Олег Є. Кузьмін, Петро Р. Базилевич

ОПИС ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТИПУ «ЗАПИТИ – ЧЕРГА – ВИКОНАВЦІ» МЕРЕЖАМИ ПЕТРІ ВИЩОГО ПОРЯДКУ*

У статті побудовано мережі Петрі вищого порядку для широко розповсюджених виробничих систем, що включають багатьох замовників, чергу та виконавців. Розглянуто декілька варіантів таких систем, до яких поступають як одно-, так і різнотипні запити, формується черга з одним виконавцем або декількома, як з одно-, так і багатопрофільними.

Ключові слова: *виробнича система; запити; черга; мережі Петрі вищого порядку.*
Рис. 6. Літ. 12.

Олег Е. Кузьмин, Петр Р. Базилевич

ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ТИПА «ЗАПРОСЫ – ОЧЕРЕДЬ – ИСПОЛНИТЕЛИ» СЕТЯМИ ПЕТРИ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА

В статье построены сети Петри высшего порядка для широкораспространенных производственных систем, включающих многих заказчиков, очередь и исполнителей. Рассмотрено несколько вариантов таких систем, в которых поступают как одно- так и разнотипные запросы, формируется одна очередь, с одним исполнителем или несколькими, как с одно-, так и многопрофильными.

Ключевые слова: *производственная система; запросы; очередь; сеть Петри высшего порядка.*

Oleg Y. Kuzmin[1], Petro R. Bazylevych[2]

DESCRIPTION OF PRODUCTION SYSTEMS OF THE "REQUESTS – QUEUE – PERFORMERS" TYPE BY HIGH LEVEL PETRI NETS

The paper develops the high-level Petri nets for widespread production systems, including many customers, the queue and performers. Several options of such systems, which come as the same or different types of request, one queue, with one or more performers that are specified as a single or multifield are considered.

Keywords: *production system; requests; queue; high-level Petri nets.*

Постановка проблеми. Багато виробничих систем – банки, каси, бібліотеки, комп'ютерні системи та інші різноманітні сервіси мають подібну структуру обслуговування клієнтів. Така структура може бути узагальнена як система, що включає джерела запитів (замовлень), черги та виконавців. Джерел замовлень в системі може бути багато. Замовлення можуть бути як одно- так і багатозапитні. Наприклад, в копіювальних центрах замовлення переважно є однотиповими. Кожне таке замовлення може бути виконане довільним виконавцем. У сервісних центрах банків обслуговуються різні типи замовлень. Виконавці здебільшого спеціалізуються за певними типами замовлень. Виконавців також може бути багато. Вони можуть бути універсальними, що виконують всі типи замовлень, або профільними, які виконують тільки певні типи замов-

* статтю підготовлено на основі доповіді на XII-му міжнародному науковому семінарі «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та екології» (1–5 липня 2013 р., оз. Світязь – Київ).

[1] National University "Lviv Polytechnics", Ukraine.
[2] National University "Lviv Polytechnics", Ukraine.

© *Олег Є. Кузьмін, Петро Р. Базилевич, 2014*

лень. Відповідно для ефективного функціювання системи необхідно створити певні типи черг. Якщо виконавці універсальні, наприклад, в залізничних касах, то черга може бути одна. Як тільки звільнюється певний виконавець, обслуговується перший з черги запит. Якщо ж виконавці різнопрофільні, тобто кожен виконує тільки певну групу операцій, то необхідно утворити декілька черг – за відповідними профілями. Першим з відповідної черги виконується запит, тип якого входить до групи спеціальностей відповідного виконавця, що звільнився. Для якісного проектування таких систем необхідно мати засоби, які забезпечують визначення їхніх характеристик, зокрема часу, обслуговування, числа виконавців (верстатів, комп'ютерів, персоналу тощо) та їх спеціалізацію (кваліфікацію). Такі умови створюють мережі Петрі вищого порядку – часові та кольорові [1; 2; 5–12]. Розглянемо особливості їх побудови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Мережі Петрі створені для моделювання систем, у яких є явно виражені причинно-наслідкові зв'язки [3–5]. Такі мережі описуються орієнтованим дводольним графом, що мать дві групи вершин: умови (позиції), що позначаються кружечками, та події (переходи), які позначаються рисочками (поличками), а також орієнтовані дуги, кожна з яких зв'язує тільки вершини різних типів, тобто спрямована від умови до події або навпаки. Кожна подія може відбутися тільки тоді, коли всі умови, з яких йдуть дуги до цієї події, є виконаними. Виконання умови позначається міткою (крапкою) у відповідному кружечку. Після виконання події крапки у відповідних умовах знімаються.

Мережі Петрі є зручним інструментом для моделювання виробничих систем. Так, умови можуть відображати наявність сировини, інформації тощо, необхідних для виконання відповідної операції, яка описується подією. Кожна операція споживає певну сировину, тобто після її виконання обсяги сировини зменшуються, що відображається зніманням міток (або зменшенням їх числа) у відповідній умові. За відсутності мітки хоча б в одній з відповідних умов подія, тобто операція, яку вона описує, не може відбутися. За допомогою таких мереж можна прослідковувати послідовність всіх подій, які відбуваються у виробничій системі, тобто побудувати «дерево досяжності», виявити цикли, тупики, потреби в ресурсах для забезпечення виконання виробничою системою своїх функцій.

В мережах Петрі вищого порядку вводяться додаткові параметри. Міткам надається певне забарвлення – «тип», що характеризує деякі властивості ресурсів, необхідних для виконання операції, а подіям – час виконання. Такі мережі стали більш поширеними для моделювання виробничих систем, оскільки вони повніше описують їх властивості та є кориснішими при їх інженерії та реінженерії. Вони використовуються для складання розкладів, а також для розв'язування інших задач аналізу та проектування різноманітних виробничих систем [1–12].

Невирішені частини проблеми. У працях, зазначених вище, закладено підґрунтя для використання мереж Петрі вищого порядку для опису різноманітних виробничих систем. Проте недостатньо уваги приділено виробничим системам, у яких утворюються черги для виконання запитів. Основними елементами таких систем є замовники запитів різноманітних типів та виконавці, які

також можуть бути з різними функціональними властивостями. Оскільки замовники можуть формувати запити різних типів з різною складністю виконання, а виконавці мають обмежені можливості для їх реалізації, то виникає черга. При проектуванні систем необхідно врахувати продуктивності як одних, так і других, щоб передбачити можливі затримки у виконанні замовлень та визначити їх особливості, зокрема, тривалість. Ці питання є ще недостатньо дослідженими.

Метою дослідження є побудова мережами Петрі вищого порядку моделей виробничих систем типу «джерела – черга – виконавці» для подальшого використання при проектуванні та аналізі ефективності існуючих систем такого типу. Детально проаналізуємо такі системи:

1. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – один універсальний виконавець.

2. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців.

3. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців із затриманням видачі результату запиту.

Основні результати досліджень.

1. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – один універсальний виконавець. Найпростішим є випадок наявності одного виконавця. Черга також повинна бути одна, запити в ній впорядковуються за моментами поступлень. Для моделювання такої ситуації необхідно використати часову мережу Петрі, до якої запити поступають в моменти їх появи. Типи запитів тут не вказуються, оскільки один виконавець змушений виконувати всі типи запитів, які поступають, тобто бути універсальним. Проте може виникати ситуація, коли поступають запити, які виконавець не може чи не повинен виконувати або повинен виділяти за специфічними ознаками. В такому випадку потрібним є селектор, що відкидає такі запити. Для таких мереж необхідно додати мітки типу запиту. Виконавець повинен розпізнавати непотрібні запити та усувати їх. Така ситуація виникає, наприклад, при необхідності виділення браку на виробництві, фільтрації спаму в комп'ютерах, де листи впорядковуються за часом їх поступлення, чи небажаних викликів телефоном тощо. Схематично та у вигляді моделі Петрі така система показана на рис. 1 та 2. Відзначимо, що «селектор» може бути поміщений на початку черги або в кінці – в залежності від потреб та умов реалізації. Схема може буде розширена на виробничі задачі сортування продукції. У такому випадку необхідно додати декілька «селектувальних» елементів – за значеннями ідентифікаторів.

2. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців. Така система широко розповсюджена. Наприклад, обслуговування в банках, в касах, сервісних офісах різноманітного типу тощо. Кожен клієнт приходить в банк зі своїми проблемами, які потребують вирішення. Він стає в загальну чергу та очікує, поки стане першим, та звільниться один з виконавців. Від нього ж він отримує вирішення задачі. Оскільки кожний виконавець виконує всі функції, необхідні для всіх клієнтів, тобто є універсальним, черга повинна бути єдина. Схематично систему та її мережу Петрі показано на рис. 3 та 4 відповідно.

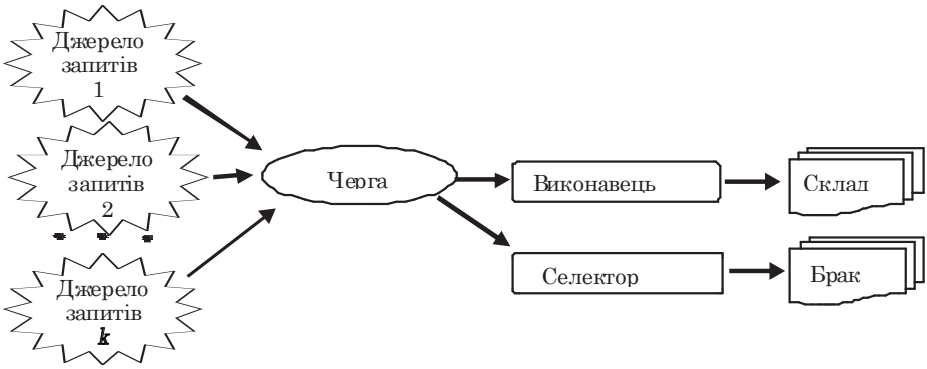


Рис. 1. **Зображення виробничої системи «декілька джерел запитів – одна черга – один універсальний виконавець»,** *авторська розробка*

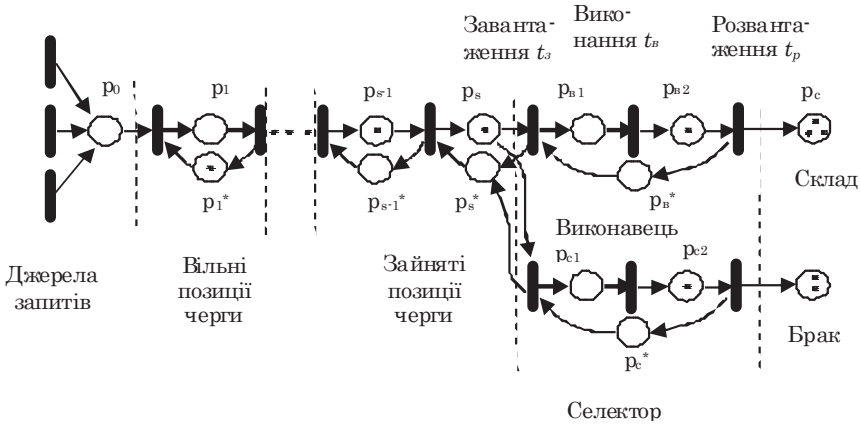


Рис. 2. **Мережа Петрі виробничої системи «декілька джерел запитів – одна черга – один універсальний виконавець»,** *авторська розробка*

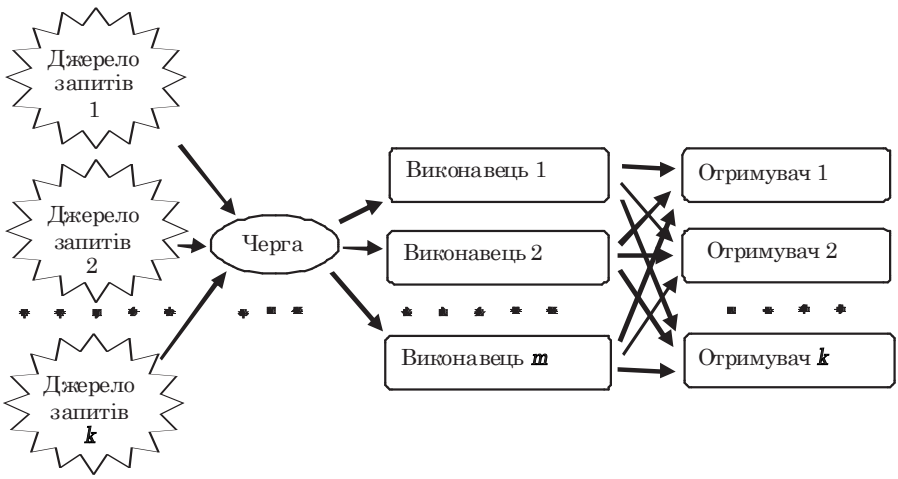


Рис. 3. **Зображення виробничої системи «декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців,** *авторська розробка*

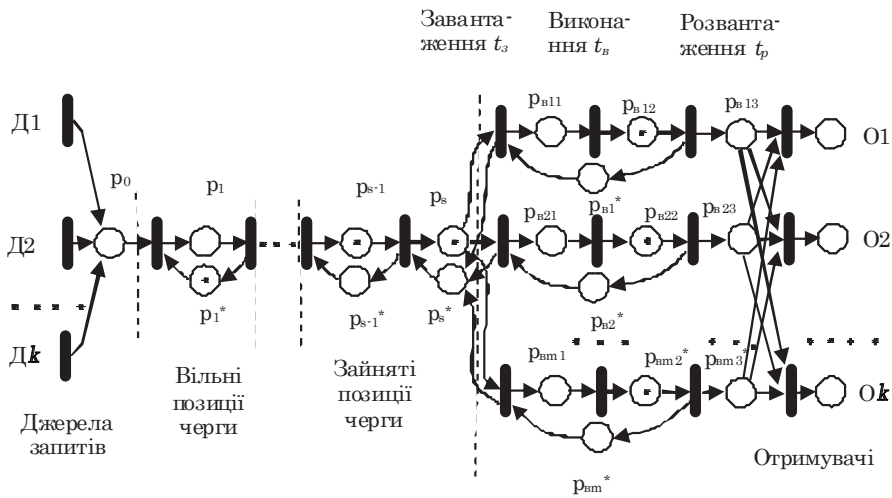


Рис. 4. **Кольорова часова мережа Петрі виробничої системи «декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців»,** *авторська розробка*

3. Декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців із затриманням видачі. Дещо відмінна ситуація виникає у випадку, коли клієнт отримує відповідь не одразу, а з певним відтермінуванням, наприклад, поштою. У такому випадку виконані запити збираються системою в одному місці (на складі, в пам'яті комп'ютера тощо), а пізніше видаються чи розсилаються. Така система представлена на рис. 5 та 6. Важливим додатковим параметром такої системи є час затримування видачі t_0. Результат роботи кожного виконавця фіксується в позиції p_c. У даному випадку необхідно застосувати кольорову мережу Петрі для відображення процесу передавання результату виконання кожного запиту відповідному отримувачеві.

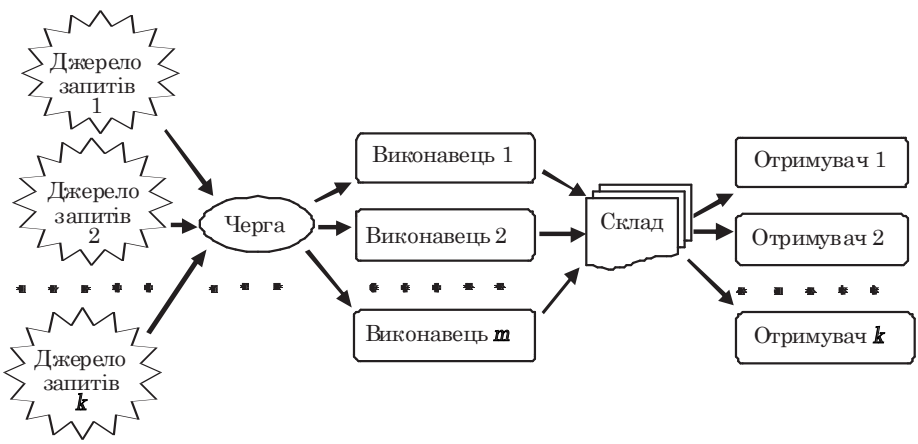


Рис. 5. **Зображення виробничої системи «декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців із затриманням видачі»,** *авторська розробка*

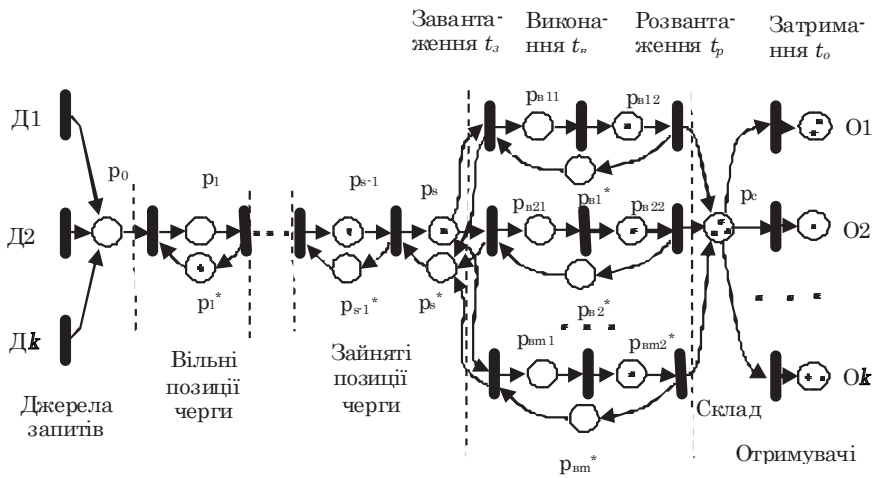


Рис. 6. **Кольорова часова мережа Петрі виробничої системи «декілька джерел різнотипних запитів – одна черга – група універсальних виконавців із затриманням видачі»,** *авторська розробка*

Висновки. Широкого поширення для моделювання підприємств як асинхронних дискретних систем набули мережі Петрі, як прості, так і вищого порядку: кольорові та часові. Ці моделі створюють умови для аналізу структури, часових та інших характеристик, що може бути використано на етапах проектування нових та реінженерії існуючих виробничих систем для підвищення їх ефективності. Мережі Петрі вищого порядку доцільно застосовувати для моделювання виробничих систем типу «запити – черги – виконавці», що мають широке поширення в різноманітних галузях діяльності. Побудовано моделі декількох типів таких систем: з багатьма замовниками, з однією чергою та виконавцями – як універсальними, так і різнопрофільними.

1. *Доррер М.Г., Курохтин В.В.* Решение задачи прямого и обратного преобразования между цветной сетью Петри и моделью бизнес-процессов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета. – Вып. 5. – Красноярск: СибГАУ, 2006. – С. 83–87.

2. *Зыбарева А.А.* Моделирование и анализ бизнес-процессов в дискретных динамических системах // www.ict.edu.ru.

3. *Котов В.Е.* Сети Петри. – М.: Наука, 1984. – 160 с.

4. Моделирование бизнеса. Методология ARIS: Прак. руководство / М. Каменнова, А. Громов, М. Ферапонтов, А. Шматалюк. – М.: Весть-Метатехнология, 2001. – 327 с.

5. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 265 с.

6. Сети Петри в моделировании бизнес-процессов. Теоретические основы и приложения / Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский, П.В. Сенченко, В.Ф. Тарасенко. – Томск: ТУСУР, 2007. – 179 с.

7. *Aalst, W.M.P. van der, Hauschildt, D., Verbeek, H.M.W.* (1997). A Petri-net-based tool to analyse workflows. Proceedings of Petri Nets in System Engineering (PNSE'97), pp. 78–90. Hamburg: University of Hamburg.

8. *Bozek, A.* (2012). Using Timed Coloured Petri Nets for Modelling, Simulation and Scheduling of Production Systems. In: Righi, R. (Ed.). Production Scheduling (pp. 207–230). InTech, Rijeka (Croatia).

9. *Bozek, A., Zabinski, T.* (2010). Colored timed Petri Nets as tool of off-line simulating for intelligent manufacturing systems. Przeglad Elektrotechniczny (Electrical Review), 9: 101–105.

10. *He, X., Murata, T.* (2005). High-Level Petri Nets – Extension, Analysis and Applications. In: The Electrical Engineering Handbook (pp. 459–475). Ed. by W.K. Chen. Elsevier Academic Press, Burlington, MA.

11. *Jensen, K., Kristensen, L.M.* (2009). Coloured Petri Nets. Modeling and Validation of Concurrent Systems, Springer, 2009.

12. *Lee, T.-E.* (2008). A review of scheduling theory and methods for semiconductor manufacturing clusre tools. Proc. 2008 Winter simulation conference (pp. 2127–2135).

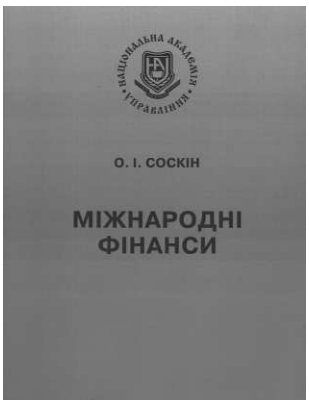
Стаття надійшла до редакції 2.09.2013.

КНИЖКОВИЙ СВІТ

СУЧАСНА ЕКОНОМІЧНА ТА ЮРИДИЧНА ОСВІТА
ПРЕСТИЖНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ

Україна, 01011, м. Київ, вул. Панаса Мирного, 26
E-mail: book@nam.kiev.ua
тел./факс 288-94-98, 280-80-56



Міжнародні фінанси: Навчально-методичний посібник. – К.: Національна академія управління, 2011. – 300 с. Ціна без доставки – 30 грн.

Автор: **О.І. Соскін.**

У посібнику розкриті основні положення, сутність, механізми та функції міжнародних фінансів, розвиток та сучасний стан світової валютної системи та міжнародних фінансових ринків; проаналізовані сучасні тенденції у сфері міжнародних фінансів. Посібник сформовано відповідно до вимог Болонського процесу. Видання містить комплексні тестові завдання, питання для самоконтролю, глосарій. У посібнику знайшли відображення актуальні сучасні дослідження у сфері міжнародних фінансів, матеріали фахових періодичних видань «Актуальні проблеми економіки», «Економічний часопис – XXI» та інших.

Посібник призначено для студентів та аспірантів економічних спеціальностей, а також тих, кому цікаво сформувати власне розуміння проблематики міжнародних фінансів.