

# ПІДПРИЄМНИЦТВО

УДК: 658.5

О.Є. Кузьмін, П.Р. Базилевич  
Національний університет “Львівська політехніка”

## ГРАФОВИЙ АНАЛІЗ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

© Кузьмін О.Є., Базилевич П.Р., 2012

**Побудовано графову модель для опису структури виробничих процесів підприємства як дискретної асинхронної системи, яка містить ініціатори, результати та операції. Модель дає змогу виявляти основні структурні особливості підприємства. Формалізація є зручною для створення алгоритмічного та програмного забезпечення, що може слугувати інструментом для проектування нових, підвищення ефективності та реінженерії існуючих підприємств.**

**Ключові слова:** виробнича система, графова модель, процесний підхід, структура підприємства.

О.Ye. Kuzmin, P.R. Bazylevych  
Lviv Polytechnic National University

## GRAPH ANALYSIS OF BUSINESS SYSTEMS

© Kuzmin O.Ye., Bazylevych P.R., 2012

**The graph model that describes business processes as a discrete asynchronous system with initiators, results, and operations is built. The model allows identifying their main structural features of enterprises. The suggested formalization is useful for creating software that can serve as a tool for designing new and improving existing enterprises.**

**Key words:** business systems, graph model, process approach, enterprise structur.

**Постановка проблеми.** Сучасні підприємства об'єднують багато виробничих процесів, що реалізують тисячі та мільйони операцій. Актуальним є розроблення ефективних підходів, придатних для математичного моделювання, аналізу та оптимізації їх структури. Необхідною є деталізація структури підприємств, яка створює належні умови для застосування методів комбінаторного аналізу, та створення ефективного інструментарію для практичного використання їх для інженерії та реінженерії на основі процесного підходу.

**Аналіз останніх досліджень.** Для опису та моделювання діяльності підприємств використовують методи та інструментарій, серед яких найпоширенішими є UML (Unified Modeling Language), BPM (Business Process Modeling), ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) та ін. [1–9]. В реінженерії для неперервної оптимізації необхідно мати адекватну модель їх структури. Проте не всі існуючі методи моделювання підприємств мають достатню глибину деталізації, за якої можна безпосередньо використати математичні методи комбінаторного аналізу для покращення структури підприємств. Необхідним є опис структури, за яким можна безпосередньо використати апарат комбінаторного аналізу з адаптацією до особливостей конкретного підприємства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для задач структуризації та реструктуризації підприємства важливо насамперед вивчити та дослідити характеристики його структури та вплив на ефективність діяльності. З цього погляду бізнес-системи доцільно розглядати як дискретні асинхронні системи [10], оскільки вони утворені скінченною множиною окремих операцій, що мають різну, але скінченну тривалість, є асинхронними в реалізації та не керуються єдиним сигналом (за винятком певного типу конвеєрних систем). Кожна операція ініціюється завершенням попередніх операцій (обов'язкова умова), тривалість яких може бути різною. Для структурного моделювання підприємства доцільно використати математичний апарат теорії графів [11] та елементи теорії дискретних асинхронних систем [10] для опису функціонування.

### Графова модель бізнес-процесів підприємств

Бізнес-систему  $S$  утворює в загальному випадку множина незалежних бізнес-процесів  $P_i$ , кожний з яких має чітко визначені функції виготовлення певного типу продукції (даних):

$$S = \{P_1, \dots, P_s\}. \quad (1)$$

Кожний окремий бізнес-процес  $P_i$  описується орієнтованим графом  $G_i(X_i, V_i)$ , де  $X_i$  – множина вершин та  $V_i$  – множина дуг. Множина вершин графу  $G_i$  утворена підмножинами:

$$X_i = \{O_i, I_i, R_i, D_i\}, \quad (2)$$

де  $O_i = \{o_{i1}, \dots, o_{ik}\}$  – множина операцій  $P_i$ -го бізнес-процесу, в яких відбувається певне перетворення продукції чи інформації;  $I_i = \{i_{i1}, \dots, i_{im}\}$  – множина ініціаторів, що відповідають вхідним продуктам, необхідним для реалізації  $P_i$ -го бізнес-процесу і виготовлення кінцевої продукції (джерела постачання);  $R_i = \{r_{i1}, \dots, r_{in}\}$  – множина результатів, що відповідають кінцевим продуктам, утвореним  $i$ -м бізнес-процесом (готова продукція);  $D_i = \{d_{i1}, \dots, d_{ih}\}$  – множина інформаційних даних, необхідних для виконання операцій та керування ходом виконання  $P_i$ -го бізнес-процесу.

Множину інформаційних даних  $D_i$  утворюють бази даних підприємства, інтернет- та інші ресурси, що вводять інформацію в автоматичному режимі (або працівники вносять її вручну). Кожний елемент цих множин описується певною множиною параметрів  $\Psi(X_i)$ . Наприклад, для ініціаторів це тип вхідної продукції, її обсяги, вартість, показники якості, постачальник; для результатів – це споживач продукції подібних параметрів; для операцій – тип операції, продуктивність, час виконання, вартість; для інформаційних джерел – тип інформації, обсяги та ін. Множину  $D_i$  можна за потреби поділити на дві окремі підмножини: інформаційну та керування.

Множину дуг графу  $G_i$  кожного бізнес-процесу утворюють підмножини:

$$V_i = \{V_i^O, V_i^I, V_i^R, V_i^D\}, \quad (3)$$

де  $V_i^O$  – множина операційних дуг, що зв'язують операції множини  $O_i$  між собою, тобто відповідають передаванню продуктів від однієї операції до іншої;  $V_i^I$  – множина дуг постачання, що зв'язують ініціатори з першими операціями, які їх споживають, тобто шляхи постачання вхідних продуктів;  $V_i^R$  – множина дуг збуту, що зв'язують останні у виробничому процесі операції з результатами, тобто шляхи постачання виготовлених продуктів;  $V_i^D$  – множина інформаційних дуг, що зв'язують інформаційні джерела з операціями для введення даних, необхідних для їх виконання та керування процесом перетворення продукції.

Кожна дуга множини  $V_i$  описується певною множиною  $\Psi(V_i)$  параметрів. Наприклад, це може бути тип перенесення (ручне, конвеєрне, каналом передавання інформації тощо), обсяги продукції, її вартість, затрати часу на перенесення продукції та ін.

Орієнтований граф бізнес-системи в цілому формується об'єднанням орієнтованих графів окремих її бізнес-процесів:

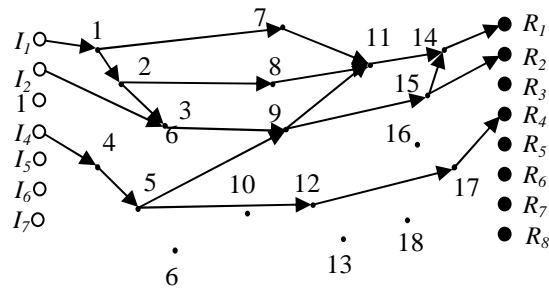
$$G(X, V) = \bigcup G_i(X_i, V_i), \quad i=1, \dots, s. \quad (4)$$

Рис. 1 ілюструє графи трьох умовних бізнес-процесів  $P_1, P_2, P_3$  та граф повної бізнес-системи  $S$ , утвореної цими окремими бізнес-процесами. Значення параметрів вершин і дуг графу визначаються об'єднанням відповідних параметрів окремих бізнес-процесів:

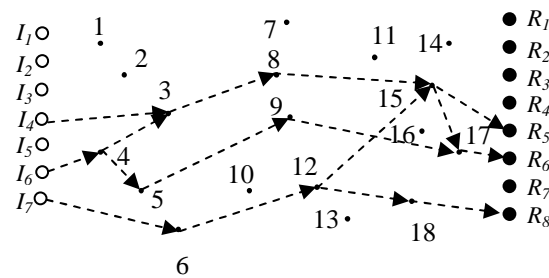
$$\Psi(X) = \bigoplus \Psi(X_i); \quad i = 1, \dots, s; \quad (5)$$

$$\Psi(V) = \bigoplus \Psi(V_i); i = 1, \dots, s. \quad (6)$$

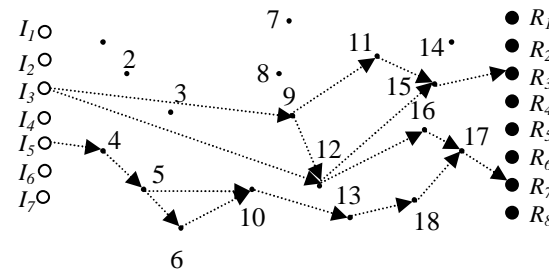
a)  $G_1$



б)  $G_2$



в)  $G_3$



г)  $G$

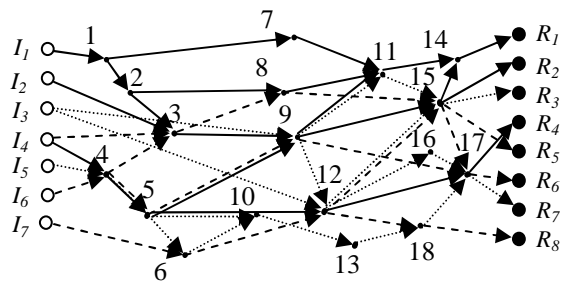


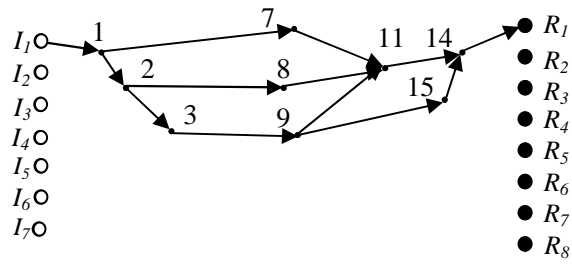
Рис. 1. Графи  $G_1$ ,  $G_2$  та  $G_3$  бізнес-процесів  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  та граф  $G$  системи  $S$  загалом

Властивості операції об'єднання  $\bigoplus$  визначаються типом параметрів. Якщо це обсяг продукції, то це просте сумування, якщо час – то значення залежить від продуктивності обладнання тощо. Тип операцій є однаковим для всіх відповідних вершин окремих процесів і системи загалом.

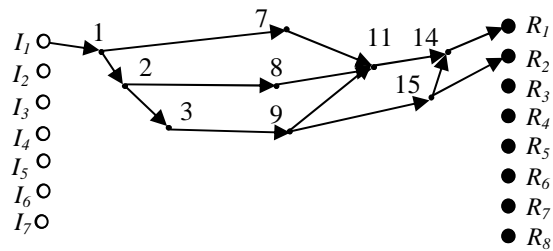
Аналіз графу  $G(X, V)$  дає можливість виділити такі структурні особливості бізнес-системи:

1. Всі шляхи перетворення довільного вхідного продукту  $I_i$  на кінцевий  $R_j$ . На рис.2,а вказано такі шляхи перетворення продукту  $I_1$  в процесі створення продукту  $R_1$ . Використовуються операції 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 14 та 15.

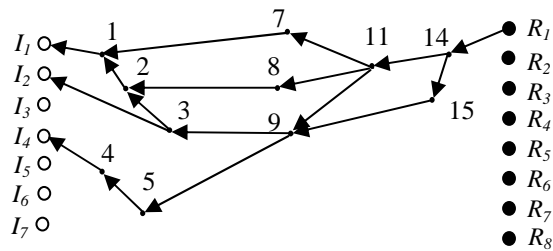
a)  $G_1: I_1 \rightarrow R_1$



б)  $G_1: I_1 \rightarrow R$



в)  $G_1: R_1 \rightarrow I$



г)  $G: I_4 \rightarrow R$

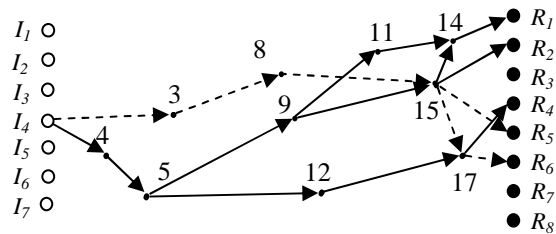


Рис. 2. Підграфи: а) перетворень вхідного продукту  $I_1$  у вихідний  $R_1$  у процесі  $P_1$ ; б) участі вхідного продукту  $I_1$  у процесі  $P_1$ ; в) створення продукту  $R_1$ ; г) участі вхідного продукту  $I_4$  у бізнес-системі

2. Всі шляхи перетворення довільного вхідного продукту  $I_i$  на усі можливі кінцеві  $R$ . На рис.2,б вказано шляхи перетворення продукту  $I_1$ . За його участі створюються кінцеві продукти  $R_1$  та  $R_2$ . Використовуються операції 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 14 та 15.

3. Всі шляхи створення довільного кінцевого продукту  $R_j$  в системі  $S$ . Вважаємо, що кожний один конкретний продукт можна створити лише одним бізнес-процесом системи. На рис.2,в вказано шляхи створення продукту  $R_1$ . Для цього необхідно використати вхідні продукти  $I_1$ ,  $I_2$  та  $I_5$ , а також задіяти операції 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 14 та 15.

4. Всі шляхи використання довільного вхідного продукту  $I_i$  із зазначенням операцій та кінцевих продуктів, створених за його участі в системі  $S$ . На рис.2,г вказано шляхи використання продукту  $I_4$ . Задіяно операції 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 14, 15 та 17. За його участі створено кінцеві продукти  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$ ,  $R_5$  та  $R_6$ .

**Висновки.** Побудовано графову модель виробничих процесів підприємства з використанням відомих методів моделювання дискретних асинхронних систем. Зазначено основні її елементи: ініціатори, результати та операції. Модель дає змогу формалізувати аналіз структури бізнес-систем, виявляти її основні особливості, що сприятиме її використанню для структуризації та реструктуризації підприємств. Запропонована формалізація є зручною для створення алгоритмічного та програмного забезпечення, яке може слугувати інструментом для проектування нових і підвищення ефективності існуючих підприємств.

1. Шеер А.-В. *Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы.* – М., 2000. – 182 с.  
2. Калянов Г.Н. *Архитектура предприятия и инструменты ее моделирования // Автоматизация в промышленности, 2004.* – № 7. – С.9–12. 3. Каменнова М., Громов А., Ферпонтов М., Шматалюк А. *Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство / Под ред. М.С. Каменновой.* – М.: Серебряные нити, 2001. – 327 с. 4. Репин В.В., Елиферов В.Г. *Процесный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов.* – М.: РИА “Стандарты и качество”, 2008. – 408 с. 5. Шматалюк А, Ферпонтов М., Громов А., Каменнова М. *Моделирование бизнеса. Методология ARIS.* – М.: Весть-Метатехнология, 2001. – 327 с. 6. Шеер А.-В. *Моделирование бизнес-процессов.* 2-е изд.: Пер с англ. / Под науч. ред. М.С. Каменновой. – М.: Серебряные нити, 2000. – 205 с. 7. W. van der Aalst and K. van Hee, “Workflow Management: Models, Methods, and Systems,” MIT Press, Cambridge, 2004. – 384 p. 8. S. Al-Fedaghi, R. Alloughani and M. Sanousi, “A New Methodology for Process Modeling of Workflows,” *Journal of Software Engineering and Applications*, Vol. 5 No. 8, 2012, pp.560-567. 9. [http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_Process\\_Modelin](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Modelin). 10. Варшавский В.И. и др. *Автоматное управление асинхронными процессами в ЭВМ и дискретных системах.* – М.: Наука, 1986. – 400 с. 11. Берж Б. *Теория графов и ее применение.* – М.: Изд-во иностр. лит., 1962. – 319 с.