи різних виробників були, як правило, не сумісні між собою. Фірми-розробники використовували свої закриті комунікаційні протоколи і не передбачали інтерфейсів для взаємодії з системами інших виробників. Будучи власністю окремих компаній, відповідні продукти і технології автоматизації з роботою піддавалися інтеграції один з

одним. Для вирішення цієї проблеми були потрібні дорогі технічні рішення, пов'язані з написанням нового програмного забезпечення, зміни інтелектуальної технології й закупівлі додаткових компонентів.

Таким чином, у певний момент на ринку склалися об'єктивні передумови для успішного впровадження нових підходів в області автоматизації [2].

Як комплексне рішення задачі спочатку з'явилися Intelligence Buildings (інтелектуальні будівлі), основою яких були структуровані кабельні мережі. Система дозволяла комутувати і використовувати один і той же кабель для потреб АТС, комп'ютерної мережі, системи безпеки і т.д. Потім почали з'являтися системи мультиплексування каналів зв'язку, що дозволяють передавати по одному кабелю різну інформацію одночасно. Бурхливо розвивається інформатика дозволила форсувати ці роботи, коли всім стало ясно, що будь-який проект кабельної системи будівлі застаріває до моменту завершення будівництва.

Розумний будинок – це комплекс електроніки, яка працює всередині або зовні будинку і виконує централізоване управління всіма (або майже всіма) інженерними системами. Під інженерними системами розуміється все технічне обладнання будинку (від каналізації до аудіо-відео техніки). Ідея розумного будинку полягає в тому, що єдиний комплекс електроніки узгоджено управляє роботою всього інженерного забезпечення будинку.

Розумний будинок має ряд переваг: дозволяє економити до 10-18% електроенергії, підвищувати комфорт і безпеку і т.д.

Принцип роботи розумного будинку полягає в центральному комп'ютері, приймаючому сигнали від командних пристроїв, потім ці сигнали передаються виконавчим системам. Управління різними пристроями здійснюється простою системою автоматики [3].

Вперше завдання щодо створення розумного будинку була вирішена в 1978 році компаніями X10 USA і Leviton, які розробили технологію для управління побутовими приладами по проводах побутової електромережі.

Але технологія ця була розрахована на напругу 110В і частоту мережі 60 Гц, тому не набула поширення в Україні. Втім, X10 сьогодні вже вважається застарілим, оскільки створювався для управління електроосвітлювальними пристроями і підтримував всього шість команд управління живленням. Для створення інтелектуального будинку цього явно недостатньо. Аудіо - і відеотехніка вимагають як мінімум команд зміни каналів, зміни гучності, перемотування і управління відтворенням;

А також потрібно керувати ще системою HVAC (опалення, вентиляція, кондиціонування повітря). У пошуках рішень цієї проблеми різними компаніями робилися спроби до розробок нових протоколів передачі даних.

## 1.2 Принципи автоматизації системи освітленості в приміщенні

На сьогоднішній день налічується більше трьох сотень різних протоколів передачі даних в системах автоматики. Всі вони повинні відповідати певним вимогам.

У системах автоматизації помилка в переданих від контролера або до нього даних означає збій виконавчого механізму. Вартість такої помилки може бути дуже велика. Тому наріжними вимогами, що пред'являються до протоколу передачі даних, є надійність протоколу, його стійкість до помилок і можливим обривів лінії.

Завдання, яке вирішується системою передачі даних розробка рішення передбачає наступні виконання наступних вимог: Надійна передача повідомлень, контроль цілісності; Захист від збоїв Надмірність шляхом дублювання вузлів, ліній, мереж; Кільцева топологія, що дозволяє зберегти зв'язок при локалізованому обриві; Ізоляція збійних ділянок і відновлення. Автоматична ідентифікація збійного вузла; Дистанційне керування за допомогою віддалених команд процесом ізоляції і відключення збійних вузлів;

Системи контролю й керування будівель піддаються розширенню кілька разів протягом життєвого циклу. Як правило, якщо підприємство освоює нову продукцію або розширює виробництво, існуючі датчики або замінюються, або доповнюються більш точними. При цьому, простягаючи лінії зв'язку до нових контролерам або інтелектуальним адресним датчикам, часто доводиться стикатися з жорсткими вимогами топології використовуваного протоколу. Тому в даному випадку, ідеальним буде протокол, який має мінімальні вимоги до топології ліній.

Такий протокол прийнято називати протоколом з вільною топологією. Ці процедури повинні бути визначені недвозначно, ясно і чітко і бути безпомилково реалізовані так, щоб всілякі вузли і контролери могли взаємодіяти між собою [4].

### 1.3 Опис процесу освітлення і модель автоматизації в розумному будинку

Об'єктом автоматизації, який розглядається в даній дипломній роботі, є будівля в замиському селищі. У будівлі вже є певні інженерні системи, такі як:

- 1) освітлення;
- 2) електропостачання.

Як видно з вище згаданого, все найнеобхідніше для умов побуту є присутні в системі. Це звичайні радості життя. Вентиляція існує як пасивна система без можливої регулювання і толком не несе основних функцій. Освітлення виконує лише 2 функції - включення і виключення без створення будь-якого комфорту особливо вранці. Тому й постало питання про створення розумного будинку.

Автоматика повинна:

- 1) керувати роботою функціональних елементів;
- 2) вмикати і вимикати приводи електромоторів;
- 3) здійснювати стеження за обладнанням;

4) формувати аварійні сигнали: контроль вентиляції контроль опалення, контроль освітлення і т.д.

Процес автоматизації дозволяє виключити людський фактор. Не рідко буває так, що людина з певних причин забув вимкнути газову плитку або воду у ванній. Це неминуче проводило б до небажаних наслідків. Автоматизація ж не дасть розвитку подібних ситуацій і вчасно прийме відповідні дії.

Коли визначені основні об'єкти автоматизації, проводиться ретельний аналіз усього інженерного обладнання та визначається необхідна кількість точок входу-виходу для управління системою. В даному випадку будуть необхідні модулі як з дискретними входами-виходами так і з аналоговими [5].

Сучасні системи розробляються на основі стандартів, що дозволяє забезпечити, по-перше, їх високу ефективність і, по-друге, можливість їх взаємодії між собою.

#### 1.4 Модель життєвого циклу інтелектуальної системи освітленості

Під життєвим циклом системи зазвичай розуміється безперервний процес, який починається з моменту прийняття рішення про необхідність створення системи і закінчується в момент її повного вилучення з експлуатації.

На кожному етапі виникає певне коло завдань, для вирішення яких необхідне залучення людей, відповідною кваліфікацією: системних аналітиків, експертів в предметній області, проєктувальників, розробників, тестерів і інших фахівців.

Сучасні системи розробляються на основі стандартів, що дозволяє забезпечити, по-перше, їх високу ефективність і, по-друге, можливість їх взаємодії між собою.

Всі стандарти можна розбити на наступні два основні класи:

- Функціональні стандарти, що визначають порядок функціонування системи в інтересах досягнення мети, поставленої перед нею її творцями.

– Стандарти життєвого циклу, що визначають те, як створюється, розгортається, застосовується і моделі, що визначаються стандартами цих двох класів, звичайно ж взаємопов'язані, проте вирішують зовсім різні завдання і характеризуються принципово різними підходами до їх побудови.

Таким чином, життєвий цикл системи охоплює всі стадії і етапи її створення, супроводу та розвитку:

- 1) перед-проектний аналіз (включаючи формування функціональної та інформаційної моделей об'єкта, для якого призначена інформаційна система);
- 2) проектування системи (включаючи розробку технічного завдання, ескізного та технічного проектів);
- 3) розробку системи (у тому числі програмування і тестування прикладних програм на підставі проектних специфікацій підсистем, виділених на стадії проектування);
- 4) інтеграцію та збірку системи, проведення її випробувань;
- 5) експлуатацію системи та її супровід.

Основним нормативним документом, що регламентує життєвий цикл, є міжнародний стандарт ISO/IEC 12207. Даний стандарт визначає структуру життєвого циклу, що містить процеси, які повинні бути виконані під час створення програмного забезпечення системи [6].

Ці процеси підрозділяються на три групи:

- 1) основні (придбання, постачання, розробка, експлуатація та впровадження в дію);
- 2) допоміжні (документування, управління, конфігурація, забезпечення якості, верифікація, атестація, оцінка, аудит і керування);
- 3) організаційні (управління проектами, створення інфраструктури проекту, визначення, оцінка та поліпшення самого життєвого циклу, навчання).

Однак стандарт ISO/IEC 12207 не пропонує конкретної моделі життєвого циклу і методів розробки, його рекомендації є загальними для будь-яких моделей життєвого циклу.

Суть відмінностей в тому, що в каскадній моделі інформаційна система є однорідним і її програмне забезпечення визначається як єдине ціле.

Суть каскадного методу, який зображений на рисунку 1.1, полягає в розбитті всієї розробки на етапи, причому перехід від попереднього етапу до подальшого здійснюється тільки після повного завершення робіт попереднього етапу.

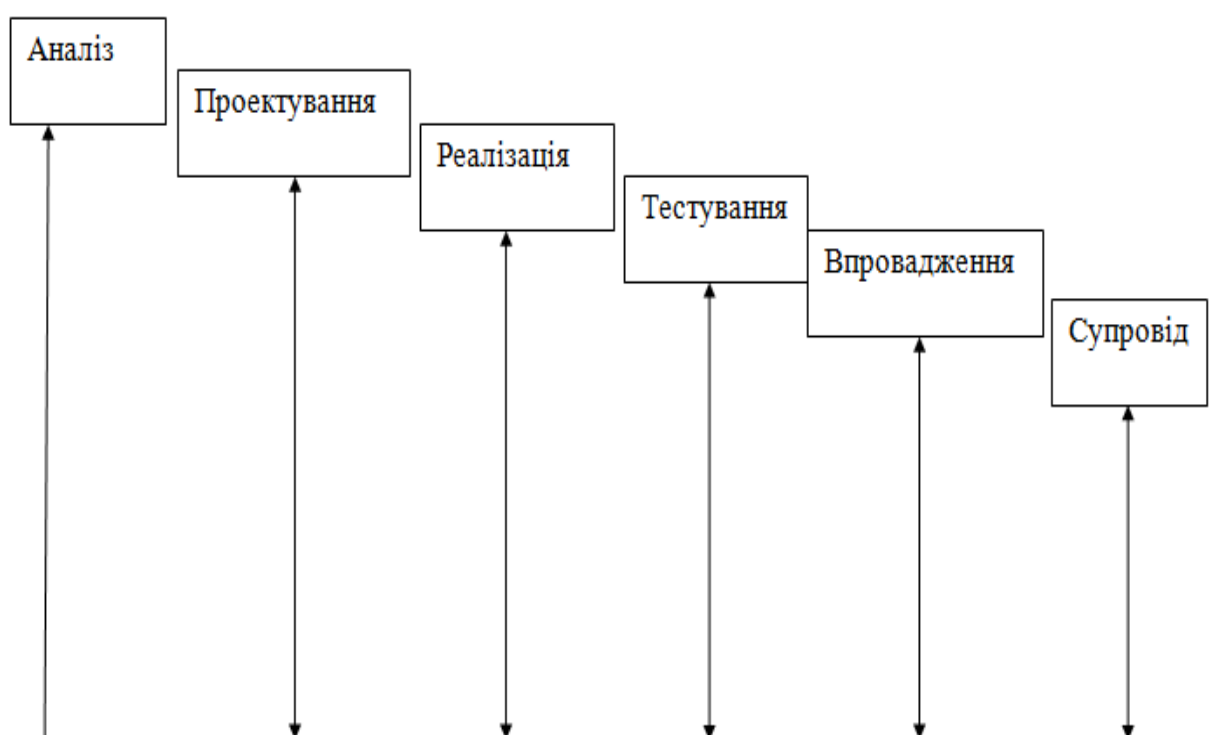


Рисунок 1.1 – Каскадна модель життєвого циклу

Результатом такого конфлікту стала поява моделі з проміжним контролем (рисунок 1.2), яку представляють або як самостійну модель, або як варіант каскадної моделі. Ця модель характеризується між етапним, і коригуваннями, продовжуючи період розробки виробу, але підвищують надійність.

Дана обставина пояснюється тим, що узгодження результатів можливо тільки після завершення кожного етапу робіт. На час же проведення кожного



етапу вимоги жорстко задаються у вигляді технічного завдання. Так що існує небезпека, що через неточний викладу вимог або їх зміни за тривалий час створення програмного забезпечення кінцевий продукт. Дана обставина пояснюється тим, що узгодження результатів можливо тільки після завершення кожного етапу робіт. На час же проведення кожного етапу вимоги жорстко задаються у вигляді технічного завдання.

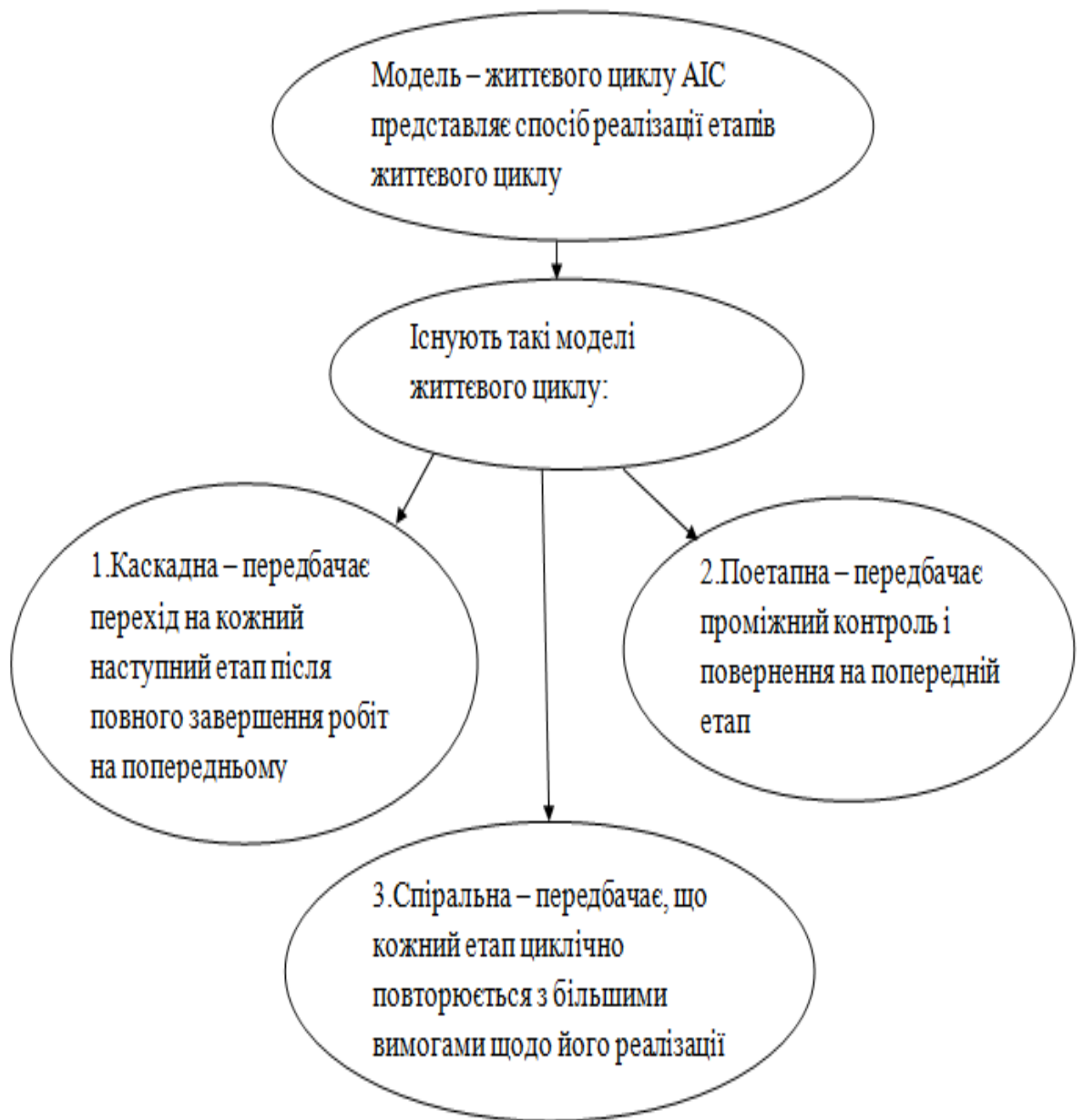


Рисунок 1.2 – Модель життєвого циклу з проміжним контролем

Однак ці дві моделі володіють серйозним недоліком запізнюванням з отриманням результатів. Дана обставина пояснюється тим, що узгодження результатів можливо тільки після завершення кожного етапу робіт. На час же проведення кожного етапу вимоги жорстко задаються у вигляді технічного завдання. Так що існує небезпека, що через неточний викладу вимог або їх зміни за тривалий час створення програмного забезпечення кінцевий продукт виявиться незатребуваним. У спіральній моделі (рисунок 1.3) основний наголос робиться на етапи аналізу та проектування, на яких реалізація технічних рішень перевіряється шляхом створення прототипів [7].

На етапі аналізу відбувається вироблення вимог до мікропроцесорної системі управління розумним будинком. При проектуванні описується функціональна система і програмне забезпечення. На етапі розробки реалізуються елементи системної архітектури.

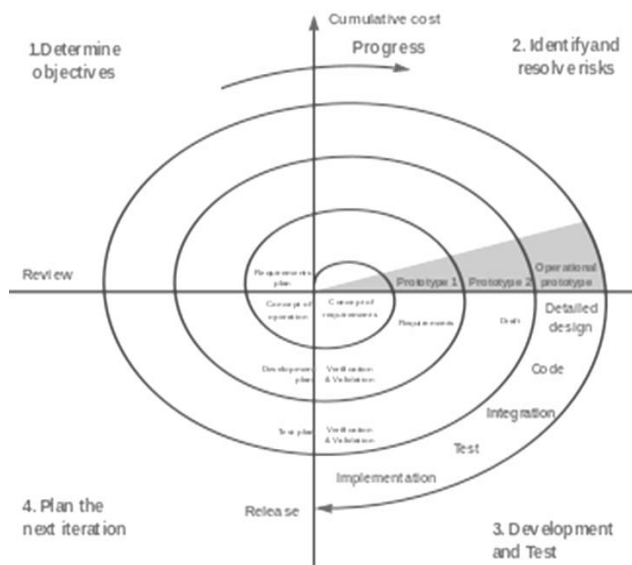


Рисунок 1.3 – Оригінальна спіральна модель життєвого циклу

Спіральна модель дозволяє починати роботу над наступним етапом, не чекаючи завершення попереднього зображено на рисунку 1.4.

На етапі аналізу відбувається вироблення вимог до мікропроцесорної системі управління розумним будинком. При проектуванні описується

функціональна система і програмне забезпечення. На етапі розробки реалізуються елементи системної архітектури.

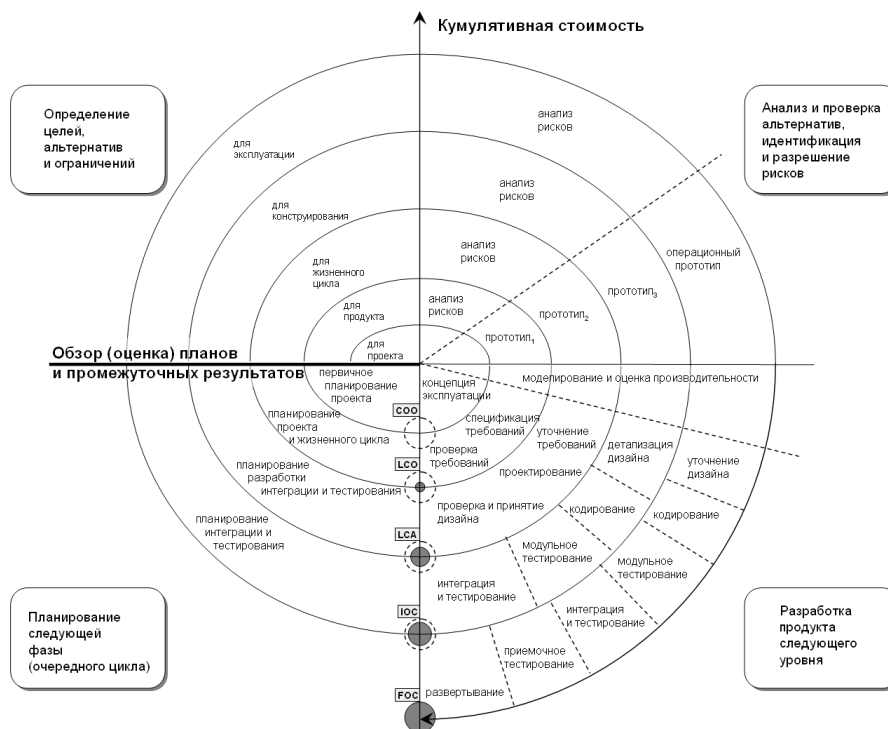


Рисунок 1.4 – Спиральная модель

Порівнюючи ці моделі, можна сказати, що каскадна модель більш універсальна, тобто вона застосовна до виробництва різних виробів, таких як розробляється система управління, тому вона переважніше інших.

До процесу проектування розроблюваної системи можна віднести наступні етапи:

- 1) аналіз;
- 2) проектування;

На етапі аналізу відбувається вироблення вимог до мікропроцесорної системі управління розумним будинком. При проектуванні описується функціональна система і програмне забезпечення. На етапі розробки реалізуються елементи системної архітектури.

Мови, в загальному випадку, характеризуються набором правил (синтаксисом), який стосується правильного використання всіх тверджень.

Помилки часу виконання. Дані помилки з'являтися при взаємодії програми з іншими подіями або умовами. Наприклад, при зверненні до неіснуючого файлу [8]. Для розробки набагато краще використати спіральну модель.

### 1.5 Аналіз контролю освітленості в будинку

Огляд статистики по освітленості в будинках показав, що в даний час на ринку України збільшився попит на технології та програмно-апаратні засоби для управління об'єктами і системи діагностики обладнання, оскільки саме автоматизація стає найбільш доступним, а іноді і єдиним засобом підвищення ефективності, надійності та безпеки складних технічних об'єктів.

Однією з важливих проблем, що вирішуються в процесі створення сучасних систем автоматизації технологічних процесів, є вибір технічних, програмних та інструментальних засобів для реалізації алгоритмів контролю і управління.

Для роботи інтелектуальної системи освітленості розглядалися контролери, на базі яких проектуються автоматичні системи управління, а саме Beckhoff, Siemens, Advantech, Kooyo, WAGO. Продукція більшості виробників володіє багато функціональністю, універсальністю, модульністю. Пристрої різних виробників мають свої переваги і недоліки. Системи, зібрані на базі пристроїв даних виробників, володіють наступними можливостями:

- 1) підключення різних датчиків і виконавчих механізмів до аналогових і дискретних входів;
- 2) управління об'єктом по аналоговим і дискретним виходам;
- 3) підтримка різних комунікаційних інтерфейсів (RS - 232, USB, Ethernet);
- 4) програмування режимів роботи.

Середовище розробки програмного забезпечення для пристроїв конкретного виробника, як правило, унікальна. Програмне забезпечення

багатьох з пристроїв працює під керуванням встановленої операційної системи (наприклад, Windows XP/NT Embedded). Середовище розробки програмного забезпечення для таких пристроїв може бути універсальною для різних виробників. Однак вартість таких пристроїв істотно вище [8].

Керуючі пристрої несуть на собі функції передачі відповідних побажань розумному будинку. Через них контролюється стан приладів та віддається команди. Керовані прилади виконують команди будинку та передають її відповідним електроприладам. Датчики отримують інформацію з навколишнього світу, а шлюзи зв'язку підтримують зв'язок з відповідними керуючими пристроями, та з електроприладами, якими треба керувати не просто подавши напругу, згідно протоколу (RS 485, RS 232, LAN, Wi-Fi чи інфрачервоний зв'язок)

Smart Bus – це система із роздільною логікою, це означає що немає необхідності в центральному процесорі, і якщо ви маєте один керуючий та один керований пристрій, то ви вже володієте розумним будинком. Найчастіше такою базою являються DDP панель та блок реле. А далі вже можна розширювати систему до безкінечності (точніше до 50 000 пристроїв в системі).

В наступному рисунку 1.5 наведені короткі описи найпоширеніших компонентів розумного будинку Smart Bus.

Керуючі пристрої несуть на собі функції передачі відповідних побажань розумному будинку. Через них контролюється стан приладів та віддається команди. Керовані прилади виконують команди будинку та передають її відповідним електроприладам. Проте для зручності вашого розуміння ми розбили цей управління домом на декілька категорій, про кожен з яких розповімо окремо.



Рисунок 1.5 – Компоненти розумного будинку

Розумний будинок - це комплексна система, яка працює як єдине ціле для досягнення повного комфорту проживання в будинку. Проте для зручності вашого розуміння ми розбили цей управління домом на декілька категорій, про кожну з яких розповімо окремо.

Керуючі пристрої несуть на собі функції передачі відповідних побажань розумному будинку. Через них контролюється стан приладів та віддається команди. Керовані прилади виконують команди будинку та передають її відповідним електроприладам.

## 2 ВИБІР ТА АНАЛІЗ КОМПОНЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

### 2.1 Компоненти та керування системою освітлення “розумного будинку”

Керування освітленням – одна з найважливіших підсистем, що забезпечує не тільки комфорт у будинку, але й значну економію споживання електроенергії, адже, за статистикою, від 20 до 50 відсотків від загального обсягу споживаної енергії в будинках і офісах використовуються саме для освітлення.

Однією з основних функцій даної підсистеми є повна автоматизація управління освітленням, що досягається використанням спеціальних датчиків. Для прикладу, зовнішня лампа при вході в будинок спалахує як тільки людина підійшла до дверей, і вимикається через деякий час після її відходу завдяки датчу руху. У житлових кімнатах (спальня, вітальня, та інші) можна встановити звукові датчі, завдяки яким світло вмикається чи вимикається спеціальним звуковим сигналом (наприклад, поплескуванням долонями). Регулювання яскравості задається відповідними пристроями: димерами, реле тощо.

Спеціальні датчі освітлення (фоторезистори) можна розмістити також зовні будинку і при зміні освітленості протягом доби автоматично вмикатиметься або вимикатиметься зовнішнє освітлення фасаду, а також відповідним чином реагуватимуть жалюзі всередині будинку.

Розроблена структура підсистеми освітлення [9] містить звукові датчі, освітлення та руху. В ролі активаторів виступають пристрої вмикання зовнішнього і внутрішнього освітлення будинку та регулювання жалюзями. Приклад спрощеної структури підсистеми освітлення зображено на рисунку 2.1.

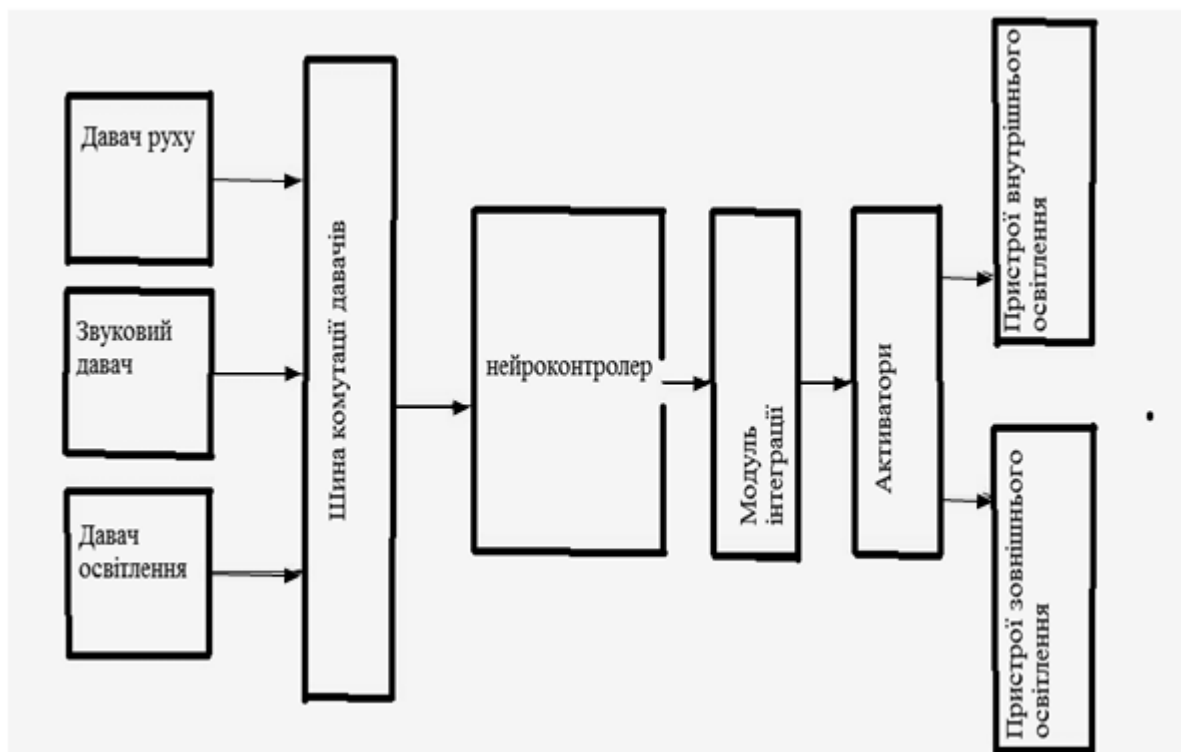


Рисунок 2.1 – Спрощена структурна схема системи освітлення

Від давачів інформація про стан підсистеми передається через спеціальну шину комутації до центрального блоку керування, роль якого виступає розроблений нейроконтролер.

Важливою складовою проектування будь-якої підсистеми є дослідження динаміки та надійності її функціонування. Саме з цією метою розроблено відповідну модель підсистеми освітлення інформаційна база(ІБ). Модель розроблена на основі мереж Петрі і якраз дає змогу дослідити динаміку та надійність підсистеми ще на етапі системного проектування.

## 2.2 Опис моделі інтелектуальної системи освітленості

В основу розробленої моделі покладено відповідні давачі, які передають інформацію до нейроконтролера, а він, в свою чергу, активізує відповідні виконуючі пристрої. Основна задача нейроконтролера полягає в автоматичному регулюванні освітлення в приміщеннях та зовні будинку в такий спосіб, щоб



досягнути мінімальних затрат електроенергії, забезпечуючи при цьому максимальний комфорт для користувача. В розробленій моделі (рисунок 2.2) використано принцип, відповідно до якого при спрацюванні певного датчика відбувається його перехід із стану спокою «0» в активний стан «1».

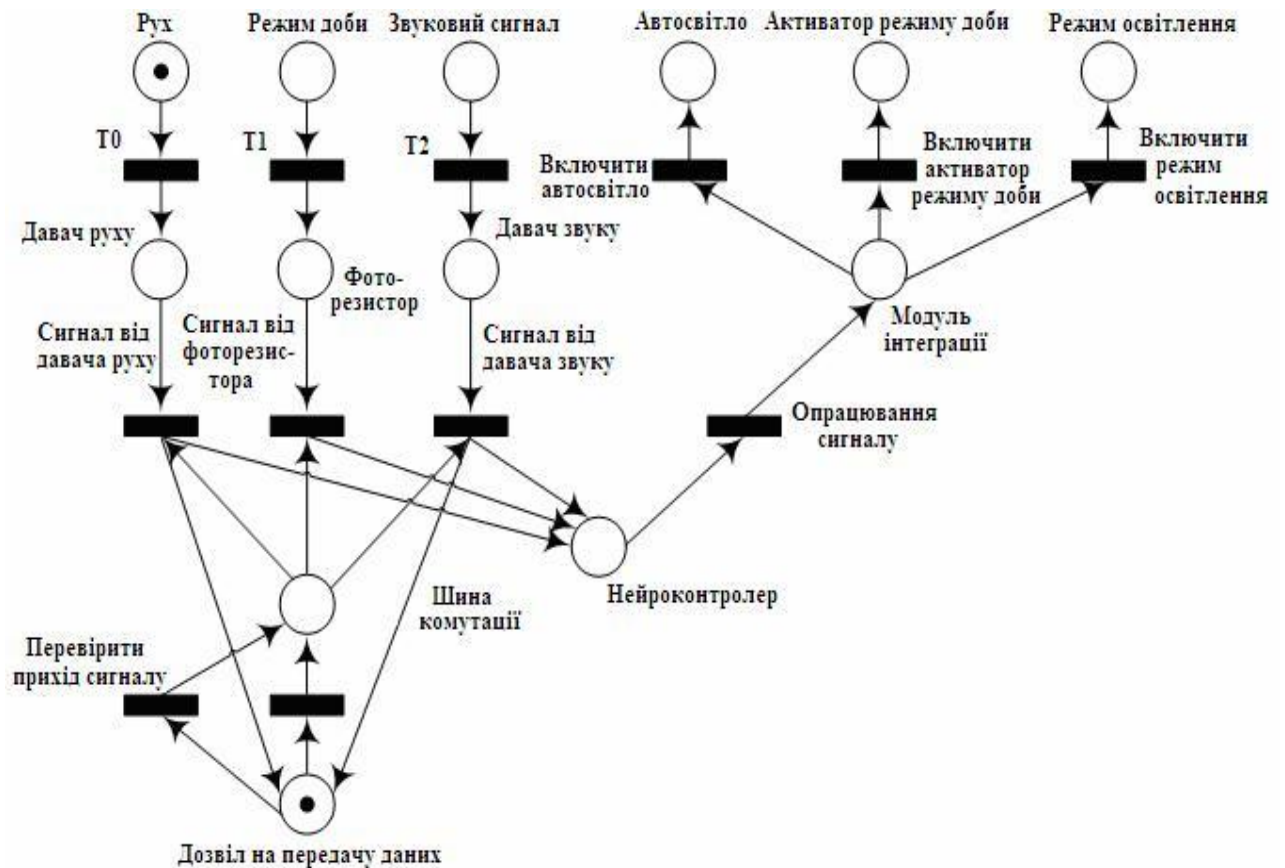


Рисунок 2.2 – Модель для системи освітлення

Наприклад, у випадку переміщення користувача в межах ІБ, дачач руху активізується і, при умові дозволу на передачу даних, сигнал від дачача по шині комутації поступає на вхід нейроконтролера. Дозвіл на передачу даних формує чергу на опрацювання і запобігає, таким чином, втраті інформації. При активізації інших датчиків робота системи відбувається аналогічно.

Нейроконтролер опрацьовує отриману від датчиків інформацію і, відповідно до умов та місця перебування користувача, визначає, де саме вмикати або вимикати світло при русі чи поданні звукового сигналу; при зміні режиму доби автоматично розсувати чи засувати жалюзі, вмикати або вимикати

зовнішнє освітлення будинку тощо. Множини позицій та переходів розробленої на основі мереж Петрі моделі підсистеми освітлення подана в таблицях 2.1,2.2.

Таблиця 2.1. Позиції моделі підсистеми освітлення

Позиція	Призначення
Рух	Рух у місці з встановленим давачем руху
Режим доби	Визначення режиму доби (день/ніч)
Звуковий сигнал	Подання звукового сигналу для увімкнення/ вимкнення освітлення
Давач руху	Давач готовий до передачі інформації
Давач освітлення	Давач готовий до передачі інформації
Давач звуку	Давач готовий до передачі інформації
Шина комутації	Забезпечення передачі даних з давачів на нейроконтролер
Дозвіл на передачу	Формує чергу даних на опрацювання даних
Нейроконтролер	Центральний елемент, який здійснює керування системою освітлення
Модуль інтеграції	Дозволяє взаємодіяти з іншими системами освітлення
Автосвітло	Автоматичне увімкнення/вимкнення світла вхідних дверей та входу до ванної кімнати
Активатор режиму доби	Керування зовнішнім освітленням будинку та жалюзі
Режим освітлення	Увімкнення та вимкнення світла в кімнаті будинку за звуковим сигналом

Модель на основі простої мережі Петрі складається з позицій, переходів, вхідних та вихідних дуг, а також множини початкових позицій (які ініціюються безпосередньо перед запуском моделі). Її структура представляється у такому вигляді:

$$N_{simle} = \{P, T, F, M_0\},$$

де  $P$  – множина позицій;

$T$  – множина переходів;

$F$  – множина вхідних та вихідних дуг;

$M_0$  – множина початкових позицій, які ініціюються перед запуском моделі.

Таблиця 2.2. Переходи моделі підсистеми освітлення на основі мереж Петрі

Перехід	Призначення переходу
t1	Відбувався рух у місці з встановленим давачем руху
t2	Режим доби змінився з дня на ніч/ з ночі на день
t3	Пролунав звуковий сигнал для увімкнення/вимкнення світла
t4	Передача даних на нейроконтролер від давача руху
t5	Передача даних на нейроконтролер від фоторезистора
t6	Передача даних на нейроконтролер від давача звуку
t7	Передача даних заборонена
t8	Передача даних дозволена
t9	Передача сигналів з нейроконтролера на модуль інтеграції
t10	Запуск автоматичного ввімкнення/вимкнення світла вхідних дверей та входу до ванних кімнати
t11	Запуск керування зовнішнім освітленням будинку та жалюзями
t12	Запуск режиму освітлення в кімнатах будинку

При дослідженні розробленої на основі мереж Петрі моделі підсистеми освітлення ІБ встановлено, що всі стани побудованої мережі Петрі досяжні, а множина станів є скінченою, про що свідчить побудований граф досяжності станів, зображений на рисунку 2.3.

Модель на основі кольорових мереж Петрі надає набагато ширші можливості щодо аналізування роботи підсистем даного типу, проте було

прийняте рішення про використання простої мережі Петрі для побудови моделі системи освітлення, оскільки вона має кращі показники економічності [10].

Побудовані моделі дають змогу дослідити основні вихідні параметри системного рівня проектування.

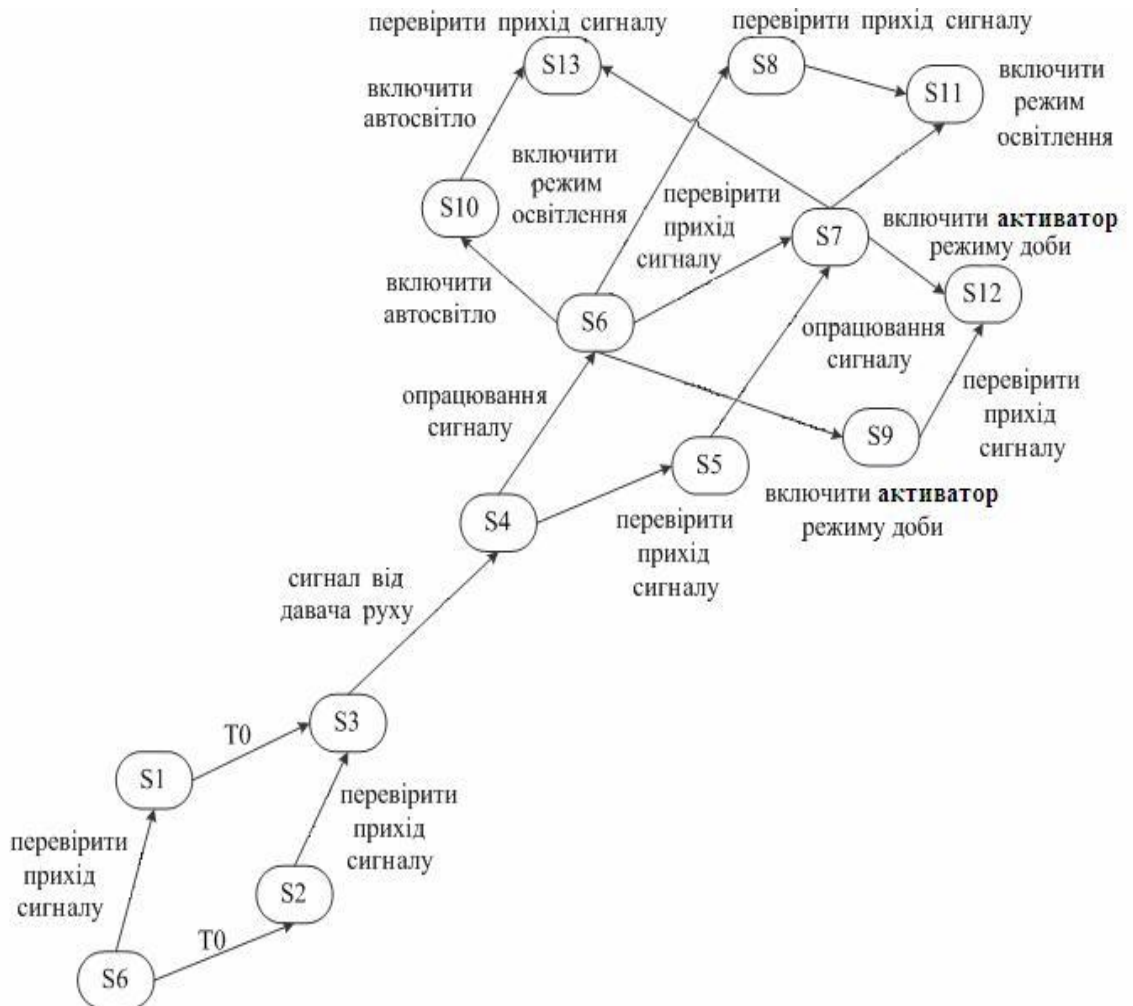


Рисунок 2.3 – Граф досяжності станів мережі Петрі підсистеми освітлення

Контролер опрацьовує отриману від датчиків інформацію і, відповідно до умов та місця перебування користувача, визначає, де саме вмикати або вимикати світло при русі чи поданні звукового сигналу; при зміні режиму доби автоматично розсувати чи засувати жалюзі, вмикати або вимикати зовнішнє освітлення будинку тощо.

Модель на основі кольорових мереж Петрі надає набагато ширші можливості щодо аналізування роботи підсистем даного типу, проте було прийняте рішення про використання простої мережі Петрі для побудови моделі підсистеми освітлення, оскільки вона має кращі показники економічності.

Важливою складовою проектування будь-якої підсистеми є дослідження динаміки та надійності її функціонування. Саме з цією метою розроблено відповідну модель підсистеми освітлення інформаційна база(ІБ). Модель розроблена на основі мереж Петрі і якраз дає змогу дослідити динаміку та надійність підсистеми ще на етапі системного проектування.

В основу розробленої моделі покладено відповідні давачі, які передають інформацію до нейроконтролера, а він, в свою чергу, активізує відповідні виконуючі пристрої.

Однією з основних функцій даної підсистеми є повна автоматизація управління освітленням, що досягається використанням спеціальних давачів. Для прикладу, зовнішня лампа при вході в будинок спалахує як тільки людина підійшла до дверей, і вимикається через деякий час після її відходу завдяки давачу руху.

Контролер опрацьовує отриману від давачів інформацію і, відповідно до умов та місця перебування користувача, визначає, де саме вмикати або вимикати світло при русі чи поданні звукового сигналу; при зміні режиму доби автоматично розсувати чи засувати жалюзі, вмикати або вимикати зовнішнє освітлення будинку тощо.

## 3 АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

### 3.1 Керування освітленням в будинку та їх системи

Автоматизовані системи управління можуть успішно впроваджуватися у виробництво лише за наявності надійного апаратного оснащення і опрацьованого, налагодженого програмного забезпечення. Перша умова - впровадження апаратної частини в більшості випадків не викликає особливих труднощів зважаючи широкого вибору і якості пристроїв для промислової автоматизації. Основною проблемою при впровадженні АСУ ТП може стати програмне забезпечення.

Завдання програмування контролерів для систем автоматизації вельми специфічні, складні, трудомісткі і природно вимагають для свого рішення відповідних інструментальних засобів програмування. Використання універсальних мов програмування високого рівня (C, Pascal, Fortran, Basic) і мов Асемблера дозволяють вирішувати ці завдання, але вимагають при цьому великих знань теорії та технології програмування, особливостей конкретної операційної системи і тонкощів апаратного забезпечення (контролерів, модулів сполучення і т. п.).

Система управління освітленням в собі включення освітлювальних приладів від сутінкового реле в автоматичному режимі, або користувачем в ручному режимі. При роботі в автоматичному режимі фоточутливим елементом освітленості зовнішнього середовища зі встановленим рівнем і якщо результат позитивний відбувається спрацьовування сутінкового реле. Схема підключення сутінкового реле TWS - 1 показана на рисунку 3.1.

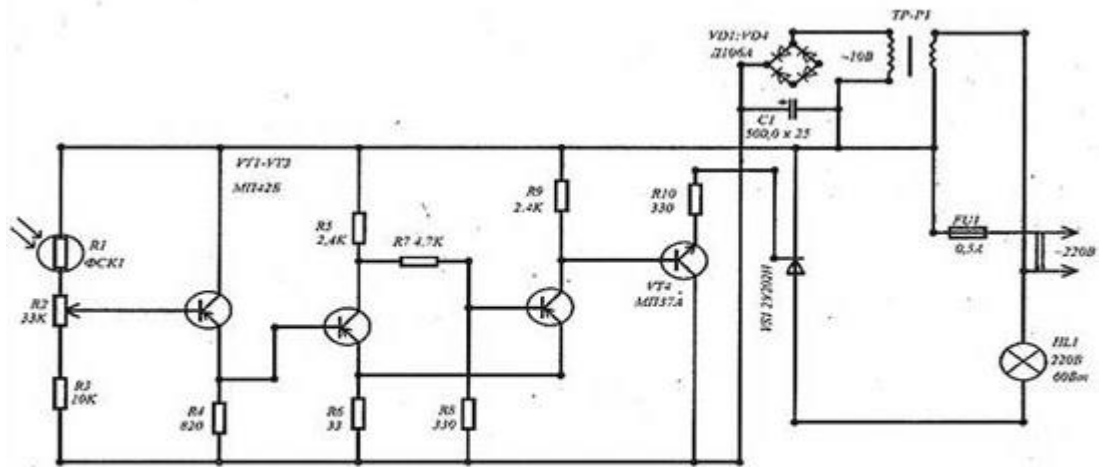


Рисунок 3.1 – Схема підключення сутінкового реле TWS – 1

У даному випадку в якості навантаження використовується реле. При спрацюванні датчика контакти реле замикаються і на виході з'являється напруга 24 В. До виходів реле підключений модуль дискретного вводу KL1408. На рисунку 3.2 показана схема підключення навантаження до KL +1408.

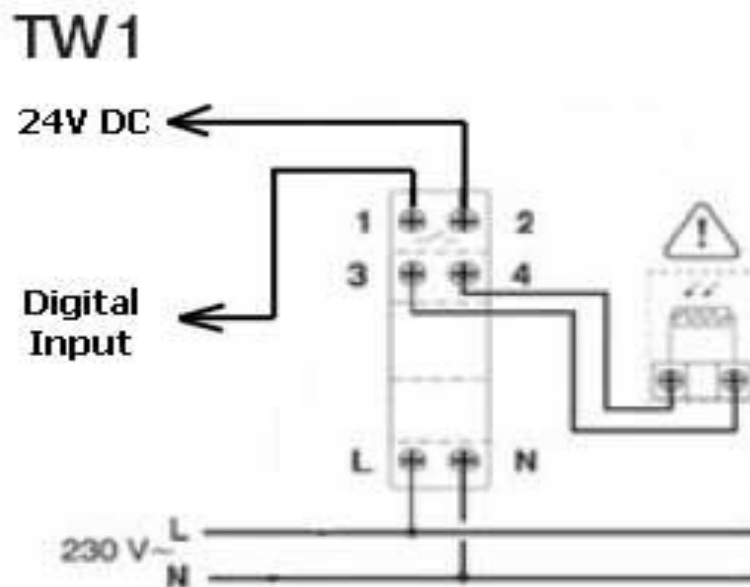


Рисунок 3.2 – Схема підключення навантаження до KL 1408

Система управління “інтелектуальним будинком” є складною системою та охоплює значну кількість складових. Разом з тим, можна виокремити три основні групи елементів, а саме:

- елементи, які призначені для збору інформації в середовищі ІБ – давачі різного функціонального призначення;
- підсистема опрацювання даних, яка передбачає наявність комп’ютера чи мікрокомп’ютера (можна використати синтез мікроконтролерів);
- група елементів, які безпосередньо впливають на середовище, в даному випадку йдеться про різноманітні перемикачі, крани, нагрівачі, зволожувачі тощо.

Реалізація системи “інтелектуального будинку” надзвичайно складна. Вона потребує розв’язання великої кількості практичних задач з різних областей науки і техніки.

Однією з проблем, з якою стикаються інженери в процесі розроблення різних підсистем “інтелектуального будинку”, це необхідність опрацювання сигналів та даних від підсистеми давачів. Кожний давач видає дані в певному форматі, з різною амплітудою, частотою тощо, тому розробники стикаються з необхідністю опрацювання неструктурованих та нечітких даних [11].

Під нечіткими множинами (множинами нечітких даних, чисел) розуміють узагальнення звичайних множин, коли ми відмовляємось від бінарного характеру характеристичної функції (функції, визначеної на множині  $X$ , яка вказує на приналежність елемента  $x \in X$  деякій підмножині  $A$ , де  $A, X$ ) і допускається, що вона може приймати будь-які значення з інтервалу  $[0;1]$ . Відповідно, в дисертаційній роботі запропоновано використати штучні нейронні мережі для опрацювання даних від підсистеми давачів.



### 3.2 Опис параметрів роботи системи освітлення в будинку

Для реалізації підсистеми освітлення аналогічно використовується нейроконтролери. Особливості проектування нейроконтролера для ІБ описано вище. Розглянемо, як приклад, розроблення нейроконтролера для керування освітленням двохкімнатної квартири. Припустимо, що план квартири відповідає зображеному на рисунк 3.3, тобто квартира складається з шести окремих приміщень.

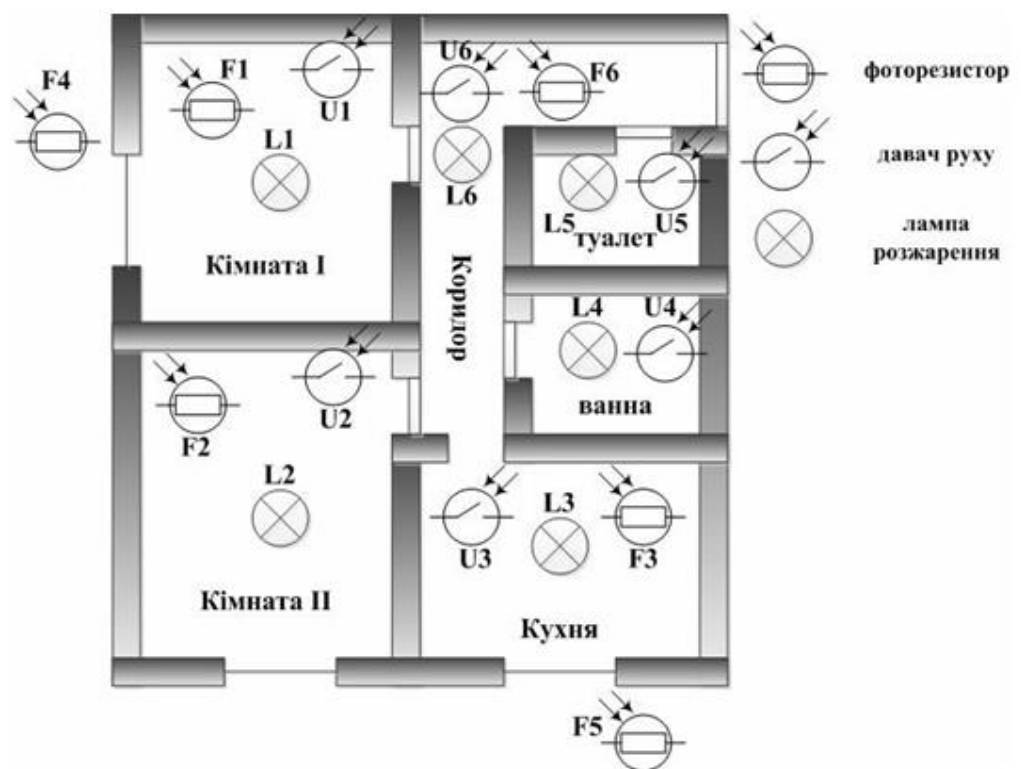


Рисунок 3.3 – Схема розміщення датчиків у приміщенні

Наведена структура мікроконтролера аналогічна до структури підсистеми клімат-контролю, яка передбачає використання нейроконтролера, що складається з апаратної і програмної частин. В середині та за межами квартири розміщені здавачі [12].

При цьому, використовуються найпоширеніші 2 типи датчиків: датчик руху та датчик освітлення (фоторезистор).

Припустимо, що у кожному приміщенні розміщено виконавчий пристрій – лампу. В залежності від побажань замовника та необхідної функціональності, яку має реалізувати нейроконтролер кількість датчиків та їх види можна збільшити.

Отже, в кожному приміщенні є датчик руху, який реєструє факт перебування людини в даній кімнаті (рисунку 3.4). В кімнатах, кухні та коридорі додатково встановлено фоторезистори для визначення освітленості у приміщенні. Також два фоторезистори розміщено з боків будинку ззовні, для того, щоб визначати рівень освітлення наявне на вулиці (час доби).

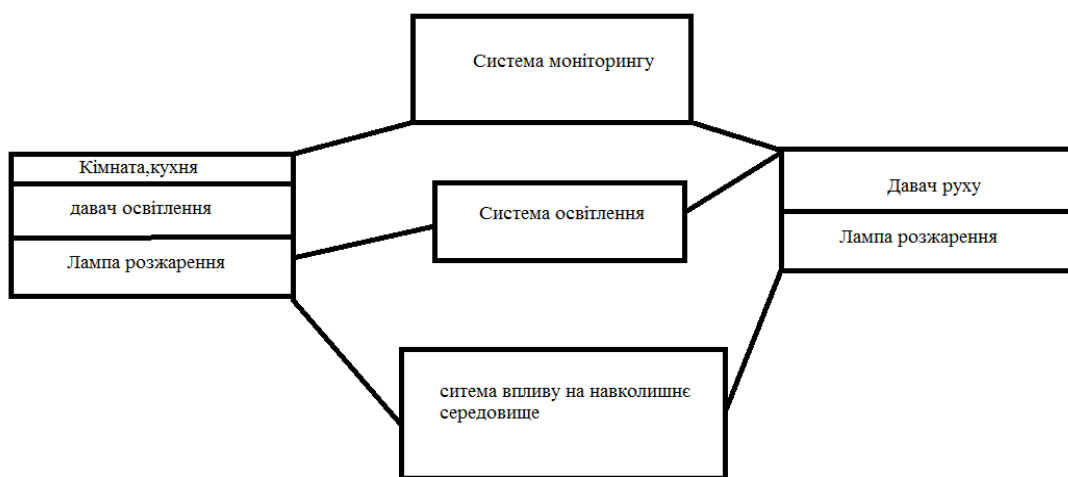


Рисунок 3.4 – Складові підсистема освітлення

Для спрощення організації підсистеми варто виокремити подібні функціональні елементи. Приміщення можна згрупувати за їх функціональним призначенням. Оскільки, у кімнатах та кухні мешканці проводять більшу частину свого часу, то, відповідно, світло там ввімкнено триваліше. Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання. Щоб перевірити коректність мережі, необхідно отримати вихідні значення на наборі тестових прикладів. Розроблену штучну нейронну мережу протестовано і отримано результати [13].

Сценарій роботи системи освітленості в інших приміщеннях, та ізолюваних приміщеннях відповідає наведеному в таблиці 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Сценарій роботи підсистеми у кімнатах і кухні

Пора доби	F <sub>внутрішнє</sub>	F <sub>зовнішнє</sub>	U	L
день	0	0	0	0
світанок	0	0	1	1
ніч	0	1	0	1
вечір	0	1	1	1
ранок	1	0	0	0
ніч	1	0	1	1
вечір	1	1	0	0
ніч	1	1	1	0

Таблиця 3.2 – Сценарій роботи підсистеми в ізолюваних приміщеннях

Режим роботи	U	L
Є активність в приміщенні	0	0
Немає активності в приміщенні	1	1

U – економ режим освітлення;

L – спрацював датчик руху і потрібно максимальне освітлення(згідно пори доби);

Описані сценарії функціонування системи освітлення необхідно реалізувати на основі контролерів.

### 3.3 Розробка моделі для систем освітленості «розумного будинку»

В системі “інтелектуального будинку” маємо справу з нечіткими даними. Побудована модель опрацювання нечітких даних від давачів для підсистеми освітлення “інтелектуального будинку” ґрунтується на використанні штучної нейронної мережі (ШНМ). В даному випадку, як і для підсистеми клімат-контролю, використано ШНМ типу багатошарового перцептрона. В ході розроблення моделі відповідна ШНМ була розроблена та навчена з допомогою програмної системи, яка детально описана в четвертому розділі дисертаційної роботи і отримані проміжні та остаточні результати. Усі результати виводяться у консоль. Структура виведених даних системою є наступною:

- 1) середньоквадратична похибка на останній епосі навчання;
- 2) загальна кількість нейронів;
- 3) кількість вхідних нейронів;
- 4) кількість вихідних нейронів.

Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання. Щоб перевірити коректність мережі, необхідно отримати вихідні значення на наборі тестових прикладів. Розроблену штучну нейронну мережу:

- 1) перелік усіх нейронів (ідентифікатор нейрона, тип передавальної функції, чи балансуєчий нейрон, кількість параметрів передавальної функції);
- 2) ваги зв'язків між нейронами представлені у вигляді матриці суміжності, розміри якої рівні  $neuronCount * neuronCount$ ;
- 3) типи зв'язку між нейронами представлені у вигляді матриці суміжності, розміри якої рівні  $neuronCount * neuronCount$ .

Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання. Щоб перевірити коректність мережі, необхідно отримати вихідні значення на наборі

тестових прикладів. Розроблену штучну нейронну мережу протестовано і отримано результати, які зображено на рисунку 3.5,3.6, 3.7,3.8.

Структура отриманих вихідних результатів наступна:

1)  $n$  блоків з наступною структурою ( $n$  – кількість навчальних тестів):  
вихідні значення, вихідний результат;

2)  $n$  рядків з необхідними кінцевими значеннями.

З отриманих даних бачимо, що побудована штучна нейронна мережа емулює вихідні параметри з заданою точністю. Як видно з отриманих результатів, вихідні дані не відхиляються від реальних результатів більш ніж на 0.02, тобто максимальна похибка близька до 2%.

Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання. Щоб перевірити коректність мережі, необхідно отримати вихідні значення на наборі тестових прикладів.

Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання.

```
9999 Average Error = 0.014791171787897562 //середня похибка  
Perceptron Teacher  
PerceptronNet  
neuronCount: 14 //кількість нейронів  
InputCount = 3 //кількість вхідних  
нейронів OutputCount = 1 //кількість  
вихідних нейронів  
Neuron #0 funcNum = 1 balance = 1 count of parameters = 1  
//ідентифікатор нейрона, тип передавальної функції, чи балансуєчий  
нейрон, кількість параметрів.  
Neuron #1 funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #2  
funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #3 funcNum = 2  
balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #4 funcNum = 1 balance = 1 count  
of parameters = 1 Neuron #5 funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1  
Neuron #6 funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #7 funcNum  
= 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #8 funcNum = 2 balance = 0  
count of parameters = 1 Neuron #9 funcNum = 1 balance = 1 count of parameters  
= 1 Neuron #10 funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #11  
funcNum = 2 balance = 0 count of parameters = 1 Neuron #12 funcNum = 1  
balance = 1 count of parameters = 1 Neuron #13 funcNum = 2 balance = 0 count  
of parameters = 1
```

Рисунок 3.5 – Нейронна мережа освітленості приміщень

Якщо для розв'язування завдання використовувати порогову функцію з порогом 0.5, то ці відхилення не впливають на остаточні результати на рисунку 3.6.

```

-----i i i i-----
-----i i-----
-----i i i i-----
-----i i-----
-----i i-----o o o--
-----i-----
      o o o-----i-----
      o-o o o-----i--o
-o o-----i--
-----i
-----o o o-----i
-----o--o o-----i
-----
-----o o o--

```

Рисунок 3.6 – Результати відхилень

### Input Tests

*0.0 0.0 0.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.022998815821855253$  //вихідний результат*

*0.0 0.0 1.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.9914181945113373$  //вихідний результат*

*0.0 1.0 0.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.9825704241667216$  //вихідний результат*

*0.0 1.0 1.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.9884257410224$  //вихідний результат*

*1.0 0.0 0.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.01074182505350505$  //вихідний результат*

*1.0 0.0 1.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.9815800076959352$  //вихідний результат*

*1.0 1.0 0.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.011366077788593377$  //вихідний результат*

*1.0 1.0 1.0 //вхідні значення*

*Run test:  $y[0] = 0.01716702303562091$  //вихідний результат*

Рисунок 3.7 – Приклади вхідних тестів

Більшість мікроконтролерів програмуються на С-подібній мові, і необхідно написати керуючу програму з навченою нейронною мережею. Для реалізації було вибрано мікроконтролер сімейства AVR.

Output Tests //справжні вихідні значення  
 0.0  
 1.0  
 1.0  
 1.0  
 0.0  
 1.0  
 0.0  
 0.0

Рисунок 3.8 – Результати тестування розробленої ШНМ

Більшість мікроконтролерів програмуються на С-подібній мові, і необхідно написати керуючу програму з навченою нейронною мережею. Для реалізації було вибрано мікроконтролер сімейства AVR. Цей мікроконтролер був вибраний через свою поширеність і простоту роботи. Окрім мікроконтролера необхідні датчики.

Приклад розробленої структури штучної нейронної мережі зображено на рисунку 3.9.

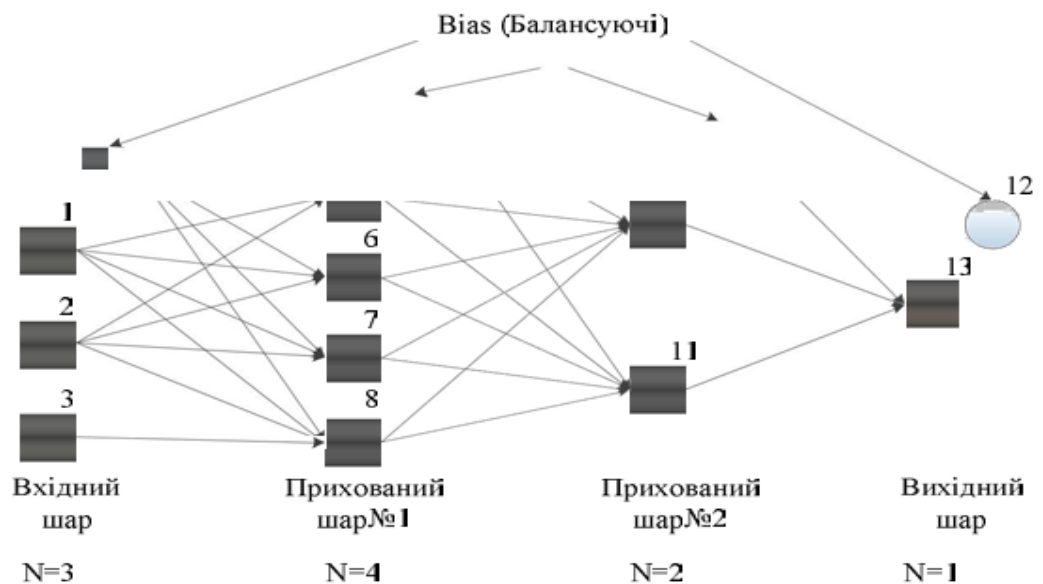


Рисунок 3.9 – Розроблена структура ШНМ для моделі нечітких даних від системи освітлення

### 3.4 Модель системи управління освітленістю в будинку

Таким чином розроблено модель для опрацювання нечітких даних для підсистеми освітлення “інтелектуального будинку”.

Для реалізації нейроконтролера для підсистеми освітлення ІБ, необхідно використати програмований мікроконтролер, який буде містити в собі запрограмовану нейронну мережу [14]. Більшість мікроконтролерів програмуються на С-подібній мові, і необхідно написати керуючу програму з навченою нейронною мережею. Для реалізації було вибрано мікроконтролер сімейства AVR. Цей мікроконтролер був вибраний через свою поширеність і простоту роботи. Окрім мікроконтролера необхідні датчики. Для роботи з датчиками сумісними з мікроконтролерами сімейства AVR написано багато безкоштовних бібліотек, що значно зменшує час створення програм [15].

Програмна модель включає такі блоки:

- 1) блок вибору портів нейроконтролера та введення даних нейроконтролера;
- 2) блок ініціалізації даних мережі;
- 3) блок роботи мережі;
- 4) блок ініціалізації портів нейроконтролера;
- 5) блок основного циклу програми нейроконтролера.

У пам'ять мікроконтролера було записано програму, яку наведено у додатку А і, яка реалізує функції нейроконтролера.

Приклад схеми підключення нейроконтролера до датчиків і виконуючого пристрою зображено на рисунку 3.10.



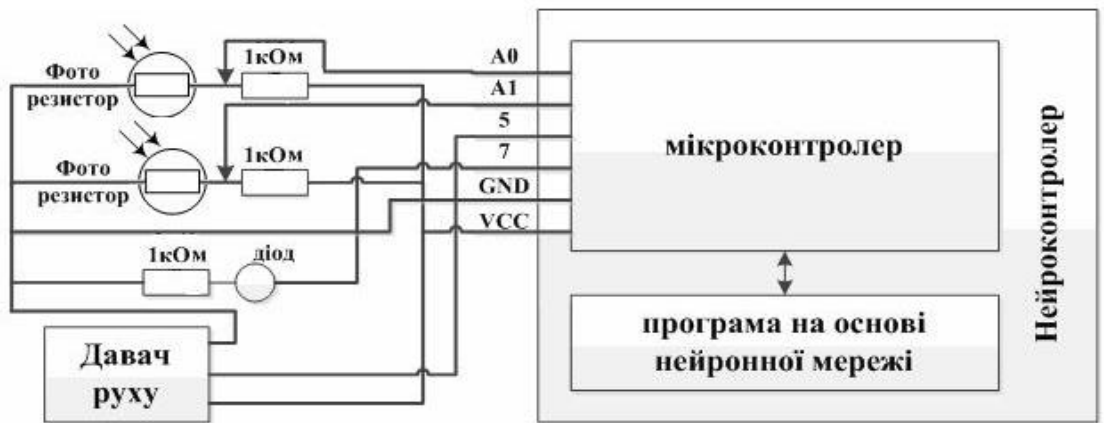


Рисунок 3.10 – Приклад схеми підключення нейроконтролера до датчиків і виконуючого пристрою

Результати роботи контролера виводять через USB (віртуальний COM-порт) зображено на рисунку 3.11.

```

Controller lighting subsystem
MotionSensor1 Digital pin = 0 //немає руху
FotoResistor1 Analog pin = 1 //є світло надворі
FotoResistor2 Analog pin = 1// є світло в кімнаті
Result
0 out = 0.01 //непотрібно запалювати
лампочку Turn off LED //виключити
фотодіод

```

Рисунок 3.11 – Результати роботи контролера

Змодельовано процес функціонування нейронної мережі. Більшість мікроконтролерів програмуються на C-подібній мові, і необхідно написати керуючу програму з навченою нейронною мережею. Для реалізації було вибрано мікроконтролер сімейства AVR. Цей мікроконтролер був вибраний через свою поширеність і простоту роботи. Окрім мікроконтролера необхідні датчики.

Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання. Щоб перевірити коректність мережі, необхідно отримати вихідні значення на наборі тестових прикладів.

При зростанні складності технології виробництва керованими мікропроцесорними засобами розумного будинку, відповідно зростають об'єми, структурна складність моніторингових інформаційних потоків та небезпека виникнення нештатних або аварійних станів контрольованих. Одночасно зростає роль та відповідальність користувачів до забезпечення швидкої суб'єктивної реакції на відхилення від норми та швидкого прийняття правильних рішень по їх ліквідації в інтелектуальній системі освітленості.

Для спрощення організації підсистеми варто виокремити подібні функціональні елементи. Приміщення можна згрупувати за їх функціональним призначенням. Оскільки, у кімнатах та кухні мешканці проводять більшу частину свого часу, то, відповідно, світло там ввімкнено триваліше. Після навчання мережі необхідно перевірити точність навчання, тобто наскільки добре мережа здатна виконувати поставлене завдання.

## 4 КОНТРОЛЬ ТА ПАРАМЕТРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕНОСТІ

### 4.1 Функції систем моніторингу освітленості розумного будинку

Важливою проблемою вдосконалення та підвищення ефективності автоматизованих систем управління освітленістю розумного будинку є відповідний розвиток методів інтегрованого образного відображення на рівні користувача штатних, нештатних, перед-аварійних та аварійних станів об'єкта управління (ОУ). Особливо це стосується вибухо- та екологічно небезпечних ОУ. До таких об'єктів належать мобільні транспортні та літальні апарати, атомні електростанції, установки видобутку, підготовки, транспортування, переробки та зберігання продуктів нафтогазової промисловості, шахти, хімічні, металургійні та інші підприємства.

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу освітленістю полягає у вимірі фізичних параметрів об'єкта, розрахунку їх статистичних характеристик та відображенні станів технологічного процесу у вигляді: таблиці усіх або за вибором користувача певної групи виміряних та розрахованих технологічних параметрів; трендів графіків реєстрації виміряних параметрів та розрахованих статистичних характеристик станів технологічного процесу у часі; реалістичного структуризованого представлення об'єкта чи технологічного процесу на моніторі користувача [16].

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки відображення окремих технологічних та віртуальних розрахункових параметрів здійснюється не інтегровано на екрані монітора користувача і не дозволяє здійснювати структуризовану ідентифікацію стану технологічного процесу та об'єкту контролю. При певній складності об'єкту контролю і великому числі контрольованих та розрахункових технологічних параметрів спостерігається низька ефективність та можливість появи великого

числа помилок дій користувача при ідентифікації станів технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія".

Спосіб контролю параметрів технологічного об'єкта «розумний будинок», який реалізований у пристрої контролю роботи управління освітленням технологічного об'єкта [17] полягає у тому, що стани технологічного об'єкта "норма", "прогноз аварії" та "аварія" розраховуються на основі вимірних параметрів та обчисленої кластерної моделі і кожен з цих станів відображається на окремому індикаторі.

Недоліком такого способу є звужені функціональні можливості та низька інформативність, оскільки результатом аналізу технологічного процесу є контроль відхилення від норми тільки ймовірнісних переходів кластерної моделі без врахування його вимірних та розрахованих статистичних характеристик. Також недоліком є контроль параметрів технологічного процесу шляхом відображення його станів "норма", "прогноз аварії" та "аварія" на багатьох окремих індикаторах, які здійснюють тільки реєстрацію факту відхилення від норми і не дозволяють інтегровано ідентифікувати ці стани.

Спосіб контролю параметрів технологічного процесу управління освітленістю розумного будинку [18] включає циклічний вимір значень кожного параметра і їхнє запам'ятовування, визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра в області можливих значень норми, ідентифікацію стану квазістаціонарного об'єкта, визначення структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнта взаємкореляції, за якими порівнюють ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, структурну кореляційну функцію, коефіцієнти нормованої взаємкореляції між двома параметрами.

Недоліком даного способу є звужені функціональні можливості, які обумовлені тим, що контроль параметрів технологічного процесу не здійснюється шляхом визначення вибірових та зважених ковзних математичних сподівань параметрів технологічного процесу, порівняння

спектральних характеристик вимірювальних значень параметрів технологічного процесу в області можливих значень норми, визначення матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший, визначення оцінки кореляційної ентропії технологічного процесу, формування еталонного зображення образно-кластерної моделі стану технологічного процесу "норма", порівняння параметрів еталонного стану з вимірними, спостережуваними та розрахованими параметрами технологічного процесу "норма", "прогноз аварії" та "аварія" та ідентифікацію стану технологічного процесу відображення на моніторі користувача у вигляді образно-кластерної моделі, що знижує інформативність ідентифікації стану технологічного процесу.

Аналіз архітектур та функцій комп'ютеризованих систем моніторингу освітленості будинку та особливостей взаємодії користувач – моніторингова система освітлення (МСО) у системах управління дозволяє зробити наступні висновки:

1. В існуючих системах даного класу контроль та моніторинг відхилень станів та технологічних процесів об'єктів управління виконується виключно шляхом контролю та реєстрації відхилень по амплітуді.

2. Функції та інформаційна взаємодія МСО в інструкціях по експлуатації.

3. Досліджені моделі та способи відображення даних інтерактивного моніторингу користувачами систем.

4. Практично використовується для інтегрованого відображення на моніторах користувачів результати статистичного, кореляційного, спектрального, кластерного, ентропійного та логіко-статистичного опрацювання квазістаціонарних переходів об'єктів управління у різні інформаційні, технологічні, семантичні та евристичні стани.

5. Підвищення ефективності роботи користувачів в умовах виникнення, перед аварійних, аварійних та еколого-небезпечних ситуацій на промислових установках.

## 4.2 Об'єкти управління автоматизованих систем освітленості розумного будинку

При зростанні складності технології виробництва керованими мікропроцесорними засобами розумного будинку, відповідно зростають об'єми, структурна складність моніторингових інформаційних потоків та небезпека виникнення нештатних або аварійних станів контрольованих ОУ. Одночасно зростає роль та відповідальність користувачів до забезпечення швидкої суб'єктивної реакції на відхилення ОУ від норми та швидкого прийняття правильних рішень по їх ліквідації в інтелектуальній системі освітленості. На рисунку 4.1 наведена структура моніторингу та ідентифікації станів ОУ

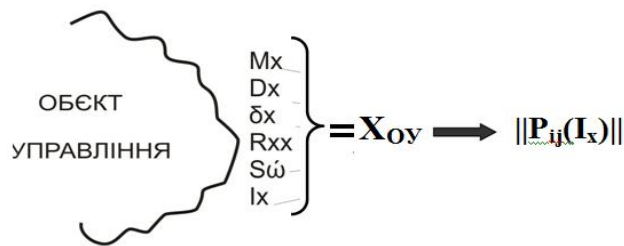


Рисунок 4.1 - Ідентифікація станів ОУ

Згідно структури (рисунок 4.1), параметри ОУ описуються  $M_x$ ,  $D_x$ ,  $\delta_x$ ,  $R_{xx}$ ,  $S_w$ ,  $I_x$  – атрибутами фрейму користувача  $X_{OУ}$  [19].

Згідно визначення параметрів ОУ, контроль параметрів технологічного процесу з можливістю передбачення розвитку передаварійних та аварійних станів технологічного процесу в інтелектуальній системі освітленості, здійснюється згідно наступної послідовності операцій:

$$X_{OУ} = F(\{x_i\}, \{x_j\}, S_{OУ}, M_x, M_j, M_v, D_x, \delta_x, R_{xx}, R_{xy}, S_w, L_i, \rho_{ij}, S_{ij}, P_{ij}, I_x), (4.1)$$

де:  $\{x_i\}, \{x_j\}$  – масиви цифрованих моніторингових даних параметрів ОУ;

$S_{i\omega}$  – відповідно інформаційний та технологічний стани ОУ;

$M_x, M_j, M_v$  – відповідно вибіркове, ковзне та вагове математичні сподівання;

$D_x, \delta_x$  - відповідно дисперсія та середньоквадратичне відхилення;

$R_{xx}$  - автокореляційна функція;

$S_w$  - спектри параметрів ОУ у різних теоретико-числових базисах;

$L_i$  – логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ),  $i \in \overline{1, 5}$ ;

$\rho_{ij}$  - матриця коефіцієнтів взаємкореляції;

$I_x$  - кореляційна міра ентропії стану ОУ.

### 4.3 Аналіз систем контролю освітленістю розумного будинку

Квазістаціонарні об'єкти – це такі ОУ, які стрибоподібно в певний момент часу переходять з одного стаціонарного стану в інший [20].

Приклади поведінки квазістаціонарних ОУ зі зміною математичних сподівань ( $M_i$ ), кореляційних ( $R_{xx}$ ), спектральних ( $S(\omega)$ ) та ентропійних ( $I_i$ ) характеристик показано на рисунках 4.2, 4.3.

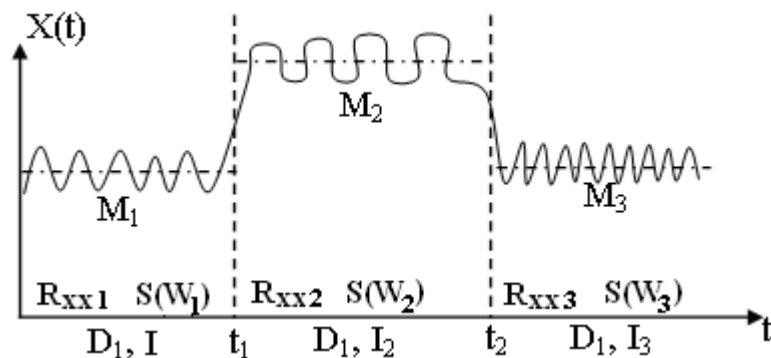


Рисунок 4.2 - Приклад поведінки квазістаціонарного ОУ

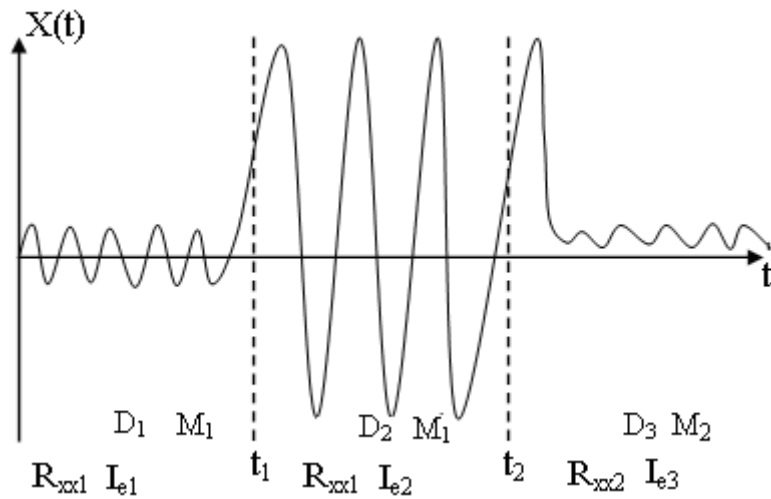


Рисунок 4.3 – Приклад поведінки квазістаціонарного ОУ

Нестационарні ОУ – це такі об’єкти, в яких всі системні характеристики змінюються в часі (рисунок 4.4).

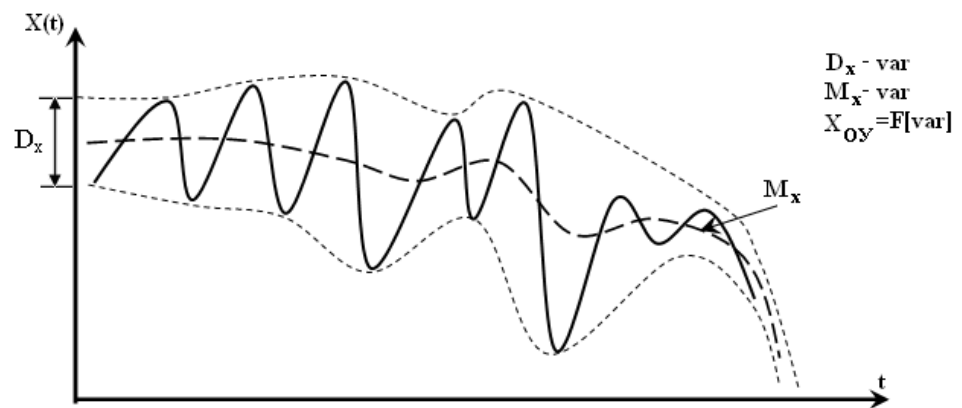


Рисунок 4.4 – Приклад поведінки нестационарного ОУ

Існують чотири класи ОУ за характеристиками центрованості відносно осі абсцис (t):

- нецентровані (рисунок 4.5), де  $A$  – діапазон зміни станів ОУ
- центровані (рисунок 4.6),
- ненормовані (рисунок 4.7);
- нормовані (рисунок 4.8).



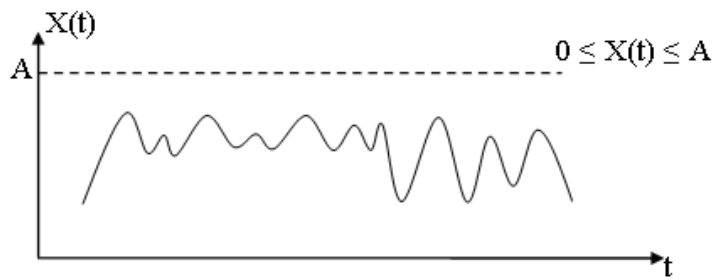


Рисунок 4.5 – Приклад поведінки нецентрованого ОУ

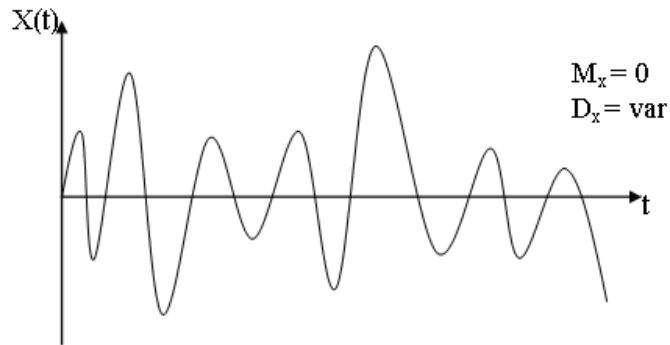


Рисунок 4.6 – Приклад поведінки центрованого ОУ

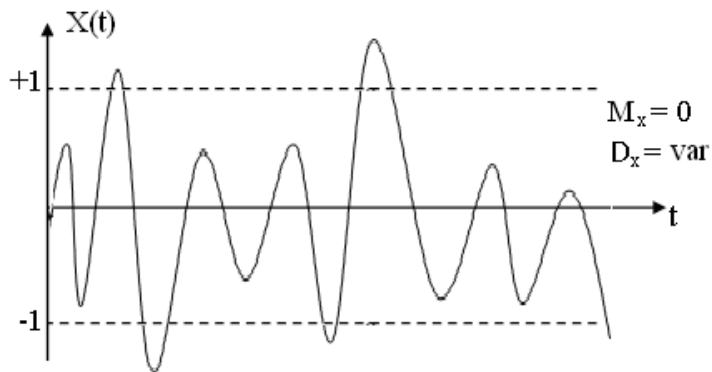


Рисунок 4.7 – Приклад поведінки ненормованого ОУ

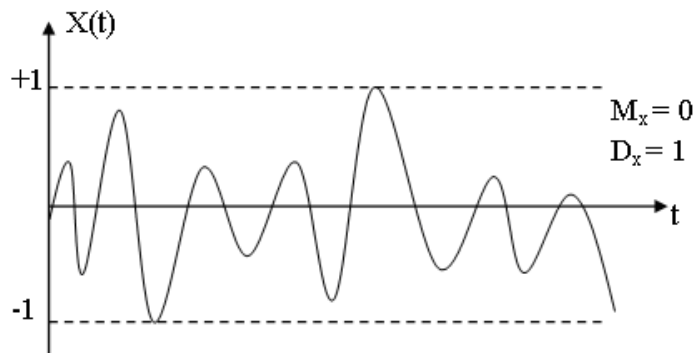


Рисунок 4.8 – Приклад поведінки нормованого ОУ

Важливими характеристиками моніторингу та контролю станів ТО є діагностика відхилень станів ОУ від норми [21]:

- по амплітуді;
- по динаміці;
- по фазі;
- по спектру;
- по глобальній дисперсії.

Система логіко-статистичних інформаційних моделей (ЛСІМ) дозволяє охопити широкий клас задач дослідження сигналів, що формуються ТО, первинної обробки повідомлень в реальному часі. Для побудови ЛСІМ потрібне попереднє обчислення  $(\{x_i\}, M_x, M_j, M_V, D_x, \sigma_x, R_x, S_{\omega})$ .

Контроль динамічних параметрів об'єкту освітленості здійснюється за допомогою другої ЛСІМ (рисунок 4.9). В її основу покладено визначення параметрів функції автокореляції, які відображають динамічні властивості сигналів.

$$L_2 = \begin{cases} 0, C_{xx}(j) \in \varepsilon_2 \\ 1, C_{xx}(j) \notin \varepsilon_2 \end{cases}$$

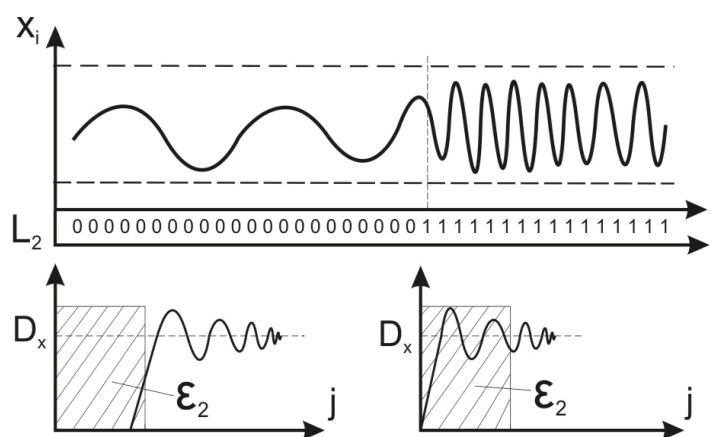


Рисунок 4.9 – Формування ЛСІМ-2

Для виявлення зміни динаміки станів ОУ використовується структурна АКФ, яка вчислюється в ковзному режимі. Для нединамічного процесу структурна функція також не динамічна, а для динамічного вона швидше досягає дисперсії.

Преваги: стан ОУ контролюється по динаміці в умовах; амплітуда процесу не виходять за границі  $\varepsilon_1$ ; зменшення об'єму інформації. Недоліки: складніший алгоритм обчислення  $C_{xx}$ . Контроль відхилення станів ОУ по

приростах  $\Delta_i$  приводить до викидів приростів.

Якщо ОУ знаходиться в нормі, контролер формує символи “0”. Якщо не в нормі - то “1”. Якщо ЛСІМ формує одиницю, інформація передається на центральний сервер, який ініціює переривання її програми і запускає програму аналізу цього об'єкту. Значення змінних визначається за умовою:

$$L_1 = \begin{cases} 0, & x_i \in \varepsilon_1 \\ 1, & x_i \notin \varepsilon_1, \quad L_1 \in \overline{0,1} \end{cases}$$

Квазістаціонарність станів ОУ ускладнює структуру моніторингових даних і потребує застосування марківських процесів та побудови кластерних моделей шляхом визначення наступних переходів ОУ в різні стани згідно атрибутів:

 - дозволений перехід;

 - недозволений перехід;

$s_1, s_{20}$  – стани норми;  $s_{21}$  – передаварійні стани;  $s_{22}$  – аварійні стани.

Приклади переходів ОУ в різних станах показані в таблиці 4.1.

Запропоновані методики побудови моделей відхилень станів ТО від норми та глобальної дисперсії багатоканальних ОУ є важливим інструментом для системного контролю станів інтелектуальної системи освітленості складних багатоканальних об'єктів управління освітленістю і можуть знайти широке застосування в автоматизованих системах управління об'єктів, енергетичної, будівничої, структурної та інших галузей промисловості.

На відміну від оцінки ентропії по Шеннону, яка не враховує ймовірність переходу ДІ з одного стану в інший, оцінка ентропії, яка максимально наближується до власної ентропії ДІ, запропонована Я.М. Николайчуком.

Таблиця 4.1 – Кластерні переходи ОУ для різних станів освітлення будинку

Кластерна і продукційна моделі подання знань про аварійні та передаварійні стани ОУ	

Запропоновані методики побудови моделей відхилень станів ТО від норми та глобальної дисперсії багатоканальних ОУ є важливим інструментом для системного контролю станів інтелектуальної системи освітленості складних багатоканальних об'єктів управління освітленістю і можуть знайти широке застосування в автоматизованих системах управління об'єктів, енергетичної,будівничої,структурної та інших галузей промисловості.

На відміну від оцінки ентропії по Шеннону, яка не враховує ймовірність переходу ДІ з одного стану в інший, оцінка ентропії, яка максимально наближується до власної ентропії ДІ, запропонована Я.М. Николайчуком. Дана інформаційна міра розраховується на основі автокореляційних характеристик ДІ [4]:

$$I_x = n \cdot \hat{E} \left[ \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (D_x^2 - R_{xx}^2(j)) \right],$$

де  $\overset{\circ}{x}_i = x_i - M_x$  – центровані значення масиву даних;

$$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M_x)^2 \quad \text{– дисперсія значень } x_i;$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{– математичне сподівання};$$

$$R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overset{\circ}{x}_i \cdot \overset{\circ}{x}_{i+j} \quad \text{– автокореляційна функція(АКФ)};$$

$m$  – число точок функції  $R_{xx}(j)$  на інтервалі кореляції.

Для аналізу ентропійних характеристик ДІ можуть використовуватися різні кореляційні функції які володіють наступними властивостями [21]:

$H_{xx}$  використовується для спектрального аналізу та аналізу швидкоплинних процесів;

$P_{xx}$  дозволяє підвищити точність оцінки і зменшити об'єм вибірки, зберігаючи при цьому високу швидкодію;

$R_{xx}$  має важливі асимптотичні властивості: значення функції при нульовому зміщенні рівне дисперсії, а при прямуванні до  $\infty$  асимптотично наближається до 0;

$K_{xx}$  завжди приймає позитивні значення і не має операції центрування  $x_i$ ;

$\rho_{xx}$  є центрованою і нормованою оцінкою придатною для розрахунку спектрів;

$\tilde{N}_{xx}$  забезпечує високу точність оцінки при великих зміщеннях  $j$  в квадратичному просторі;

$G_{xx}$  забезпечує високу точність оцінки при великих зміщеннях  $j$  в лінійному просторі;

$F_{xx}$  представлена в лінійному просторі, потребує найменший об'єм вибірки при заданій точності обчислень, характеризується мінімальною обчислювальною складністю і забезпечує високу ефективність в оперативній обробці інформації.

Реалізацію способу контролю параметрів освітленості для різних станів технологічного процесу у порівнянні з еталонним, показано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Станів технологічного процесу

Стан технологічного процесу	Параметри технологічного процесу									
	$\{x_i\}$	$\{y_i\}$	$S$	$M_j$	$M_{xj}$	$M_{yj}$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$C_{xx}(j)$	$R_{xy}(0)$
Значення норми	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
діапазон норми	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
прогноз аварії	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
аварія	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

Стан технологічного процесу	Параметри технологічного процесу										
	$\rho_{xy}$	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$M_x$	$M_y$	$M_{vx}$	$M_{vy}$	$L_4$	$P_{ij}$	$I_x$
Значення норми	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
діапазон норми	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
прогноз аварії	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
аварія	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Запропонований спосіб передбачає наступні види контролю, виконувані в приведеному нижче порядку:

– контроль перебування отриманого значення ковзного математичного сподівання  $M_j$  контрольованих параметрів в області можливих значень норми  $L_1$ ;

– контроль середньостатистичної динаміки  $C_{xx}(j)$  станів технологічного процесу по кожному параметру в області можливих значень норми  $L_2$ ;

– контроль нормованих коефіцієнтів взаємкореляції між кожною парою параметрів  $\rho_{xy}$  в області можливих значень норми  $L_3$ ;

- додатковий контроль вибіркових математичних сподівань  $M_x, M_y$ ;
- додатковий контроль зважених математичних сподівань  $M_{vx}, M_{vy}$ ;
- додатковий контроль відхилень параметрів технологічного процесу по спектру  $L_4$  в області можливих значень норми;
- додатковий контроль кластерної моделі матриці ймовірностей переходу технологічного процесу з одного стану в інший ( $P_{ij}$ );
- додатковий контроль відхилень параметрів технологічного процесу згідно кореляційної міри ентропії  $I_x$ .

Відображення динаміки зміни структуризованого зображення образно-кластерної моделі на екрані монітора користувача відбувається згідно відповідного програмного забезпечення шляхом порівняння вимірних, спостережуваних та розрахованих параметрів технологічного процесу з еталонними.

На рисунку 4.10 та 4.11 представлена система контролю, що реалізує запропонований спосіб контролю параметрів технологічного процесу.



Рисунок 4.10 – Схема роботи датчиків інтелектуальної системи освітлення

Пристрій підготовки інформації 4 являє собою програмний контролер, що реалізує паралельне опитування датчиків і перетворення кодів вихідних величин датчиків, отриманих від блока збору інформації 2 у значення відповідних параметрів. На виході блока збору інформації 2 за допомогою шини 6 в пристрій підготовки інформації надходить набір кодів ансамблю параметрів, які визначаються кодом стану керування  $S_j$ , що надходять з пульта користувача 3 шиною 9 в блок збору інформації 2.

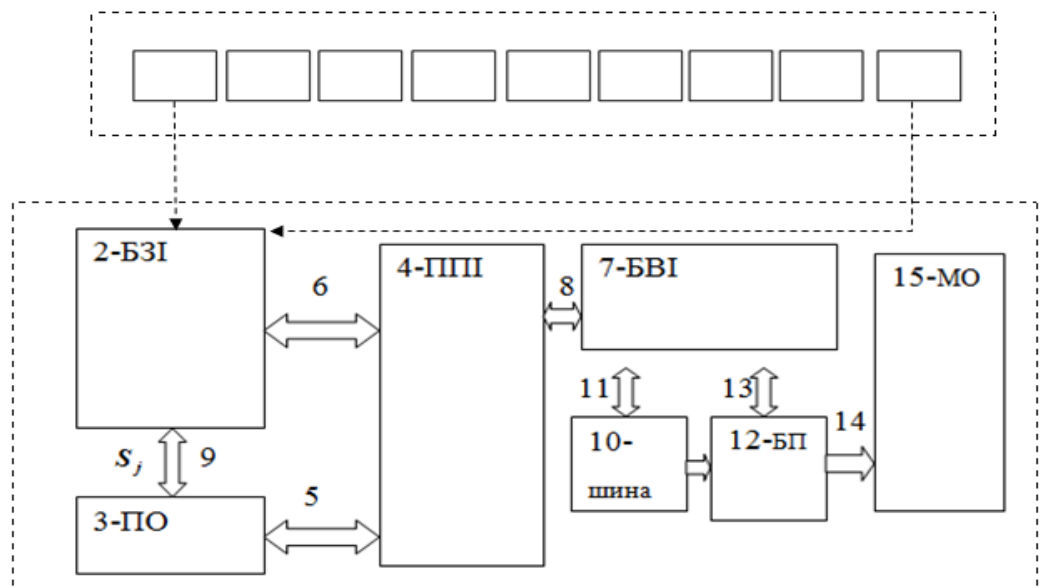


Рисунок 4.11 – Система контролю параметрів технологічного процесу функціонування систем освітлення

Система контролю параметрів технологічного процесу включає:

- 1 - датчики вимірів параметрів 1-1,1-2 ... 1-n,
- 2 - блок збору інформації, до інформаційного входу якого підключені датчики 1-1, 1-2, ... 1-n,
- 3- пульт користувача,
- 4 - пристрій підготовки інформації,
- 5 - перша шина, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і пульт користувача 3,



6 - друга шина, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і блок збору інформації 2, блок введення інформації 1,

7 - блок виведення інформації,

8 - третя шина, що з'єднує блок виведення інформації 7, який додатково відображає на моніторі користувача образно-кластерну модель і пристрій підготовки інформації 4,

9- шина, що з'єднує пульт користувача 3 і блок збору інформації 2,

10 – ПЗП

11 – шина, що з'єднує ПЗП 10 з першим виходом блоку виводу 7,

12 – блок порівняння, перший вхід якого з'єднаний з ПЗП,

13 – шина з'єднання другого входу блоку порівняння 12 з другим виходом блоку виводу 7,

14 - шина з'єднання блоку порівняння 12 з монітором користувача 15.

Блок збору інформації 2 призначений для видачі по сигналу ідентифікації стану об'єкта контролю освітленості від пульта 3 кодів значень виміряних параметрів і передачі їх в пристрій підготовки інформації 4. Коди виміряних значень, які передаються по шині 6 супроводжуються кодом стану об'єкта  $S_j$ , які передаються по шині 5 з пульта користувача 3 в блок попередньої підготовки інформації 4.

Пристрій підготовки інформації 4 являє собою програмний контролер, що реалізує паралельне опитування датчиків і перетворення кодів вихідних величин датчиків, отриманих від блока збору інформації 2 у значення відповідних параметрів. На виході блока збору інформації 2 за допомогою шини 6 в пристрій підготовки інформації надходить набір кодів ансамблю параметрів, які визначаються кодом стану керування  $S_j$ , що надходять з пульта користувача 3 шиною 9 в блок збору інформації 2.

Результатом запропонованого способу контролю параметрів процесу є розширення функціональних можливостей та підвищення інформативності інтегрованого представлення станів об'єкта управління, що дозволяє збільшити

швидкодiю реакцiї користувача на виникнення нештатних ситуацiй та покращення можливостей попередження виникнення аварiй на об'єктах.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі проведений детальний аналіз систем автоматизації будівель. Досліджено протоколи і стандарти, використовувані в автоматизації, основні інженерні системи розумних будинків, принципи побудови мікропроцесорних мереж. У результаті аналізу сучасних комплектуючих для систем контролю освітлення, були підбрані потрібні елементи що відповідають параметрам системи.

В другому розділі проведено аналіз методів розробки програмного забезпечення. Для написання основної логіки управління роботою системи. Вибір компонентів для освітленості приміщень. Функції управління були розділені між контролерів і людино-машинним інтерфейсом таким чином, щоб контролер виконував діагностику обладнання та попереджав про виникнення аварійних ситуацій, а людино-машинний інтерфейс виконував управління обладнанням.

В третьому розділі реалізовані загальні принципи автоматизації будівлі. Автоматизовано систему контролю освітленістю, що дозволить знизити витрати на утримання будівлі, забезпечить комплексний захист життя і здоров'я людей, запобігання критичних аварій, значне зниження збитків від них, забезпечить комфортні умови проживання. Все це говорить про ефективність впровадження системи, особливо в великих приміщеннях.

В четвертому розділі реалізовані результати запропонованого способу контролю параметрів технологічного процесу є розширення функціональних можливостей та підвищення інформативності інтегрованого представлення станів інтелектуальної системи освітлення розумного будинку, що дозволяє збільшити швидкодію реакції користувача на виникнення несправностей ситуації та покращення можливостей попередження виникнення аварій в системах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Умный дом, все об автоматизированном жилье и его устройстве - «Проекты дома будущего», [Электронный ресурс]. Режим доступа: [smarthouse2.ru](http://smarthouse2.ru)
2. Атрощенко В.А. К вопросу формирования данных систем управления умного дома / В.А., Атрощенко С.Е.Кошева, М.В.Серикова // Журнал «Современные проблемы науки и образования» 2008. – 2008. – Р. 320-429.
3. Каховский Д.А. Разработка и исследование алгоритмов управления модуля энергосбережением системы «умный дом» / Д.А.Каховский,Т.В Завадская.// Материалы Международной научно,техническая конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Компьютерная и программная инженерия – 2016»,Донецк 2003. – 2009. – Р. 192-238.
4. S.Helal/W.Mann/H.El-Zabadani/J.King/Y.Kaddoura, E. Jansen - The Gator Tech Smart House: a programmable pervasive space/ // IEEE Xplore Digital Library, [Электронный ресурс]. Режим доступа: [asasni.cs.up.ac.za](http://asasni.cs.up.ac.za)
5. J. Orr Robert, D. Abowd Gregory/The smart floor: a mechanism for natural user identification and tracking // CHI EA '00 CHI '00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, ACM New York, NY, USA ©2000, [Электронный ресурс].-Режим доступа: [dl.acm.org](http://dl.acm.org)
6. Волшин М.Е., Найбауэр Д. Ю., Тутов И.А. Система «умный дом» в современном мире. // XII Всероссийская научно,практическая конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования», [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [earchive.tpu.ru](http://earchive.tpu.ru)
7. Кусакин И.И., Михайлов Д.М. Программно, аппаратный комплекс автоматизированного контроля целостности инфраструктуры жилых помещений для социального обеспечения // Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [mn.mephi.ru](http://mn.mephi.ru)

8. Каховский Денис Андреевич Исследование закономерностей формирования погодных параметров на территории города Донецка. Разработка визуальных методов оценки состояния погоды. // Автореферат магистерской работы, [Электронный ресурс]. Режим доступа: [masters.donntu.org/2013/fknt/kakhovskiy](http://masters.donntu.org/2013/fknt/kakhovskiy)

9. Миронюк Максим Владимирович. Разработка модели взаимодействия контроллеров на основе интерфейса ZigBee. // Автореферат магистерской работы, [Электронный ресурс]. Режим доступа: [masters.donntu.org/2013/fknt/mironyuk](http://masters.donntu.org/2013/fknt/mironyuk)

10. Офіційний сайт Ардуіно, [Електронний ресурс]. Режим доступу: [arduino.ru/About](http://arduino.ru/About)

11. Вікіпедія - вільна енциклопедія, стаття "Arduino", [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [ru.wikipedia.org/wiki/Arduino](http://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino)

12. Лобур М. В. Методи та моделі для наскрізного проектування вбудованих систем / М. В. Лобур. – Київ : НТУУ “КПІ”, 2004. – 32 с.

13. Xu M. Design and Implementation of a Wireless Sensor Network for Smart Homes Xu, L. Ma, F. Xia, T. Yuan, J. Qian, M. Shao // Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), October 26-29, 2010. – 2010. – P. 239 – 243.

14. Sriskanthan N. Bluetooth based home automation system / N. Sriskanthan, F. Tan, Karande // Microprocessors and Microsystems. – 2002. – V. 26. – P. 281-289.

15. Piyare R. Bluetooth Based Home Automation System Using Cell Phone / R. Piyare, Tazil // IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics, June 14-17, 2011. – 2011. – P. 192-195.

16. Mowad M. A. L. Smart Home Automated Control System Using Android Application and Microcontroller / M. A. L. Mowad, A. Fathy, A. Hafez // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2014. – V. 5, No. 5. – 935-939.

17.Yuan D. The design of smart home monitoring system based on WiFi electronic trash / D. Yuan, S. Fang, Y. Liu // Journal of Software. – 2014. – V. 9, No. 2. –P. 425-428.

18.Liang L. Design and implementation of wireless Smart-home sensor network based on ZigBee protocol / L. Liang, L. Huang, X. Jiang, Y. Yao // International Conference “Communications, Circuits and Systems” (ICCCAS’2008), October 14-17, 2008. – 2008. – P. 434-438.

19.Сніжко Є. М. Моделювання дискретно-аналогових систем мовою VHDL-AMS / Є. М. Сніжко, М. М. Мілих. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2008. – 72 с.

20.Перспективи ринку систем "Розумний будинок" [Електронний ресурс]. URL: <http://alls.in.ua/17818-perspektivi-rinku-sistem-rozumnijj-budinok.html>

21.Системи безпеки “Інтелектуального будинку” [Електронний ресурс]. URL: <http://dim.promotion-soft.com/bud-remont-2012-07-07-5508/>

## ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

```

int val = 0;
//початок блоку вибору портів нейроконтролера та введення даних
нейроконтролера
#define MotionSensor1 2 //визначення порта, з якого зчитується сигнал від
давача
#define FotoResistor1 A0 //визначення порта, з якого зчитується сигнал від
давача
#define FotoResistor2 A1 //визначення порта, з якого зчитується сигнал
від давача #define FR1 0 //визначення порта, з якого зчитується сигнал
від давача
#define FR2 1 //визначення порта, з якого зчитується сигнал від давача
#define lightConst 980 // константа граничного сигналу від фото резисторів, при
якому освітленість прирівнюється до 0

// кількість циклів активності сигналу від давачу
int countMotion1Active = 10; руху
int motion1Status = 0; //значення давача руху
int FR1Status = 0; //значення фото резистора ззовні
int FR2Status = 0; //значення фото резистора всередині
//кінець блоку вибору портів нейроконтролера та введення даних
нейроконтролера

//початок блоку ініціалізації портів
void setup() //ініціалізація портів
{
    pinMode(MotionSensor1, INPUT); //ініціалізація порту для давача
руху pinMode(FotoResistor1, INPUT); //ініціалізація порту для фото
резистора ззовні pinMode(FotoResistor2, INPUT); //ініціалізація порту
для фото резистора всередині pinMode(7, OUTPUT);
Serial.begin(9600); // setup serial
Serial.println("NeuroControllr lighting subsystem");
}
//кінець блоку ініціалізації портів
//початок блоку основного циклу програми
void loop()
{
    countMotion1Active--; //зменшити кількість циклів повторення
сигналу від давача руху val = digitalRead(MotionSensor1); //зчитати
значення від давача руху
    if(val==1) //якщо з'явився рух

```

```

    {
        motion1Status = 1; //встановити статус давача руху як 1
        countMotion1Active = 10; //кількість циклів повтору
    } else if(countMotion1Active<0)
    {
        countMotion1Active = 10; //кількість циклів
        повтору = 10 motion1Status = 0; //встановити статус
        давача руху як 0
    }
        Serial.print("MotionSensor1          //вивести значення від
Digital pin = ");          давача руху
        Serial.println(motion1Status);
        val = // зчитати значення від зовнішнього
analogRead(FR1); фоторезистора
        if(val<lightConst)FR1Status = 1;// якщо значення менше за порогове, то
встановити статус
        фото резистора як 1
        else FR1Status = 0; //навпаки - встановити статус 0
        Serial.print("FotoResistor1 Analog pin = ");//вивести значення від
зовнішнього
        фоторезистора
        Serial.println(FR1Status);
        val = analogRead(FR2);// зчитати значення від внутрішнього
фоторезистора
        if(val<lightConst)FR2Status = 1; // якщо значення менше за порогове, то
встановити статус
        фото резистора як 1
        else FR2Status = 0; //навпаки - встановити статус 0
        Serial.print("FotoResistor2 Analog pin = ");//вивести значення від
внутрішнього
        фоторезистора
        Serial.println(FR2Status);
        Serial.println();
        input [0] = FR1Status;//перенести значення від давачі у масив вхідних
значень мережі
        input [1] = FR2Status;
        input [2] =
motion1Status;
netCalc();
        if(output [0]<0.5) //якщо вихідний результат менший за 0.5
        {
            digitalWrite(7,LOW); //погасити фотодіод
            Serial.print("Turn off LED");
        }
}

```



```
if(output [0]>0.5) //якщо вихідний результат більший за 0.5
{
  digitalWrite(7,HIGH);//запалити фотодіод
  Serial.print("Turn on LED");
}
delay(1000);//встановити паузу 1000 мс.
}
//кінець блоку основного циклу програми
```