

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет “Львівська політехніка”

**БЕРЕГОВСЬКИЙ ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ**



УДК 004.942; 004.02

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ  
“ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ”**

Спеціальність 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів – 2017

**Дисертацією є рукопис**

**Робота виконана** у Національному університеті “Львівська політехніка”  
Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Теслюк Василь Миколайович,**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
професор кафедри систем автоматизованого проектування.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Соколовський Ярослав Іванович,**  
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів,  
завідувач кафедри інформаційних технологій.

кандидат технічних наук, доцент  
**Шило Галина Миколаївна,**  
Запорізький національний технічний університет,  
м. Запоріжжя, виконувач обов’язків завідувача кафедри  
інформаційних технологій електронних засобів.

Захист відбудеться 11 травня 2017 р. о 16 год. на засіданні спеціалізованої  
вченої ради Д 35.052.05 у Національному університеті “Львівська політехніка”  
за адресою: 79013, м. Львів, вул. С.Бандери, 12, корп.. XI, ауд. 218.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Національного  
університету “Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів,  
вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий “ 10 ” квітня 2017 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
д.т.н., професор



Р.А.Бунь

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Забезпечення комфортних умов проживання для мільйонів людей є однією з пріоритетних задач сучасності. Одним з можливих шляхів вирішення цієї проблеми є широкомасштабне використання технологій “інтелектуального будинку” (ІБ). Ядром таких комплексів є апаратно-програмна система, що дає змогу забезпечити максимально комфортні умови проживання з задоволенням індивідуальних вимог та потреб користувача та з можливістю суттєвого скорочення енергетичних витрат.

Значний внесок в теорію та практику автоматизованого проектування (АП) систем ІБ внесли: *M. Seaman, A. K. Nabih та ін.* – моделі системного рівня проектування; *Ткаченко Р.О., Хайкіна С., Івахненко О., Бодянський Є. та ін.* – моделі опрацювання нечітких та неструктурованих даних на основі штучних нейронних мереж (ШНМ); *I. Walker, M. Sherman* – моделювання систем вентиляції у системах “інтелектуального будинку”; *Lee H., Kwon J.* – використання моделей на основі онтологій для моделювання в області розроблення систем “інтелектуального будинку”; *T. Ogawa, E. A. Aydin* – керування пристроями без фізичного контакту, та ін.

Аналіз існуючих методів та моделей для АП систем ІБ дає змогу стверджувати про необхідність розроблення моделей для системного рівня АП, методу автоматизованого синтезу таких моделей та моделей для опрацювання нечітких та неструктурованих даних від підсистеми давачів. Тому, тема дисертаційного дослідження “Математичне та програмне забезпечення автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку” є актуальною.

**Зв'язок роботи із науковими програмами, планами темами.** Дисертаційні дослідження виконувалися відповідно до наукового напрямку кафедри “Системи автоматизованого проектування” Національного університету “Львівська політехніка”: “Автоматизація проектування та моделювання вбудованих систем”, “Автоматизація проектування та моделювання систем “розумного будинку”. Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи “Розроблення базових компонентів для синтезу інтелектуальних мобільних робототехнічних систем” (номер державної реєстрації 0113U003191).

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку” на основі розробленого методу, моделей та засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв’язати такі задачі:

- здійснити аналіз існуючих методів, моделей і засобів автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”;
- ввести інтелектуальний аспект у процес автоматизованого проектування та розробити метод автоматизованого синтезу моделей на основі теорії мереж Петрі;
- розробити структурні моделі на основі мереж Петрі для системного рівня автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”;
- розробити моделі для реалізації інтелектуальних функцій на основі штучних нейронних мереж, які дають змогу опрацьовувати неструктуровані та нечіткі дані від підсистеми збору даних про оточуюче середовище;
- розробити фізичні моделі роботи підсистем “інтелектуального будинку”;

– програмно реалізувати розроблені метод та моделі, розробити математичне та технічне забезпечення систем для автоматизації проектування систем “інтелектуального будинку”.

*Об’єктом дослідження* є процес автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”.

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

**Методи дослідження.** У дисертаційній роботі для розв’язання поставлених задач використано: при розробленні методу, моделей, засобів і алгоритмів – теорія системного аналізу, теорія кольорових та простих мереж Петрі, теорія графів; при розробленні математичних моделей – теорія математичного моделювання та штучних нейронних мереж; а при розробленні програмних моделей – принципи об’єктно-орієнтованого програмування.

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі виконаних теоретичних досліджень отримано такі результати:

1. Вперше розроблено моделі системного рівня автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”, які ґрунтуються на теорії кольорових мереж Петрі та дають змогу визначити динаміку роботи, перевірити спроектовану систему на наявність тупиків, живучість та обмеженість.

2. Вперше введено інтелектуальний аспект на усіх рівнях автоматизованого проектування таких систем та сформульовано основні задачі на кожному з них, що дає змогу підвищити ефективність автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”.

3. Вдосконалено моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій “інтелектуального будинку”, які використовують штучні нейронні мережі на основі багат шарового перцептрона, що дає змогу опрацювати нечіткі та неструктуровані дані від підсистеми давачів.

4. Отримав подальший розвиток метод автоматизованого синтезу моделей на основі теорії мереж Петрі для системного рівня автоматизованого проектування, який ґрунтується на інформації про структуру системи і теорію графів та дає змогу автоматизувати побудову структурних моделей підсистем “інтелектуального будинку”.

5. Отримали подальший розвиток фізичні моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій “інтелектуального будинку”, у формі нейроконтролера, які використовують мікроконтролер AVR та програмні моделі на основі штучних нейронних мереж, і дають змогу дослідити адекватність побудованих моделей, швидкодію, надійність та функціональність розроблених підсистем.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у наступному:

1. На основі розробленого методу і моделей та їх програмної реалізації побудовано структуру системи автоматизованого синтезу моделей на основі теорії мереж Петрі та системи побудови і дослідження моделей на основі ШНМ.

2. Розроблено алгоритми функціонування систем автоматизованої побудови моделей на основі теорії мереж Петрі та системи побудови та дослідження моделей на основі ШНМ.

3. Розроблено програмне забезпечення нейроконтролерів, яке враховує специфіку та особливості мікроконтролера AVR, використовує мову високого рівня та програмні моделі ШНМ, що дає змогу швидко вносити зміни в функціональність нейроконтролера та забезпечує низьку його вартість.

4. Розроблено математичне та інформаційне забезпечення системи автоматизованої побудови моделей на основі теорії мереж Петрі та системи побудови і дослідження моделей на основі ШНМ.

Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використовуються при розробленні перспективних радіоелектронних систем, які працюють у режимі реального часу в Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України, що підтверджено відповідним актом.

**Особистий внесок здобувача.** Всі наукові результати теоретичних і практичних досліджень, викладених у дисертації, одержано автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: [1] – структура та модель системного рівня автоматизованого проектування “інтелектуального будинку”; [2] – запропоновано використовувати інтелектуальний аспект у процесі автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”; [3] – структура розгалуженої системи; [4] – структура підсистеми, програмне та інформаційне забезпечення; [5] – моделі підсистеми для системного рівня проектування; [6-9] – моделі для опрацювання нечітких та неструктурованих даних від підсистеми давачів і фізичні моделі підсистем “інтелектуального будинку”; [10] – модель підсистеми клімат-контролю, структура системи та інформаційне забезпечення; [11] – інформаційне забезпечення методу автоматизованого синтезу моделей; [12] – метод автоматизованого синтезу моделей системного рівня проектування; [13] – структура нейроконтролера, алгоритм його роботи та програмне забезпечення; [14] – модель підсистеми клімат-контролю на основі штучних нейронних мереж; [15] – моделі підсистеми “інтелектуального будинку” на основі мереж Петрі; [16, 17] – моделі на основі теорії мереж Петрі; [18] – модель на основі мереж Петрі; [19] – структура системи, алгоритм та модель на основі кольорових мереж Петрі; [20] – структура, програма та інформаційне забезпечення системи; [21] – фізична модель.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертації доповідались і обговорювались на: Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективні технології і методи проектування MEMC” (“Perspective Technologies and Methods in MEMS Design”), MEMSTECH, (Поляна – Свалява (Закарпаття), 2011, 2013); Міжнародній науково-технічній конференції “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” (“Computer Sciences and Information Technologies”), CSIT, (Львів, 2012); Міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій” (Запоріжжя, 2012); Всеукраїнській школі-семінарі молодих вчених і студентів “Сучасні комп’ютерні інформаційні технології”, ACIT’2013, (Тернопіль, 2013); XVIII<sup>th</sup> International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED – 2013, (Львів, 2013); XII<sup>th</sup> Inter. Conf. on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET’2014, (Lviv-Slavsko, 2014); а також

на наукових семінарах кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету „Львівська політехніка” (2012-2016).

**Публікації.** За результатами досліджень, які викладені в дисертаційній роботі, опубліковано 21 наукова праця, у тому числі 12 статей, з них 11 у фахових наукових виданнях України та 1 у закордонному періодичному виданні, 6 включено до наукометричних баз даних, 9 матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 212 сторінок, у тому числі 149 сторінок основного тексту, 70 рисунків та 17 таблиць, список використаної літератури налічує 202 бібліографічних найменування.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

**У першому розділі** проведено аналіз особливостей систем ІБ, розглянуто їхні переваги та недоліки. Аналіз рівнів інтелектуалізації дає можливість стверджувати про необхідність розроблення нових моделей для опрацювання нечітких та неструктурованих даних від підсистеми давачів. Аналіз існуючих підходів до АП, дає змогу стверджувати про необхідність розроблення моделей для системного рівня АП та методу автоматизованого синтезу таких моделей.

Проведено аналіз існуючих типів ШНМ з позиції можливості їх застосування для реалізації функцій ІБ, на основі чого запропоновано використати ШНМ типу багатощарового перцептрона та машини геометричних перетворень.

**У другому розділі** розроблено метод автоматизованого синтезу моделей для системного рівня АП, побудовано моделі підсистем ІБ на основі кольорових мереж Петрі та запропоновано ввести інтелектуальний аспект у процес розроблення таких систем.

У процесі АП системи ІБ з використанням блочно-ієрархічного підходу можна виокремити системний рівень ІБ, рівень підсистем та елементи підсистем.

В загальному випадку, в математичній формі, застосування блочно-ієрархічного підходу до розроблення ІБ можна представити наступним виразом:

$$Sys_{ІБ}^1 = \bigcup_{i=1}^n P_{ІБ}^{2,i} \bigcup_{j=1}^m B_{ІБ}^{3,j} \bigcup_{k=1}^l E_{ІБ}^{4,k}$$
, де  $Sys_{ІБ}^1$  – система ІБ, а верхній індекс означає 1-й

ієрархічний рівень блочно-ієрархічного підходу до проектування;  $P_{ІБ}^{2,i}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) –  $i$ -та підсистема ІБ, а верхній індекс 2-й ієрархічний рівень блочно-ієрархічного підходу (для прикладу: підсистема клімат-контроль, підсистема освітлення та інші);

$B_{ІБ}^{3,j}$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) –  $j$ -й блок системи ІБ (3-й ієрархічний рівень блочно-

ієрархічного підходу);  $E_{\text{ІБ}}^{4,k}$  ( $k = 1, 2, \dots, l$ ) –  $k$ -й елемент системи інтелектуального будинку (різного роду давачі, виконуючі пристрої, тощо).

Необхідно зауважити, що система ІБ включає об'єднання підсистем:

$Sys_{\text{ІБ}}^1 = \bigcup_{i=1}^n P_{\text{ІБ}}^{2,i}$ , причому  $i$ -та підсистема ґрунтується на об'єднанні завершених

блоків:  $P_{\text{ІБ}}^{2,i} = \bigcup_{j=1}^m B_{\text{ІБ}}^{3,j}$ , а  $j$ -й блок об'єднує елементи:  $B_{\text{ІБ}}^{3,j} = \bigcup_{k=1}^l E_{\text{ІБ}}^{4,k}$ .

Процес розроблення системи ІБ потребує звернути особливу увагу на аспекти проектування. Алгоритм інтелектуалізації функцій розроблювальної системи вимагає введення інтелектуального аспекту, детального аналізу та забезпечення його на усіх ієрархічних рівнях та етапах. Це дасть змогу підвищити ефективність АП систем ІБ. Основні задачі інтелектуального аспекту в процесі використання блочно-ієрархічного підходу, описано в табл. 1.

Таблиця 1. Основні задачі інтелектуального аспекту в процесі розроблення ІБ при використанні блочно-ієрархічного підходу

Системний рівень	Вибір рівня інтелектуалізації системи ІБ. Обґрунтування можливості реалізації інтелектуальних функцій. Вибір стратегії реалізації інтелектуальних функцій ІБ. Вибір методів та засобів реалізації інтелектуальних функцій ІБ. Побудова структурних схем реалізації інтелектуалізації функцій ІБ.
Схемотехнічний рівень	Задачі інтелектуального опрацювання даних у підсистемах ІБ. Вибір необхідних методів, засобів, моделей та методологій. Реалізація інтелектуальних функцій ІБ на рівні підсистем.
Компонентний рівень	Задачі інтелектуального опрацювання даних від давачів (відновлення втрачених даних, тощо). Вибір методів опрацювання даних від давачів.

Розроблений у дисертаційній роботі метод дає змогу на основі структури системи згенерувати в автоматичному режимі модель, яка ґрунтується на теорії мереж Петрі. Така модель призначена для дослідження побудованої системи на системному рівні АП. Ідея розробленого методу полягає в тому, що спершу на основі структури будується цілісний орієнтований граф-системи і, після цього, будується модель на основі мереж Петрі (рис. 1).

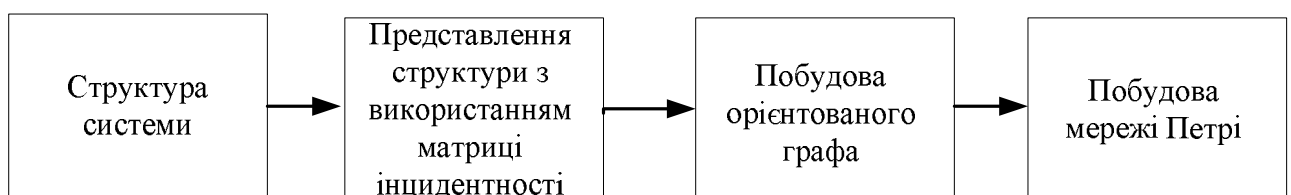


Рис. 1. Схема реалізації методу синтезу моделей на основі мереж Петрі

У загальному випадку, структуру об'єкта проектування можна описати за допомогою моделі з використанням теорії графів:

$$G=(E,R), \quad (1)$$

де:  $E=(e_1, e_2, \dots, e_t)$  – множина елементів структури системи;  $t$  – кількість елементів структури системи;  $R=(r_1, r_2, \dots, r_s)$  – множина зв'язків між елементами структури (ребер);  $s$  – кількість зв'язків між елементами структури.

Для генерування мережі Петрі на основі структури системи, а саме складових та зв'язків між елементами використовується наступний підхід: формалізація структури системи; генерування цілісного орієнтованого графа системи; розташування елементів (визначення параметрів елементів мережі Петрі).

У процесі реалізації системи генерування моделей на основі теорії мереж Петрі використовується об'єктно-орієнтований підхід. Відповідна система складається з об'єктів та дій над об'єктами. Тому для запису структури системи на етапі реалізації необхідно виокремити об'єкт та дії/умови, які він виконує і дії/умови, що необхідні для зміни стану вибраного об'єкта.

Кожен об'єкт містить: назву; початкове маркування; вихідні дії (дії, які виконує об'єкт); вхідні дії (дії, які призводять до зміни стану об'єкту).

Складність реалізації методу полягає в тому, що декілька об'єктів можуть посилатись на один і той же перехід. Це означає, що для його виконання необхідне відповідне маркування усіх об'єктів, які на нього посилаються. Також певний вхідний перехід може мати посилання на декілька об'єктів. Тоді при його виконанні виконується зміна маркування усіх зв'язаних з ним об'єктів.

Генерування орієнтованого графа-структури системи необхідне для того, щоб можна було ефективно розташувати елементи системи в єдину, зрозумілу чітко організовану структуру, яку можна перевести у мережу Петрі.

Побудова структурної моделі на основі мереж Петрі має свої особливості. Важливим аспектом синтезу схемної моделі є розміщення складових. При цьому можливий ряд різних випадків. Перший, і найпростіший, полягає в тому, що розміщення елементів мереж Петрі починається із координат з найменшими значеннями, тобто з лівого нижнього кута області побудови схемної моделі.

Другий варіант синтезування схемної моделі передбачає сортування елементів за критерієм кількості зв'язків і розміщення складових, передовсім, з найбільшою кількістю зв'язків у центрі робочої області побудови схемної моделі.

Третій запропонований до використання варіант розміщення елементів структурної моделі мережі Петрі передбачає використання модифікованого алгоритму Фрюхтермана-Рейнгольда. Цей алгоритм використовується для візуального представлення графів різного виду. В роботі використано цей алгоритм для побудови моделей проєктованих систем на основі теорії мереж Петрі.

Розроблений метод дає змогу автоматизувати процес синтезу моделей підсистем ІБ для системного рівня на основі теорії мереж Петрі.

В роботі використано теорію кольорових мереж Петрі для побудови моделей підсистеми ІБ. У загальному випадку кожна модель описується таким виразом:

$$CPN=\{PoS, TranS, ArcS, BBPoSMark, TpS, PoSTpS, ArcSTpS, Cnd\}, \quad (2)$$



де  $PoS = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – множина позицій (станів);  $TranS = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$  – множина переходів;  $ArcS$  – множина дуг, вхідних та вихідних дуг по відношенню до переходу;  $BBPoSMark$  – множина, яка задає початкове маркування мережі Петрі;  $TrpS$  – множина типів;  $PoSTrpS$  – множина, яка відображає доступну множину типів у позиціях мережі;  $ArcSTrpS$  – множина типів маркерів, що збуджують перехід, або вказує які типи маркерів будуть згенеровані переходом;  $Cnd$  – множина умов збудження переходів.

Розроблена модель на основі кольорової мережі Петрі для підсистеми ІБ дає змогу здійснити динамічний аналіз поведінки даної підсистеми. Також отриманий граф досяжності станів побудованих моделей на основі кольорової мережі Петрі, що демонструє досяжність усіх її запланованих станів, відсутність тупиків та можливість визначення інших параметрів в процесі аналізу роботи підсистеми ІБ та системи в цілому.

Окрім того, модель на основі кольорових мереж Петрі дає можливість дослідити динаміку роботи системи з врахуванням типів сигналів та умов спрацювання елементів підсистеми.

Зокрема, на рис. 2 подано схемну модель підсистеми запобігання технічних аварій ІБ, яка використовує теорію кольорових мереж Петрі.

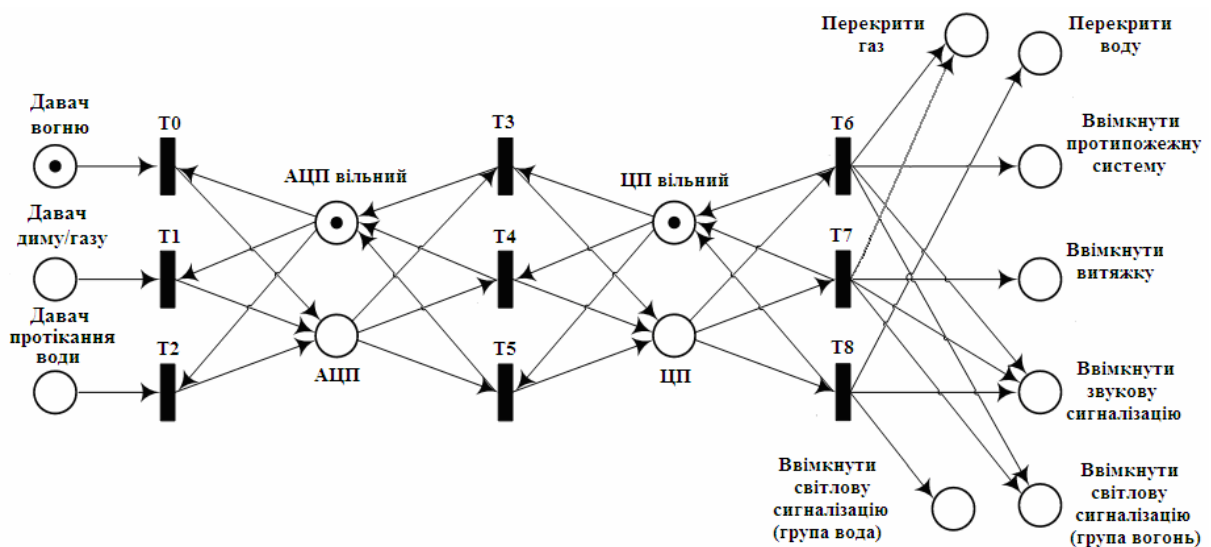


Рис. 2. Приклад моделі на основі кольорової мережі Петрі для підсистеми запобігання технічних аварій

У третьому розділі розроблено моделі на основі ШНМ для опрацювання нечітких та неструктурованих даних та побудовано структуру системи ІБ, яка ґрунтується на нейроконтролерах.

В розробленій структурі системи ІБ запропоновано використати нейроконтролери, що дасть змогу опрацьовувати нечіткі та неструктуровані дані від підсистем давачів, які контролюють зміни в оточуючому середовищі.

Загалом розроблені підсистеми ІБ мають структуру, що включає власний нейроконтролер для кожного приміщення який працює під управлінням підсистеми

керування ІБ. Особливістю такої реалізації є те, що використовуються відносно недорогі мікроконтролери, процес керування параметрами кожної з кімнат є незалежним і така структура має високу надійність у порівнянні з використанням одного потужного контролера, де, в разі виходу з ладу мікроконтролера, вся підсистема перестає працювати.

В загальному випадку, таку структуру підсистем можна описати з використанням наступної моделі:  $Mod_{KK} = (S_D, N_{HK}, Z_{ВП})$ , де  $S_D$  – множина підсистем давачів для кожного приміщення ІБ;  $N_{HK}$  – множина підсистем нейроконтролерів;  $Z_{ВП}$  – множина підсистем виконуючих пристроїв.

У свою чергу,  $S_D$  містить  $n$  елементів, які є підсистемами давачів для кожного окремого взятого приміщення. В разі, якщо маємо  $n$  приміщень для підсистеми, для прикладу, клімат-контролю, то будемо мати  $n$  елементів, кожний з яких позначається відповідним індексом:  $S_D = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ , де  $s_i$  – підсистема давачів для  $i$ -го приміщення ( $i = \overline{1, n}$ ). Аналогічно можна записати для множини підсистем нейроконтролерів та виконуючих пристроїв:  $N_{HK} = (n_1, n_2, \dots, n_n)$ ,  $Z_{ВП} = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ , де  $n_i$  – нейроконтролер для  $i$ -го приміщення;  $z_i$  – підсистема виконуючих пристроїв для  $i$ -го приміщення.

Структура типового розробленого нейроконтролера, зображена на рис. 3.

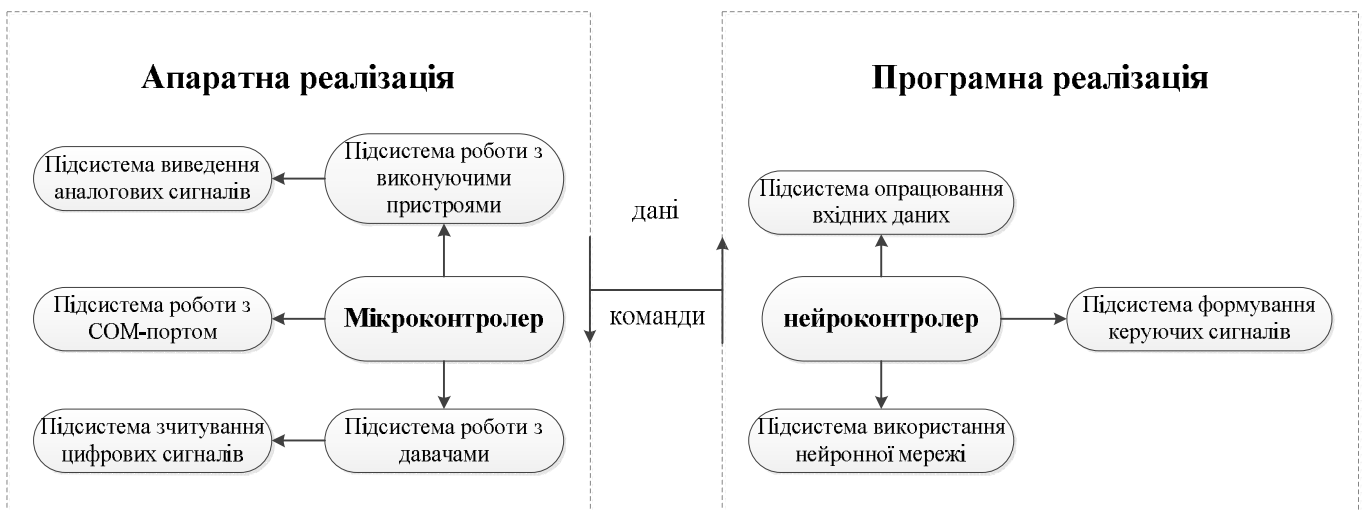


Рис. 3. Розроблена структура типового нейроконтролера

Побудована структура нейроконтролера складається з двох рівнів реалізації, які між собою пов'язані:

1. Апаратна реалізація (модель) містить у собі:

- підсистему роботи з виконуючими пристроями, які відповідають за виведення аналогових сигналів;
- підсистему роботи з давачами, яка відповідає за зчитування цифрових сигналів;
- підсистему роботи з СОМ-портом, яка відповідає за надсилання повідомлень, проміжних і кінцевих результатів комп'ютеру.

2. Програмна реалізація (модель) містить у собі:

- підсистему опрацювання вхідних даних отриманих від давачів;
- підсистему формування керуючих сигналів, яка на основі отриманих результатів від нейронної мережі формує команди для виконання мікроконтролером;
- підсистему використання нейронної мережі, яка вносить дані в мережу, запускає мережу і отримує результати.

Розроблена програмна модель для нейроконтролера містить ряд модулів, які виконуються при ввімкненні системи. До них належить модуль ініціалізації мережі, в якому відбувається ініціалізація ваг, зв'язків та параметрів нейронів, а також модуль ініціалізації портів, який встановлює статуси портів і початкові значення. Решта програми виконується у циклі та містить модулі, які зображено на рис. 4.

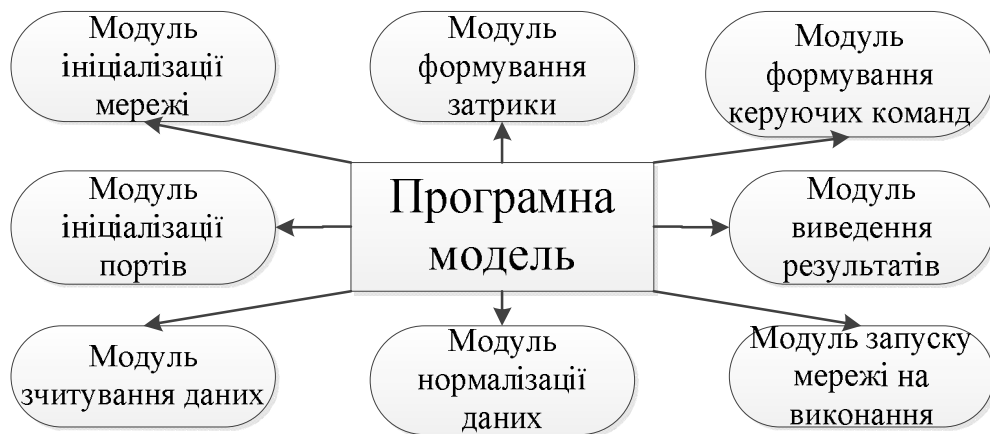


Рис.4. Структура програмної моделі нейроконтролера

Розроблене програмне забезпечення розбито на ряд окремих підзадач, таких як:

- зчитування даних від давачів;
- нормалізація даних;
- запуск мережі;
- виведення результатів;
- формування керуючих команд;
- формування затримки перед повторним запуском програми.

Розроблені моделі для опрацювання нечітких та неструктурованих даних базуються на ШНМ. Зокрема, модель на базі ШНМ для підсистеми запобігання технічних аварій, зображено на рис. 5. У цій моделі використано ШНМ типу багатошарового перцептрона. Вона містить 3 шари з 12 нейронами.

Побудована ШНМ має 2 вхідні нейрони і 3 вихідні нейрони. Кількість шарів і нейронів у шарах визначалась експериментально так, щоб після навчання похибка результатів була прийнятною. Найкращим отриманим варіантом є мережа з одним внутрішнім шаром на 4 нейрони. Також, у процесі реалізації, необхідно додати 2 балансуєчі нейрони.

В четвертому розділі дисертаційної роботи описано розроблений програмний засіб для виконання навчання ШНМ.

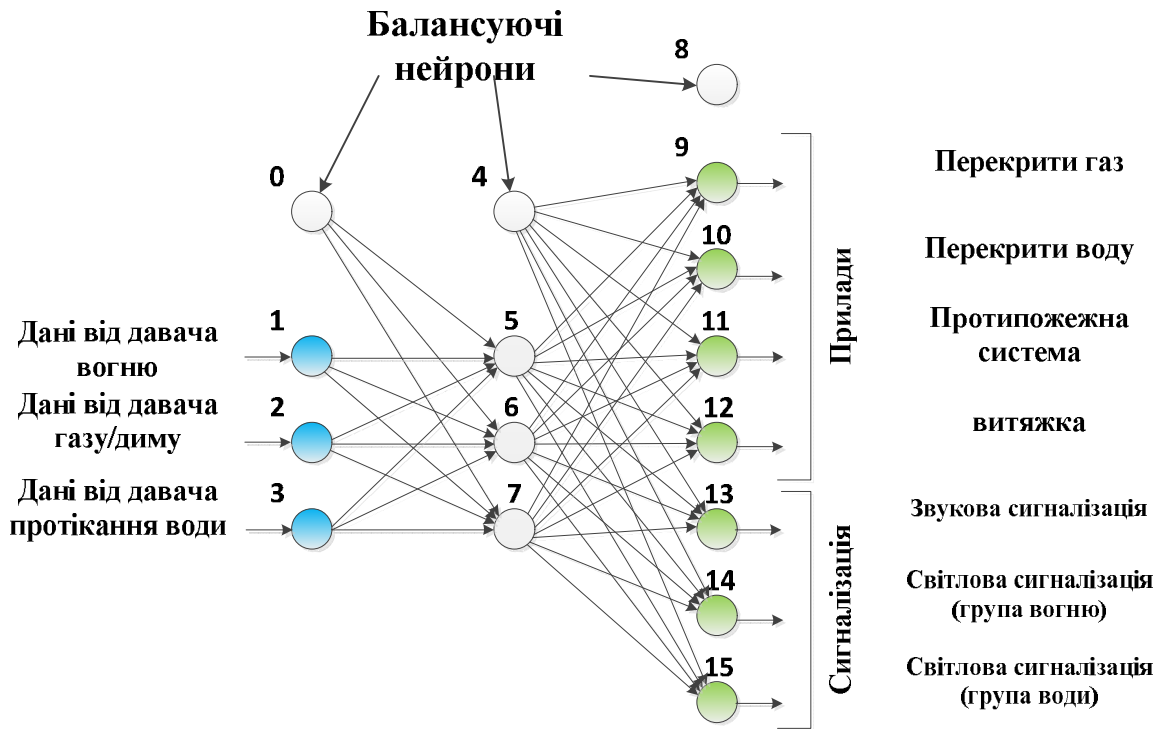


Рис. 5. Структура ШНМ моделі для підсистеми запобігання технічних аварій

**В четвертому розділі** дисертаційної роботи розроблено структури програмних систем для автоматизації проектування систем ІБ, описано розроблене програмне та інформаційне забезпечення побудованих систем і наведено результати застосування розробленого математичного забезпечення для АП систем ІБ.

У процесі розроблення програмної системи синтезу моделей на основі мереж Петрі для побудованої структури об'єкту проектування розроблено структуру програмного засобу (рис. 6), яка включає такі основні елементи:

- блок опрацювання даних/команд від користувача, який містить методи для зчитування і опрацювання сигналів від користувача;
- конвертор даних, який проводить перетворення даних із внутрішнього формату до формату опису мережі Петрі з використанням мови XML;
- блок побудови зв'язків між вершинами;
- блок розміщення вершин, який визначає наближені значення координат кожної вершини для кращого візуального сприйняття графічного представлення мережі Петрі;
- блок розташування переходів між вершинами, який визначає координати переходів;
- блок роботи з XML файлами, який містить методи для зчитування і запису файлів системи у XML форматі, що забезпечує ефективний обмін даними з іншими програмними системами, які використовуються для опрацювання інформації представленої в XML форматі.

Отже, розроблена структура програмної системи використовує модульний принцип, який забезпечує швидку модифікацію та вдосконалення програмної системи в майбутньому, а використання XML формату для збереження даних про моделі – забезпечує зручний обмін інформацією з існуючими програмними системами.

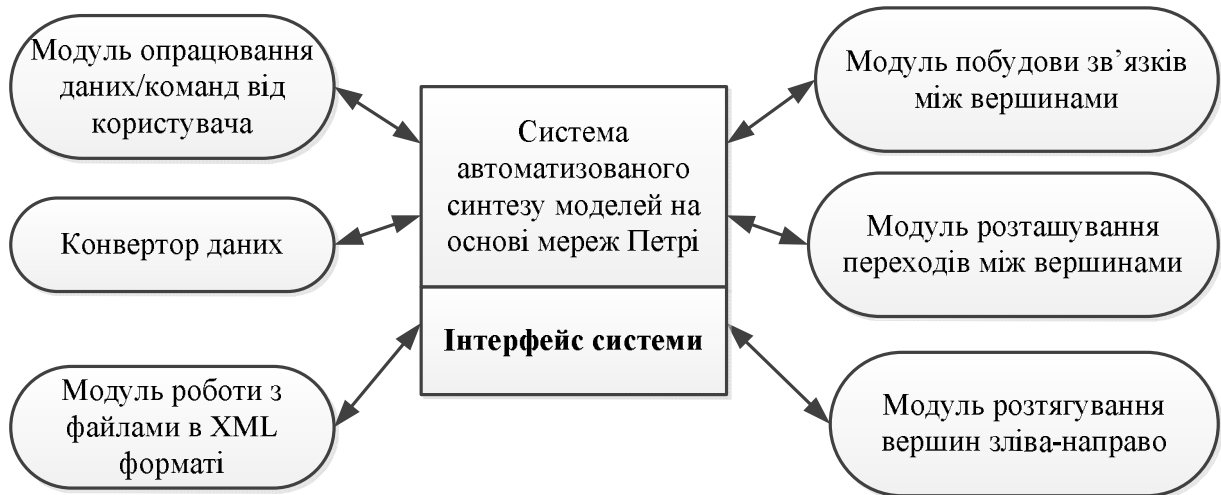


Рис. 6. Структура системи автоматизованого синтезу моделей системного рівня на основі мереж Петрі

Для швидшої та надійнішої реалізації програмного забезпечення, необхідно сформуванати набір незалежних модулів, кожний з яких виконує свої власні функції. Взаємодія між компонентами відбувається через зовнішні інтерфейси модулів. Для задачі синтезу моделей на основі мереж Петрі, програмне забезпечення розбите на наступні підсистеми (рис. 7):

- підсистема роботи з користувачем, який містить інтерфейс користувача і методи для опрацювання різноманітних сценаріїв роботи;
- підсистема роботи з моделлю, що містить клас мережі, який включає множини вузлів і ребер, методи для маніпуляції з мережею та обчислення координат вузлів;
- підсистема для роботи з файлами, який містить клас, що здатний відкрити, зберегти мережу у вигляді структури мережі і зберегти мережу у форматі відомих середовищ роботи з мережами Петрі.

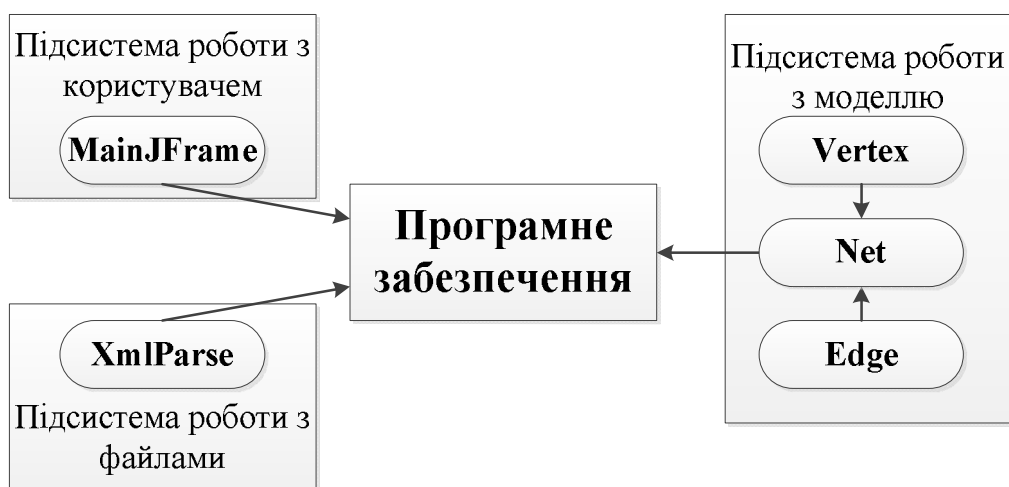


Рис. 7. Структура розробленого ПЗ системи синтезу моделей на основі мереж Петрі

Розроблене програмне забезпечення системи містить у собі складну структуру класів та об'єктів.

Клас *Vertex* – описує властивості вузлів та методи для роботи із вузлами. Кожен із вузлів містить список із вхідних та вихідних ребер, назву вузла та його тип. Він має свою координату, номер та маркування.

Клас *Edge* – описує переходи між вершинами. Усі переходи є орієнтованими. Кожен з них містить посилання на вхідну та вихідну вершини, вагу, колір та тип переходу. Цей клас містить методи для роботи із властивостями переходу.

Клас *Net* – описує властивості мережі, яка утворює орієнтований граф. Він містить у собі список вершин та переходів, які утворюють граф, а також методи для роботи із мережею.

Клас *XmlParse* – який відповідає за зчитування вхідних файлів і формування мережі, запис мережі у файл для відкривання його у середовищі *Perl 4.1*, сортування вершин та розташування їх відносно початку координат.

Використання об'єктно-орієнтованого підходу до розроблення програмного забезпечення системи дає змогу швидко та зручно його модифікувати.

У роботі побудована ієрархічна структура даних вхідного файлу (рис. 8).

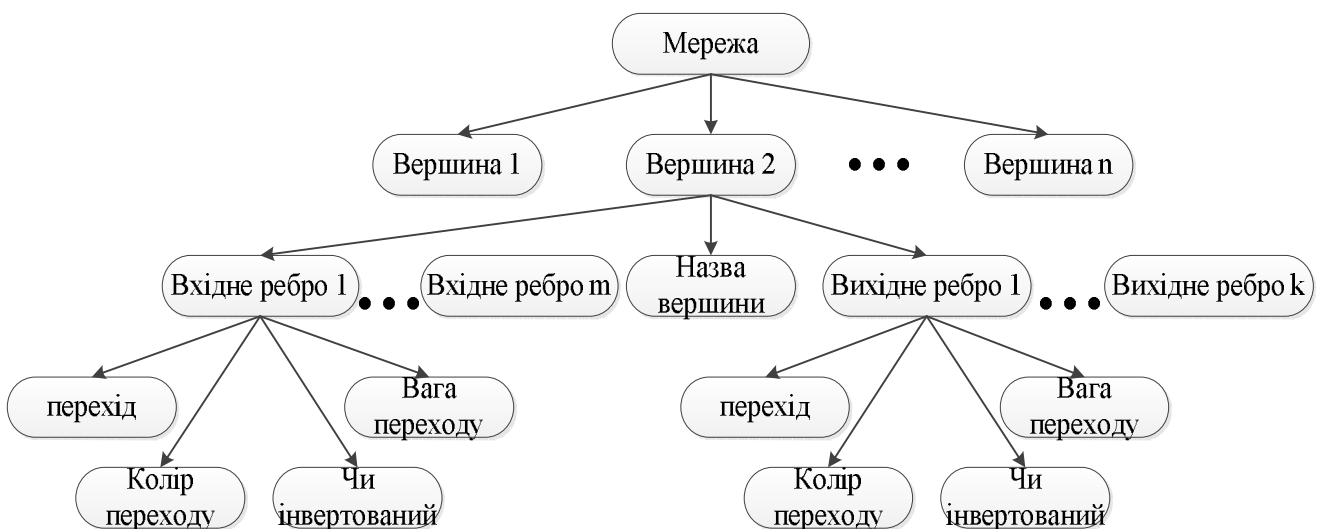


Рис. 8. Структура вхідного файлу системи

Таким чином, розроблена система для генерування моделей на основі мереж Петрі дає змогу зменшити час синтезу моделей системного рівня АП систем ІБ.

В роботі також розроблено структуру (рис. 9) та реалізовано пакет прикладних програм (ППП), який призначений для побудови моделей на основі наступних видів ШНМ: багат шарового перцептрона; мережі Хопфілда; нейроподібних структур машини геометричних перетворень; нейронної мережі на основі моделі “Функціонал на множині табличних функцій”.

Структуру програмного забезпечення наведено на рис. 10. Для реалізації інформаційного забезпечення ППП використано структури даних на основі двозв'язних списків.

В дисертаційній роботі розроблено структурну схему організації обміну даними між системою ІБ та підсистемою віддаленого керування (рис. 11).

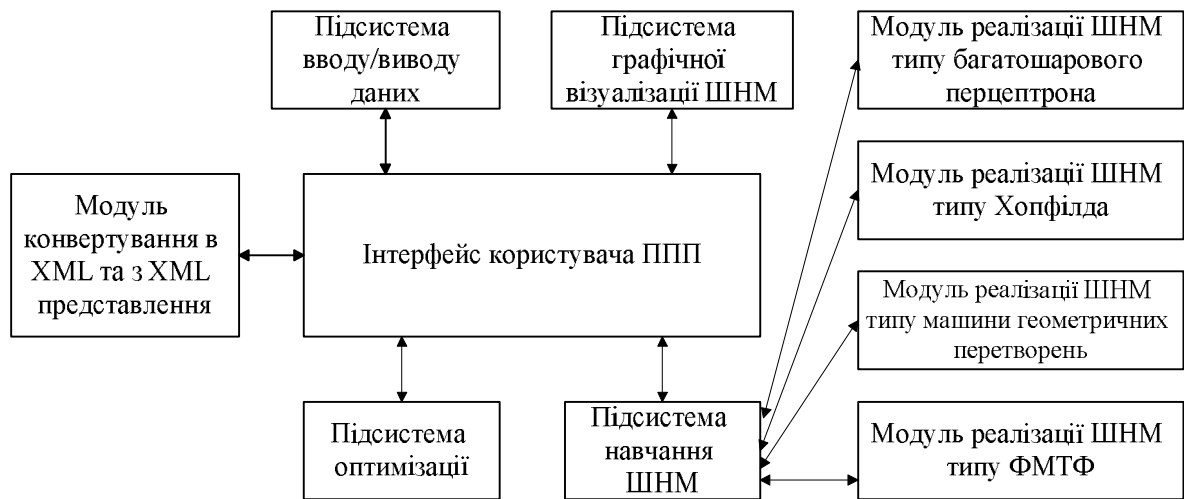


Рис. 9. Структура розробленого PPP побудови моделей на основі ШНМ

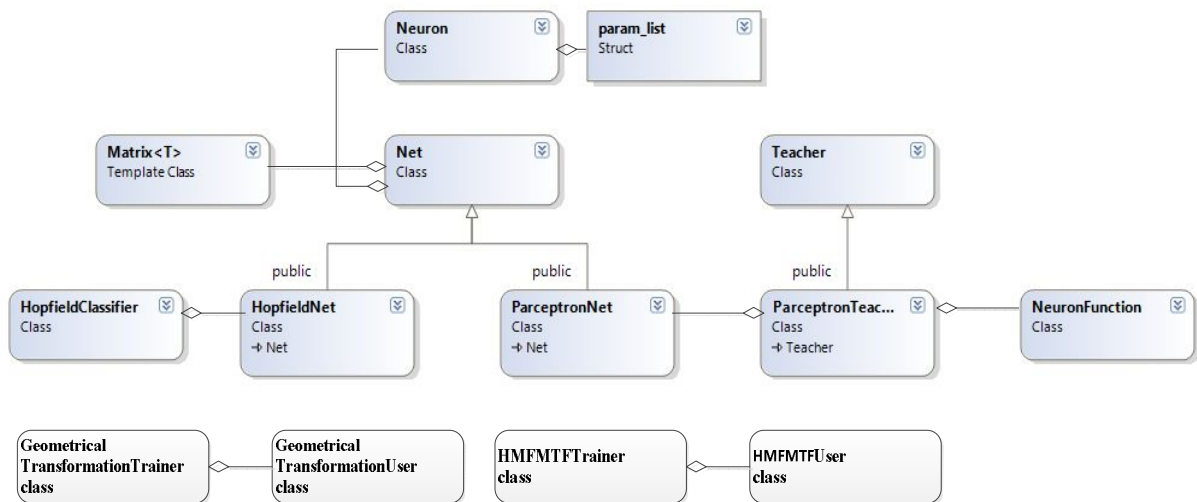


Рис. 10. Основні класи програмного забезпечення PPP побудови моделей на основі ШНМ

Наведена схема передбачає використання спеціального файлу з основними параметрами ІБ, який передається від підсистеми віддаленого керування до системи ІБ з використанням мережі Інтернет. Слід зауважити, що в процесі вдосконалення системи віддаленого керування будуть використані й інші канали передачі інформації.

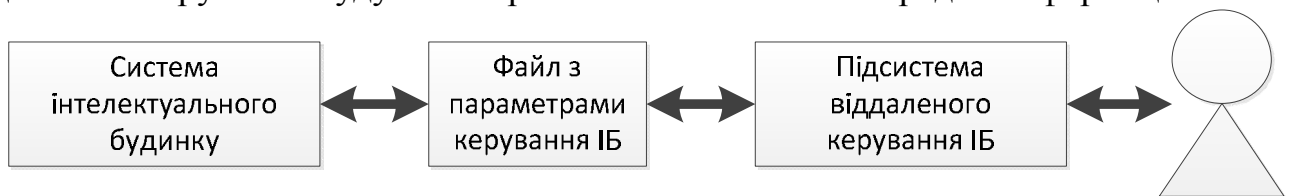


Рис. 11. Структурна схема організації віддаленого керування ІБ

Систему віддаленого керування ІБ реалізовано програмно. Приклад основного меню зображено на рис. 12. Кожна кімната ІБ представляється окремою вкладкою, котра розділена на 3 значущі частини: освітлення, клімат-контроль та жалюзі. Основне меню, за бажанням користувача, можна змінювати з використанням спеціального конструктора основного меню.

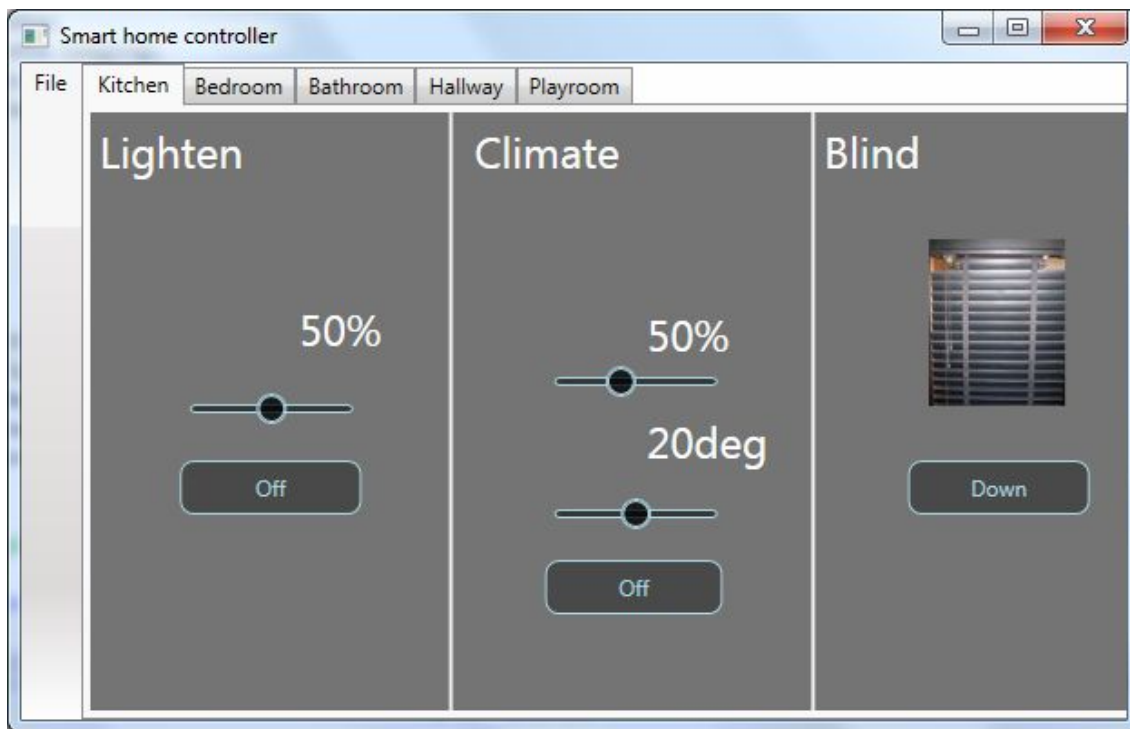


Рис. 12. Приклад основного меню підсистеми віддаленого керування ІБ

Важливим елементом підсистеми віддаленого керування ІБ є інформаційне забезпечення, зокрема файл з параметрами настроювання підсистем ІБ, для опису якого в роботі використано мову XML. Зокрема, приклад фрагменту такого файлу з параметрами настроювання ІБ в XML форматі з використанням мови XML має вигляд:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ArrayOfRoom xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
<Room>
<title>kitchen</title>
<lighten>0.99</lighten>
<degree>19</degree>
<humidity>0.67</humidity>
<louvre>false</louvre>
</Room>...
```

Результати дослідження включають розроблені моделі підсистем ІБ на основі кольорових та простих мереж Петрі, результати синтезу моделей на основі штучних нейронних мереж та фізичні моделі нейроконтролерів. Зокрема, для навчання нейронної мережі, яку зображена на рис. 5, був використаний розроблений та описаний вище ППП. Для прикладу, у випадку коли давачі диму та вогню є активовані, вихідні значення від давачів будуть наступні:  $Sensor\_Smoke=425$  ,  $Sensor\_Water=85$  ,  $Sensor\_Fire=0$  . Після цього нейрони будуть мати наступні вихідні значення:  $ne[0]=1.000$  ,  $ne[1]=0.000$  ,  $ne[2]=0.000$  ,  $ne[3]=1.000$  ,  $ne[4]=1.000$  ,  $ne[5]=0.003$  ,  $ne[6]=0.677$  ,  $ne[7]=0.988$  ,  $ne[8]=1.000$  ,  $ne[9]=0.998$  ,  $ne[10]=0.002$  ,  $ne[11]=0.994$  ,  $ne[12]=0.005$  ,  $ne[13]=1.000$  ,  $ne[14]=0.997$  ,  $ne[15]=0.002$  , ці значення відповідають навчальним тестам для нейронної мережі представленим у табл. 2.



Таблиця 2. Навчальні тести для нейронної мережі

Вхід	Вихід
{0, 0, 0}	{0, 0, 0, 0, 0, 0.0}
{0, 0, 1}	{0, 1, 0, 0, 1, 0, 1}
{0, 1, 0}	{1, 0, 1, 0, 1, 1, 0}
{1, 0, 0}	{1, 0, 1, 0, 1, 1, 0}

Відповідні результати представлені для всіх тестів, що підтверджують коректність розроблених математичної та фізичної моделей, отриманих у процесі розробки підсистеми запобігання технічних аварій ІБ.

У додатках наведено приклади коду програми, які реалізують нейрофункції в розроблених нейроконтролерах для підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій, приклад моделі з використанням мереж Петрі в XML форматі, яка побудована з використання запропонованого методу та приклад фрагменту коду програмного забезпечення підсистеми віддаленого керування ІБ.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано наукове завдання підвищення ефективності автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку” на основі розробленого методу, моделей та засобів.

Отримано такі наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз методів, моделей та засобів АП систем ІБ, що дало змогу зробити висновок про необхідність підвищення рівня автоматизації процедур синтезу схемних моделей, розроблення моделей для інтелектуалізації функцій таких систем.

2. Отримав подальший розвиток метод автоматизованого синтезу моделей на основі мереж Петрі для системного рівня АП, який ґрунтується на інформації про структуру системи та дає змогу підвищити рівень автоматизації побудови структурних моделей підсистем ІБ на 50 – 70 %.

3. Вперше введено інтелектуальний аспект на усіх рівнях АП таких систем та сформульовано основні задачі на кожному з ієрархічних рівнів, що дає змогу підвищити ефективність проектування систем ІБ.

4. Вперше розроблено структурні моделі для аналізу роботи системи ІБ, які ґрунтуються на теорії кольорових мереж Петрі і дають змогу визначити динаміку роботи, перевірити спроектовану систему на наявність тупиків, живучість та обмеженість.

5. Вдосконалено для кожної підсистеми ІБ розроблену спеціалізовану модель на основі мереж Петрі – класичних (для підсистем освітлення та захисту) і кольорових (для підсистеми клімат-контролю). Розроблені в роботі моделі на основі мереж Петрі основних підсистем ІБ дають змогу здійснити детальний аналіз динаміки досліджуваних процесів всередині кожної підсистеми ще на системному рівні АП системи ІБ у цілому, забезпечуючи тим самим підвищення надійності реалізації системи ІБ.

6. Вперше розроблено моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій ІБ, які використовують ШНМ на основі

багатошарового перцептрона, що дає змогу опрацьовувати нечіткі та неструктуровані дані від підсистеми давачів.

7. Отримали подальший розвиток фізичні моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій ІБ, у формі нейроконтролера, які використовують мікроконтролер AVR та програмні моделі на основі ШНМ і дають змогу дослідити адекватність побудованих моделей, швидкодію, надійність та функціональність розроблених підсистем.

8. Розроблено програмно-апаратні засоби автоматизованого проектування систем ІБ, які дають змогу організувати обмін даними з існуючими системами шляхом використання XML формату.

### СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Teslyuk V. Automation of the smart house system-level design / Teslyuk V., Beregovskiy V., Pukach A. // *Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska. Polish magazin.* – Zeszyt 4. – 2013. – P. 81-84. (*BazTech*)
2. Береговський В. В. Методи та моделі автоматизованого проектування системи “інтелектуального будинку” на базі нейроконтролерів / Береговський В. В., Теслюк В. М., Матвійчук К. В., Денисюк П. Ю. // *Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.* – Вип. 26.7. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2016. – С. 342-349. (*Index Copernicus*)
3. Сидор А. Р. Математичне моделювання параметрів надійності несиметричних розгалужених систем / Сидор А. Р., Теслюк В. М., Береговський В. В. // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка” : № 771 : Комп’ютерні науки та інформаційні технології.* – Львів, 2013. – С. 167-173. (*Inspec*)
4. Теслюк В. М. Підсистема віддаленого керування інтелектуальним будинком / Теслюк В. М., Береговський В. В., Нижник А. Р., Береговська Х. В. // *Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.* – Вип. 23.12. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2013. – С. 348-351. (*Index Copernicus*)
5. Теслюк В. М. Автоматизація системного рівня проектування інтелектуального будинку / Теслюк В. М., Береговський В. В., Пукач А. І., Сидор А. Р. // *Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України.* – Вип. 67. – Київ, 2013. – С. 138-147.
6. Теслюк В. М. Розроблення нейроконтролера для управління підсистемою освітлення інтелектуального будинку / Теслюк В. М., Березький О. М., Береговський В. В., Теслюк Т. В. // *Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України.* – Вип. 64. – Київ, 2012. – С. 137-143.
7. Теслюк В. М. Модель роботи підсистеми освітлення та охорони інтелектуального будинку / Теслюк В. М., Береговська Х. В., Береговський В. В. // *Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.* – Вип. 23.10. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2013. – С. 297-303. (*Index Copernicus*)
8. Теслюк В. М. Розроблення структури та моделі підсистеми запобігання технічних аварій для системи інтелектуального будинку / Теслюк В. М., Береговський В. В., Денисюк П. Ю., Теслюк Т. В. // *Науковий вісник НЛТУ України : Збірник науково-технічних праць.* – Львів : РВВ НЛТУ України, 2013. – Вип. 23.18. – С. 241-245. (*Index Copernicus*)

9. Теслюк В. М. Пакет прикладних програм для побудови та дослідження моделей на основі штучних нейронних мереж / Теслюк В. М., Денисюк П. Ю., Береговський В. В., Ляпандра А. С., Теслюк Т. В. // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 66. – Київ, 2012. – С. 167-174.
10. Теслюк В. М. Програмно-апаратна реалізація макетного взірця для дослідження методів опрацювання нечітких та неструктурованих даних з використанням штучних нейронних мереж / Теслюк В. М., Березький О. М., Береговський В. В., Денисюк П. Ю., Теслюк Т. В. // Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 65. – Київ, 2012. – С.125-132.
11. Теслюк В. М. Використання xml для систем автоматизованого генерування моделей на основі мереж Петрі / Теслюк В. М., Береговський В. В., Денисюк П. Ю., Теслюк Т. В., Лозинський А. Я. // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 70. – Київ, 2013. – С. 129-136.
12. Теслюк В. М. Метод автоматизованого синтезу моделей системного рівня на основі теорії мереж Петрі / Теслюк В. М., Береговський В. В., Теслюк Т. В., Сидор А. Р., Лозинський А. Я. // Збірник наукових праць ІППМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 68. – Київ, 2013. – С. 85-92.
13. Теслюк В. М. Програмно-апаратна реалізація нейроконтролера для підсистеми клімат контролю інтелектуального будинку / Теслюк В. М., Денисюк П. Ю., Теслюк Т. В., Береговський В. В. // Тези доповідей Шостої Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій”. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. – С. 211-212.
14. Denysyuk P. Neural controller of intelligent building climate control subsystem on the basis of a multilayer perceptron / Pavlo Denysyuk, Taras Teslyuk, Vasyl Beregovskiy, Ivan Cheremisin, Marta Duda // Proceedings of the 7th International Conference of Computer Science and Information Technologies (CSIT'2012), April 14-19, 2012. – Lviv : Publishing House Vezha&Co., 2012. - P. 26-27.
15. Teslyuk T. The model of smart house lighting subsystem analysis on the basis of Petri net theory / Taras Teslyuk, Vasyl Beregovskiy, Yuryy Tertula, Roman Chupa // Proceedings of the 7th International Conference of Computer Science and Information Technologies (CSIT'2012), April 14-19, 2012. – Lviv : Publishing House Vezha&Co, 2012. – P. 172-173.
16. Москаль Б. М. Структурна модель контролера для підсистеми захисту інтелектуального будинку / Москаль Б. М., Береговський В. В // Матеріали III Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів “Сучасні комп’ютерні інформаційні технології”, (АСІТ’2013), Травень 23-25, 2013. – Тернопіль : ТНЕУ, 2013. – Р. 230-234.
17. Конончук О. О. Структурна модель нейроконтролера для підсистеми освітлення інтелектуального будинку / Конончук О. О., Береговський В.В. // Матеріали III Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів “Сучасні комп’ютерні інформаційні технології”, (АСІТ’2013), Травень 23-25, 2013. – Тернопіль : ТНЕУ, 2013. – С. 100-103.

18. Teslyuk V. Structural model of the subsystem, which prevents industrial accidents in the system of smart house / Teslyuk V., Beregovskiy V., Denysyuk P., Teslyuk T. // Proceedings of the 12th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2014), February 25-March 1, 2014. – Lviv-Slavsko, 2014. – P. 607-609.
19. Teslyuk V. M. Development of smart house system model based on colored petri nets / Teslyuk V. M., Beregovskiy V. V., Pukach A. I // Proceedings of the 18th International Seminar : Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED'2013), September 23-26, 2013. – Lviv, 2013. – P. 205-208. (*Scopus*)
20. Teslyuk V. System for building and studying of models based on artificial neural networks / Vasyl Teslyuk, Vasyl Beregovskiy, Andriy Kernytskyu, Tatyana Teslyuk, Pavlo Denysyuk, Oleksandr Moryshko // Proceedings of the 7th International Conference of Computer Science and Information Technologies (CSIT'2012), April 14-19, 2012. – Lviv : Publishing House Vezha&Co., 2012. – P. 169-171.
21. Kryvyi R. Neurocontroller of the smart house climat control subsystem based on RASPBERRY PI / Rostyslav Kryvyi, Pavlo Denysyuk, Vasyl Beregovskiy, Olha Savitska, Zoriana Rybchak // Proceedings of 9th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH'2013), April 16-20, 2013. – Lviv : Lviv Polytechnic Publishing House, 2013. – P. 181-182.

## АНОТАЦІЇ

**Береговський В. В. Математичне та програмне забезпечення автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку”.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт. – Національний університет “Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України, Львів, 2017.

У дисертаційній роботі розв’язано наукове завдання підвищення ефективності автоматизованого проектування систем “інтелектуального будинку” на основі розробленого методу, моделей та засобів. У роботі розвинуто метод автоматизованого синтезу моделей на основі теорії мереж Петрі для системного рівня автоматизованого проектування, який ґрунтується на інформації про структуру системи і теорію графів та дає змогу автоматизувати побудову структурних моделей підсистем інтелектуального будинку (ІБ). Розроблено моделі для системного рівня автоматизованого проектування систем ІБ, які ґрунтуються на теорії кольорових мереж Петрі та дають змогу визначити динаміку роботи, перевірити спроектовану систему на наявність тупиків, живучість та обмеженість. Введено інтелектуальний аспект на усіх рівнях автоматизованого проектування таких систем та сформульовано основні задачі на кожному з них, що дасть змогу підвищити ефективність автоматизованого проектування систем ІБ.

Вдосконалено моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій ІБ, які використовують штучні нейронні мережі на основі багат шарового перцептрона, що дає змогу опрацьовувати нечіткі та

неструктуровані дані від підсистеми давачів. Отримали подальший розвиток фізичні моделі підсистем клімат-контролю, освітлення, захисту та запобігання технічних аварій ІБ, у формі нейроконтролера, які використовують мікроконтролер AVR та програмні моделі на основі штучних нейронних мереж.

Розроблено програмно-апаратні засоби автоматизованого проектування систем ІБ, що дають змогу підвищити рівень автоматизації проектування.

*Ключові слова:* “інтелектуальний будинок”, кольорова мережа Петрі, штучна нейронна мережа, фізична модель, автоматизація проектування, багатосаровий перцептрон.

**Береговский В. В. Математическое и программное обеспечение автоматизированного проектирования систем “интеллектуального дома”.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – системы автоматизации проектных работ. – Национальный университет “Львівська політехніка” Министерства образования и науки Украины, Львов, 2017.

В диссертационной работе решено научное задание повышения эффективности автоматизированного проектирования систем “интеллектуального дома”. С этой целью разработан метод, модели и средства автоматизации разработки систем “интеллектуального дома”. Созданный метод позволяет автоматизировать синтез моделей. Они строятся на основе теории сетей Петри и используются для системного уровня автоматизированного проектирования. Разработанный метод основывается на информации о структуре системы и теории графов. Он позволяет автоматизировать построение структурных моделей подсистем “интеллектуального дома”. В работе разработаны модели для системного уровня автоматизированного проектирования систем “интеллектуального дома”. Они основаны на теории цветных сетей Петри и позволяют определить динамику работы, а также проверить спроектированную систему на наличие тупиков, живучесть и ограниченность.

В диссертации введено интеллектуальный аспект на всех уровнях автоматизированного проектирования таких систем. В ней сформулированы основные задачи этого аспекта на каждом уровне проектирования. Это делает возможным повышение эффективности автоматизированного проектирования систем “интеллектуального дома”.

Также в работе усовершенствовано модели подсистем климат-контроля, освещения, защиты и предотвращения технических аварий “интеллектуального дома”. Они используют искусственные нейронные сети на основе многослойного перцептрона. Это позволяет обрабатывать нечеткие и неструктурированные данные от подсистемы датчиков.

Получили дальнейшее развитие физические модели подсистем климат-контроля, освещения, защиты и предотвращения технических аварий “интеллектуального дома”. Они реализованы в форме нейроконтролера, который построен на основе микроконтроллера AVR и программных моделей на базе искусственных

нейронных сетей. Это позволяет исследовать адекватность построенных моделей, быстродействие, надежность и функциональность разработанных подсистем.

Разработано программно-аппаратные средства автоматизированного проектирования систем “интеллектуального дома”. Эти средства позволяют повысить уровень автоматизации проектирования.

*Ключевые слова:* “интеллектуальный дом”, цветная сеть Петри, искусственная нейронная сеть, физическая модель, автоматизация проектирования, многослойный перцептрон.

**Beregovskiy V. V. Mathematical and software of automated design system “intelligent house”.** – On the right of manuscript.

Dissertation for the scientific degree of Candidate of Technical Sciences on speciality 05.13.12 – computer aided design system. – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2017.

In the dissertation the scientific task of increasing the efficiency of “intelligent house’s” computer aided design has been solved. For this purpose, the method, models and means for automation development of “intelligent house” systems have been designed. Created method allows to automate the synthesis of models. Models are constructed due to Petri nets theory. They are used for system-level automated design. The method that was designed is based on information about system structure and graph theory. It allows to automate building of structural models of “intelligent house” subsystems.

Models for system-level computer aided design “intelligent house” systems have been developed in the research. These models are based on coloured Petri nets theory. They enable to determine the dynamics of work and check the designed system for presence of deadlocks, vitality and limitation.

In the dissertation the intelligent aspect was proposed for entering on all the levels of computer aided design of "intelligent house" systems. Main issues of this aspect on each designing level have been formulated. It allows to increase the efficiency of computer aided design of “intelligent house” systems.

Models of such “intelligent house” subsystems as climate control, lighting, security and prevention of technical accidents were improved as well. These models use artificial neural network based on multilayer perceptron. It enables to explore the ambiguous and unstructured data from sensor subsystems.

Physical models of “intelligent house” subsystems - climate control, lighting, security and prevention of technical accidents have been further developed. They are implemented in the form of neurocontroller. It is based on AVR microcontroller and program models based on artificial neural network. It allows to explore the adequacy of the constructed models, performance, reliability and functionality of designed subsystems.

Firmware of computer aided “intelligent house” systems has been developed. It allows to increase the level of computer aided design.

*Keywords:* “intelligent house”, colored Petri net, artificial neural network, physical model, computer aided design, multilayer perceptron.

Підп. до друку 05.04.2017. Формат 60x90/16.  
Папір офс. Друк цифровий. Гарн. Times New Roman.  
Авт. арк. 0,9. Наклад 100.

Видавець та виготівник «Симфонія форте»  
76019. м. Івано-Франківськ, вул. Крайківського, 2  
тел. (0342) 77-98-92

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців  
та виготівників видавничої продукції: серія ДК №3312 від 12.11. 2008 р.