

Х.В. Береговська, аспірант кафедри ІТ, ПНУ ім. Василя Стефаника,  
М.В.Машевська, к.т.н., ст. викл. кафедри ІСТ, НУ “Львівська політехніка”,  
А.Я.Зелінський, к.т.н., асис. кафедри ІСТ, НУ “Львівська політехніка”,  
В.М.Теслюк, д.т.н., професор кафедри АСУ, НУ “Львівська політехніка”.

## **РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ БУДИНОК», СТВОРЕНИХ НА БАЗІ МОДЕЛЕЙ ПЕТРІ-МАРКОВА ТА ДОПОВНЕНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ**

**Abstract.** In this paper authors reveals developed method of development Smart-House-Systems (SHS) Models, based on Petri-Markov Nets, and extended by functional components (sensors and actuators). Using this method, we can create new-level SHS-models, which combine all best from Petri-Markov nets, also the gives us opportunity to join stochastic models with real hardware (sensors and actuators) in the most harmonious and practical way.

### **Актуальність**

Сучасний рівень розвитку науки і техніки дозволяє використовувати сучасні технології не тільки для військової та космічної промисловостей, але і у повсякденному житті простих людей. Мобільні технології, супутникова навігація, портативні пристрої, автоматизовані та роботизовані виробничі лінії і т.д. — все це далеко не повний список, який відображає способи використання сучасних технологій у повсякденному житті. Більш того, це впровадження сучасних технологій у повсякденне життя мільйонів людей стає все глибшим, глобальнішим і різноманітнішим з кожним днем.

Однак, є одна практична реалізація поєднання всіх цих технологій в одному готовому «виробі», і саме це поєднання, можливо, найбільш тісно пов'язане з повсякденним життям людей. Такі системи носять назву Smart-House-Systems (SHS) [1-5], або, іншими словами, системи класу «Інтелектуальний будинок» (ІБ), «Розумний дім», які є синонімами одного поняття — системи, призначеної для створення та покращення комфортних умов перебування користувача (-ів) в певній конкретній ділянці простору.

Не зважаючи на те, що такі системи вперше з'явилися ще в 50-х роках минулого століття в США, розробники, дослідники та науковці у всьому світі, як і раніше, проявляють неабиякий інтерес до цих систем, що спричинено постійною зміною вимог до таких систем, їх невпинним вдосконаленням та абсолютною унікальністю кожної такої системи. Наприклад, деякий час назад в 50-х роках минулого століття основним завданням таких систем було забезпечення дистанційного керування побутовою технікою: телевізор, музичний програвач, кондиціонер, жалюзі і т.д., з використанням лише одного універсального пульту дистанційного управління.

В даний час такі системи повинні адаптуватися (наскільки це можливо!) до звичок, побажань, особливостей поведінки, психологічних і емоційних особливостей користувачів, для яких вони призначені.

Таким чином, ми стикаємося з необхідністю розробки нових (або вдосконалення вже існуючих) методів, моделей і засобів для проектування, дослідження, впровадження, навчання та підтримку систем класу ІБ.

### Постановка задачі

Отже, основною задачею є розроблення методу побудови нових моделей систем ІБ, які б враховували сучасні вимоги до систем даного класу. В якості базової платформи для таких моделей запропоновано використати вже існуючі моделі Петрі-Маркова (МПМ) [6], які поєднують в собі усі переваги як мереж Петрі [7–9], так і моделей Маркова [10], а також реалізувати додаткову інкапсуляцію функціональних компонентів в отримані моделі на базі МПМ, що в сумі дасть змогу отримати моделі якісно нового функціонального рівня.

### Вирішення задачі

Системи класу ІБ є надзвичайно складними системами, оскільки вони володіють наступними ознаками складних систем — див. рис.1.

Відповідно, складність систем класу ІБ вносить свої корективи щодо вибору можливих базових варіантів механізмів побудови моделей для таких систем.



Рис. 1. Ознаки складності систем класу ІБ

Саме тому в якості базису для побудови моделей систем ІБ обрано моделі Петрі-Маркова, які вже включають в себе ряд беззаперечних переваг, а

саме: можливість дослідження динаміки та надійності як модельованої системи в комплексі, так і окремих її складових компонентів, ще на етапі системного проектування; можливість реалізації розгалужуючих схем; дають змогу здійснювати кількісну оцінку імовірнісних процесів, якими так переповнені системи ІБ.

Додаткова інкапсуляція в моделі на базі МПМ функціональних компонентів (сенсорів і актюаторів) системи дає змогу неабияк розширити функціональні можливості отриманої моделі розроблюваної системи ІБ. В результаті ми отримуємо модель якісно нового функціонального рівня. Фрагмент такої спрощеної узагальненої моделі представлений нижче, на рис.2.

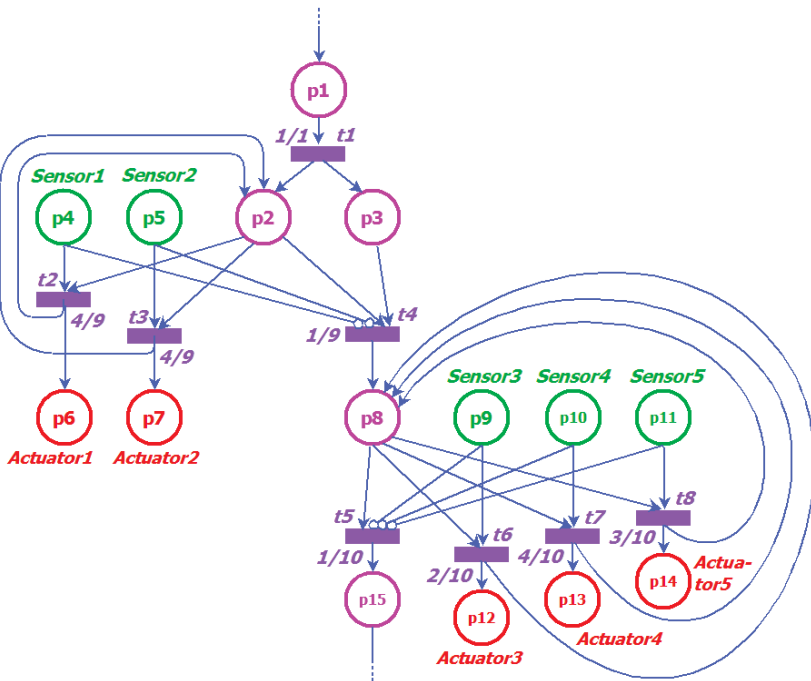


Рис. 2. Фрагмент моделі системи ІБ, побудованої на базі МПМ, та доповненої функціональними компонентами

Як видно із рис.1, сенсори і актюатори представлені в моделі окремими позиціями, що забезпечує найбільш гармонійне влиття цих функціональних компонентів, що представляють реальне hardware системи, в стохастичну модель, якою являється модель на базі МПМ. Нижче, на рис. 3, представлена блок-схема алгоритму побудови моделей систем ІБ, створених на базі МПМ, та доповнених функціональними компонентами.

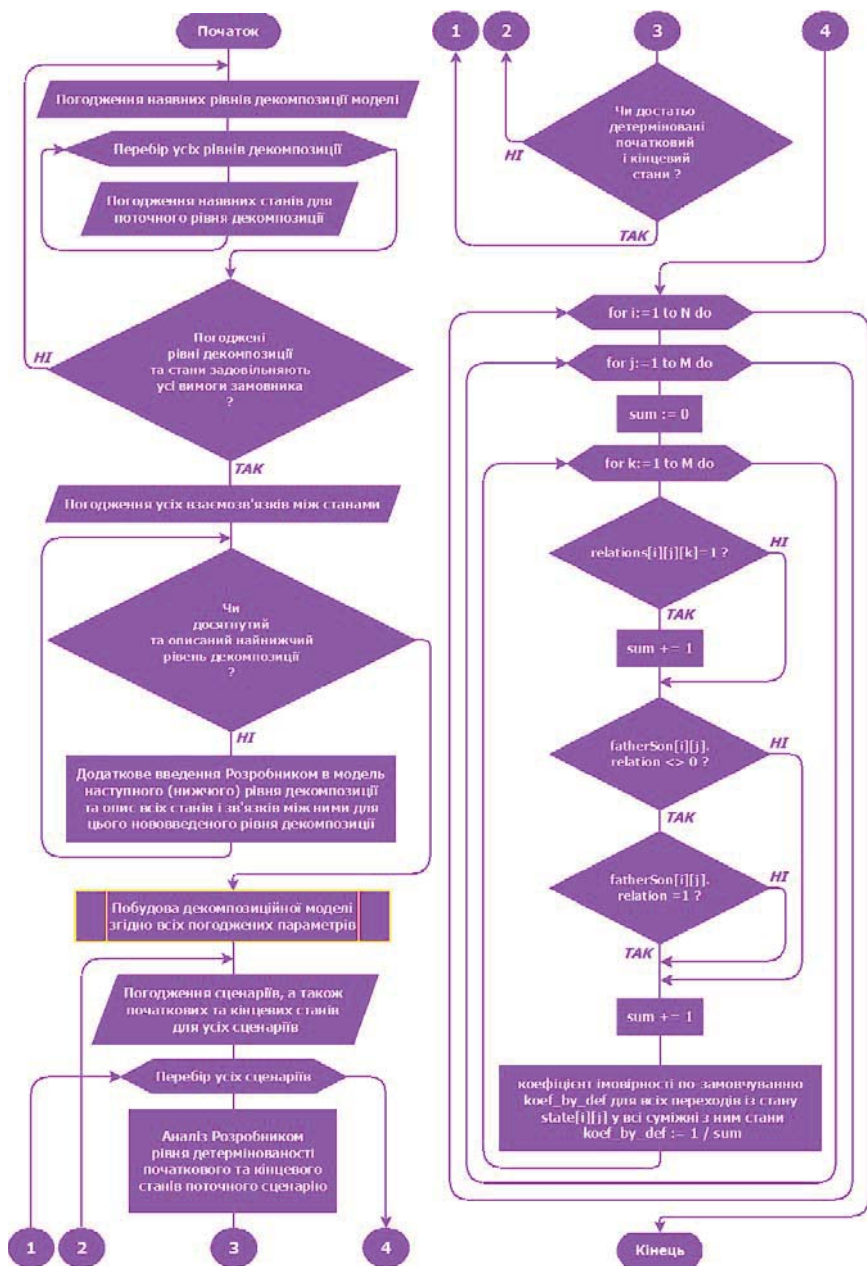


Рис. 3. Блок-схема алгоритму побудови моделей систем ІБ

Робота розробленого алгоритму розпочинається з погодження (із замовником) наявних рівнів декомпозиції моделі, оскільки деякі користувачі хочуть, щоб система функціонувала виключно в межах однієї кімнати (наприклад, кухні), в той час як інші користувачі бажають отримати «all inclusive», щоб система супроводжувала їх в супермаркеті, спортзалі, на роботі, вдома, та в інших місцях їх перебування, і в залежності від цих побажань, деякі рівні декомпозиції можуть бути присутні, або відсутні в розроблюваній системі. Після цього відбувається погодження всіх наявних станів та зв'язків між цими станами для всіх попередньо погоджених рівнів декомпозиції. Потім розробник повинен проаналізувати: чи досягнутий найнижчий рівень (рівень функціональних компонентів, який є «must have» для будь-якої розроблюваної моделі системи ІБ) декомпозиції? Якщо не досягнутий, то розробник повинен додатково ввести в систему ще один (нижній) рівень декомпозиції, і описати всі існуючі стани і зв'язки між цими станами для цього нового рівня декомпозиції. І так аж до тих пір, поки не буде досягнутий найнижчий рівень декомпозиції.

Тільки після того, як останній (найнижчий, сьомий) рівень декомпозиції був успішно досягнутий і описаний, розробник може перейти до побудови відповідної декомпозиційної моделі розроблюваної системи ІБ відповідно до спеціального алгоритму декомпозиції.

Наступний етап — це погодження сценаріїв функціонування розроблюваної системи ІБ. Після цього здійснюється аналіз всіх початкових і кінцевих станів для усіх погоджених сценаріїв, аналіз полягає в тому, чи достатньо детерміновані початковий та кінцевий стан кожного сценарію? Якщо ні (тобто, не достатньо детерміновані), то розробник повинен виконати додаткову (конкретнішу) детермінацію всіх недостатньо детермінованих станів. Тільки після того, як усі початкові та кінцеві стани для всіх існуючих сценаріїв будуть достатньо детерміновані, ми можемо перейти до наступного кроку, на якому здійснюється розрахунок значень «за замовчуванням» для всіх коефіцієнтів ймовірності матриці переходів системи. Після того, як всі значення «за замовчуванням» коефіцієнтів ймовірності для всіх існуючих переходів розробленої моделі системи ІБ встановлені, процес розробки моделі вважаємо успішно завершеним, і модель готова до подальшого етапу розвитку, а саме — навчання отриманої моделі розроблюваної системи ІБ.

Таким чином, розроблена модель системи ІБ (див. приклад на рис. 2), побудована на базі МПМ та доповнена функціональними компонентами, і розроблений алгоритм (див блок-схему на рис. 3) в сукупності складають основу розробленого методу побудови моделей систем «Інтелектуальний будинок», створених на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами.

Крім того, розроблені також відповідні 7 рівнів декомпозиції моделей систем ІБ, побудованих на базі МПМ, та доповнених функціональними компонентами, оскільки для таких складних систем як ІБ декомпозиція є обов'язковою та невід'ємною частиною.



Рис. 4. Блок-схема алгоритму побудови моделей систем ІБ

В сумі, розроблені сім рівнів декомпозиції дають змогу представити розроблену систему ІБ (практично довільного рівня складності) від рівня «чорного ящика» до рівня неподільних апаратних функціональних компонентів — сенсорів і виконавчих механізмів (актюаторів).

### Висновки

В роботі представлений розроблений метод побудови моделей систем «Інтелектуальний будинок», створених на базі моделей Петрі-Маркова та доповнених функціональними компонентами. В основу розробленого методу входять, власне, самі моделі системи ІБ, побудовані на базі МПМ, та доповнені функціональними компонентами, а також відповідний алгоритм побудови таких моделей. Основною перевагою розробленого методу є те, що він дає змогу побудувати моделі якісно нового функціонального рівня, в яких в найбільш гармонійний спосіб поєднуються стохастичні МПМ та реальне hardware системи. Розроблені за допомогою даного методу моделі систем ІБ володіють рядом беззаперечних переваг, таких як: можливість декомпозиції системи на 7 рівнів декомпозиції, які представляють розроблену систему ІБ від рівня «чорного ящика» до рівня неподільних функціональних компонентів; дослідження динаміки та надійності як всієї системи, так і окремих її складових компонентів, ще на етапі системного проектування; можливість кількісної оцінки ймовірнісних процесів, а також динамічної корекції отриманих коефіцієнтів ймовірності матриці переходів системи між станами; здійснення комплексного аналізу найрізноманітніших сценаріїв функціонування розробленої системи ІБ.

- [1] *Chetty M., Sung v, Grinter R. E.* “How Smart Homes Learn: The Evolution of the Networked Home and Household,” *Lect.Notes in Comp.Science*, vol.4717, pp.127-144, 2007.
- [2] *Hayet Lamine and Hafedh Abid* ”Remote control of a domestic equipment from an Android application based on Raspberry pi card”, *IEEE transaction 15th international conference on Sciences and Techniques of Automatic control & computer engineering - STA'2014, Hammamet, Tunisia, December 21-23, 2014.*
- [3] *Rozita Teymourzadeh, Salah Addin Ahmed, Kok Wai Chan and Mok Vee Hoong* “Smart GSM Based Home Automation System”, 2013, *IEEE Conference on Systems, Process & Control, Kuala Lumpur, Malaysia.*
- [4] *Teslyuk T., Denysyuk P., Kernytskyi A., Teslyuk V.* Automated Control System for Arduino and Android based Intelligent Greenhouse // *Перспективні технології і методи проектування MEMC: матеріали дванадцятої міжнар. конф. MEMSTECH 2015, 2-6 вересня 2015, Поляна, Україна / Національний Університет "Львівська Політехніка" – Л.: Вежа і Ко, 2015 – С.7-10.*
- [5] *Теслюк В.М., Березький О.М., Береговський В.В., Теслюк Т.В.* Розроблення нейроконтролера для управління підсистемою освітлення інтелектуального будинку // *Зб. наук. пр. ІППМЕ ім.Г.Є.Пухова НАН України. – Київ, 2012, Вип. 64. – С.137 – 143 .*
- [6] *Ларкин Е. В.* Математический аппарат сетей Петри-Маркова, д-р техн. наук, проф. ЛАРКИН Евгений Васильевич [Электронный ресурс], — Режим доступа: <http://klax.tula.ru/~spm/index.html>
- [7] *Ачасова С. М., Бандман О. Л.* Корректность параллельных вычислительных процессов. — Новосибирск: Наука, 1990. — 253 с.
- [8] *Мараховский В. Б., Розенблюм Л. Я., Яковлев А. В.* Моделирование параллельных процессов. Сети Петри. Курс для системных архитекторов, программистов, системных аналитиков, проектировщиков сложных систем управления. — Санкт-Петербург: Профессиональная литература, АйТи-Подготовка, 2014. – 400 с.
- [9] *Teslyuk V. M., Beregovskiy V. V., Pukach A. I.* “Development of smart house system model based on colored Petri nets” in *Proceedings of International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, DIPED'2013, Lviv, Ukraine, September 2013, pp. 205 – 208.*
- [10] *Norris J. R.* Markov Chains. Cambridge University Press. 1998, 237 pp.

*Поступила 20.03.2017р.*