

УДК 004.9

*Мухін В.Є., Побережніченко В.Ю.*

## МЕХАНІЗМИ ГРУПУВАННЯ ТА ДЕКОМПОЗИЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ ГРАФІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДСИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСАМИ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Ефективне управління організаційними і технологічними процесами підприємств і організацій потребує виконання попереднього моделювання внутрішніх бізнес-процесів для визначення особливості бізнес-процесів протягом всього життєвого циклу продукції або послуг. Дані процеси є одним з найбільш складних об'єктів опису і моделювання. В роботі розглянуто проект розробки повітряного судна та виконано моделювання бізнес-процесу його побудови. При здійсненні експериментальних досліджень за допомогою середовища PIPE виявилось, що при навіть незначному числі ресурсів здійснення експериментальних досліджень з використанням класичних засобів обчислювальної техніки є неможливим. Комп'ютерна система не має достатніх ресурсів пам'яті і процесора для виконання даного завдання, зважаючи на відносно велику кількість вершин в графі бізнес процесу. Для вирішення цієї задачі запропоновано застосувати інтенсивний підхід, а саме провести групування подій початкового директивного графа. Запропоновані і обґрунтовані підходи та методи моделювання складних графів, механізми групування та декомпозиції мережеских графів для підсистем управління бізнес-процесами, які дозволяють суттєво розширити можливості моделювання бізнес-процесів з великою кількістю ресурсів. Введено поняття метаграфа, крім того, окрім процедури групування, проводиться декомпозиція графа бізнес-процесу на структурні елементи. Фактично, метаграф об'єднує окремі структурні елементи, які утворилися внаслідок декомпозиції початкового графу. Виконано моделювання метаграфу, в якому надані, як згруповані за наведеним вище принципом, так і окремі декомпозовані ділянки графа. Декомпозиція проводилась для тих ділянок, які мають в середині розгалуження, але всі при цьому розгалуження повинні починатися з однієї точки і також сходиться в одній точці. Експериментальні дослідження підтвердили, що запропоновані підходи дозволяють значно зменшити час, який витрачається на процедуру моделювання, зокрема за допомогою середовища моделювання з підтримкою режиму багатопоточності, що суттєво розширює можливості моделювання бізнес-процесів з великою кількістю ресурсів.

**Ключові слова:** бізнес-процеси, системи управління, метаграф, мережі Петрі, декомпозиція.

**DOI:** 10.32434/2521-6406-2018-4-2-45-53

### *Вступ*

#### *Постановка проблеми*

В даний час на сучасних підприємствах і організаціях часто формуються системи підтримки автоматизації обробки внутрішніх бізнес-процесів, які складаються з системи автоматизації ресурсів і обладнання та інформаційно-керуючі

системи підприємства [1–5]. Для ефективного управління організаційними і технологічними процесами підприємств і організацій доцільно здійснити попереднє моделювання внутрішніх бізнес-процесів, що дозволить виявити особливості реалізованих бізнес-процесів протягом всього життєвого циклу продукції або послуг.

Дані процеси є одним з найбільш складних об'єктів опису і моделювання [6,7].

Введення поняття «бізнес-процес» при моделюванні дозволяє виконати аналіз виконуваних завдань і дозволяє декомпонувати процеси, зокрема, за функціональною ознакою [1,4,8–11]. В цілому моделювання займає все більшу і більшу частину в наукомістких галузях економіки, зокрема, моделювання внутрішніх бізнес-процесів дозволяє зберегти ресурси і час, а також оптимізувати процеси розробки морських і річкових кораблів, повітряних суден, космічних апаратів. Очевидно, що без попереднього адекватного моделювання бізнес-процесів в таких складних системах не має сенсу переходити до будівництва реального об'єкта [8–11].

В процесі опису складних об'єктів та систем моделювання виникає важлива проблема: при використанні класичних засобів обчислювальної техніки здійснення експериментальних досліджень при навіть незначному числі ресурсів є неможливим. Це пов'язано з тим, що класична комп'ютерна система не має достатніх ресурсів пам'яті і процесора для виконання моделювання, зважаючи на відносно велику кількість вершин в графі бізнес-процесу. Розв'язання цієї проблеми дозволить розширювати можливості моделювання бізнес-процесів з великою кількістю ресурсів з використання класичних програмно-апаратних засобів.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

На сьогодні в низці публікацій [2–7,12,13] розглядається проблема моделювання складних систем, в тому числі бізнес-процесів, за допомогою засобів комп'ютерної техніки. При цьому розглядається лише теоретична сторона питання, а проблемам практичної реалізації механізмів моделювання в умовах значної кількості ресурсів увага майже не приділяється, хоча експериментальні дослідження показали наявність істотних проблем в даному контексті.

Метою статті є розробка механізмів групування подій початкового директивного графа та декомпозиції складних бізнес-процесів, які дозволять виконати моделювання початкового графу бізнес-процесу зі значною кількістю ресурсів за декілька етапів з використанням класичних програмно-апаратних засобів комп'ютерних систем.

#### **Основний матеріал**

*Директивний мережевий граф опису бізнес-процесу розробки повітряного судна*

Для прикладу розглянемо проект розробки повітряного судна, який надано в [13], та вико-

наємо моделювання бізнес-процесу його побудови.

В [13] виділено наступний перелік подій бізнес-процесу процедури розробки повітряного судна, який надано у вигляді директивного мережевого графа (рис. 1).

Основними складовими мережевого графа цього бізнес-процесу є [13]:

1-2: Затвердження аванпроекту

1. Двигун

2-3 Зіставлення технічного завдання (ТЗ)

на двигуни

3-4 Затвердження ТЗ на двигуни

4-5 Створення і поставка двигунів

2. Моделі

2-6 Проектування моделей для отримання

розрахункових даних

6-7 Виготовлення моделі для видачі почат-

кових розрахункових даних

3. Макет

2-9 Проектування макета

9-10 Будівництво і обладнання макета

10-11 Макетна комісія

4. Ескізний проект

2-12 Розробка ескізного проекту

2-41 Підготовка і випуск наказу з визна-

чення заводів – постачальників, термінів проектування

41-42 Розрахунок трудоемності робочого

проектування виробу. Зіставлення і затвердження планів і графіків проектування і будівництва виробу

Проектування та будівництво планера

12-13 Розробка конструктивних та силових схем фюзеляжу, крила, шасі, пілонів. Випуск теоретичних креслень

13-14 Замовлення основних матеріалів: по-ковок, штампованих заготовок, панелей, профілів, листів

13-15 Поставка основних матеріалів

13-16 Випуск робочих креслень фюзеляжу, крила, шасі, пілонів

16-17 Виготовлення деталей планера

13-18 Підготовка до виробництва: проектування та монтаж стапелів, виготовлення плазів, шаблонів, оснастки; розробка і освоєння нових технологічних процесів (дослідницькі партії)

18-19 Стапельна збірка фюзеляжу, крила, шасі, пілонів

19-20 Стиковка агрегатів планера

20-21 Навіска двигунів і монтажні роботи

21-22 Постановка виробу під струм. Цехова відробка систем

22-23 Лабораторна відробка систем виробу

23-24 Частотні випробування  
 24-25 Надання виробу відділу контролю якості  
 25-26 Аеродромні випробування виробу.  
 Руліжка. Перший політ виробу  
 5. Робоче проектування і виробництво обладнання  
 12-27 Уточнення принципів схем у відділах робочого проектування  
 27-28 Внесення зауважень макетної комісії.  
 Випуск принципів схем систем  
 28-29 Робочі креслення на обладнання, вбудованого в каркас  
 29-31 Виробництво деталей обладнання, вбудованого в каркас  
 29-30 Робочі креслення обладнання, встановленого при загальній збірці  
 30-32 Виробництво деталей обладнання, встановленого при загальному складанні виробу  
 6. Готовий виріб  
 12-33 Зіставлення технічного завдання на готовий виріб  
 33-34 Узгодження і затвердження ТЗ на готовий виріб  
 34-35 Надходження виробів, вбудованих в каркас  
 35-36 Надходження виробів, встановлювальних при загальному складанні  
 7. Проектування, будівництво і робота на стендах  
 12-37 Визначення першочергових стендів та ТЗ на них  
 37-38 Проектування стендів першої черги  
 38-39 Будівництво стендів першої черги  
 39-40 Проведення відпрацювання на стендах першої черги  
 8. Виріб для статичних випробувань  
 43-44 Збірка виробу для статичних випро-

бувань

44-45 Підготовка до здійснення статичних випробувань 1-етапу

45-46 Проведення статичних випробувань 1-етапу та видача результатів.

Для моделювання наданого вище мережевого графіка використовувалось середовище PIPE версії 4.3 [14], яке дозволяє виконати моделювання бізнес-процесів, наданих у вигляді мережі Петрі. На рис. 2 показано надання початкового директивного мережевого графа в середовищі для моделювання.

*Експериментальні дослідження параметрів бізнес-процесу розробки повітряного судна*

При здійсненні експериментальних досліджень за допомогою середовища PIPE версії 4.3 виявилось, що при навіть незначному числі фішок (всього 4), здійснення експериментальних досліджень з використання класичних засобів обчислювальної техніки (процесор AMD A10-5750M, обсяг пам'яті 8 Gb) виявляється неможливим. Комп'ютерна система не має достатніх ресурсів пам'яті і процесора для виконання даного завдання, зважаючи на відносно велику (40) кількість вершин в графі бізнес-процесу. Результати експериментальних досліджень за допомогою середовища PIPE версії 4.3 надані в табл. 1.

Таблиця 1

Результати моделювання початкового графу

Номер експерименту	Кількість фішок	Час моделювання, с	Обмежений
1	1	0,9	ТАК
2	2	4,4	ТАК
3	3	57,1	ТАК
4	4	6000	–

Примітка: – завершити не вдалося.

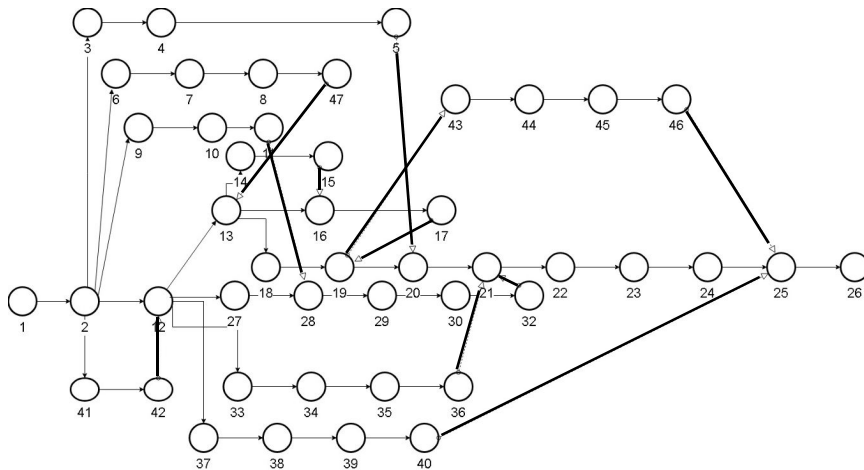


Рис. 1. Початковий директивний мережевий граф бізнес-процесу розробки повітряного судна

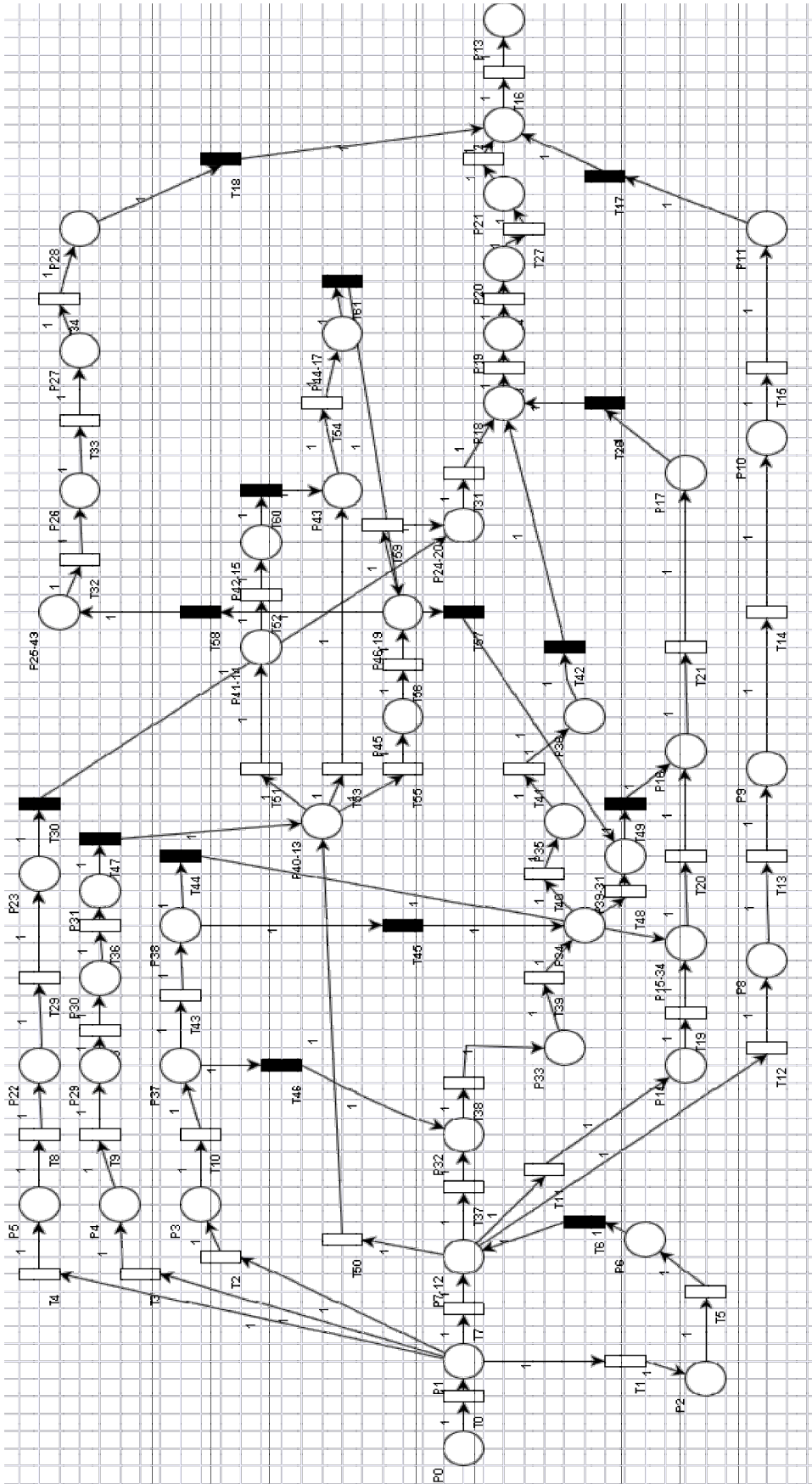


Рис. 2. Надання початкового директивного мережного графа в середовищі для моделювання

Як бачимо, з табл. 1 завершити експеримент для 4 фішок не вдалося, відведений час для експерименту був вичерпаний.

Для розв'язку цієї проблеми можливо використання двох підходів: екстенсивний та інтенсивний. Екстенсивний підхід полягає у збільшенні використання ресурсів, в даному випадку збільшення обчислювальних можливостей процесора. Заміна на більш потужний процесор не доцільна. Як бачимо з рис. 3 час експерименту (t) зростає експоненційно в залежності від кількості ресурсів-фішок ( $N_{\Phi}$ ), заміна процесора тільки лише відстрочить цю проблему, але не вирішить її.



Рис. 3. Час, який витрачається на моделювання директивного мережевого графа (рис. 1)

Для вирішення цієї задачі пропонуємо застосувати інтенсивний підхід, а саме провести групування подій початкового директивного графа. Наприклад, процедуру створення двигуна можна згрупувати в одну позицію "двигун" (рис. 4).

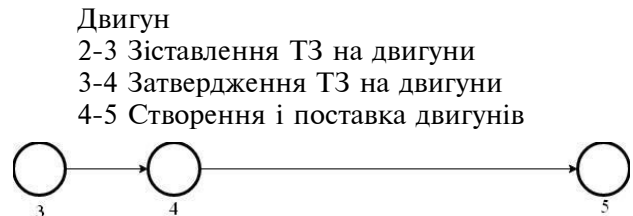


Рис. 4. Двигун на початковому графі

Групувати будемо лише послідовні операції, які мають одну вхідну і вихідну позицію. Отримаємо згрупований двигун, який представлено на рис 5.



Рис. 5. Відображення двигуна на модифікованому графі

Після застосування цього підходу отримаємо граф, який зображено на рис. 6.

Результати експериментальних досліджень за допомогою середовища PIPE версії 4.3 для згрупованого графа бізнес-процесу надані в табл. 2.

Таблиця 2

Результати моделювання згрупованого графа

Номер експерименту	Кількість фішок	Час моделювання, с	Обмежений
1	1	0,5	ТАК
2	2	0,7	ТАК
3	3	3,3	ТАК
4	4	17,2	ТАК
5	5	64,4	ТАК

Групування повністю не вирішило пробле-

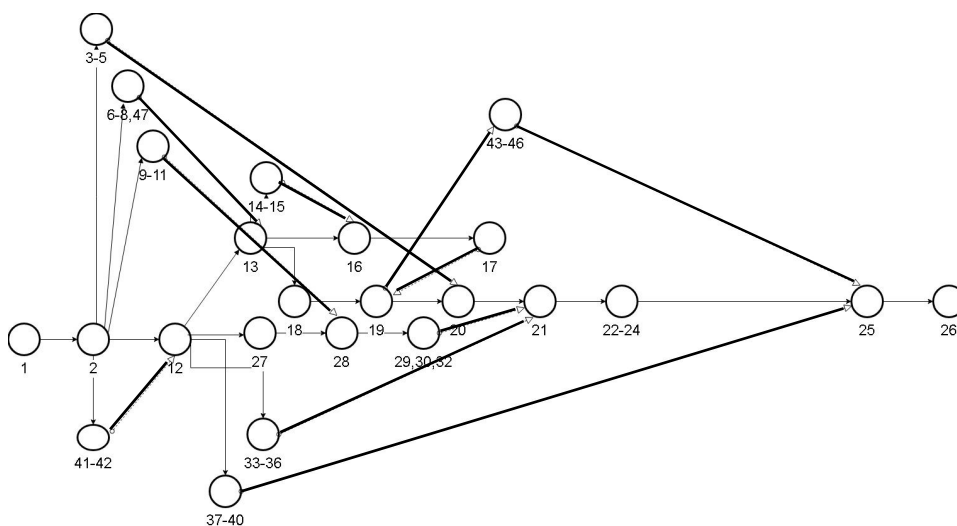


Рис. 6. Модифікований директивний мережевий граф після групування певних операцій бізнес-процесу

му, як бачимо на рис. 7, оскільки складність графа залишилася досить великою і його моделювання також потребує багато часу. Введемо поняття метаграфа і, окрім процедури групування, виконаємо ще декомпозицію графа на структурні елементи. По суті, метаграф об'єднує окремі структурні елементи, які утворилися внаслідок декомпозиції початкового графа.

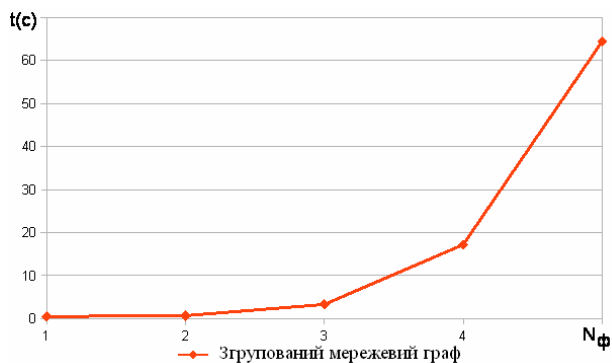


Рис. 7. Час, який витрачається на моделювання згрупованого мережевого графа

Далі виконаємо моделювання метаграфа, в якому надані, як згруповані за наведеним вище принципом, так і окремо декомповані ділянки графа. Декомпозицію будемо проводити для тих ділянок, які мають в середині розгалуження, але всі при цьому розгалуження повинні починатися з однієї точки і також сходитися в одній точці.

Результати експериментальних досліджень за допомогою середовища PIPE версії 4.3 для згрупованого та декомпованого графу бізнес-процесу надані в табл. 3 та на рис. 8.

Таблиця 3  
Результати моделювання декомпованого мережевого графа

Номер експерименту	Кількість фішок	Час моделювання, с	Обмежений
1	1	0,3	ТАК
2	2	0,5	ТАК
3	3	2,5	ТАК
4	4	13,8	ТАК
5	5	54,7	ТАК

Також слід відмітити, що середовище моделювання PIPE версії 4.3 всі розрахунки виконує в один потік і не використовує всі можливості багатоядерного процесора, який дозволяє

виконувати обчислення в 4 потоки. Доцільно застосувати модифіковане середовище моделювання PIPE версії 5.0, яка підтримує багатопоточність.

Виконаємо експериментальні дослідження часу моделювання для початкового та декомпованого мережевого графів за допомогою даного середовища. Середовище моделювання перед початком дозволяє задати кількість потоків, при цьому за замовчуванням середовище пропонує максимально підтримувану процесором кількість потоків.

Результати досліджень надані в табл. 4 та рис. 9.

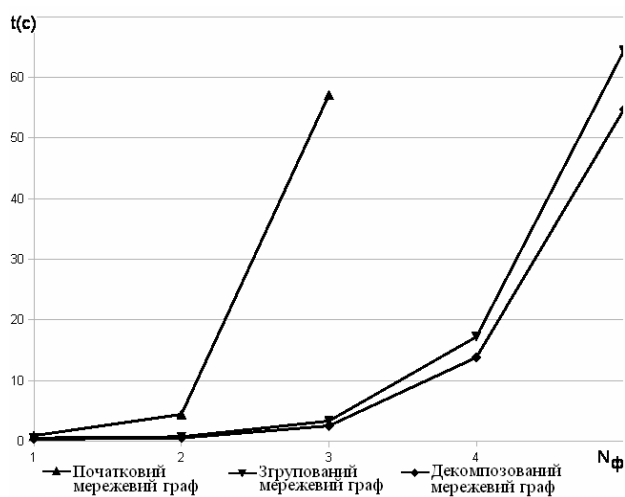


Рис. 8. Зведені порівняльні оцінювання часу, який витрачається для моделювання мережевих графів різного типу

Таблиця 4  
Результати моделювання початкового графа в середовищі PIPE 5.0

Номер експерименту	Кількість фішок	Час моделювання, с	Обмежений
1	1	0,58	ТАК
2	2	0,65	ТАК
3	3	3,57	ТАК
4	4	32,29	ТАК
5	5	371,44	ТАК

Як видно з рис. 9, в порівнянні з рис. 8, значно знизився час, який було витрачено на процедуру моделювання за допомогою даного середовища PIPE 5.0.

Таблиця 5

## Результати моделювання декомпованого графа в середовищі PIPE 5.0

Номер експерименту	Кількість фішок	Час моделювання, с	Обмежений
1	1	0,08	ТАК
2	2	0,40	ТАК
3	3	0,54	ТАК
4	4	0,74	ТАК
5	5	9,55	ТАК

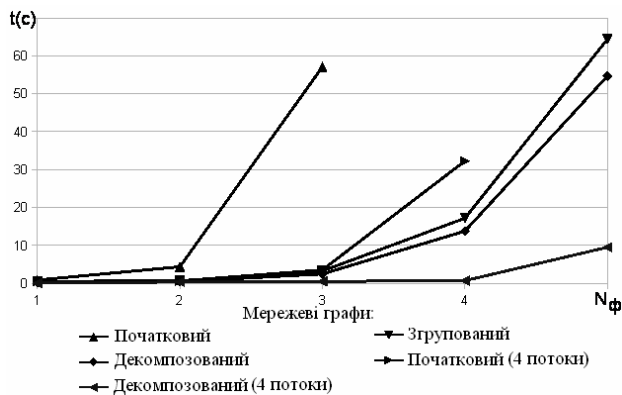


Рис. 9. Зведені порівняльні оцінювання часу, який витрачається для моделювання мережних графів різного типу (для середовища PIPE 5.0)

**Висновки**

Виконання моделювання бізнес-процесів перед їх безпосередньою реалізацією є важливою умовою ефективного управління складними підприємствами і організаціями. При цьому при моделюванні складних процесів виникає проблема відсутності достатніх ресурсів комп'ютерних систем і сама процедура моделювання стає практично неможливою.

В роботі запропоновані механізми декомпозиції складних бізнес-процесів, які дозволяють виконати моделювання великого початкового графу бізнес-процесу за декілька етапів: спочатку формується та моделюється метаграф, а на другому етапі в паралельному режимі виконується моделювання окремих декомпованих частин графа.

Експериментальні дослідження підтвердили, що запропоновані підходи дозволяють значно зменшити час, який витрачається на процедуру моделювання, зокрема за допомогою середовища моделювання з підтримкою режиму багатопоточності, що суттєво розширює можливості моделювання бізнес-процесів з великою кількістю ресурсів (фішок).

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Ляндау Ю.В., Стасевич Д.И. Теория процессного управления: монография. – М.: ИНФРА, 2015. – 118 с.
2. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / под. ред. Ю.П. Адлера. – 5 изд. М.: Стандарты и качество, 2008. – 272 с.
3. Биннер Х. Управление организациями и производством. От функционального менеджмента к процессному. – М.: Альпина Паблишерз, 2010. – 282 с.
4. Бородакий Ю.В., Лободинский Ю.Г. Информационные технологии: Методы, процессы, системы. – М.: Радио и связь, 2008. – 456 с.
5. Черемных О.С., Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технология. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
6. Шеер А.В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы: Пер с англ. – М.: Весть-Метатехнология, 2008. – 182 с.
7. Шеер А.В. Моделирование бизнес-процессов: Пер с англ. – М.: "Весть-Метатехнология", 2000. – 242 с.
8. Dijkman R.M., Dumas M., Ouyang C. Formal Semantics and Automated Analysis of BPMN Process Models. [Электронный ресурс] // Queensland University of Technology. – Режим доступа: <http://eprints.qut.edu.au/archive/00007115/>
9. List B., Korherr B. An evaluation of conceptual business process modelling languages. // Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied Computing (Dijon, France, April 23-27, 2006). – PP.1532-1539.
10. Koskela M., Haajanen J. Business Process Modeling and Execution Tools and technologies report for SOAMeS project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2407.pdf>
11. W.M.P. van der Aalst, Stahl C. Modeling Business Processes A Petri Net Oriented Approach. – Cambridge MA: The Mit Press, 2011. – 400 p.
12. Маслобоев А.В., Шишаев М.Г. Функциональная структура и особенности реализации распределенной мультиагентной системы информационной поддержки инноваций // Информационные ресурсы России. – 2008. – № 5(105). – С.23-27.
13. Абрамова И.Г. Управление проектом на основе сетевых моделей // Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 2007. – 58 с.
14. Platform Independent Petri net Editor 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pipe2.sourceforge.net/>

Надійшла до редакції 22.05.2018

**МЕХАНИЗМЫ ГРУППИРОВАНИЯ И ДЕКОМПОЗИЦИИ СЕТЕВЫХ ГРАФОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОДСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ****Мухин В.Е., Побережниченко В.Ю.**

Эффективное управление организационными и технологическими процессами предприятий и организаций требует выполнения предварительного моделирования внутренних бизнес-процессов для определения особенностей бизнес-процессов на всем протяжении жизненного цикла продукции или услуг. Данные процессы являются одним из наиболее сложных объектов описания и моделирования. В работе рассмотрен проект разработки воздушного судна и выполнено моделирование бизнес-процесса его построения. При проведении экспериментальных исследований с помощью среды PIPE оказалось, что при даже незначительном числе ресурсов проведение экспериментальных исследований с использованием классических средств вычислительной техники невозможно. Компьютерная система не имеет достаточных ресурсов памяти и процессора для выполнения данной задачи, ввиду относительно большого количества вершин в графе бизнес процесса. Для решения этой задачи предложено применить интенсивный подход, а именно провести группировку событий начального директивного графа. Предложены и обоснованы подходы и методы моделирования сложных графов, механизмы группировки и декомпозиции сетевых графов для подсистем управления бизнес-процессами, которые позволяют существенно расширить возможности моделирования бизнес-процессов с большим количеством ресурсов. Введено понятие метаграфа, кроме того, помимо процедуры группировки, также проводится декомпозиция графа бизнес процесса на структурные элементы. Фактически метаграф объединяет отдельные структурные элементы, которые образовались в результате декомпозиции начального графа. Выполнено моделирование метаграфа, в котором представлены, как сгруппированные по приведенному выше принципу, так и отдельные декомпозированные участки графа. Декомпозиция проводилась для тех участков, которые имеют в середине разветвления, но при этом все разветвления должны начинаться с одной точки и также сходиться в одной точке. Экспериментальные исследования подтвердили, что предложенные подходы позволяют значительно уменьшить время, затрачиваемое на процедуру моделирования, в частности с помощью среды моделирования с поддержкой режима многопоточности, что существенно расширяет возможности моделирования бизнес-процессов с большим количеством ресурсов.

**Ключевые слова:** бизнес-процессы, системы управления, метаграф, сети Петри, декомпозиция.

**MECHANISMS OF GROUPING AND DECOMPOSITION OF NETWORK GRAPHICS FOR SUPPORT OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT SUBSTANCES****Mukhin V. Ye., Poberezhnichenko V. Yu.****National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine**

Effective management of organizational and technological processes of enterprises and organizations requires the pre-modeling of internal business processes to determine the peculiarities of business processes throughout the life cycle of products or services. These processes are one of the most complex objects of description and modeling. In this paper, the design of the aircraft was considered and the business process of its construction was simulated. When conducting experimental research with the help of the PIPE environment it turned out that even with insignificant number of resources, conducting experimental studies on the use of classical means of computing technology is impossible. The computer system does not have sufficient memory and processor resources to perform this task, given the relatively high number of vertices in the business process column. To solve this problem, it is proposed to apply an intensive approach, namely to group the events of the initial policy graph. Proposed and substantiated approaches and methods of modeling complex graphs, mechanisms of grouping and decomposition of network graphs for business process control subsystems, which allow to significantly expand the possibilities of modeling business processes with a large amount of resources. The concept of a meta-graph is introduced, and also, besides the grouping procedure, the decomposition of the graph of the business process into structural elements is performed. In fact, meta-graph combines separate structural elements which are formed as a result of the decomposition of the initial graph. The meta-graph modeling is performed, in which both sections of the graph grouped according to the above principle, and separate decomposable sections are represented. Decomposition was carried out for those areas that have branching in the middle, but at the same time branching must begin from one point and also converge at one point. Experimental studies have confirmed that the proposed approaches can significantly reduce the time spent on the simulation process, in particular through the simulation environment supporting the multithreading mode, which significantly expands the ability to simulate business processes with a large amount of resources.

**Keywords:** business processes, control systems, meta-graph, petri network, decomposition.



## REFERENCES

1. Liandau Yu.V., Stasevich D.I. *Teoria processnogo upravleniya: monografiya* [Process Management Theory: Monograph]. Moskva: INFRA, 2015, 118 p. (in Russian).
2. Andersen B. *Bisnes-processy. Instrumenty sovershenstvovaniya* [Business processes. Improvmenting tools]. Ed. Yu.P. Adlera. 5<sup>th</sup> ed. Moskva: Standarty i kachestvo, 2008, 272 p. (in Russian).
3. Binner X. *Upravlenie organizacii i proizvodstvom. Ot funkcionalnogo menegmenta k processnomu* [Management of organizations and industry. From the functional management to the process management]. Moskva: Alpina Publisher, 2010, 282 p. (in Russian).
4. Borodakiy Yu.V. *Informacionnye tekhnologii: Metody, processy, sistemy* [Information technology: Methods, processes, systems]. Moskva: Radio i sviaz, 2008, 456 p. (in Russian).
5. Cheremnykh S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. *Modelirovanie i analiz sistem. IDEF-tekhnologia* [Simulation and analysis of systems. IDEF technology]. Moskva: Financy i statistika, 2006, 192 p. (in Russian).
6. Sheer A.V. *Bisnes-processy. Osnovnye poniatia. Teoria. Metody* [Business processes. The basic concepts. Theory. Methods]. Moskva: "Vest-Metatekhnologia", 2008, 182 p. (in Russian).
7. Sheer A.V. *Modelirovanie bisnes-processov* [Simulation of business processes]. Moskva: "Vest-Metatekhnologia", 2000, 242 p. (in Russian).
8. Dijkman R.M., Dumas M., Ouyang C. *Formal Semantics and Automated Analysis of BPMN Process Models*. Queensland University of Technology. Retrieved from Retrieved from Retrieved from <http://eprints.qut.edu.au/archive/00007115/>
9. List B., Korherr B. *An evaluation of conceptual business process modelling languages*. Proceedings of the 2006 ACM symposium on Applied Computing. pp.1532-1539.
10. Koskela M., Haajanen J. *Business Process Modeling and Execution Tools and technologies report for SOAMeS project*. Retrieved from <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2407.pdf>
11. W.M.P. van der Aalst, Stahl C. *Modeling Business Processes A Petri Net Oriented Approach*. Cambridge MA: The MIT Press, 2011, 400 p.
12. Masloboev A.V., Shyshayev M.G. *Funcionalnaya struktura i osobennosti realizacii raspredelennoy multiagentnoy sistemy informacionnoy podderzhki innovacii* [Functional structure and the implementation features of a distributed multi-agent system for the innovation information support] // *Informacionnye resursy Rossii*. 2008. № 5(105), pp.23-27 (in Russian).
13. Abramova I.G. *Upravlenie proektom na osnove setevykh modeley* [Project management based on network models]. Samara: Samarsky gos. aerocomich. un-t., 2007, 58 p. (in Russian).
14. *Platform Independent Petri net Editor 2*. Internet resource link: Retrieved from <http://pipe2.sourceforge.net/>