

МЕНЕДЖМЕНТ ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ

DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.01.08>

JEL classification: C53, C63, D20

UDC: 005.53:658.5

Ігор АФАНАСЬЄВ

кандидат економічних наук,
старший викладач,
кафедра менеджменту і адміністрування,
Криворізький національний університет, Україна
E-mail: iafanasyev.knuedu.ua
ORCID ID: 0000-0002-4505-7145

Олександр ГІРЕНКО

радник з питань економіки,
ТОВ «АРИСТЕЙ КР», Україна
E-mail: girenkooleksandr@ukr.net
ORCID ID: 0009-0002-2030-0062

ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТЕОРІЇ РЕГУЛЯРНИХ МЕРЕЖ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ПІДТРИМЦІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

АНОТАЦІЯ

Вступ. Своєчасність, точність, адекватність, зрештою – ефективність прогнозування наслідків управлінських рішень щодо сучасного інтегрованого виробництва на основі виробничо-економічних показників бізнес-процесів підприємства залежить передусім від рівня науково-методичного та апаратного інструментарію забезпечення систем підтримки прийняття рішень. Таке забезпечення є комплексом способів, підходів і засобів відповідного інструментарію – операційною основою та інформаційною базою даних системи генерування різноманітних альтернативних варіантів вирішення задач планування виробничо-господарської діяльності об'єктів управління, зокрема, виконання конкретних виробничо-економічних операцій, тактичних завдань, стратегічних планів та оцінювання їх ефективності. Одним із засобів щодо досліджень у цій області може служити математичний апарат мереж Петрі.

Мета. Удосконалення та розроблення підходів до побудови семантичних моделей систем підтримки прийняття рішень виробничо-економічних систем.

Методологія. Використано методи економіко-математичного моделювання, аналізу, синтезу, логічного узагальнення причинно-наслідкових зв'язків, теорія графів, матрична алгебра, системний підхід до побудови семантичних моделей та відповідних «правил-продукцій» на основі мереж Петрі для систем підтримки прийняття рішень.

Результати. У статті вказано на важливість використання сучасними промисловими підприємствами гнучких виробничо-економічних систем у яких забезпечується підтримка прийняття раціональних рішень та спроможність пристосовуватися в реальному масштабі часу до змін зовнішнього середовища. У якості відповідного інструментарію запропоновано математичний апарат мереж Петрі,

© Ігор Афанасьєв, Олександр Гіренко, 2024

Отримано: 31.01.2024 р.

Рекомендовано до друку: 08.02.2024 р.

Опубліковано: 28.02.2024 р.



Ця стаття розповсюджується на умовах ліцензії Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0, яка дозволяє необмежене повторне використання, розповсюдження та відтворення на будь-якому носії, за умови правильного цитування оригінальної роботи.

Як цитувати: Афанасьєв І., Гіренко О. Інструментарій теорії регулярних мереж в інформаційній підтримці прийняття рішень щодо управління виробничо-економічними процесами. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 1. С. 8-16. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.01.008>

де доцільно застосовувати алгебру теорії мереж. Топологічна регулярна побудова таких мереж породжує клас регулярних мереж і дає можливість розділити процес аналізу та їх конструювання на сукупність етапів. На кожному з етапів достатньо мати спрощені моделі об'єктів (процесів) систем підтримки прийняття рішень з більш простими фрагментами мережі. Мережі Петрі дозволяють моделювати паралелізм у спрацьовуванні «правил-продукцій», формувати оціночні характеристики що надаються процесу, не накладають обмежень на вихідну експертну інформацію, надають можливості розширення баз знань. У той же час мережі Петрі характеризуються наочністю і простотою сприйняття, що робить їх зручними для опису і реалізації у виді програмного продукту. Крім цього, мережі Петрі адекватно описують причинно-наслідкові залежності в структурі процесів функціонування складних систем.

Ключові слова: семантична модель; системи підтримки прийняття рішень; причинно-наслідкові зв'язки; теорія графів; матрична алгебра; мережі Петрі.

Вступ

Сучасне економічне середовище у якому опинились промислові підприємства України обумовлює необхідність розглядати їх як відкриті системи, які повинні вчасно реагувати на зміни, що відбуваються в зовнішньому ринковому середовищі: на ринку товарів і технологій, у науково-технічній, виробничо-економічній, соціальній і політичній сферах. За цих умов сумнівним стає здійснення управління підприємствами з урахуванням гнучкого реагування на вже існуючі проблеми (загрози) на основі попередньо набутого досвіду чи його екстраполяції. Реалізація цілей прогнозування рішень сучасного інтегрованого виробництва залежить від раціональності систем підтримки прийняття рішень (СППР), що є основою та інформаційною базою для формування альтернативних раціональних варіантів вирішення задач у плануванні виробничо-економічних процесів, виконання певних операцій, тактичних завдань, стратегічних планів та моніторингу й аналізу їх ефективності. Зазначене, зокрема, спонукає до необхідності створення таких семантичних моделей, які б максимально сприяли розробленню конкретних схем-підсистем для формування структур управління виробничо-економічними процесами (бізнес-процесами) підприємства як комплексною інтегрованою системою. Тому, важливим та ключовим моментом у вирішенні цієї задачі може бути подальший розвиток теорії регулярних мереж у контексті використання методології моделювання, аналізу та інформаційних систем і осередків, що сприятиме підвищенню раціональності обґрунтування управлінських рішень.

На основі проведених досліджень і аналізу літературних джерел [1-7] можна запропонувати формальний апарат представлення продукційних знань, який був би як теоретично вичерпним, так і мав би достатню потужність для даного класу задач та водночас – простоту практичної реалізації. При цьому, у якості відповідного інструментарію може бути обрано графо-аналітичний метод у поєднанні з матричною алгеброю, що дає можливість фрагментального представлення розширеними мережами Петрі структур моделей ключових процесів виробничо-економічної діяльності підприємств.

Мета статті

Удосконалення інструментарію побудови семантичних моделей систем підтримки прийняття рішень виробничо-економічних систем на основі теорії регулярних мереж.

Виклад основного матеріалу дослідження

Зважаючи на сучасні умови соціально-економічного розвитку України в контексті постійних трансформацій ринкового простору важливим для промислових підприємств є використання гнучких виробничих систем, які мають бути системами, що забезпечують підтримку прийняття рішень та спроможними пристосовуватися в реальному масштабі часу до змін у виробництві, плануванні, конструкції виробів, використанні робочих місць, технологічних маршрутів тощо [8, с. 71-72; 9, с. 97]. Ціль гнучких виробничих систем полягає в зберіганні загальної раціональної операційної конфігурації, що включає всі необхідні функції від проектування виробу до складання остаточного продукту – «у ширину» та від

планування бізнес-процесів і управління підприємством до цехових операцій – «у глибину» [10, с. 76]. В усіх випадках реалізація цих завдань обумовлюється функціонуванням СППР, які залежать від можливості інформаційної системи формувати адекватну та своєчасну інформацію для моделювання рішень на підприємстві в тому виді, у якому вона існує з метою генерування альтернативних сценаріїв розвитку подій (операцій), зокрема, у плануванні випуску продукції, моделюванні стратегічних наборів, реалізації обраного стратегічного набору та представляти результати контролінгу функціонування підприємства у контексті його ефективності в поточному і перспективних періодах. У цьому зв'язку комплексна концепція розвитку СППР веде до створення системи економіко-математичних моделей, за якими підприємство представляється як інтегрована інформаційна система.

З огляду на зазначене, одна із ключових задач полягає у виокремленні теорії семантичних мереж і матричної алгебри для вирішення певної сукупності окреслених управлінських задач щодо підвищення ефективності функціонування як інформаційних виробничо-економічних систем, так і СППР сучасного підприємства. У розподіленій СППР існують також осередки, які виконують аналогічні або інші функції, що синхронізуються один з одним за необхідності. Тоді виникає загальна картина, що зображує мережу взаємозалежних «правил-продукцій» (від потоків інформації), які діють таким чином, щоб задовольняти цілям гнучкого виробництва.

За результатами проведених досліджень пропонується використати формальний апарат представлення продукційних знань мережами Петрі, що дозволяє моделювати паралелізм у спрацьовуванні «правил-продукцій», формувати оціночні характеристики (стосовно ключових операцій процесу), які не накладають обмежень на вихідну експертну інформацію, надають можливості розширення баз знань. Разом з тим, мережі Петрі характеризуються наочністю і простотою сприйняття, що робить їх зручними для опису і реалізації у виді програмного продукту, адекватного опису причинно-наслідкових залежностей у структурі

операцій процесів функціонування складних виробничо-економічних систем. Отже, мережа Петрі є формалізованим інструментарієм теорії регулярних мереж у дослідженні структури і динаміки поведінки складних систем, який дозволяє моделювати причинно-наслідкові зв'язки їх окремих компонент.

Базова (основна) модель мережі Петрі складається з чотирьох ключових (головних) елементів: множини позицій P , множини переходів T , вхідної функції I і вихідної функції O . Вхідна і вихідна функції характеризують взаємозв'язки з переходами і позиціями. Вхідна функція I відображає перехід t_j у множину позицій $I(t_j)$, які називають вхідними позиціями переходу. Вихідна функція O відображає перехід t_j у множину позицій $O(t_j)$, які називаються вихідними позиціями переходу [10, с. 77; 11, с. 152-153]. Потужність множини P є число n , а потужність множини T є число m . Певний елемент множини P позначається символом p_i , $i = 1, \dots, n$, а відповідний елемент множини T – символом t_j , $j = 1, \dots, m$. Позиція p_i є вхідною позицією переходу t_j у тому випадку, якщо $p_i \in I(t_j)$, а вихідною, якщо $p_i \in O(t_j)$. Входи і виходи переходів є комплектами позицій. Комплект – це узагальнення множини, у який багаторазово включені одні й ті ж елементи (тиражовані елементи). Використання комплектів, а не множин для входів і виходів переходу дозволяє певній позиції бути кратним входом або кратним виходом переходу. Кратність вхідної позиції p_i для переходу t_j є число появи позиції у вхідному комплекті переходу $\#(p_i, I(t_j))$. Аналогічно кратність вихідної позиції p_i для переходу t_j є число утворень позиції у вихідному комплекті переходу $\#(p_i, O(t_j))$. Якщо вхідна і вихідна функції є множинами (а не комплектами), то кратність кожної позиції є або 0, або 1.

Вхідні і вихідні функції використовуються для відображення позицій у комплекти переходів, а також їх можна використовувати для відображення переходів у комплекти позицій. Якщо визначимо, що перехід t_j є входом позиції p_i та p_i є вихід t_j , – отже, перехід t_j є вихід позиції p_i , якщо $p_i \in$ вхід t_j . Для внесення певної ясності щодо можливої плутанини при формалізації причинно-

наслідкових зв'язків подібних неоднозначних ситуацій представимо розширену вхідну і вихідну функції таким чином, що $\#(t_j, I(p_i)) = \#(p_i, O(t_j))$, $\#(t_j, O(p_i)) = \#(p_i, I(t_j))$.

У значній мірі теоретична робота з мережами Петрі заснована на формальному їх визначенні, викладеному вище. Проте для ілюстрації та розширення понять теорії мереж Петрі доволі зручним є їх графічне подання. Теоретико-графічним зображенням мережі Петрі є орієнтований граф, що відображає дві множини: сукупність позицій і переходів.

Перспективним способом аналізу мереж Петрі є підхід, заснований на матричному представленні мереж Петрі. Альтернативним стосовно аналізу мережі Петрі у виді $C = \{P, T, I, O\}$ є визначення двох матриць D^- і D^+ , що представляють вхідну і вихідну функції (D^- – визначає входи в переходи, а D^+ – виходи). Кожна матриця має m рядків (по одному на перехід) і n стовпчиків (по одному на позицію) [5; 11, с. 181-183]. Матрична форма визначення мережі Петрі (P, T, D^-, D^+) , яку пропонується використовувати, еквівалентна стандартній

матриці лінійного перетворення та дозволяє здійснювати математичні перетворення в формі векторів і матриць, де $D = D^+ - D^-$ – складова матриця змін.

Розвинута матрична теорія мереж Петрі є інструментом для розв'язання задачі досяжності. Якщо маркування μ' досягне з маркування μ , то існує послідовність (ймовірно порожня) запуску переходів σ , що зумовлює зміну μ на μ' . Це означає, що $f(\sigma)$ є невід'ємним цілим розв'язком такого матричного рівняння для x :

$$\mu' = \mu + xD. \quad (1)$$

Отже, якщо μ' досяжна з μ , тоді розв'язком рівняння (1) є невід'ємні цілі. Якщо рівняння (1) не має розв'язку, тоді μ' недосяжна з μ .

Розглянемо приклад. Задано граф мережі Петрі фрагменту системи управління матеріальними ресурсами підприємства в операційному циклі «Постачання-виробництво» (рис. 1).

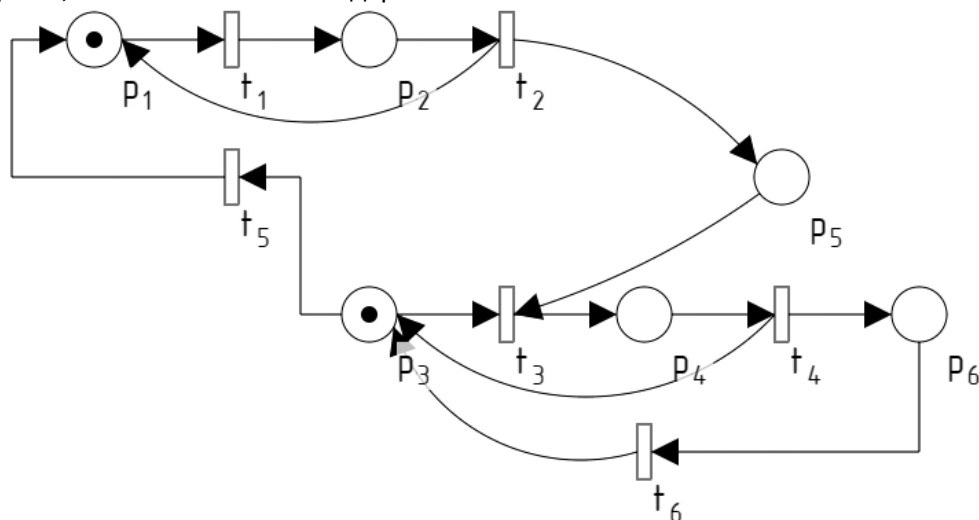


Рис. 1. Граф мережі Петрі представлено фрагменту формального опису системи управління матеріальними ресурсами на підприємстві в операційному циклі «Постачання-виробництво»

Умовами моделі мережі Петрі (рис. 1) є: p_1 – умова «Запит на дозвіл розпочати постачання матеріального ресурсу»; p_2 – умова «Здійснення процесу постачання матеріального ресурсу»; p_3 – умова «Існуюча потреба у матеріальному ресурсі»; p_4 – умова «Здійснення процесу виробництва продукції»; p_5 – умова «Наявність матеріального ресурсу на складі товарно-матеріальних запасів

підприємства»; p_6 – умова «Наявність виробленої продукції на складі готової продукції підприємства».

Подіями (операціями) моделі мережі Петрі (рис. 1) є: t_1 – операція «Отримання дозволу на постачання матеріального ресурсу»; t_2 – операція «Завершення процесу постачання матеріального ресурсу на склад товарно-матеріальних запасів підприємства»; t_3 – операція «Початок процесу виробництва

продукції»; t_4 – операція «Завершення процесу виробництва продукції».

Примітка: μ_0 – початкова розмітка (маркування) мережі Петрі; t_5, t_6 – фіктивні операції, введені з метою підвищення потужності матричного моделювання (при

побудові оберненої матриці змін – для існування оберненої матриці необхідно щоб матриця була квадратною і невинордженою [12, с. 16]) в аналізі перебігу основних операцій виробничої системи.

Представимо формалізований опис графу мережі Петрі (рис. 1):

$$C = (P, T, I, O, \mu_0); P = \{p_1, p_2, \dots, p_6\}; T = \{t_1, t_2, \dots, t_6\}; \mu_0 = (1, 0, 1, 0, 0, 0)$$

$$I(t_1) = \{p_1\}$$

$$O(t_1) = \{p_2\}$$

$$I(t_2) = \{p_2\}$$

$$O(t_2) = \{p_1, p_5\}$$

$$I(t_3) = \{p_3, p_5\}$$

$$O(t_3) = \{p_4\}$$

$$I(t_4) = \{p_4\}$$

$$O(t_4) = \{p_3, p_6\}$$

$$I(t_5) = \{p_3\}$$

$$O(t_5) = \{p_1\}$$

$$I(t_6) = \{p_6\}$$

$$O(t_6) = \{p_3\}$$

Вихідна і вхідна матриці для фрагменту формального опису системи управління матеріальними ресурсами на підприємстві в

$$D^+ = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

Матрицям (2) відповідає матриця змін:

$$D = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Застосувавши матричне рівняння (1) при заданому векторі операцій $x_1 = (2, 2, 0, 0, 0, 0)$ з'ясуємо у якому стані операційного циклу опинилася підсистема підприємства

$$\mu_1 = (1, 0, 1, 0, 0, 0) + (2, 2, 0, 0, 0, 0) \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = (1, 0, 1, 0, 2, 0).$$

Маркування мережі $\mu_1 = (1, 0, 1, 0, 2, 0)$ вказує на те, що відбулося постачання 2-х матеріальних ресурсів на склад товарно-матеріальних запасів підприємства. Проте, кінцеву продукцію не виготовлено.

Для завершення повного виробничого циклу

операційному циклі «Постачання-виробництво» мають вигляд:

$$D^- = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

«Постачання-виробництво» у процесі випуску 2-х партій готової продукції (за умови один ресурс використовується для виробництва однієї партії продукції):

стосовно випуску 2-х партій готової продукції необхідне виконання вектору операцій $x_2 = (0, 0, 2, 2, 0, 0)$ відносно нового початкового стану системи $\mu_1 = (1, 0, 1, 0, 2, 0)$. Знову застосуємо матричне рівняння (1), але вже при заданому векторі операцій $x_2 = (0, 0, 2, 2, 0, 0)$:

$$\mu_2 = (1,0,1,0,2,0) + (0,0,2,2,0,0) \cdot \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = (1,0,1,0,0,2).$$

Отже, маркування мережі $\mu_2 = (1,0,1,0,0,2)$ свідчить про те, що закінчився повний цикл випуску 2-х партій продукції, які надійшли на склад готової продукції підприємства.

Також розглянемо використання інструментарію матричної алгебри для розв'язання зворотної задачі: аналізу альтернативних варіантів перебігу процесів в

системі «Постачання-виробництво» (вектора операцій). Для цього слід застосувати таке матричне рівняння:

$$x = (\mu' - \mu_0) \cdot D^{-1}, \quad (4)$$

де D^{-1} – матриця обернена матриці змін (3):

$$D^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Поставимо задачу визначити вектор операцій x_1 , який необхідний для досягнення розмітки (маркування) мережі $\mu_1 = (1,0,1,0,2,0)$ – постачання двох матеріальних

ресурсів на склад товарно-матеріальних запасів підприємства. Тоді, згідно матричного рівняння (4) маємо:

$$x_1 = [(1,0,1,0,2,0) - (1,0,1,0,0,0)] \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} = (2,2,0,0,0,0).$$

Отже, отриманий результат стосовно вектору операцій x_1 співпадає з попередніми розрахунками стосовно досягнення маркування мережі $\mu_1 = (1,0,1,0,2,0)$, що підтверджує правомірність застосування розглянутого інструментарію у дослідженнях причинно-наслідкових зв'язків виробничо-економічних систем.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Сучасне ринкове середовище у якому здійснюють виробничо-економічну діяльність промислові підприємства України обумовлює необхідність своєчасного їх реагування на мінливість умов господарювання. З огляду на зазначене підприємство повинно

функціонувати як інтегрована гнучка виробничо-економічна система, що на сьогодні не є можливим без раціональної організації СППР і спроможності інформаційної системи підприємства генерувати різноманітні сценарії, від планування виробництва, до виконання поточних операцій і оцінки їх ефективності. Отже, постає важливе питання щодо трансформації даних про виробничо-економічні процеси в декларативну інформацію та процедурні знання. При цьому, доцільним є розроблення моделей інформаційних осередків для побудови необхідних інформаційних структур, де, зокрема, для моделювання причинно-наслідкових зв'язків перебігу виробничо-економічних процесів з успіхом може бути

використана теорія регулярних мереж у контексті формування «правил-продукцій» на основі мереж Петрі. Стосовно подальшого розвитку методології та інструментарію

використання мереж Петрі в задачах операційного менеджменту підприємства важливого значення набуває матрична алгебра і теорія ймовірностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бовда Е. М., Стеценко І. В., Бовда В. Е. Петрі-об'єктне моделювання транспортних перевезень матеріальних засобів у військових підрозділах. *Збірник наукових праць ВІТІ*. 2019. № 3. С. 6-15.
2. Корченко О. Г. Системи захисту інформації: монографія. Київ: НАУ, 2004. 264 с.
3. Кузьмук В. В, Супруненко О. О., Парнюк А. М. Класифікація мереж Петрі та приклади їх застосування для розв'язання прикладних задач. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2011. № 2/9 (50). С. 40–43.
4. Лобов С. П. Застосування теорії регулярних мереж при плануванні діяльності підприємств. *Економіка та держава*. 2014. № 12. С. 33-37.
5. Моделі системного рівня проектування на основі мереж Петрі. URL: <https://present5.com/modeli-sistemnogo-rivnya-proektuvannya-na-osnovi-merezh-petri/>.
6. Стеценко І. В. Бойко О. В. Технологія імітаційного моделювання систем управління засобами сіток Петрі. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. Черкаси, 2006. № 4. С. 29-32.
7. Стеценко І. В., Бойко О. В. Система імітаційного моделювання засобами сіток Петрі. *Математичні машини і системи*. Київ, 2009. № 1. С. 117-124.
8. Афанасьєв І. Є., Афанасьєва М. Г., Коняхіна О. О. Удосконалення системи оперативного управління ефективністю підприємства за умов мінливості ринкового середовища. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Серія: "Економічні науки". 2018. Вип. 30. С. 70-73. URL: http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_30/3/2.pdf.
9. Афанасьєв Є. В., Варава Л. М., Афанасьєв І. Є., Арутюнян А. Р. Ситуаційний контроль і регулювання в діловому адмініструванні бізнес-процесів щодо управління потенціалом корпорацій. *Економічний аналіз: зб. наук. праць*. 2018. Том 28. № 2. С. 91-99. ISSN 1993-0259.
10. Афанасьєв Є. В. Прогнозування розвитку гірничорудних підприємств на основі фінансово-економічних показників засобами теорії регулярних мереж. *Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України*. Серія: «Економіка, організація і управління підприємством». Полтава, 2008. № 1 (26). С. 76-81.
11. Афанасьєв Є. В., Жуков С. О., Довгаль І. В., Астаф'єв О. Ю. Теоретичні та прикладні аспекти оптимізаційного моделювання нелінійно еволюційних виробничих систем. Кривий Ріг: ФОП Д. О. Червнявський, 2013. 212 с.
12. Дубовик В. П., Юрик І. І. Вища математика: навч. посіб. Київ: А.С.К., 2006. 648 с.

REFERENCES

1. Bovda, E. M., Stetsenko, I. V., and Bovda, V. E. (2019). Petri-object modeling of material transportation in military units. *Collection of scientific works of VITI*, 3, 6-15.
2. Korchenko, O. G. (2004). *Information protection systems*. Kyiv: NAU.

3. Kuzmuk, V. V., Suprunenk, O. O., and Parnyuk, A. M. (2011). Classification of Petri nets and examples of their application for solving applied problems. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, 2/9 (50), 40–43.
4. Lobov, S. P. (2014). Application of the theory of regular networks in planning the activities of enterprises. *Economy and the state*, 12, 33-37.
5. *System level design models based on Petri nets*. (n.d.). <https://present5.com/modeli-sistemnogo-rivnya-proektuvannya-na-osnovi-merezh-petri/>.
6. Stetsenko, I. V., and Boyko, O. V. (2006). Technology of simulation modeling of control systems of Petri nets. *Bulletin of the Cherkasy State Technological University*, 4, 29-32.
7. Stetsenko, I. V., and Boyko, O. V. (2009). Simulation modeling system using Petri nets. *Mathematical machines and systems*, 1, 117-124.
8. Afanasiev, I. E., Afanasieva, M. G., and Konyakhina, O. O. (2018). Improvement of the system of operative management of the efficiency of the enterprise under the conditions of the variability of the market environment. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: "Economic Sciences"*, 30, 70-73. http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_30/3/2.pdf.
9. Afanasyev, E. V., Varava, L. M., Afanasyev, I. E., and Harutyunyan A. R. (2018). Situational control and regulation in the business administration of business processes regarding the management of the potential of corporations. *Economic analysis*, 28(2), 91-99.
10. Afanasiev, E. V. (2008). Forecasting the development of mining enterprises based on financial and economic indicators by means of the theory of regular networks. *Scientific Bulletin of the Poltava University of Consumer Cooperation of Ukraine. Series: "Economics, organization and management of the enterprise"*, 1 (26), 76-81.
11. Afanasiev, E. V., Zhukov, S. O., Dovgal, I. V., and Astafiev, O. Yu. (2013). Theoretical and applied aspects of optimization modeling of non-linearly evolving production systems. Kryvyi Rih: FOP D.O. Chervniavskiyi.
12. Dubovik, V. P., and Yurik, I. I. (2006). *Higher mathematics*. Kyiv: A.S.K.

Ihor Afanasyev, PhD in Economics, Senior Lecturer, Department of Management and Administration, Kryvyi Rih National University, Ukraine

Oleksandr Girenko, Economic Advisor, LLC "ARISTE KR", Ukraine

TOOLKIT OF THE THEORY OF REGULAR NETWORKS IN INFORMATION SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT OF PRODUCTION AND ECONOMIC PROCESSES

Abstract

Introduction. Timeliness, accuracy, adequacy, in the end - the effectiveness of forecasting the consequences of management decisions regarding modern integrated production based on the production and economic indicators of the enterprise's business processes depends primarily on the level of scientific-methodical and hardware support systems for decision-making. Such support is a complex of methods, approaches and tools of the appropriate toolkit - the operational basis and information database of the system for generating various alternative options for solving the problems of planning the production and economic activity of management objects, in particular, the implementation of specific production and economic operations, tactical tasks, strategic plans and evaluation of their effectiveness. One of the tools for research in this area can be the mathematical apparatus of Petri nets.

Goal. Improvement and development of approaches to the construction of semantic models of decision support systems of production and economic systems.

Methodology. The methods of economic-mathematical modelling, analysis, synthesis, logical generalization of causal relationships, graph theory, matrix algebra, a systematic approach to building semantic models and corresponding "rules-products" based on Petri nets for decision-making support systems were used.

The results. The article points out the importance of modern industrial enterprises using flexible production and economic systems that provide support for rational decision-making and the ability to adapt in real time to changes in the external environment. The mathematical apparatus of Petri nets is proposed as a suitable tool, where it is appropriate to apply the algebra of network theory. The topological regular construction of such networks gives rise to a class of regular networks and makes it possible to divide the process of analysis and their construction into a set of stages. At each of the stages, it is enough to have simplified models of objects (processes) of decision support systems with simpler network fragments. Petri nets make it possible to model parallelism in the operation of "rules-products", to form evaluation characteristics provided to the process, do not impose restrictions on the original expert information, and provide opportunities to expand knowledge bases. At the same time, Petri nets are characterized by clarity and ease of perception, which makes them convenient for description and implementation as a software product. In addition, Petri nets adequately describe the cause-and-effect relationships in the structure of the functioning processes of complex systems.

Keywords: semantic model; decision support systems; causal relationships; graph theory; matrix algebra; Petri nets.

Cite as: Afanasyev, I., and Girenko, O. (2024). Toolkit of the theory of regular networks in information support for decision-making in the management of production and economic processes. *Economic analysis*, 34 (1), 8-16. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.01.008>