

управління технологічними процесами. Тз – Львів. Каменярь 1998- с.453.

12. Лиса Н.К. Моделі обробки даних для експертних висновків про стан і динамічну ситуацію в технологічних системах / Н.К. Лиса, Л.С. Сікора // Зб. наук. пр., Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 53. – С.169-177.

13. Лиса Н.К. Моделі обробки даних для експертних висновків про стан і динамічну ситуацію в технологічних системах / Н.К. Лиса, Л.С. Сікора // Зб. наук. пр., Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 53. – С.169-177.

*Поступила 1.03.2017р.*

УДК 004.021, 004.942

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

## **РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ БУДИНОК», ПОБУДОВАНИХ НА БАЗІ МОДЕЛЕЙ ПЕТРИ-МАРКОВА, ТА ДОПОВНЕНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ КОМПОНЕНТАМИ**

**Abstract.** In this article authors present developed models of Smart-House (Intelligent Buildings) systems. Main difference and peculiarity of these developed models consists in additional introduction into models, based on Petri-Markov nets, functional components (sensors and actuators), which, in fact, represent, real hardware. Thus, developed models allows to join both stochastic models with real hardware components in the most harmonious and logical way.

### **Актуальність**

На сьогодні системи класу «Інтелектуальний будинок» (ІБ) [1–10], або «Розумний дім», все ще представляють неабиякий інтерес для дослідників, науковців, розробників та проектувальників складних систем, навіть попри те, що системи ІБ беруть свій початок ще з далеких 50-х років минулого століття.

Проте, сьогоднішні системи ІБ кардинально відрізняються від своїх перших аналогів, оскільки постійно змінюються та зростають вимоги як до самих систем, так і до технологій, методів та засобів їх проектування, розробки, впровадження та експлуатації.

Так, на даний момент користувачам вже недостатньо банального віддаленого керування побутовою технікою та електричними пристроями вдома, чи економії енерговитрат на підтримання оптимальних мікрокліматичних умов всередині помешкання, натомість сучасний користувач системи ІБ бажає отримати від системи максимальний комфорт, максимальну адаптивність системи та її максимальну автономність, —

система повинна враховувати особливості поведінку та характеру користувача (-ів), здійснювати моніторинг того, де саме перебуває користувач в даний момент, чим саме він займається, і якими будуть його подальші дії, залишаючись при цьому максимально автономною та непомітною для користувача.

Сучасні системи класу ІБ повинні вміти «грати на випередження». Наприклад, статистика показує, що кожного ранку в робочі дні о 7:30 користувач прокидається, відвідує ванну кімнату, після чого іде на кухню і робить собі каву еспресо, а своїй дружині каву лате. Проаналізувавши цей факт, система грає на випередження, і як тільки користувач вийшов з ванної кімнати, система одразу ж автоматично вмикає кавоварку, і робить користувачу каву еспресо, а його дружині каву лате. Користувач в захваті.

### **Постановка задачі**

Всі перелічені вище (а також цілий ряд інших унікальних і особливих побажань кожного окремого замовника) вимоги до сучасних систем ІБ ставлять перед науковцями та розробниками необхідність вдосконалення вже існуючих та розроблення все нових моделей, методів і засобів проектування систем класу ІБ. На сьогодні існують надзвичайно потужні можливості щодо моделювання складних систем, зокрема, в області комп'ютерного моделювання, проте цей спосіб моделювання застосовують здебільшого вже на фінальних стадіях проектування.

Якщо ж мова йде про найбільш ранні стадії проектування, зокрема етап системного проектування, то тут найбільш доцільним є застосування саме стохастичних моделей, в розряд яких входять, зокрема, добре відомі мережі Петрі (МП) [11–15] та моделі Маркова (ММ) [16–18].

Але поодиноці ці два механізми (МП та ММ) не дають настільки глобального ефекту, як при їхньому поєднанні, яке вилитося в описані в роботі [19] мережі Петрі–Маркова, оскільки самі мережі Петрі поодиноці не дають змоги враховувати імовірнісні процеси, а самі лише моделі Маркова поодиноці не володіють таким різноманіттям можливих комбінацій, як мережі Петрі, оскільки моделі Маркова представлені в одній єдиній формі, в той час як мережі Петрі поділяються на: стохастичні; кольорові; ієрархічні; мережі з пріоритетами; потокові; інгібіторні; функціональні; часові, кожні з яких призначені для вирішення задач конкретного характеру. Проте, і цього поєднання нам було недостатньо для вирішення поставленої задачі реалізації цілої низки поставлених вимог до сучасних систем класу ІБ.

### **Вирішення задачі**

З метою вирішення цілого класу задач, поставлених до сучасних систем класу ІБ, в даній роботі представлені спеціально розроблені моделі систем ІБ, побудовані на базі моделей Петрі–Маркова (МПМ), та доповнені функціональними компонентами (сенсорами та актуаторами).

Таким чином, ми отримаємо унікальний симбіоз стохастичних моделей, якими, по своїй суті, являють моделі Петрі–Маркова, та реального hardware,

представленого сенсорами та актуаторами, що забезпечить максимально гармонійне влиття цього hardware в моделі класу стохастичних моделей, що, в свою чергу, дає неабиякий результат та бажаний ефект для реалізації поставлених задач та досягнення поставлених цілей розроблення вдосконалених моделей систем класу ІБ, які б задовільнили всі сучасні вимоги до даних систем.

Необхідно також відзначити, що системи класу ІБ є надзвичайно складними системами, оскільки володіють наступними характеристиками складних систем:

- унікальність та нестационарність;
- непередбачуваність та стохастична поведінка (в певній мірі);
- ІБ в сукупності є більш складною, ніж її окремі компоненти;
- поділ на функціональні підсистеми — кожна окрема частина (підсистема) має свою власну функцію, і може розглядатися окремо;
- складається з підсистем різних типів, і ці підсистеми об'єднані і організовані по-різному;
- різноманіття складових компонентів, що неабиякою мірою залежить від вибору дослідника, а також від поставлених цілей;
- ІБ володіють ієрархічною структурою, і складається з великого числа підсистем, які, в свою чергу, можуть бути розбиті на більш прості компоненти, і так далі, аж до найнижчого рівня;
- характеризуються наявністю великої кількості різнорідних компонентів та різнорідних взаємозв'язків (реляцій);
- висока ступінь людського фактору в ході функціонування ІБ;
- розробник (проектувальник) не здатний тримати в голові картину всієї системи цілком, оскільки вона занадто складна та об'ємна.

Отже, необхідною і обов'язковою є декомпозиція моделей систем ІБ. Згідно з розробленою схемою декомпозиції, представленою в роботі [20], вся модель поділяється на 7 основних рівнів декомпозиції та, відповідно, 6 локальних процесів декомпозиції між цими рівнями — див. табл.1 нижче.

Таблиця 1

Декомпозиція розроблених моделей систем ІБ, побудованих на базі МПМ, та доповнених функціональними компонентами

Рівень декомпозиції	Декомпозиція між рівнями	Опис рівня декомпозиції
Рівень 1	Глобальна	Представлення системи з точки зору користувача, тобто, іншими словами — у вигляді деякої «чорної скриньки», якою систему бачить сам користувач

Рівень 2	територіальна декомпозиція	Представляє глобальне територіальне розташування користувача: <ul style="list-style-type: none"> <li>• користувач вдома,</li> <li>• користувач на роботі,</li> <li>• користувач в супермаркеті,</li> <li>• користувач в спортзалі,</li> <li>• користувач на подвір'ї, і т.д.</li> </ul> Взятий до уваги також той важливий факт, що ІБ включає в себе не тільки фізичний каркас будівлі, але виходить далеко за його межі, що дає змогу зробити глобальний аналіз і обробку всього комплексу корисної інформації про користувача (-ів).
Рівень 2	Первинна територіальна декомпозиція	Представляє переміщення користувача між окремими приміщеннями всередині будівлі: користувач знаходиться в кухні, в ванній кімнаті, в спальні, і т.д.
Рівень 3		
Рівень 3	Локалізована територіальна декомпозиція	Четвертий рівень декомпозиції представляє розширене розташування користувача всередині конкретного окремого приміщення, наприклад: користувач знаходиться на дивані (на кухні), користувач знаходиться біля газової плити (на кухні), користувач знаходиться поруч з холодильником (в кухні) і т.д.
Рівень 4		
Рівень 4	Предметна декомпозиція	П'ятий рівень декомпозиції представляє всі елементи (у всіх приміщеннях в будівлі), з якими користувач може взаємодіяти, наприклад: електрочайник, кавоварка, телевізор, і т.д.
Рівень 5		
Рівень 5	Декомпозиція подій та станів	Шостий рівень декомпозиції представляє події і стани, що виникають в результаті взаємодії користувача з різними елементами всередині конкретного приміщення. Наприклад: користувач сів на диван в кухні, користувач встає з дивана на кухні, користувач включив електричний чайник на кухні, користувач увімкнув телевізор в спальні, користувач змінив (перемкнув) ТВ-канал і т.д.
Рівень 6		
Рівень 6	Компонентна декомпозиція	Сьомий рівень декомпозиції представляє функціональні компоненти системи — сенсори і актуатори. Це найнижчий і, відповідно, найбільш деталізований та конкретизований, рівень декомпозиції, оскільки він представляє систему з точки зору апаратних компонентів.
Рівень 7		

Таким чином, завдяки розробленому механізму чіткої декомпозиції моделей систем ІБ ми маємо можливість представляти складні системи класу ІБ від рівня «чорного ящика» до рівня системних функціональних компонентів — сенсорів та актюаторів, які являються неподільними апаратними компонентами цих систем. Нижче, на рисунку 1, представлений фрагмент розробленої моделі системи ІБ, побудованої на базі МПМ, та доповненої функціональними компонентами (сенсорами і актюаторами), які представлені окремими станами моделі.

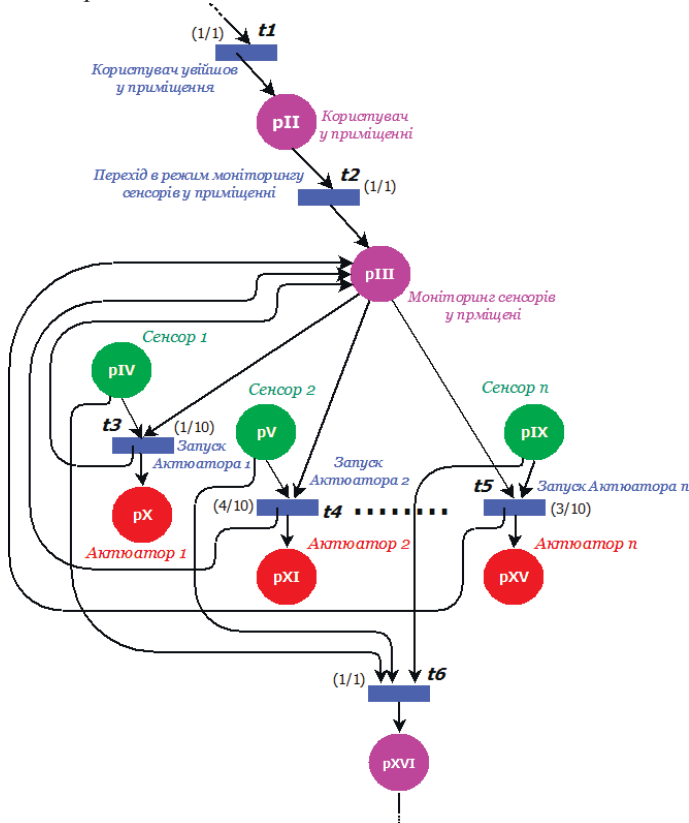


Рис. 1. Фрагмент розробленої моделі системи ІБ

### Висновки

В роботі представлені та описані розроблені моделі систем ІБ, побудовані на базі МПМ, та доповнені функціональними компонентами. Основна відмінність розроблених моделей полягає в додатковій інкапсуляції функціональних компонентів системи — сенсорів і актюаторів, які представляють реальне hardware. При цьому дана інкапсуляція реалізована таким чином, щоб забезпечити найбільш гармонійне поєднання стохастичних

моделей і hardware, що дало змогу отримати модель якісно нового функціонального рівня. Розроблені моделі додатково забезпечені гнучким механізмом декомпозиції, і дають змогу розглядати систему з рівня «чорного ящика» до рівня функціональних компонентів — сенсорів і актуаторів. Крім того, розроблені моделі володіють всіма перевагами як мереж Петрі, так і моделей Маркова, і дозволяють здійснювати розрахунок імовірнісних процесів, а також досліджувати динаміку та надійність системи ще на етапі системного проектування.

1. A. *Altheraish*, "Design and Implementation of Home Automation System," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 50, no. 4, pp.1087-1092, Nov. 2004.
2. K. *Atukorala*, D. *Wijekoon*, M. *Tharugasini*, I. *Perera*, C. *Silva*, "SmartEye - Integrated solution to home automation, security and monitoring through mobile phones," Third International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, NGMAST '09, pp. 64-69, Sep. 2009.
3. *Ardam H. and Coskun I.*, "A remote controller for home and office appliances by telephone", IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.44, no.4, pp. 1291-1297, 1998.
4. M. *Chetty*, J.-Y. *Sung*, R. E. *Grinter*, "How Smart Homes Learn: The Evolution of the Networked Home and Household," Lect.Notes in Comp.Science, vol.4717,pp.127-144,2007.
5. *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.
6. R.*Pivare*, M.*Tazil*,"Bluetooth Based Home Automation System Using Cell Phone", 2011, IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics Singapore, pp.192-195.
7. *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.
8. *Stephen S. Intille*, "Designing a Home of the Future," IEEE Pervasive Computing, vol. 1, no. 2, pp. 76-82, Apr. 2002.
9. *T. Teslyuk, P. Denysyuk, A. Kernytskyu, V. Teslyuk*. 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- Парал.тит.арк.англ.
10. *Борейко О.Ю., Теслюк В.М., Березький О.М.* Розроблення компонентів системи відеонагляду "Інтелектуального будинку" на базі Raspberry PI // Моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць- Вип. 71- Київ: Інститут моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України- 2014- С. 66 - 71.
11. *W. Reisig and G. Rozenberg (Eds.)*. Lectures on Petri Nets I: Basic Models. Advances in Petri Nets, Springer, LNCS 1491, 1998.
12. *Ачасова С. М., Бандман О. Л.* Корректность параллельных вычислительных процессов. — Новосибирск: Наука, 1990. — 253 с.
13. *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.
14. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. - М:Мир,1984. 264с.

15. Слепцов А. И., Юрасов А. А. Автоматизация проектирования управляющих систем гибких автоматизированных производств/Б.Н.Малиновский. Киев:Техніка, 1986. 160с.
16. Norris, J. R. Markov Chains. Cambridge University Press. 1998. 237 pp.1
17. Seneta, E. Non-negative Matrices and Markov Chains. Springer. 2006. – 279 pp.
18. Айвазян, С. Н. Статистический анализ марковских цепей – М. – 1975. – 38 с.
19. ЛАРКИН Евгений Васильевич, МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ СЕТЕЙ ПЕТРИ-МАРКОВА, д-р техн. наук, проф. ЛАРКИН Евгений Васильевич [Электронный ресурс], — Режим доступа: <http://klax.tula.ru/~spm/index.html>
20. Teslyuk V., Beregovska K., Denysyk P. Decomposition of models of Smart-House-systems // Proceeding of the XIII International Conference "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", MEMSTECH'2017, 20 - 23 April 2017 Polyana, Lviv, Ukraine. 2017 – P. 22 – 24.

*Поступила 20.04.2017р.*

УДК 621.3

М.Б.Поліщук<sup>1</sup>, к.т.н., Г.Н.Левицька<sup>1</sup>, викладач, О.В. Тимченко<sup>2</sup>, д.т.н., професор

## **СИСТЕМНЕ І СТРУКТУРНЕ МИСЛЕННЯ ЯК ОСНОВА ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ**

**Вступ.** Зростання промислового виробництва та світової економіки викликало нові тенденції до вимог професійного рівня як управлінського, так і інженерно-технічного персоналу в малих і великих корпораціях та державних структурах. Загальні тенденції інформатизації як державних, так і корпоративних структур характеризуються різким ростом рівня насиченості комп'ютерною оргтехнікою й інформаційними системами (БД – СУБД, мережі, Інтернет), але при цьому на задній план відходить особа, що приймає рішення. При цьому спостерігається зниження рівня можливості аналізувати ситуацію та приймати рішення через низький рівень системних знань, що особливо важливо в умовах надзвичайних ситуацій в об'єктах керування

Цей метарівень організує системно-структурну методологію як деяке ціле (цілісний комплекс проблемно-орієнтованих методів), зв'язуючи і об'єднуючи воедино системно-структурне конструювання і проєктування з комплексним набором блоків знань й методологічними системно-структурними дослідженнями, виходячи з концепції ієрархічності методологічної організації процесів мислення та професійної діяльності [1-3].

До числа необхідних компонентів управління процесом навчання варто

---

<sup>1</sup> Львівське вище професійне училище комп'ютерних технологій та будівництва

<sup>2</sup> Українська академія друкарства, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie