

УДК 005.8

## **ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОЕКТНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛАНЦЮГА МАРКОВА**

**В. Д. Гогунський, О. Є. Колесніков, Г. Г. Оборська, А. Ю. Москалюк, К. В. Колеснікова, С. В. Гарелік, Д. В. Лук'янов**

## **ОТОБРАЖЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕПИ МАРКОВА**

**В. Д. Гогунский, А. Е. Колесников, А. Г. Оборская, А. Ю. Москалюк, Е. В. Колесникова, С. В. Гарелик, Д. В. Лукьянов**

## **DISPLAY OF PROJECT SYSTEMS USING MARKOV CHAIN**

**V. Gogunskii, O. Kolesnikov, G. Oborska, A. Moskaliuk, K. Kolesnikova, S. Harelik, D. Lukianov**

*Для побудови ланцюга Маркова використано модифіковану систему проектного управління, що представлена у стандарті з управління проектами і визначає схему взаємодії учасників проекту. Розроблено метод трансформації цієї схеми в однорідний ланцюг Маркова з дискретними станами і часом. Показано, що ітераційне розв'язання системи рівнянь марківської моделі дозволяє будувати "траєкторію" розвитку віртуальних або реальних проектних систем*

*Ключові слова: учасники проекту, комунікації, ланцюг Маркова, дискретні стани, траєкторія проекту*

*Для построения цепи Маркова использована модифицированная система проектного управления, которая представлена в стандарте по управлению проектами и определяет схему взаимодействия участников проекта. Разработан метод трансформации этой схемы в однородную цепь Маркова с дискретными состояниями и временем. Показано, что итерационное решение системы уравнений марковской модели позволяет строить "траекторию" развития виртуальных или реальных проектных систем*

*Ключевые слова: участники проекта, коммуникации, цепь Маркова, дискретные состояния, траектория проекта*

### **1. Вступ**

Наукові дослідження в галузі проектного менеджменту орієнтовані на вивчення явищ і сутності, зв'язків та закономірностей управління проектами/програмами/портфелями (ППП) упродовж їх життєвих циклів. Ця проектна діяльність здійснюється в соціальних або організаційно-технічних системах з ознаками унікальності. Об'єктивні обмеження в проектних системах

пов'язані з плануванням ресурсів, встановленням тривалості проектів та вимогами до визначеного рівня якості продуктів проектної діяльності [1].

Досягнення корисних результатів та цінності в проектах здійснюється завдяки створенню продуктів, що нерозривно пов'язане з практикою реалізації проектів, в результаті якої формуються раціональні моделі, методи, способи і механізми проектного управління [2].

Актуальність досліджень обумовлена двома складовими. По-перше, комунікаційні процеси, як правило, являють собою цілеспрямований інформаційний вплив на стан проектних систем. Тому трансформація проектів у напрямку проактивного управління за рахунок використання моделей, що відображають суттєві ознаки досліджуваної системи є актуальною. По-друге, розв'язання протиріч між потребами практики у інформаційному супроводі проектів і відсутністю прийнятних моделей можливо за рахунок використання ланцюгів Маркова.

## **2. Аналіз попередніх публікацій і характеристика проблеми**

Зазвичай розв'язання існуючих проблеми в галузі управління ППП виконується завдяки прикладам найкращої практики. При цьому для вдосконалення соціальних або організаційно-технічних систем пропонуються вже відомі рішення [3]. Але копіювання, навіть прийнятих методів, часто формує “пастку компетенцій”, яка направлена на те, щоб не вносити зміни в ті системи, які виконують своє призначення [4]. Тобто нові рішення відкидаються на користь звичних методів, що веде до трансформації проектного пошуку у операційну діяльність [5]. Тому для розвитку управління організаціями і підприємствами необхідні узагальнення накопичених знань і розробка теоретичних основ проектного управління [6]. Особлива увага повинна приділятися застосуванню методів математичного моделювання процесів проектного управління у взаємодії з оточуючим середовищем для визначення траєкторії розвитку ППП [7]. Вивчення властивостей проектних систем за допомогою їх моделей дозволить уникнути “пастки компетенцій”, що є необхідною умовою побудови успішної траєкторії виконання ППП [8].

Не вирішеною проблемою проектного менеджменту є відсутність стандартних моделей для відображення організаційно-технічних систем. У той же час існують графічні структури взаємодії учасників проекту, наприклад, в стандарті [13]. Ці структури є подібними до орієнтованих графів ланцюгів Маркова. Тому пропонується підтвердити гіпотезу про можливість відображення проектних систем за допомогою марківського ланцюга.

## **3. Мета і завдання дослідження**

Метою дослідження є узагальнення і розробка прикладних аспектів застосування ланцюгів Маркова для відображення та моделювання слабо структурованих систем проектного управління.

Для досягнення поставленої мети були означені наступні задачі:

– розробити метод трансформації загальної структури організаційно-технічної системи проектного управління в ланцюг Маркова;

- розробити метод ітераційного розв’язання системи рівнянь, яка описує марківську модель;
- дослідити практичні аспекти реалізації проектів за допомогою розробленої марківської моделі, а саме, виконати дослідження впливу на результативність проектів рівня компетентності команди проекту.

#### 4. Метод трансформації загальної структури проектного управління в ланцюг Маркова

Множина чинників в слабо структурованих проектних системах утворює складну «павутину» зв’язків між станами, які змінюються у часі залежно від структури системи і факторів внутрішнього і зовнішнього оточення [9]. Розвиток проектів у такій системі часто вдається представити тільки у формі якісних моделей [10]. Разом з тим, застосування ланцюгів Маркова дозволяє перейти до кількісних оцінок ходу і результатів проектів [11]. При моделюванні складних систем проектного управління ключовим є відображення структури взаємодії процесів проекту за допомогою орієнтованого зваженого графа, в якому [12]:

- вершини відповідають базисним чинникам (станам) проекту;
- безпосередні зв’язки між станами відображають причинно-наслідкові ланцюжки, по яких поширюються вплив деякого фактора на інші фактори.

Прийmemo за базову структуру станів проекту (рис. 1) схему взаємодії учасників проекту, що наведена в стандарті [13].

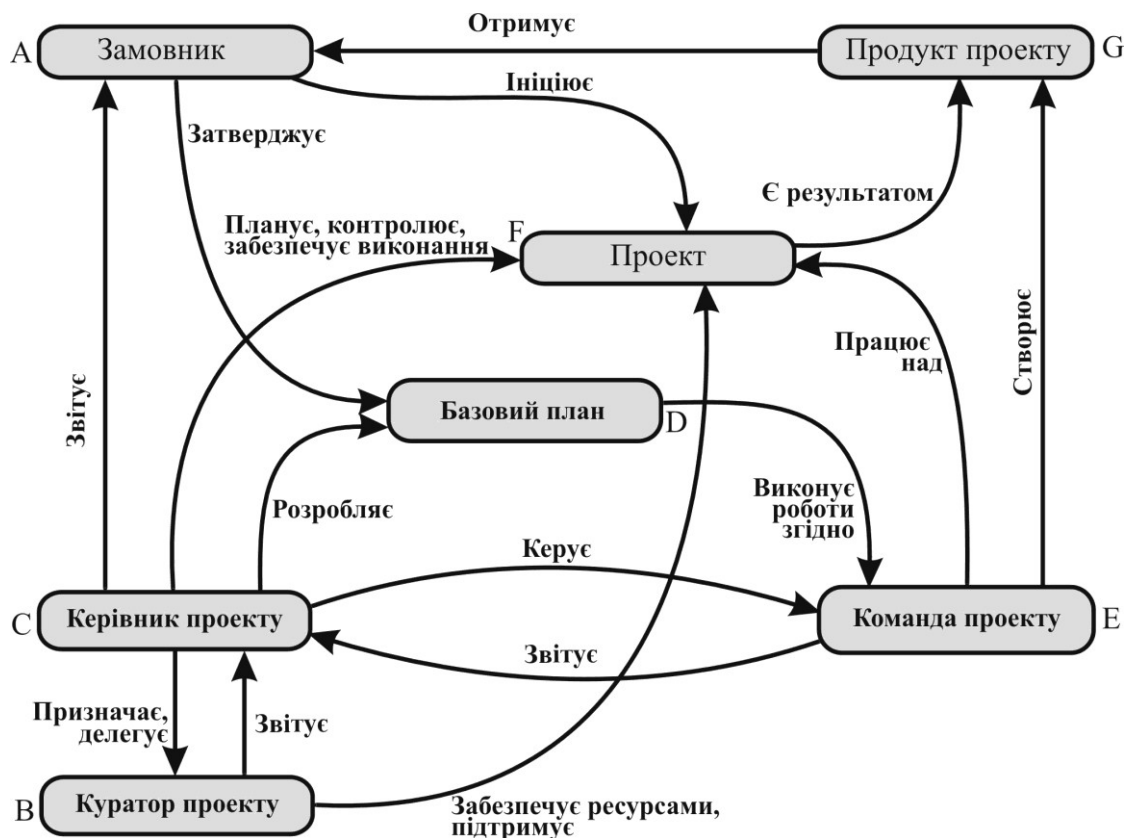


Рис. 1. Схема взаємодії учасників проекту [13]: А, В, ... G – ідентифікатори станів

Ланцюги Маркова відображають випадковий процес, що задовольняє властивості Маркова і приймає кінцеве або рахункове число значень (станів) [14]. Існують ланцюги Маркова з дискретним і безперервним часом. У даному дослідженні розглядаються дискретний випадок. Схема взаємодії учасників проектів, що наведені в стандарті [13] (рис. 1), може бути трансформована в ланцюг Маркова (рис. 2).

Позначимо через  $S_i$   $\{i=1, 2, \dots, 7\}$  можливі стани системи, що існують у проекті:  $S_1=A$ ;  $S_2=B$ ;  $S_3=C$ ;  $S_4=D$ ;  $S_5=E$ ;  $S_6=F$ ;  $S_7=G$  (рис. 1, 2). Послідовність дискретних випадкових величин  $\{S_k\}_k$  називається ланцюгом Маркова с дискретним часом, якщо:

$$P(S_{k+1}=i_{k+1} | S_k=i_k; S_{k-1}=i_{k-1}; \dots, S_0=i_0) = P(S_{k+1}=i_{k+1} | S_k=i_k).$$

Наступні стани ланцюга Маркова залежать тільки від поточного стану і не залежать від усіх попередніх станів. Область значень випадкових величин  $\{S_k\}$  є простором станів ланцюга, а номер  $k$  – номером кроку.

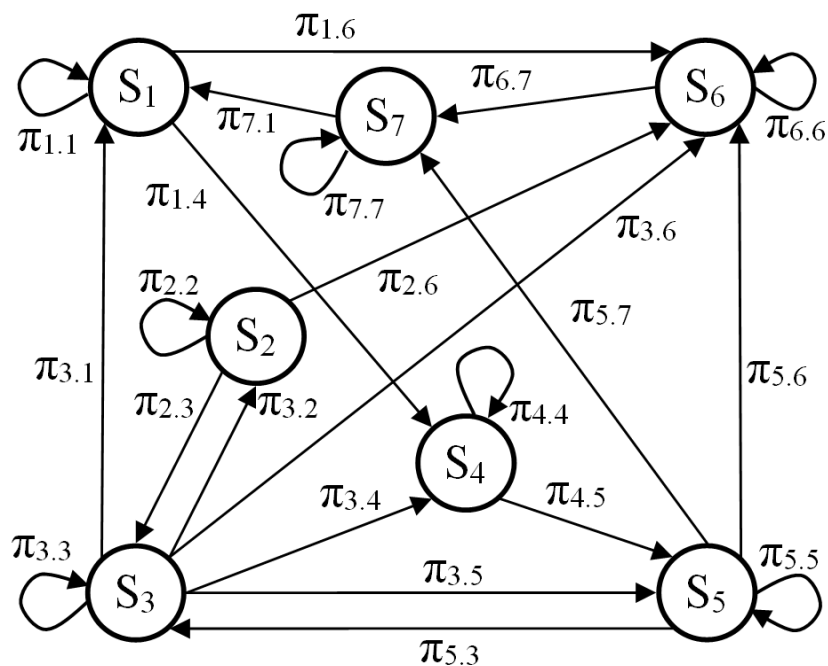


Рис. 2. Розмічений граф станів ланцюга Маркова:  $S_1=A$  – Замовник;  $S_2=B$  – куратор проекту;  $S_3=C$  – керівник проекту;  $S_4=D$  – базовий план;  $S_5=E$  – команда проекту;  $S_6=F$  – проект;  $S_7=G$  – продукт проекту

Вершини графа переходів відповідають станам ланцюга Маркова, а орієнтовані ребра проходять від вершини  $i$   $\{i=1, 2, \dots, m\}$  у вершину  $j$   $\{j=1, 2, \dots, m\}$  тільки в тому випадку, коли ймовірність переходу  $\pi_{ij}$  між відповідними станами  $i \rightarrow j$  не дорівнює нулю. Ці ймовірності переходу на розміченому графі

зазначаються у відповідного ребра (рис. 2). Топологія орієнтованого графа може бути представлена за допомогою матриці суміжності:

$$\|c_{i,j}\| = \begin{vmatrix} c_{1,1} & 0 & 0 & c_{1,4} & 0 & c_{1,6} & 0 \\ 0 & c_{2,2} & c_{2,3} & 0 & 0 & c_{2,6} & 0 \\ c_{3,1} & c_{3,2} & c_{3,3} & c_{3,4} & c_{3,5} & c_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{4,4} & c_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{5,3} & 0 & c_{5,5} & c_{5,6} & c_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{6,6} & c_{6,7} \\ c_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{7,7} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Кожен елемент  $c_{ij}$  матриці суміжності, відмінний від нуля і рівний 1, означає наявність прямого зв'язку між станами  $i \rightarrow j$ . Значення елементів головної діагоналі  $c_{ii}=1$  вказують на наявність петлі переходу, коли система залишається в тому же стані.

Як відомо, всі можливі переходи з деякого стану в інші стани складають повну групу подій – один з переходів повинен бути реалізований [10]. Це дозволяє ввести норму для кожного рядка матриці  $\|c_{ij}\|$  із заміною значень  $c_{ij}=1$  на перехідні ймовірності  $\pi_{ij} > 0$  з виконанням умови, справедливої для повної групи подій:

$$\sum_{j=1}^m \pi_{ij} = 1, \quad \{i = 1, 2, \dots\}$$

де  $m=7$  – число можливих станів системи.

Матриця перехідних ймовірностей запишеться наступним чином:

$$\|\pi_{i,j}\| = \begin{vmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{vmatrix}.$$

Елементи цієї стохастичної матриці є ймовірностями переходів між станами  $i \rightarrow j$  за один крок, при цьому  $\forall \pi_{ij} \geq 0$ .

Сума ймовірностей всіх станів  $p_i(k)$  на кожному кроці  $k$ :

$$\sum_{i=1}^m p_i(k) = 1,$$

де  $p_i(k)$  – ймовірність  $i$ -го стану на кроці  $k$ .

## 5. Розв'язання системи рівнянь марківського ланцюга

У марківському ланцюзі зі зміною часу (кроку  $k$ ) розподіл ймовірностей станів  $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$  змінюється. При цьому обчислення розподілу

ймовірностей на кожному наступному  $(k+1)$  кроці виконується за відомою формулою повної ймовірності [7]:

$$\begin{pmatrix} p_1(k+1) \\ p_2(k+1) \\ p_3(k+1) \\ p_4(k+1) \\ p_5(k+1) \\ p_6(k+1) \\ p_7(k+1) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ p_4(k) \\ p_5(k) \\ p_6(k) \\ p_7(k) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Отже, якщо задана матриця перехідних ймовірностей  $\|\pi_{ij}\|$  і відомий початковий розподіл ймовірностей станів  $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$  на кроці  $k$ , то новий розподіл ймовірностей станів  $\|p_i(k+1); i=1, 2, \dots, m\|$  можна знайти з (1). У більшості публікацій щодо застосування ланцюгів Маркова дослідники на цьому етапі зупиняються, оскільки отримано алгоритм для практичного розрахунку [8]. Разом з тим, представлене рішення може бути перетворено до дещо іншого виду. Для цього скористаємося методом індукції при аналізі виразів для обчислення розподілу ймовірностей станів на 1-му та 2-му кроках.

На 1-му кроці:

$$\begin{pmatrix} p_1(1) \\ p_2(1) \\ p_3(1) \\ p_4(1) \\ p_5(1) \\ p_6(1) \\ p_7(1) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(0) \\ p_2(0) \\ p_3(0) \\ p_4(0) \\ p_5(0) \\ p_6(0) \\ p_7(0) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

На 2-му кроці:

$$\begin{pmatrix} p_1(2) \\ p_2(2) \\ p_3(2) \\ p_4(2) \\ p_5(2) \\ p_6(2) \\ p_7(2) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(1) \\ p_2(1) \\ p_3(1) \\ p_4(1) \\ p_5(1) \\ p_6(1) \\ p_7(1) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

де  $\pi_{ij}$  – елементи матриця перехідних ймовірностей;  $T$  – індекс транспонування стовпців  $\|p_i(k); i=1, 2, \dots, 7\|$ ;  $\|p_i(k+1); i=1, 2, \dots, 7\|$  та  $\|p_i(k+2); i=1, 2, \dots, 7\|$ .

Розподіл ймовірностей станів  $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$  однорідного ланцюга Маркова з дискретним часом характеризує феноменологічне відображення системи – те, чим об'єкт проявляє себе.

Після підстановки (2) в (3) отримаємо:

$$\begin{pmatrix} p_1(2) \\ p_2(2) \\ p_3(2) \\ p_4(2) \\ p_5(2) \\ p_6(2) \\ p_7(2) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(0) \\ p_2(0) \\ p_3(0) \\ p_4(0) \\ p_5(0) \\ p_6(0) \\ p_7(0) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} p_1(2) \\ p_2(2) \\ p_3(2) \\ p_4(2) \\ p_5(2) \\ p_6(2) \\ p_7(2) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(0) \\ p_2(0) \\ p_3(0) \\ p_4(0) \\ p_5(0) \\ p_6(0) \\ p_7(0) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}^2. \quad (5)$$

Тому можна записати для будь-якого кроку  $k$ :

$$\begin{pmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ p_4(k) \\ p_5(k) \\ p_6(k) \\ p_7(k) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} p_1(0) \\ p_2(0) \\ p_3(0) \\ p_4(0) \\ p_5(0) \\ p_6(0) \\ p_7(0) \end{pmatrix}^T \cdot \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & 0 & 0 & \pi_{1,4} & 0 & \pi_{1,6} & 0 \\ 0 & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & 0 & 0 & \pi_{2,6} & 0 \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \pi_{3,4} & \pi_{3,5} & \pi_{3,6} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \pi_{4,4} & \pi_{4,5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pi_{5,3} & 0 & \pi_{5,5} & \pi_{5,6} & \pi_{5,7} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{6,6} & \pi_{6,7} \\ \pi_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pi_{7,7} \end{pmatrix}^k. \quad (6)$$

З (6) слідує, що розподіл ймовірностей станів  $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_m(k)\}$  на кроці  $k$  залежить тільки від початкового розподілу ймовірностей при  $k=0$  та елементів  $\pi_{ij}$  матриці перехідних ймовірностей у  $k$ -му ступені  $\|\pi_{ij}\|^k$ . Тому ланцюг Маркова є заданим, коли визначені ці параметри системи.

У залежності від структури та значень перехідних ймовірностей  $\|\pi_{ij}\|$  ланцюги Маркова можуть мати наступні властивості: неповерненість, поверненість, ергодичність, поглинання [15].

У деяких випадках, незважаючи на випадковість процесу, є можливість до певної міри керувати законами розподілу або параметрами перехідних ймовірностей [15]. Очевидно, що за допомогою керованих ланцюгів Маркова особливо ефективним стає процес прийняття рішень.

## 6. Дослідження впливу на траєкторію проектів рівня компетентності команди проекту

Як відомо, модель є віртуальним або реальним об'єктом, яким можна замінити оригінал у дослідженні його властивостей. Замінімо проектну систему її відображенням – розробленою марківською моделлю. Виконаємо на моделі дослідження впливу на результативність проектів рівня компетентності команди проекту [16].

Результати зміни ймовірностей станів системи по кроках для базового варіанта множини перехідних ймовірностей відображені на рис. 3 за умов:  $\pi_{5,3}=0,5$ ;  $\pi_{5,5}=0,33$ ;  $\pi_{5,6}=0,15$ ;  $\pi_{5,7}=0,02$ .

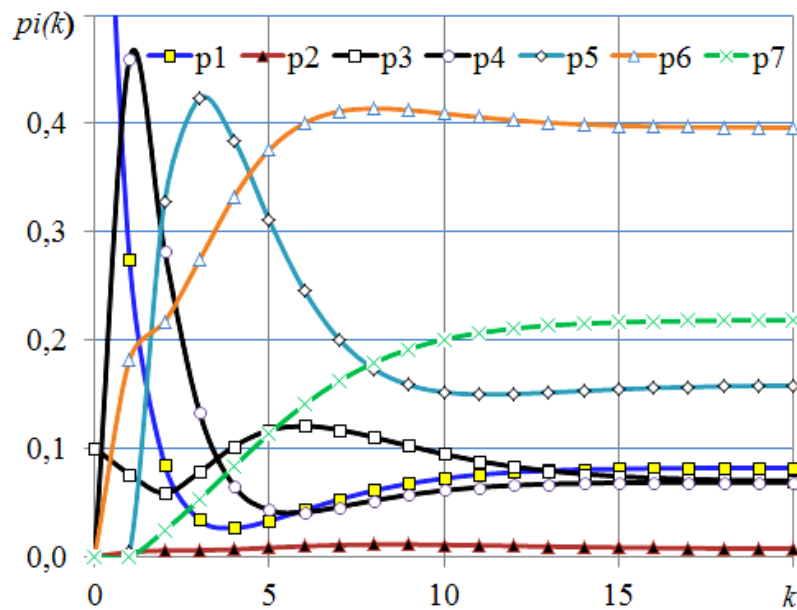


Рис. 3. Зміна ймовірностей станів системи для базової множини даних:  $p_i(k)$  – ймовірності станів:  $p_1(k)$  – Замовник;  $p_2(k)$  – куратор проекту;  $p_3(k)$  – керівник проекту;  $p_4(k)$  – базовий план;  $p_5(k)$  – команда;  $p_6(k)$  – проект;  $p_7(k)$  – продукт проекту;  $k$  – кроки проекту

Оскільки розглядається дискретний варіант ланцюга Маркова, то розрахункові дані відображені дискретно за кроками координатами відповідних маркерів (рис. 3, 4). Для наочності відображення результатів ці маркери умовно з'єднані суцільною лінією.

Матриця перехідних ймовірностей базового варіанту проекту (рис. 3):

$$\|\pi_{i,j}\| = \begin{pmatrix} 0.3 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0.04 & 0.4 & 0.76 & 0.1 & 0.04 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.33 & 0.15 & 0.02 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.87 & 0.13 \\ 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.75 \end{pmatrix}. \quad (7)$$



Базовий проект у квазістаціонарному стані на кроці  $k=20$  характеризується таким розподілом ймовірностей станів:  $p_1(20)=0,07$ ;  $p_2(20)=0,03$ ;  $p_3(20)=0,23$ ;  $p_4(20)=0,08$ ;  $p_5(20)=0,10$ ;  $p_6(20)=0,32$ ;  $p_7(20)=0,17$ . Це означає, що на 20 кроці для виконання робіт проекту відводиться 32 % ресурсу часу, керівник проекту витрачає 23 % цього ж ресурсу, а команді проекту лишається тільки 10 % від загального ресурсу. Отримані результати показують, що при виконанні цього проекту існує певне протиріччя між командою проекту і її керівником, який вочевидь сам прагне виконати всі роботи проекту і не довіряє своїй команді.

Для усунення цього явища слід змінити параметри роботи команди, що повинно вплинути на значення відповідних ймовірності переходів для керівника проекту і членів команди [17]. Представлені на рис. 4 результати, які отримано для нових початкових умов, показують, що у разі тільки зміни умов взаємодії команди проекту, хід і результативність проекту стануть відмінними від базового варіанту.

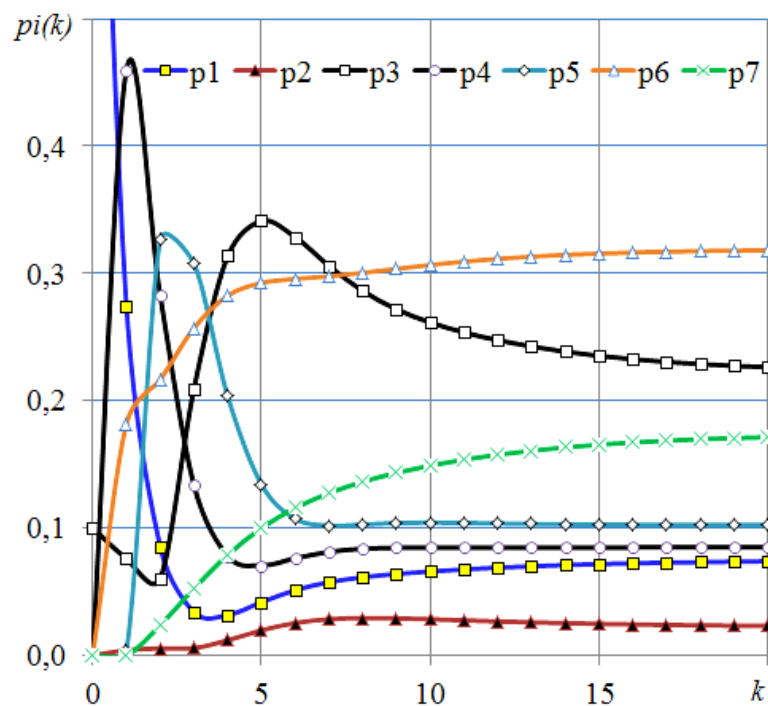


Рис. 4. Зміна ймовірностей станів системи для зміненої множини даних:  $p_i(k)$  – ймовірності станів;  $p_1(k)$  – Замовник;  $p_2(k)$  – куратор проекту;  $p_3(k)$  – керівник проекту;  $p_4(k)$  – базовий план;  $p_5(k)$  – команда;  $p_6(k)$  – проект;  $p_7(k)$  – продукт проекту;  $k$  – кроки проекту;  $k$  – кроки проекту

Матриця ймовірностей переходів зміненого варіанту проекту (рис. 4):

$$\|\pi_{i,j}\| = \begin{pmatrix} 0.3 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0.6 & 0.1 & 0 & 0 & 0.3 & 0 \\ 0.04 & 0.4 & 0.76 & 0.1 & 0.04 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3 & 0.7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0 & 0.33 & 0.20 & 0.02 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.87 & 0.13 \\ 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.75 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

За тих же умов у квазістаціонарному стані на кроці  $k=20$  нова система характеризується таким розподілом ймовірностей станів:  $p_1(20)=0,08$ ;  $p_2(20)=0,01$ ;  $p_3(20)=0,07$ ;  $p_4(20)=0,07$ ;  $p_5(20)=0,16$ ;  $p_6(20)=0,40$ ;  $p_7(20)=0,22$ . Це означає, що на 20 кроці для виконання робіт проекту відводиться вже 40 % ресурсу часу, керівник проекту використовує тільки 7 % цього ж ресурсу, а команда проекту збільшує свою частку до 16 %. Отримані результати показують, що характеристики роботи команди проекту суттєво впливають на хід проекту, що дозволило усунути виявлене у базовому проекті протиріччя між командою проекту і її керівником.

## **7. Обговорення результатів щодо розробки прикладних аспектів застосування ланцюгів Маркова у проектному менеджменті**

Узагальнення і розробка прикладних аспектів застосування ланцюгів Маркова для відображення систем проектного управління розширює можливості проактивного управління проектами.

Створено уніфіковану марківську модель проектів, яка дозволяє відобразити ймовірності станів учасників проектів повною групою несумісних подій, одна з яких реалізується. Переваги застосування ланцюгів Маркова в проектному менеджменті стримуються необхідністю “настроювання” моделі на конкретну проектну систему шляхом експериментального визначення елементів матриці перехідних ймовірностей.

За допомогою розробленої марківської моделі можна оцінити вплив більшості характеристик системи на хід проекту. Але основний висновок, який можна зробити за результатами виконаного дослідження, є у тому, що слабо структурована система, яка включає в себе сам проект, його оточення і команду визначає результат проекту. Це є визначенням закону С. Д. Бушуєва [6]. Тобто зміна ймовірностей станів проекту у повній мірі відображає хід і результативність проекту [18].

Математичний опис уніфікованої моделі проектів марківськими ланцюгами дозволяє моделювати параметри кількісних цілей проектів, а саме, зміни ймовірностей станів системи у залежності від числа кроків виконання проектів. Застосування марківської моделі дає змогу виявляти необхідну кількість проектних кроків задля досягнення конкретної мети проектів і встановити існуючі протиріччя і конфлікти в командах проектів. Розроблена модель може застосовуватись також для моделювання програм та портфелів проектів.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку теоретичних методів визначення елементів матриці перехідних ймовірностей, що дозволить науково обґрунтовано визначити траєкторії розвитку віртуальних проектних систем, що тільки плануються до практичної реалізації.

## **8. Висновки**

1. Запропоновано метод щодо трансформації типової схеми управління проектами в ланцюг Маркова. У якості типової схеми, яка визначає топологію

взаємодії учасників проекту, використано її представлення у стандарті з управління проектами [13]. Розроблено метод трансформації цієї схеми в гомогенний ланцюг Маркова з дискретними станами і часом.

2. На основі ітераційного розв'язання системи рівнянь ланцюга Маркова доведено, що розвиток проектів здійснюється за кроками. При цьому траєкторія розвитку проекту за кроками може бути визначена не тільки для реальних проектів, а й для віртуальних проектних систем.

3. Оцінка результативності проекту в координатах ймовірностей станів системи за кроками показала суттєвий вплив на траєкторію проекту. При цьому досліджено тільки варіювання умов взаємодії команди проекту. Базовий проект у квазістаціонарному стані на кроці  $k = 20$  показав, що на виконання суто робіт проекту відводиться 32 % ресурсу часу, керівник проекту витрачає 23 % часу, а команді проекту лишається тільки 10 %. Решта часу використовується в інших станах. Отримані результати виявили певне протиріччя між командою базового проекту і її керівником. Досліджено вплив на проект зміни рівня компетентності команди проекту і показано, що нові значення перехідних ймовірностей для стану  $S_5$  забезпечують поліпшення проекту. На виконання робіт проекту відводиться вже 40 % ресурсу часу, керівник проекту використовує тільки 7 % ресурсу, а команда проекту збільшує свою частку до 16 %. Ці дані показують, що характеристики команди проекту суттєво впливають на хід проекту, що дозволило усунути виявлене у базовому проекті протиріччя між командою проекту і її керівником.

### Література

1. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK® guide. – Fifth edition. – USA : Project Management Institute, 2013. – 619 p.
2. Turner, J. P. Manual on project-oriented management [Text]. – M. : Publishing Grebennikov House, . – 2007. – 552 p.
3. Bushuyev, S. Proactive Program Management for Development National Finance System in Turbulence Environment [Text] / S. Bushuyev, R. Jaroshenko // Procedia – Social and Behavioral Sciences, . – 2013. – № 74. – P. 61 – 70. Available at [doi:10.1016/j.sbspro.2013.03.044](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.044)
4. Van der Hoorn, B. Playing projects: Identifying flow in the 'lived experience' [Text] / B. Van der Hoorn // International Journal of Project Management, – 2015. – № 33(5). – P. 1108 – 1021. Available at [doi:10.1016/j.ijproman.2015.01.009](https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.009)
5. Analysis of dynamic models of the process of project management [Текст] / O. L. Stanovskii, K. V. Kolesnikova, O. Yu. Lebedeva, H. Ismail // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – № 6/3 (78). – P. 46 – 52. Available at doi: 10.15587/1729-4061.2015.55665
6. Development of the model of interaction among the project, team of project and project environment in project system [Text] / A. Kolesnikov, V. Gogunskii, K. Kolesnikova, D. Lukianov, T. Olekh // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 5/9 (83). – P. 20 – 26. Available at doi: 10.15587/1729-4061.2016.80769

7. Developing a system for the initiation of projects using a Markov chain [Text] / V. Gogunskii, A. Bochkovskii, A. Moskaliuk, O. Kolesnikov, S. Babiuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 1/3 (85). – C. 25 – 32. – Available at doi: <http://dx.doi.org/10.15587/2312-8372.2017.90971>
8. "Lifelong learning" is a new paradigm of personnel training in enterprises [Text] / V. Gogunskii, A. Kolesnikov, K. Kolesnikova, D. Lukianov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4/2 (82). – P. 4–10. Available at doi: [10.15587/1729-4061.2016.74905](http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.74905)
9. Convergence of knowledge in project management [Text] / S. D. Bushuyev, D. A. Bushuyev, V. B. Rogozina, O. V. Mikhieieva // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015. – PP. 496 – 500. Available at doi: [10.1109/IDAACS.2015.7341355](http://dx.doi.org/10.1109/IDAACS.2015.7341355)
10. Vaysman, V. A. Design Markov model states of system of design driven organization [Text] / V. A. Vaysman // Bulletin of Sumy State University. Series Engineering. – 2011. – № 3. – P. 13–18.
11. Jeffrey, J. Hunter. The computation of key properties of Markov chains via perturbations [Text] // Linear Algebra and its Applications. – 2016. – № 511. – P. 176–202. Available at doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.laa.2016.09.004>
12. Oganov, A. V. Using the discrete states of the model to determine the workload of the portfolio manager [Text] // Technological audit and production of reserves. – 2015. – № 3/2 (23). – P. 51–57. Available at doi: <http://dx.doi.org/10.15587/2312-8372.2015.45014>
13. GOST R 54869–2011. Project Management. Project management requirements [Text]. – M. : Standartinform, 2011. – 12 p.
14. Milios, D. Markov Chain Simulation with Fewer Random Samples [Text] / Dimitrios Milios, Stephen Gilmore // Electronic Notes in Theoretical Computer Science. – 2013. – № 296. – P. 183–197. Available at doi: [10.1016/j.entcs.2013.07.012](http://dx.doi.org/10.1016/j.entcs.2013.07.012)
15. Amparore, E. G. Backward Solution of Markov Chains and Markov Regenerative Processes: Formalization and Applications [Text] / Elvio G. Amparore, Susanna Donatelli // Electronic Notes in Theoretical Computer Science. – 2013. – № 296. – P. 7–26. Available at doi: [10.1016/j.entcs.2013.07.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.entcs.2013.07.002)
16. Sherstyuk, O. The research on role differentiation as a method of forming the project team [Text] / O. Sherstyuk, T. Olekh, K. Kolesnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 2/3 (80). – C. 63 – 68. Available at doi: [10.15587/1729-4061.2016.65681](http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65681)
17. Sherstyuk, O. Role paradigm of the formation of the project team [Text] / O. I. Sherstyuk, A. V. Oganov // Management of development of complex systems. – 2014. – № 20. – C. 97–101. Available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-20/20.pdf>
18. ISO 21500: 2012. Guidance on project management [Text]. – ISO PC 236, № 113. – 51 p.

## References

1. A guide to the project management body of knowledge. PMBOK® guide. Fifth edition. (2013)., USA, Project Management Institute, 619.
2. Turner, J. P. (2007). Manual on project-oriented management. Publishing Grebennikov House, 552.
3. Bushuyev, S., & Jaroshenko, R. (2013). Proactive Program Management for Development National Finance System in Turbulence Environment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 74, 61–70. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.03.044
4. Van der Hoorn, B. (2015). Playing projects: Identifying flow in the ‘lived experience’. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1108–1021. doi: 10.1016/j.ijproman.2015.01.009
5. Stanovskii, O.L., Kolesnikova, K.V., Lebedeva, O.Yu., & Ismail, H. (2015). Analysis of dynamic models of the process of project management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/3 (78), 46–52. doi: 10.15587/1729-4061.2015.55665
6. Kolesnikov, A., Gogunskii, V., Kolesnikova, K., Lukianov, D., & Olekh, T. (2016). Development of the model of interaction among the project, team of project and project environment in project system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/9 (83), 20–26. – doi: 10.15587/1729-4061.2016.80769
7. Gogunskii, V., Bochkovskii, A., Moskaliuk, A., Kolesnikov, O., & Babiuk, S. (2017). Developing a system for the initiation of projects using a Markov chain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/3 (85), 25 – 32. – doi: <http://dx.doi.org/10.15587/2312-8372.2017.90971>
8. Gogunskii, V., Kolesnikov, O., Kolesnikova, K., & Lukianov, D. (2016). "Lifelong learning" is a new paradigm of personnel training in enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/2 (82), 4–10. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.74905>
9. Bushuyev, S. D., Bushuyev, D. A., Rogozina, V. B., & Mikhieieva O. V. (2015). Convergence of knowledge in project management. *Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: IDAACS*, 496 – 500. doi: 10.1109/IDAACS.2015.7341355
10. Vaysman, V. A. (2011). Design Markov model states of system of design driven organization. *Bulletin of Sumy State University. Series Engineering*, 3. 13–18.
11. Jeffrey, J. Hunter. (2016). The computation of key properties of Markov chains via perturbations. *Linear Algebra and its Applications*, 511, 176–202. – doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.laa.2016.09.004>
12. Oganov, A. V. (2015). Using the discrete states of the model to determine the workload of the portfolio manager. *Technological audit and production of reserves*, 3/2 (23), 51–57. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/2312-8372.2015.45014>
13. GOST R 54869–2011 (2011). Project Management. Project management requirements. *Standartinform*, 12.
14. Milios, D., & Gilmore, S. (2013). Markov Chain Simulation with Fewer Random Samples. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 296, 183–197. – doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.entcs.2013.07.012>
15. Amparore, E. G., & Donatelli, S. (2013). Backward Solution of Markov

Chains and Markov Regenerative Processes: Formalization and Applications. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 296, 7–26. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.entcs.2013.07.002>

16. Sherstyuk, O., Olekh, T., & Kolesnikova, K. (2016). The research on role differentiation as a method of forming the project team. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/3 (80), 63–68. doi: 10.15587/1729-4061.2016.65681

17. Sherstuk, O. I., & Oganov, A. V. (2014). Role paradigm of the formation of the project team. *Management of development of complex systems*, 20, 97–101. Available at: <http://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-20/20.pdf>

18. ISO 21500: 2012 (2012). *Guidance on project management*. ISO PC 236, 113, 51.

*Відомі підходи до управління проектами спираються, як правило, на інтуїтивні рішення проектних менеджерів, а не на теоретичні основи, закономірності і закони проектного управління. Для розв'язання цього протиріччя є необхідним виконати узагальнення і розробку прикладних аспектів застосування ланцюгів Маркова для відображення та моделювання слабо структурованих систем проектного управління. Для побудови ланцюга Маркова використано модифіковану систему проектного управління, що представлена у стандарті з управління проектами і визначає схему взаємодії учасників проекту. Розроблено метод трансформації цієї схеми в однорідний ланцюг Маркова з дискретними станами і часом. Показано, що ітераційне розв'язання системи рівнянь марківської моделі дозволяє будувати “траєкторію” розвитку віртуальних або реальних проектних систем. Досліджені практичні аспекти оцінки ефективності “траєкторії” розвитку проектів за допомогою розробленої марківської моделі. Оцінка результатів зміни розподілу ймовірностей станів проекту в координатах ймовірностей станів системи за кроками показала суттєвий вплив на хід і результативність проекту у разі тільки варіювання умов взаємодії команди проекту.*

*Ключові слова: учасники проекту, комунікації, ланцюг Маркова, дискретні стани, траєкторія проекту.*

---

Гогунський Віктор Дмитрович  
Доктор технічних наук, професор  
Кафедра управління системами безпеки життєдіяльності  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, 65044  
Контактний телефон: +38067-709-79-30  
E-mail: [vgog@i.ua](mailto:vgog@i.ua)  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 312  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 42  
Scopus ID: [56054256000](https://orcid.org/0000-0002-9115-2346) (Scopus h-index: 2)  
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9115-2346>

Колесніков Олексій Євгенович  
Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра управління системами безпеки життєдіяльності

Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, 65044  
Контактний телефон: +38097–2196167  
E-mail: akoles@list.ru  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 26  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 9  
Scopus ID: 57192559239 (Scopus *h*-index: 1)  
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2366-1920>

Оборська Ганна Геннадіївна  
Кандидат технічних наук  
Рекламна агенція «Формула успіху»  
вул. Велика Арнаутська, 76-а, Одеса, Україна, 65000  
Контактний телефон: +38050–3362709  
E-mail: oborska@ukr.net  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 8  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 2  
Scopus ID:  
Номер ORCID: [0000-0002-0245-9080](http://orcid.org/0000-0002-0245-9080)

Москалюк Андрій Юрійович  
Кандидат технічних наук  
Кафедра управління системами безпеки життєдіяльності  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, 65044  
Контактний телефон: +38067–2888108  
E-mail: Andreum@mail.ru  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 8  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 3  
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0970-6280>

Колеснікова Катерина Вікторівна  
Доктор технічних наук, доцент  
Кафедра інформаційних технологій проектування в машинобудуванні  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, 65044  
Контактний телефон: +38067-70-23-294  
E-mail: amberk4@gmail.com  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 102  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 27  
Scopus ID: 57188623059 Scopus *h*-index: 2  
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9160-5982>

Гарелік Сергій Вікторович  
Старший викладач  
Міжгалузевий інститут підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів з менеджменту та розвитку персоналу, філія БНТУ  
Білоруський національний технічний університет  
вул. Мінина, 4, м. Мінськ, Республіка Білорусь, 220014  
Контактний телефон: +375293084173  
E-mail: serggarelik@gmail.com  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 1

Кількість статей у міжнародних базах даних – 0  
Scopus ID: нет  
Номер ORCID: 0000-0001-6938-9569

Лук'янов Дмитро Володимирович  
Кандидат технічних наук  
Кафедра загальної та клінічної психології  
Білоруський державний університет  
пр. Незалежності, 4, м. Мінськ, Республіка Білорусь, 220030  
Контактний телефон: +37529-650-03-05  
E-mail: lukianov@bsu.by  
Кількість статей у загальнодержавних базах даних – 51  
Кількість статей у міжнародних базах даних – 14  
Scopus ID: 57192572835 Scopus *h*-index: 1  
Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8305-2217>

---

Viktor Gogunskii  
Doctor of Technical Sciences, Professor  
Department of Systems Management Life Safety  
Odessa National Polytechnic University  
Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, 65044  
contact number: +38067-709-79-30  
E-mail: vgog@i.ua  
The number of articles in the national database – 311  
The number of articles in international databases – 41  
Scopus ID: [56054256000](https://orcid.org/56054256000) (Scopus *h*-index: 2)  
Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9115-2346>

Olexii Kolesnikov  
PhD, Assistant Professor  
Department of Systems Management Life Safety  
Odessa National Polytechnic University  
Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, 65044  
contact number: +38097-2166167  
E-mail: akoles@list.ru  
The number of articles in the national database – 26  
The number of articles in international databases – 9  
Scopus ID: 57192559239 Scopus *h*-index: 1  
Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2366-1920>

Ganna Oborska  
PhD  
Advertising agency "Formula Uspekha" (Odessa)  
Velyka Arnautska str. 76-a, 1, Odessa, Ukraine, 65000  
contact number: +38050-336 27 09  
E-mail: oborska@ukr.net  
The number of articles in the national database – 7  
The number of articles in international databases – 0  
Scopus ID: not  
Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0245-9080>

Andrii Moskaliuk



PhD

Department of Systems Management Life Safety

Odessa National Polytechnic University

Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, 65044

contact number: +38067-288-81-08

E-mail: Andreum@mail.ru

The number of articles in the national database – 8

The number of articles in international databases – 3

Scopus ID:

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0970-6280>

Kateryna Kolesnikova

Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor

Department of Information technology in mechanical engineering

Odessa National Polytechnic University

Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine, 65044

Contact number: 38067-7023294

E-mail: amberk4@gmail.com

The number of articles in the national database – 102

The number of articles in international databases – 27

Scopus ID: 57188623059 Scopus *h*-index: 2

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9160-5982>

Sergey Harelik

Senior Lecturer

Interbranch college for advanced training and retraining of personnel management and personnel development

Belarusian National Technical University

Minina str., 4, Minsk, Republic of Belarus, 220014

Contact phone: +375293084173

E-mail: serggarelik@gmail.com

The number of articles in the national databases - 1

The number of articles in international databases - 0

Scopus ID: No

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6938-9569>

Dmytro Lukianov

PhD, Assistant professor

Department of General and Clinical Psychology

Belarusian State University

Nezavisimosti ave., 4, Minsk, Belarus, 220030

Contact number: +37529-650-03-05

E-mail: lukianov@bsu.by

The number of articles in the national database – 51

The number of articles in international databases – 14

Scopus ID: 57192572835 (Scopus *h*-index: 1)

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8305-2217>

---