

П. С. ЄРШОВ,  
студент магістратури,  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"  
О. В. ГРИША,  
кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автоматизованих систем  
оброблення інформації та управління,  
факультет інформатики та обчислювальної техніки,  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

### Process mining як інструмент реінжинірингу бізнес-процесів

Розглядається *Process mining* (глибинний аналіз процесів) для аналізу та удосконалення процесів в інформаційних системах або бізнес-процесів на підставі вивчення журналів подій, що створюються інформаційними системами під час функціонування. Пояснюється використання термінології, а також розглянуто приклад побудови моделі процесів системи.

**Ключові слова:** *Process mining*, бізнес-процес, журнал подій, мережа Петрі, соціограма.

**Постановка проблеми.** Способи ведення бізнесу у сучасному суспільстві постійно змінюються. Для отримання максимального прибутку наявні на підприємстві бізнес-процеси повинні постійно адаптуватися під актуальний стан ринку. Дослідження існуючих процесів експериментальним шляхом здійснюється повільно, потребує багато часу та ресурсів, що є не вигідним для підприємців. Натомість найбільш доцільним є дослідження актуального стану процесів шляхом дослідження усіх його ланок, порядку їх виконання а також моделювання проходження процесу.

Одним із підходів дослідження процесу є *Process mining*, що означає "інтелектуальний аналіз процесів". За аналогією з інтелектуальним аналізом даних *Process mining* дозволяє отримати статистичні показники на основі наявної інформації щодо проходження процесу і на основі них аналізувати процес на відповідність актуальним вимогам. Слід враховувати, що цей підхід не надає інформацію про вузькі місця дослідження системи. Для цих потреб можуть бути використані засоби імітаційного моделювання, такі як GPSS.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** *Process mining* (глибинний аналіз процесів) – це загальна назва ряду методів і підходів, призначених для аналізу та удосконалення процесів у інформаційних системах або бізнес-процесів на підставі вивчення журналів подій. Основна ідея полягає в отриманні знань про структуру і поведінку процесу з журналів подій, що створюються інформаційними системами під час функціонування. Оскільки *Process mining* не є окремим явищем або технологією, він досі не описаний науковцями, а дослідження здійснюються у аналітичних статтях для широкого загалу. Автором [1] здійснено спробу подолати розрив між моделюванням бізнес-процесів і бізнес-аналітикою. Це є перша та поки що єдина книга з цього питання.

**Метою** статті є надання опису ідеї дослідження журналу подій, пояснення використання термінології, а також розгляд прикладу побудови моделі процесів системи.

**Виклад основного матеріалу.** *Business process mining*, або *Process mining*, призначений для отримання корисної інформації щодо процесів у системі на основі даних із журналу подій системи (*event log*), у якому описана спостережувана поведінка. Журнал подій є відправною точкою для подальших досліджень.

Припустимо, що в журнал можна записати події, такі що кожна *i*-та подія:

1. стосується певної операції *activity* (визначений крок процесу);
2. стосується певного випадку *case*;

3. може мати виконавця (об'єкт, що виконує або ініціює діяльність);
4. всі події виконалися у певний момент часу і повністю впорядковані.

Таким чином, журнал містить записи кожної події у реальному порядку її виконання у розрізі питань:

- хто? (інформація про ініціатора дії – виконавця, користувача системи тощо);
- як? (який частковий випадок відбувся, до чого призвела дія тощо);
- що? (власне, які дії були виконані).

Найчастіше журнал подій має такий вигляд (табл. 1):

*Таблиця 1*

**Приклад наповнення журналу подій**

Випадок	Операція	Виконавець	Момент виконання
Випадок 1	Операція А	Іван	9-3-2015:15.01
Випадок 2	Операція А	Іван	9-3-2015:15.12
Випадок 3	Операція А	Анна	9-3-2015:16.03
Випадок 3	Операція В	Олена	9-3-2015:16.07
Випадок 1	Операція В	Максим	9-3-2015:18.25
Випадок 1	Операція С	Іван	10-3-2015:9.23
Випадок 2	Операція С	Максим	10-3-2015:10.34
Випадок 4	Операція А	Анна	10-3-2015:10.35
Випадок 2	Операція В	Іван	10-3-2015:12.34
Випадок 2	Операція D	Петро	10-3-2015:12.50
Випадок 5	Операція А	Анна	10-3-2015:13.05
Випадок 4	Операція С	Олена	11-3-2015:10.12
Випадок 1	Операція D	Петро	11-3-2015:10.14
Випадок 3	Операція С	Анна	11-3-2015:10.44
Випадок 3	Операція D	Петро	11-3-2015:11.03
Випадок 4	Операція В	Анна	14-3-2015:11.18
Випадок 5	Операція Е	Оксана	17-3-2015:12.22
Випадок 5	Операція D	Оксана	18-3-2015:14.34
Випадок 4	Операція D	Петро	19-3-2015:15.56

Джерело: власна розробка авторів

На основі певного журналу подій можна побудувати модель процесу у вигляді мережі Петрі. За останні кілька років розроблено багато інструментів і методів Process mining. Більшість методів базуються на припущеннях, які не гарантують реальний перебіг подій. Деякі методи не враховують шум та виняткові випадки, інші методи обмежуються процесами, що мають певну структуру. Таким чином, дуже важливо, щоб обрані методи та інструменти Process mining були підібрані з урахуванням даних, отриманих із досліджуваної системи.

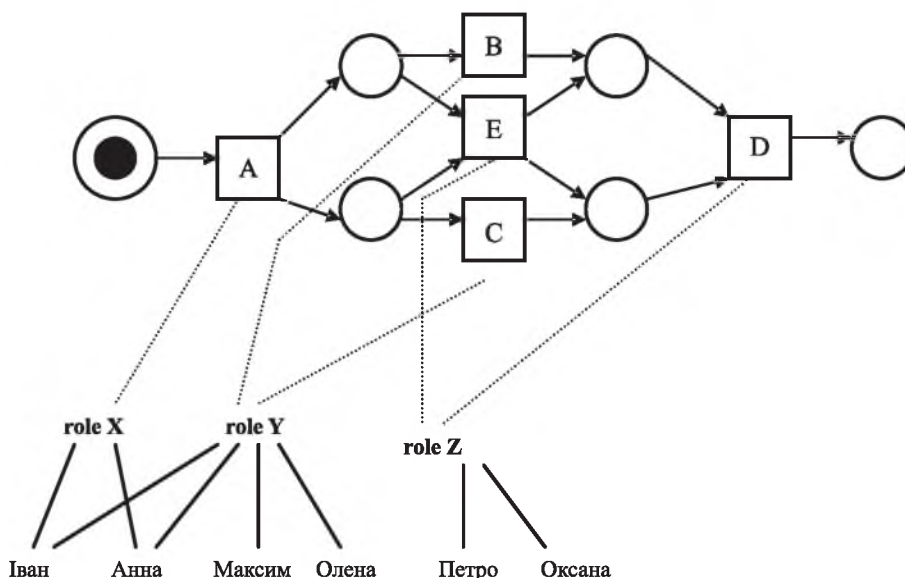
Можна виділити такі аспекти цієї задачі як процес, організація та випадок.

Дослідження процесу має на меті пошук характеристики усіх можливих шляхів, наприклад, зображених за допомогою мережі Петрі або послідовністю процесів. Дослідження організаційного аспекту фокусується на виконавці. Його метою є визначення ролей або відносини між окремими виконавцями.

Випадковий аспект фокусується на властивостях конкретних надходжень та результатів виконання операцій. Випадки можна охарактеризувати послідовністю отримання результатів при виконанні операцій або виконавцями, які виконують дії. Випадки також можуть бути охарактеризовані значеннями відповідних показників

системи. Наприклад, якщо досліджується процес поповнення товарів на складі, можуть знадобитися знання про постачальника або кількість замовлених продуктів. Проведення кластеризації може показати додатну кореляцію між розміром оброблюваних даних, часом їх оброблення та виконавцями.

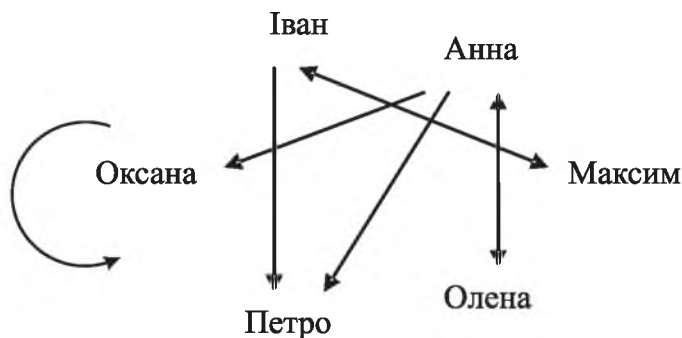
За журналом подій можна побудувати мережу Петрі (рис. 1), а також соціограму (рис. 2).



**Рис. 1. Приклад побудови мережі Петрі за журналом подій**

Джерело: власна розробка авторів

Кожна вершина в соціограмі є виконавцем, кожна дуга зображає передачу роботи одним виконавцем іншому.



**Рис. 2. Приклад побудови соціограми за журналом подій**

Джерело: власна розробка авторів

Для подальшого дослідження процесів у системі, використовуючи мережу Петрі, побудуємо GPSS модель системи [2]. Розглянемо систему як систему масового обслуговування. Системи масового обслуговування (СМО) широко використовуються для аналізу характеристик бізнес-систем в різних галузях.

Метамодель мови опису СМО [3] містить такі сутності (рис. 2.):

- Генератор – сутність, що відповідає за генерацію потоку заявок на обслуговування в системі (транзактов). Інтервали між надходженнями заявок – випадкові величини, що мають певний розподіл. Дана сутність має атрибути “Назва”, “Початкова затримка”, “Кількість транзактів”, “Пріоритет”.

- Черга – сутність, що становить безліч заявок (транзактов), які очікують обслуговування (звільнення обслуговуючого пристрою в разі, якщо він зайнятий). Сутність “Черга” має атрибути: “Назва”, “Дисципліна”, “Максимальна довжина”, “Поточна довжина”.
- Обслуговуючий пристрій – сутність, що відповідає за обслуговування заявок. Пристрій має обмежені можливості щодо обслуговування заявок. Обслуговування вимагає часу; час обслуговування – випадкове число із заданою функцією розподілу. Атрибутами цієї сутності є: “Назва”, “Кількість каналів”, “Час обслуговування”.
- Розмножувач – сутність, що дозволяє створити кілька копій заявки, кожна з яких претендуватиме на обслуговування. Атрибутом цієї сутності є “Назва”, “Кількість копій”, “Блок” (назва блоку в моделі СМО, на який слід передати копії заявок на обслуговування).
- Колектор – сутність, що дозволяє об’єднати кілька потоків заявок в один потік. Сутність “Колектор” має атрибути “Назва” та “Кількість”.
- Термінатор – сутність, що вилучає заявки з моделі.
- Розподіл – абстрактна сутність, яка є батьківською для сутностей “Нормальний розподіл”, “Рівномірний розподіл”, “Розподіл Стьюдента” і ін.
- Нормальний розподіл – розподіл, відповідно до якого виконується генерація нових заявок і/або їх обслуговування. Ця сутність має два атрибути “Математичне сподівання”, “Дисперсія”.
- Рівномірний розподіл – розподіл, відповідно до якого виконується генерація нових заявок і/або їх обслуговування. Ця сутність має два атрибути “Ліва межа інтервалу”, “Права межа інтервалу”.
- Розподіл Стьюдента – розподіл, відповідно до якого виконується генерація нових заявок і/або їх обслуговування. Ця сутність має атрибут “Кількість ступенів свободи”.

На рис. 3 зображено зв’язки між сутностями метамоделі.

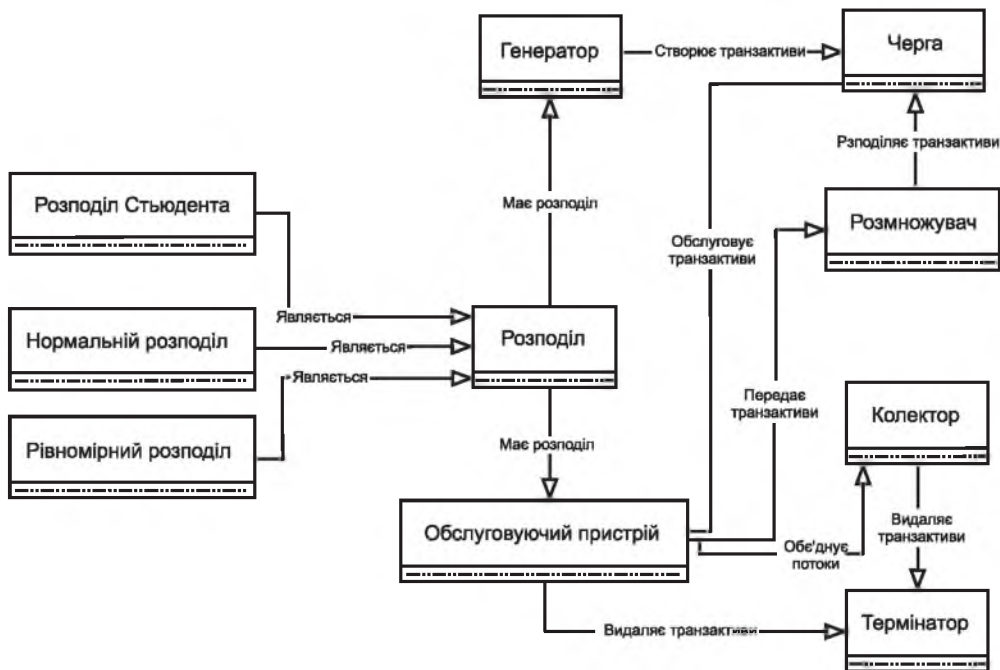


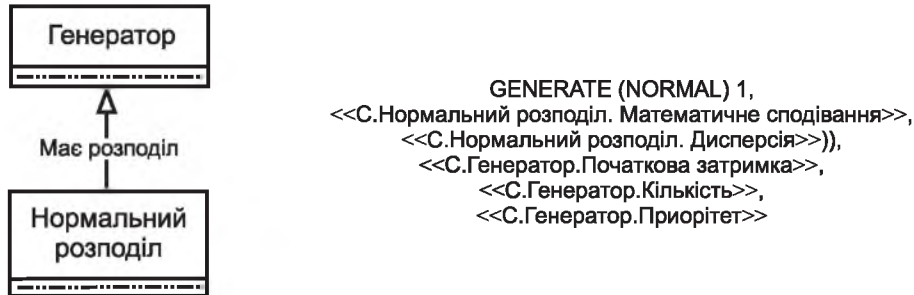
Рис. 3. Метамодель мови опису імітаційних моделей

Джерело: власна розробка авторів

Наведемо правила перетворення побудованої метамоделі мови опису СМО в нотації мови GPSS. Застосування цих правил до побудованої моделі дозволить згене-

рувати програму на мови GPSS і виконати аналіз моделі з використанням цієї системи імітаційного моделювання.

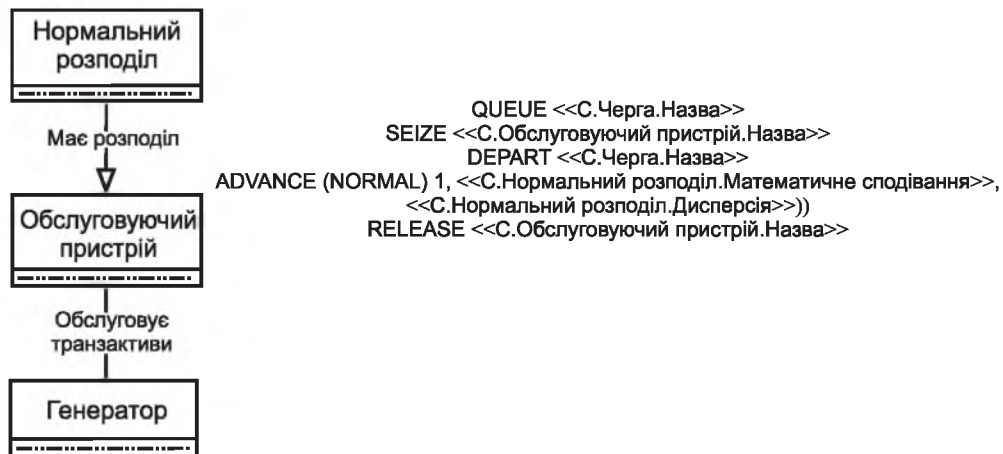
Правило “Генератор\_Норм” перетворює екземпляр сутності “Генератор”, пов’язаний екземпляром відносини агрегації з екземпляром сутності “Нормальний розподіл”, у відповідну команду мови GPSS, має вигляд (рис. 4):



**Рис. 4. Правило “Генератор\_Норм”**

Джерело: власна розробка авторів

Аналогічним чином описуються правила для інших видів розподілів. Правило “Черга” перетворює пов’язані екземпляри сутностей “Черга”, “Обслуговуючий пристрій”, “Нормальний розподіл” у відповідний код на мові GPSS, має вигляд, наведений на рис. 5.



**Рис. 5. Правило “Черга”**

Джерело: власна розробка авторів

Правило “Розмножувач” перетворює екземпляр сутності “Розмножувач” у команду SPLIT мови GPSS. Це правило має вигляд, наведений на рис. 6.



**Рис. 6. Правило “Розмножувач”**

Джерело: власна розробка авторів

Правило “Колектор” перетворює екземпляр сутності “Колектор” в команду ASSEMBLE мови GPSS, має вигляд, наведений на рис. 7.



Рис. 7. Правило “Колектор”

Джерело: власна розробка авторів

Правило “Термінатор” перетворює екземпляр сутності “Термінатор” в відповідну команду мови GPSS, має вигляд, наведений на рис. 8.



Рис. 8. Правило “Термінатор”

Джерело: власна розробка авторів

Побудована за наведеними правилами GPSS модель дозволяє отримати статистичні звіти, аналізуючи які можливо визначити, які саме процеси у системі є найбільш ресурсовитратними. Як правило, найважливішим ресурсом є час виконання.

**Висновки та рекомендації.** Методи Process mining слід використовувати у випадках, коли формальний опис або модель системи відсутні або мають низьку відповідність реальній поведінці системи. Для побудови моделі можуть використовуватися журнали функціонування інформаційних систем (англ. Workflow management system, ERP), організацій і підприємств. Це дає підставу вважати методи Process mining перспективними для наукових досліджень загального змісту, а також для практичного застосування для реінжинірингу бізнес-процесів в напрямках здешевлення та прискорення.

#### Список використаних джерел

1. Van der Aalst Wil. Process Mining. Data Science in Action [Electronic resource] / Wil Van der Aalst. – Access Mode : <http://www.springer.com/gp/book/9783662498507>
2. Замятина Е. Б. Лингвистические и интеллектуальные инструментальные средства симулятора компьютерных сетей TRIADNS / Е. Б. Замятина, А. И. Миков, Р. А. Михеев // Information Theories & Applications. – 2012. – Vol. 19. – No. 2. – P. 355–368.
3. Сухов А. О. Интеграция систем имитационного моделирования и предметно-ориентированных языков описания бизнес-процессов / А. О. Сухов // Математика программных систем : [межвуз. сб. науч. ст.]. – Пермь : Перм. гос. ун-т. – 2009. – С. 12–23.

П. С. ЕРШОВ,

студент магистратури,

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Е. В. ГРИША,

доцент кафедри автоматизованих систем  
обработки информации и управления,

факультет информатики и вычислительной техники,

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

#### Process mining как инструмент реинжиниринга бизнес-процессов

Рассматривается Process mining (глубинный анализ процессов) для анализа и совершенствования процессов в информационных системах или бизнес-процессов на основе изучения журналов событий, создаваемых информационными системами при функционировании. Объясняется использование терминологии, а также рассмотрен пример построения модели процессов системы.

**Ключевые слова:** Process mining, бизнес-процесс, журнал событий, сеть Петри, социограмма.

P. S. YERSHOV,  
student,  
National Technical University of Ukraine  
"Kyiv Politechnic Institute"  
O. B. GRYSHA,  
Associate Professor,  
Cathedra of Computer Systems for  
Data Processing and Management,  
Department for Informatics and Computing Devices,  
National Technical University of Ukraine  
"Kyiv Politechnic Institute"

### **Process Mining as a Tool of Business Process Reengineering**

*This article deals with the problem of business processes adaptation to actual market conditions. The experimental research of them is slow and needs a lot of time and resources.*

*One of the approaches is the Process Mining, which allows to get relevant statistical indicators from information system event log, based on available information and analyze the process for compliance with relevant requirements.*

*The purpose of the article is to describe the research event log and examine an example of model building of system processes.*

*The main part: Business process mining (Process mining) is designed to extract useful information about the system processes by using the system event log. It is the starting point for further research and it records all events that happen in system.*

*The Petri net can be built by using the event log. Nowadays, there are a many modern tools and techniques of Process mining. Most methods make assumptions that do not guarantee real progress. Some methods do not include noise and exceptional cases, other methods are limited to processes that have a certain structure. It is important that the selected methods and tools of process mining were selected by using data obtained from the system.*

*The purpose of the process research is to find the properties of all possible routes, like using Petri nets or sequence of processes. The research is focused on the organizational aspect of performers, i.e. who performed specific actions and how they are related. The goal of research is to define roles or relationships between individual performers (i.e., to build a social network).*

*Conclusion: Process mining methods should be used when a formal description or model are missed or have low compliance to the real system behavior. Information systems event logs of organizations and enterprises can be used for model building. This allows us to expect that Process mining methods are perspective for research and practical applications for business process reengineering in acceleration and price reduction purposes.*

**Keywords:** *Process mining, business process, event log, network Petri sociogram.*

Посилання на статтю:

Єршов П. С. Process mining як інструмент реінжинірингу бізнес-процесів / П. С. Єршов, О. В. Гриша // Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. праць. – 2016. – № 1–2. – С. 78–84.