

УДК 005.8

МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ МОДИФІКОВАНИХ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ БУДЬ-ЯКОГО КЛАСУ МУЛЬТИПРОЕКТІВ

ТРИФОНОВ І. В.,¹ *д.т.н., проф.*

МАЗУРКЕВИЧ О. І.,^{2*} *к.т.н.*

ГАЙДЕНКО О.В.,³ *асп.*

¹ Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 810-78-28, e-mail: Vo_ron@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3278-6197

^{2*} Кафедра менеджменту, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, 49600, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 36-78-150, e-mail: maso@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-8390-7676

³ Кафедра інформаційно-управляючих систем та технологій, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова Проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, Україна, тел. +38 (0512) 42-44-70, O_kotsur@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6614-5443

Анотація. Мета. Розробка методики оптимізації за часовою ознакою календарного плану для мультипроектів. **Методика.** Використовуючи загальні інструменти календарного планування побудовано модифіковану мережу Петрі. Її мінімізовано шляхом знаходження еквівалентних внутрішніх позицій й переходів з їх наступною заміною однією внутрішньою позицією та переходом. **Результати.** У ході дослідження розроблено метод мінімізації модифікованих мереж Петрі, що дозволяє мінімізувати графік робіт будь-якого мультипроекту. Запропонований метод мінімізації дозволяє суттєво знизити рівень складності управління мультипроектом для будь-якого напрямку виробництва та послуг. **Наукова новизна.** Розроблено математичну модель мінімізації модифікованої мережі Петрі, окремим випадком якої є графік Ганта проекту, для мультипроектів, що на відміну від існуючих не тільки мінімізує графік до рівня критичного шляху, а надає можливість проаналізувати проект з точки зору оптимального виконання робіт проекту, що має вигляд критичного ланцюга, з використанням математичного апарату дискретного моделювання систем. **Практична значущість.** Розроблений інструмент дозволяє отримати оптимальний план розвитку будівельної організації, мінімізуючи множину рішень (шляхів) досягнення цільових установок (планових рішень), з урахуванням різних типів обмежень.

Ключові слова: мультипроект; календарне планування; мережа Петрі; перетворення мереж Петрі

МЕТОД МИНИМИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ЛЮБОГО КЛАССА МУЛЬТИПРОЕКТОВ

ТРИФОНОВ И. В.,¹ *д.т.н., проф.*

МАЗУРКЕВИЧ А. И.,^{2*} *к.т.н.*

ГАЙДЕНКО О. В.,³ *асп.*

¹ Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, г. Днепр, Украина, тел. +38 (096) 810-78-28, e-mail: Vo_ron@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3278-6197

^{2*} Кафедра менеджмента, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, 49600, г. Днепр, Украина, тел. +38 (097) 36-78-150, e-mail: maso@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-8390-7676

³ Кафедра информационно-управляющих систем и технологий, Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, пр. Героев Украины, 9, г. Николаев, Украина, Тел. +38 (0512) 42-44-70, O_kotsur@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6614-5443

Аннотация. Цель. Разработка методики оптимизации по временному признаку календарного плана для мультипроектов. **Методика.** Используя общие инструменты календарного планирования, построена модифицированная сеть Петри. Которая минимизирована путем нахождения эквивалентных внутренних позиций и переходов с их последующей заменой одной внутренней позицией и переходом. **Результаты.** В ходе исследования разработан метод минимизации модифицированных сетей Петри, что позволяет минимизировать график работ любого мультипроекта. Предложенный метод минимизации позволяет существенно снизить уровень сложности управления мультипроектом для любого направления производства и услуг. **Научная новизна.** Разработана математическая модель минимизации модифицированной сети Петри, отдельным случаем которой является график Ганта проекта, для мультипроектов, что, в отличие от существующих, не только минимизирует график до уровня критического пути, а предоставляет возможность проанализировать проект с точки зрения оптимального выполнения работ проекта, которое имеет вид критической цепи, с использованием математического аппарата дискретного моделирования систем. **Практическая значимость.**

Разработанный инструмент позволяет получить оптимальный план развития строительной организации, минимизируя множество решений (путей) достижения целевых установок (плановых решений), с учетом разных типов ограничений.

Ключевые слова: мультипроект; календарное планирование; сеть Петри; преобразование сетей Петри

THE METHOD OF MINIMIZATION OF THE MODIFIED PETRINETS IS FOR ANY CLASS OF MULTIPROJECTS

TRIFONOV I.V.,¹ *Dr. Sc. (Tech.), prof.*

MAZURKEVICH O. I.,^{2*} *PhD*

HAYDAYENKO O.V.,³ *graduate student*

¹ Department of Building Technology, State Higher Educational Institution "Pridneprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture", Chernyshevsky str., 24-a, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (096) 810-78-28, e-mail: Vo_ron@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-3278-6197

^{2*} Department of Management, National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarin Ave., 4, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 36-78-150, e-mail: maco@mail.ua, ORCID ID: 0000-0001-8390-7676

³ Department of Information Control Systems and Technologies, National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov, Heroes of Ukraine Ave., 9, Nikolaev, Ukraine, Tel. +38 (0512) 42-44-70, O_kotsur@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6614-5443

Annotation. Purpose. Development of methodology of optimization is on the sentinel sign of calendar plan for multi-projects **Methodology.** Using the general instruments of the calendar planning the modified petrinet was built. What was minimized by being of equivalent internal positions and transitions with their next replacement one internal position and transition. **Findings.** During research the method of minimization of the modified petrinets was worked out, that allows to minimize the chart of works of any multi-project. The offered method of minimization will allow substantially to bring down the level of complication of management a multi-project for any direction of production and services. **Originality.** The mathematical model of minimization of the modified petrinet, is worked out the separate case of that is a chart of Gant of project, for multi-projects, that unlike existing does not minimize a chart to the level of critical way, but gives possibility to analyses a project from the point of view of optimal implementation of works of project, that has the appearance of critical chain, with the use of mathematical vehicle of discrete design of the systems. **Practical value.** The worked out instrument allows to get the optimal plan of development of building organization, minimizing to multiplicity of decisions (ways) of achievement of having a special purpose options (decisions), taking into account the different types of limitations.

Keywords: multi-project; calendar planning; petrinet; transformation of networks Petry

Вступ

Календарне планування у будівництві як область наукових досліджень і практичного інструментарію для управління будівництвом об'єктів у своєму історичному розвитку мало і зльоти, і падіння. Найбільша цікавість до нього була виявлена у кінці 60-х і початку 80-х років минулого століття у зв'язку з появою мережевих моделей і так званого мережевого планування і управління (МПУ). У цей період було опубліковано найбільшу кількість наукових статей, монографій, підручників, а також публікацій про досвід впровадження різних систем, їх експлуатацію і досягнуті результати в цій області. З усіх розроблених систем календарного планування для управління у будівництві, на наш погляд, найбільш вдалою і багатопланою є система "А-план", що базується на мережевому відображенні організації будівельного виробництва [1].

Проте, незважаючи на велику кількість наукових досліджень і досить широке впровадження різних систем, підсистем, окремих завдань в сферу управління будівельних організацій, результат практичного застосування не співвідноситься з

очікуваними ефектами. Більше того, науковий керівник розробки автоматизованої системи управління будівельного тресту Л.Г. Голуб визнав, що десятирічний досвід впровадження і експлуатації системи "А-план" дав більше розчарувань, ніж позитивних результатів [2].

Кінець 80-х років ХХ століття і початок ХХІ століття характерні повним забуттям наукових досліджень в цій області. І тільки 3-4 роки тому з'явилися деякі публікації, декілька програмних засобів з календарного планування в області будівництва.

Усі попередні постановки завдань календарного планування ґрунтуються на пошуку оптимального варіанту. Оптимальне планування розвитку програми будівельної організації припускає апіорі наявність множинності рішень (шляхів) досягнення цільових установок (планових рішень). Будівельна організація знаходиться в жорстких рамках різних обмежень - фінансових, потужнісних, матеріально-технічних, часових, технологічних, організаційних і т. д. Ці обмеження зрештою і визначають конкретність параметрів календарного плану. І завдання

керівника (керівництва) будівельної організації полягає не в тому, щоб обрати кращий варіант за яким-небудь критерієм, а в тому, щоб знайти шлях, що веде до виконання планових рішень (завдань). Інакше кажучи, при урахуванні досить великої кількості обмежень завдання зводиться до знаходження шляху досягнення цільових установок, до одного єдиного варіанту. Тому кількість обмежень необхідно не зменшувати, а постійно в ході рішення збільшувати, таким чином відпадає необхідність в оптимізації і виборі критерію. Саме ця особливість будівельних проектів та проектів девелопменту відносить їх до класу мультипроектів [3].

Розглянемо більш детально процес знаходження саме такого шляху календарного планування для проектів, пов'язаних з будівництвом та розвитком на прикладі проекту розвитку сучасного багатофункціонального медичного комплексу.

Мета

Метою цієї роботи є розробка методики оптимізації за часовою ознакою календарного плану для проектів будівництва та розвитку сучасних багатофункціональних медичних комплексів, які є, у першу чергу, мультипроектами.

Методика та результати

Для того, щоб досягти успіху в конкурентній боротьбі сучасний багатофункціональний медичний комплекс має бути максимально ефективним: швидкість усіх бізнес-процесів має бути вища, ніж у конкурентів, при цьому якість цих процесів, їх результативність має бути як мінімум на рівні середніх – для визначеного ринкового конкурентного середовища, – показників.

Вирішення цієї проблеми може бути детерміновано активним використанням методу критичного ланцюга, який дозволяє оптимізувати усі характеристики бізнес-процесів. Мета використання даної методології полягає в розрахунках по залежностях ресурсів, ризиків, невизначеностей.

Розглянемо механізм впровадження методу критичного ланцюга в деякому, умовному бізнес-проекті, відмітивши такі аспекти: по-перше, потрібне визначення деякого терміну, до якого уся кінцева продукція (товар, послуга) має бути готовою, пройти усі відповідні " випробування", затвердження і узгодження. По-друге, потрібне визначення кола завдань створення для відповідного виду обмеженого ресурсу додаткових "ресурсних зв'язків". По-третє, потрібне обґрунтування ідентифікації певного "критичного ланцюга", тобто деякого критичного шляху, детермінованого різноманітним ресурсних зв'язків, послідовністю завдань, які не мають в розпорядженні часового запасу, й визначення "точок", несвоєчасне досягнення яких спричиняє зрив реалізації усього проекту в цілому. По-четверте, потрібне визначення в розкладі проекту деяких спеціальних резервів - так званих буферів. Цей

процес здійснюється з урахуванням виконання усіх завдань проекту в максимально короткі терміни. Поп'яте, потрібний контроль з боку керівництва проекту усіх спеціальних буферів, які можуть бути створені.

В цілому, перспективи розвитку багатофункціональних медичних комплексів детерміновані наступними аспектами: необхідністю диверсифікувати свою комерційну пропозицію; необхідністю надавати максимально широкий перелік послуг; важливістю поступового підвищення якості матеріально-технічного оснащення установ; значущістю комплексного вивчення тенденцій ринку; необхідністю грамотне організувати управління фінансовими ресурсами, реалізовувати бюджетування, розробити фінансову стратегію.

Усе це слід реалізовувати в контексті використання методу критичному ланцюгу. Структура модифікованих мереж Петрі має вигляд різносоротної множини (вираз 1):

$$N = \langle P_v, T, I, O, \mu_0, P_i, P_o \rangle, \quad (1)$$

де $P_v = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ – множина внутрішніх позицій мережі Петрі;

$T = \{T_1, T_2, \dots, T_m\}$ – множина переходів мережі Петрі;

$I: P_v \rightarrow T_\infty$ – вхідна функція – відображення з переходів до комплектів позицій;

$O: P_v \rightarrow T_\infty$ – вихідна функція – відображення з переходів до комплектів позицій;

μ_0 – початкове маркування мережі;

$P_i = \{P_{i_1}, P_{i_2}, \dots, P_{i_n}\}$ – підмножина вхідних позицій мережі Петрі;

$P_o = \{P_{o_1}, P_{o_2}, \dots, P_{o_n}\}$ – підмножина вихідних позицій мережі Петрі.

Причому, кожен перехід мережі Петрі містить у своїй вхідній функції позицію з підмножини P_i ; кожен перехід мережі Петрі містить у своїй вихідній функції позицію з підмножини P_o та правила запуску переходів модифікованої мережі аналогічні умовам запуску переходів звичайних мереж Петрі, єдиною відмінністю є наявність фішки у вхідній позиції мережі цього переходу, а також при реалізації будь-якого переходу мережі фішка з'являється у вихідній позиції цього переходу [4, 5].

Виконанням мережі керують не лише фішки у внутрішніх позиціях P_v , але й фішки у вхідних позиціях мережі P_i . Поява фішки у будь-якій позиції з множини вхідних позицій мережі дозволяє реалізацію лише одного переходу з множини можливих, тих, що визначаються маркуванням самої мережі, у вхідній функції якого знаходиться ця вхідна функція мережі. Таким чином, задаючи будь-яку послідовність вхідних позицій мережі, у яких з'явиться фішка, що дозволяє реалізацію одного-єдиного переходу, можливо управляти виконанням мережі.

Задача мінімізації модифікованих мереж Петрі сформулюється аналогічно з задачею мінімізації автоматних моделей [6, 7]. Вона складається з пошуку серед множини еквівалентних мереж такої, яка містить мінімальну кількість позицій та дуг, що поєднують їх.

Виходячи з структури модифікованих мереж $N = \langle P_v, T, I, O, \mu_0, P_i, P_o \rangle$ та правил запуску переходів, запропоновано наступне формулювання еквівалентності мереж Петрі: дві модифіковані мережі Петрі еквівалентні, якщо за будь-якої послідовності вхідних позицій, у яких з'являється фішка, що керує реалізацією переходу, у вихідних позиціях мереж кількість фішок однакова.

Мінімізація модифікованих мереж здійснюється знаходженням еквівалентних внутрішніх позицій й переходів з їх наступною заміною однією внутрішньою позицією та переходом.

Умовно-еквівалентними позиціями називаються внутрішні позиції, що мають однакові стовбці у таблиці вихідних позицій мережі.

Таблиця вихідних позицій мережі Петрі – це двовірна таблиця, строками якої є вхідні позиції мережі P_i , а стовбцями – внутрішні позиції P_v , а на перетині i -ої строки з j -м стовбцем – вихідна позиція P_o , у якій з'являється фішка у процесі реалізації переходу.

Дві внутрішні позиції називаються еквівалентними, якщо при запуску переходів мережі у вхідній функції яких вони знаходяться, фішки з'являються у внутрішніх позиціях, що є умовно-еквівалентними.

Два переходи мережі Петрі, які у своїй вхідній та вихідній функції містять еквівалентні позиції, також еквівалентні.

Зміна внутрішніх позицій й переходів однією внутрішньою позицією й переходом дозволяється лише у тому разі, якщо й переходи, й внутрішні позиції, що містяться в їх вхідній/вихідній функції, еквівалентні.

Для знаходження еквівалентних позицій й переходів мережі Петрі необхідно виконати наступну послідовність процедур:

– множина станів мережі розбивається на класи еквівалентності (підмножини, що попарно не перетинаються, й кожна з яких складається з умовно-еквівалентних позицій). Для цього будемо таблицю вихідних позицій. Внутрішні позиції мережі з однаковими стовбцями у таблиці вихідних позицій поєднуємо у один клас еквівалентності.

– Будується таблиця переходів внутрішніх позицій мережі – це таблиця, строками якої є вхідні позиції мережі Петрі, а стовбцями – внутрішні позиції, що поєднані у класи еквівалентності, а на перетині i -ої строки з j -м стовбцем позначається клас (класи) еквівалентності у якій міститься фішка при реалізації переходу. Якщо у побудованій таблиці стовбці, що відповідають внутрішнім позиціям з одного класу еквівалентності не співпадають між собою, то цей клас розширюється на підкласи,

причому у один й той самий клас входять внутрішні позиції класу K_i з однаковими стовбцями. Після чого знову будується таблиця переходів внутрішніх позицій з новою системою класів й так далі, доки не припиниться розширення класів.

– Будується таблиця вхідної функції переходів мережі Петрі. Таблиця вхідної функції переходів – це таблиця, строками якої є вхідні позиції мережі Петрі, а стовбцями – переходи мережі Петрі та на перетині i -ої строки з j -м стовбцем ставиться клас (класи) умовно-еквівалентних позицій, до якого відноситься позиція, що є вхідною для цього переходу.

– Будується таблиця вихідної функції переходів мереж Петрі. Таблиця вихідної функції переходів – це таблиця, строками якої є вхідні позиції мережі, а стовбцями – переходи, та на перетині i -ої строки з j -м стовбцем ставиться клас еквівалентності до якого відноситься позиція (позиції), що є вихідною для даного переходу.

– Якщо стовбці у таблиці переходів внутрішніх позицій мережі, що відносяться до одного класу еквівалентності позицій співпали, а також співпали стовбці у таблицях вхідної/вихідної функції переходів у вхідній/вихідній функції яких знаходяться дані позиції, то позиції еквівалентні. Відповідно, еквівалентні й переходи, у вхідній/вихідній функції яких знаходяться еквівалентні позиції. Знайдені еквівалентні позиції й переходи можна замінити однією позицією та переходом відповідно.

У результаті ми отримуємо мінімізовану модифіковану мережу Петрі, яка еквівалентна заданій мережі. Еквівалентність перевіряється однаковою кількістю фішок у вихідних позиціях мереж при будь-якій заданій послідовності вхідних позицій мережі, у яких з'являється фішка.

Хай надано мережу Петрі $N = \langle P_v, T, I, O, \mu_0, P_i, P_o \rangle$ (рис. 1).

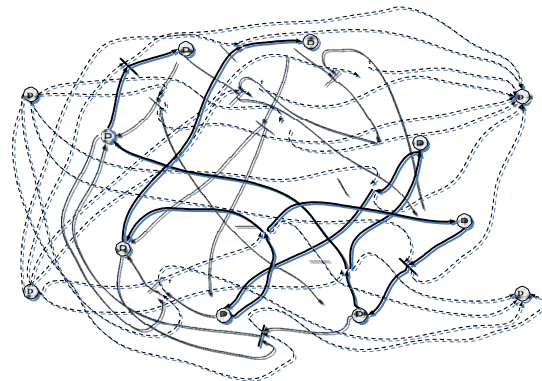


Рис.1 Мережа Петрі $N = \langle P_v, T, I, O, \mu_0, P_i, P_o \rangle$ /
Petri nets $N = \langle P_v, T, I, O, \mu_0, P_i, P_o \rangle$

Будуємо таблицю 1 внутрішніх позицій.

Таблиця 4

Таблиця 1

Таблиця внутрішніх позицій /
Table of internal positions

	P								
In	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	
P ₁₁	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₂	P ₀₂	P ₀₂	P ₀₂	
P ₁₂	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₁	P ₀₂	P ₀₂	P ₀₁	P ₀₁	

Множина внутрішніх позицій розширюється на класи еквівалентності:

$$S_1 = \{P_1, P_2, P_3, P_4\} \rightarrow S_2 = \{P_5, P_6\} \rightarrow S_3 = \{P_7, P_8\}$$

Будуємо таблицю 2 переходів внутрішніх позицій.

Таблиця 2

Таблиця переходів внутрішніх позицій /
Table transition to internal positions

		S ₁				S ₂		S ₄	
In	P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
P ₁₁		S ₂ /S ₃	S ₂ /S ₃	S ₂	S ₂	S ₃	S ₃	S ₃	S ₃
P ₁₂		S ₁	S ₁	S ₁	S ₁	S ₁ /S ₃	S ₁ /S ₃	S ₁	S ₁

З таблиці 2 визначаємо, що клас еквівалентності позиції S₁ розширюється на два підкласи, та отримуємо наступні класи еквівалентності позицій (при цьому класи ми перейменуємо):

$$P_{12} = \{P_1, P_2\} \quad P_{34} = \{P_3, P_4\} \quad P_{56} = \{P_5, P_6\} \quad P_{78} = \{P_7, P_8\}$$

Будуємо таблицю 3 переходів внутрішніх позицій з новими класами.

Таблиця 3

Таблиця переходів внутрішніх позицій /
Table transition to internal positions

		P ₁₂		P ₃₄		P ₅₆		P ₇₈	
In	P	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈
P ₁₁		P ₅₆ / P ₇₈	P ₅₆ / P ₇₈	P ₅₆	P ₅₆	P ₇₈	P ₇₈	P ₇₈	P ₇₈
P ₁₂		P ₃₄	P ₃₄	P ₃₄	P ₃₄	P ₃₄ / P ₇₈	P ₃₄ / P ₇₈	P ₁₂	P ₁₂

З таблиці 3 витікає, що розширення на підкласи не робиться й позиції, що знаходяться в однакових класах еквівалентності позицій – еквівалентні.

Будуємо таблиці вхідної та вихідної функції переходів (табл. 4, 5).

Таблиця вхідної функції переходів /
Table incoming transition function

T		t ₁₁	t ₁₂	t ₂₁	t ₂₂	t ₃₁	t ₃₂	t ₄₁	t ₄₂	t ₅₁	t ₅₂	t ₆₁	t ₆₂
In													
P ₁₁		-	-	P ₁₂	P ₁₂	P ₃₄	P ₃₄	-	-	P ₅₆ / P ₇₈	P ₅₆ / P ₇₈	-	-
P ₁₂		P ₁₂ / P ₃₄	P ₁₂ / P ₃₄	-	-	-	-	P ₅₆	P ₅₆	-	-	P ₇₈	P ₇₈

Таблиця 5

Таблиця вихідної функції переходів /
Table of initial function transitions

T		t ₁₁	t ₁₂	t ₂₁	t ₂₂	t ₃₁	t ₃₂	t ₄₁	t ₄₂	t ₅₁	t ₅₂	t ₆₁	t ₆₂
In													
P ₁₁		-	-	P ₅₆ / P ₇₈	P ₅₆ / P ₇₈	P ₅₆	P ₅₆	-	-	P ₇₈	P ₇₈	-	-
P ₁₂		P ₃₄	P ₃₄	-	-	-	-	P ₃₄ / P ₇₈	P ₃₄ / P ₇₈	-	-	P ₁₂	P ₁₂

З таблиці 4 та 5 витікає, що еквівалентними є наступні переходи:

$$t_1 = \{t_{11}, t_{12}\} \quad t_2 = \{t_{21}, t_{22}\} \quad t_3 = \{t_{31}, t_{32}\}$$

$$t_4 = \{t_{41}, t_{42}\} \quad t_5 = \{t_{51}, t_{52}\} \quad t_6 = \{t_{61}, t_{62}\}$$

Замінюємо знайдені еквівалентні внутрішні позиції та переходи однією внутрішньою позицією й переходом відповідно. Отримуємо мінімізовану мережу Петрі (рис.2), еквівалентну мережі рисунку 1.

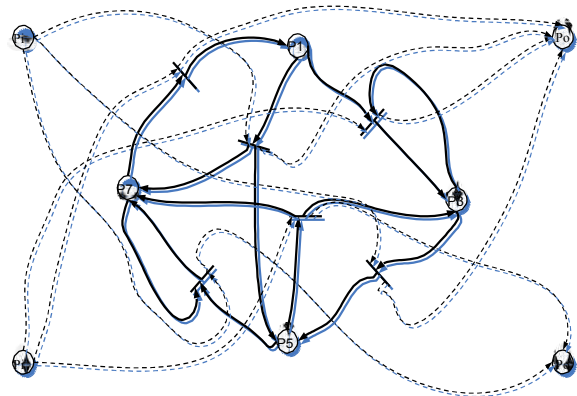


Рис.2 Мінімізована мережа Петрі /
Lean Petri Nets

Для перевірки еквівалентності отриманої мережі (рис. 2) та базової (рис 1), згідно до умов еквівалентності мереж, задаємо їх початкове маркування:

- $\mu_0 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$ для мережі рис. 1;
- $\mu_0 = (2, 2, 2, 2)$ для мережі рис. 2.

Умова еквівалентного функціонування мереж Петрі полягає у рівності кількості фішок базової мережі Петрі (кількість фішок у позиціях мінімізованої мережі Петрі визначається як сума

Таблиця 8

Переходи, що спрацювали у процесі реалізації мереж / Transitions that worked in the implementation of network

Послідовність	Переходи:	
	Базова мережа	Мінімізована мережа
P _{i1}	t ₂₁	t ₂
P _{i1}	t ₃₁	t ₃
P _{i2}	t ₄₂	t ₄
P _{i2}	t ₁₁	t ₁
P _{i2}	t ₆₂	t ₆
P _{i1}	t ₅₁	t ₅
P _{i2}	t ₆₁	t ₆
P _{i1}	t ₃₂	t ₃

Наукова новизна та практична цінність

Розроблено математичну модель мінімізації модифікованої мережі Петрі, окремим випадком якої є графік Ганта проекту, для мультипроектів, що, на відміну від існуючих, не мінімізує графік до рівня критичного шляху, а надає можливість проаналізувати проект з точки зору оптимального виконання робіт проекту, та має вигляд критичного ланцюга, з використанням математичного апарату дискретного моделювання систем.

Розроблений інструмент дозволяє отримати оптимальний план розвитку будівельної організації мінімізуючи множини рішень (шляхів) досягнення цільових установок (планових рішень) з урахуванням різних обмежень: фінансових, потужнісних, матеріально-технічних, часових, технологічних, організаційних та інших, в рамках яких знаходиться будь-яка будівельна організація. Що максимально важливо у мультипроектах, до яких відноситься будь-який проект розвитку та, зокрема, всі медичні проекти.

Висновки та подальший розвиток напрямку дослідження

1. У ході дослідження виявлено, що головне завдання менеджера проекту полягає не в тому, щоб обрати кращий варіант реалізації мультипроекту за яким-небудь критерієм, а в тому, щоб знайти шлях, що веде до виконання планових рішень (завдань). Інакше кажучи, при урахуванні досить великої кількості обмежень, завдання зводиться до знаходження шляху досягнення цільових установок, до одного єдиного варіанту. Тому кількість обмежень необхідно не зменшувати, а постійно в ході реалізації проекту збільшувати, таким чином відповідає необхідність в оптимізації і виборі якогось критерію.

кількості фішок позицій об'єднаних у один клас еквівалентності) й мінімізованої при початковому маркуванні мереж.

Результати моделювання наведено у таблиці 6 для повної мережі Петрі та у таблиці 7 для мінімізованої мережі.

Таблиця 6

Результати моделювання базової мережі (рис. 1) / The results of the simulation core network (fig. 1)

Послідовність	Маркування мережі Петрі								Вихідні позиції (кількість фішок)	
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P _{O1}	P _{O2}
P _{i1}	0	1	1	1	2	1	1	2	1	0
P _{i1}	0	1	0	1	2	2	1	2	2	0
P _{i2}	0	1	0	2	2	1	2	2	2	1
P _{i2}	0	0	1	1	2	1	2	2	3	1
P _{i2}	0	1	1	1	2	1	1	2	4	1
P _{i1}	0	1	1	1	1	1	0	3	4	2
P _{i2}	1	1	1	1	1	1	0	2	5	2
P _{i1}	1	1	1	0	2	1	0	2	6	2

Таблиця 7

Результати моделювання мінімізованої мережі (рис. 2) / Simulation results minimized network (fig. 2)

Послідовність	Маркування мережі Петрі				Вихідні позиції (кількість фішок)	
	P ₁₂	P ₃₄	P ₅₆	P ₇₈	P _{O1}	P _{O2}
P _{i1}	1	2	3	3	1	0
P _{i1}	1	1	4	3	2	0
P _{i2}	1	2	3	4	2	1
P _{i2}	0	2	3	4	3	1
P _{i2}	1	2	3	3	4	1
P _{i1}	1	2	2	3	4	2
P _{i2}	2	2	2	2	5	2
P _{i1}	2	1	3	2	6	2

З таблиць 6 та 7 можна побачити, що за однієї і тієї ж вхідної послідовності, кількість фішок у вихідних позиціях зберігається, як і кількість фішок у внутрішніх позиціях мереж.

Відповідно, мережі з рисунків 1 та 2 - еквівалентні.

У таблиці 8 наведено переходи, що були реалізовані при заданій послідовності.

Таким чином, як **результат** - розроблено метод, що дозволяє мінімізувати графік робіт будь-якого мультипроекту, отримати найбільш оптимальний шлях реалізації мультипроекту, який не завжди співпадає з критичним шляхом проекту, але повністю відповідає методиці критичного ланцюга.

2. На базі мультипроєкту розвитку сучасного багатофункціонального медичного комплексу розроблено математичну модель модифікованої мережі Петрі, проведено її мінімізацію та доведено еквівалентність обох мереж.

3. На базі математичної моделі запропоновано метод мінімізації модифікованих мереж Петрі на базі їх еквівалентних перетворень.

4. Запропонований метод мінімізації дозволяє суттєво знизити рівень складності управління мультипроєктом для будь-якого напрямку виробництва та послуг.

Перспективами розвитку цієї роботи є дослідження по наступних напрямках:

1. Розвиток класу завдань, які можна позначити як "пошук рішення" при розподілі об'ємів робіт в часі як

на об'єкт, так і на програму будівельної організації (реалізація функції планування).

2. Розробка методики, нормативної бази, інформаційної системи з формування кількісних оцінок взаємозв'язків між роботами (наприклад, формування технології будівництва об'єкту).

3. Розробка методики обліку і контролю ходу будівельного виробництва.

Дослідження дозволяють розробити методику вдосконалення планування, спрямовану на зниження витрат, зростання продуктивності праці, підвищення конкурентоспроможності продукції і поліпшення фінансово-економічних результатів діяльності будівельних організацій в сучасних умовах господарювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голуб Л.Г. АСУ строительного треста / Л.Г. Голуб, Е.Н. Лященко. – Москва : Стройиздат, 1976. – 177 с.
2. Вайнгорт В.А. Сбалансированное планирование в строительных организациях / В.А. Вайнгорт, Л.Г. Голуб. – Москва : Стройиздат, 1985. – 134 с.
3. Управление проектами / Под ред. С.К. Чернова и В.В. Малого, – Николаев, НУК, 2010. – 354 с.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – Москва, 1984. – 264 с.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко – Киев : Издательский Дом «Слово», 2003. – 688с.
6. Дедегкаев А.Г. Метод минимизации модифицированных сетей Петри на основе их эквивалентных преобразований / А.Г. Дедегкаев, М.П. Маслаков // *Universum: Технические науки : электрон. научн. журн.* 2013. № 1 (1). – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/788>.
7. Дедегкаев А.Г. Моделирование технологического процесса стекольного производства модифицированными сетями Петри (на примере ОАО «Ирстекло») / А.Г. Дедегкаев, М.П. Маслаков // *Устойчивое развитие горных территорий.* – № 4 (14). – Владикавказ, 2012. – С. 35-39.

REFERENCES

1. Golub L.G. *ASU stroitel'nogo tresta* [ACS of the construction trust]. Moscow : Stroizdat, 1976, 177 p. (in Russian).
2. Vaingort V.A., Golub L.G. *Sbalansirovannoe planirovanie v stroitelnykh organizatsiyakh* [Balanced planning in construction organizations] Moscow : Stroizdat, 1985, 134 p. (in Russian).
3. Chernov S.K., Maliy V.V. *Upravlinnya proektami* [Project management]. Nikolayiv, NUK Publ., 2010, 354 p. (in Ukrainian).
4. Piterson Dg. *Teoriya setey Petri I modelirovanie system* [The theory of Petri nets and modeling systems]. Moscow, 1984, 264 p. (in Russian).
5. Zaychenko Yu.P. *Issledovanie operatsiy* [Analysis of operations]. Kyiv : Izdatelskiy Dom «Slovo» Publ., 2003, 668 p. (in Ukrainian).
6. Dedegkaev A.G., Maslacov M.P. *Metod minimizatsii modifitsirovannykh setei Petri na osnove ikh ekvivalentnykh preobrazovaniy* [Method for minimizing modified Petri nets based on their equivalent transformation]. *Universum: Tehnicheskie nauki : electron. nauch. gurn.* 2013, no. 1(1), Available at: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/788>. (in Ukrainian).
7. Dedegkaev A.G., Maslacov M.P. *Modelirovanie technologicheskogo protsesssa stekol'nogo proizvodstva modifitsirovannymi setyami Petri (na primere OAO «Irsteklo»)* [Modeling of the technological process of glass production by modified Petri nets (on the example of OJSC «Irsteklo»)]. *Ustoischivoe rasvitie gornyykh territorii* [Sustainable mountain development]. Vladikavkaz, 2012, no. 4 (14), pp. 35-39. (in Russian).

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., наук, проф. Лаухніним Д.В., д.т.н., проф. Сухомлиним Г.Д. (Україна)