УДК 005.8

***Т. М. ОЛЕХ, В. Д. ГОГУНСЬКИЙ, Ю. С. БАРЧАНОВА, К. М. ДМИТРЕНКО***

# ДОСЛІДЖЕННЯ ПОГЛИНАЮЧИХ СТАНІВ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МАРКІВСЬКИХ ЛАНЦЮГІВ ТА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ МАТРИЦІ

Розробка моделей структурного аналізу систем проектного управління є важливим завданням проектного менеджменту. У статті розглянуто модель критеріїв успішності, де стани відповідності подані як ступені досконалості проектів. В даному випадку модель використано для поглинаючих станів системи. Проілюстровано застосування ланцюгів Маркова для визначення параметрів проектів та оцінки їх результативності. Побудована фундаментальна матриця, що дозволила обчислити різні характеристики системи

**Ключові слова:** модель критеріїв успішності; марківський ланцюг; поглинаючий стан системи; канонічний вид; фундаментальна матриця.

**Вступ.** Аналіз світового досвіду показав доцільність використання кількох параметрів для оцінки результативності проектів, що дозволяє найбільш ефективно вирішити важливі завдання щодо забезпечення вимог ефективності проектів в умовах обмеженості часу, фінансових, людських та інших видів ресурсів [1-3].

Проектний підхід, як основа управління змінами, орієнтує будь-яку діяльність на проактивні (з упередженням) засади управління системою «проект – команда проекту – оточення» за рахунок використання моделей, що відображають суттєві властивості системи, у тому числі методів вимірювання параметрів проектів та оцінки їх результативності [4–6].

У разі розв'язання задачі оцінки виробничої системи щодо створюваної цінності оберемо за цільову функцію сукупність ймовірностей певних станів, які відображають рівень досконалості системи у сенсі відповідності деяким критеріям [7-8]. Систему можна змінювати і вдосконалювати за рахунок управління. Це можливо при використанні впливів на ресурси, технології, комунікації або структурні зміни в системі[9–10].

**Мета статті.** Стаття продовжує дослідження, які наведені у роботах [10–14]. У цих роботах розглянуто використання різних марківських ланцюгів для моделювання процесів управління проектно-керованими або проектно-орієнтованими організаційно-технічними системами. Метою цієї статті є використання дискретних і неперервних марківських ланцюгів для поглинаючих станів системи.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо шкалу ступенів відповідності на прикладі екологічних оцінок проектів, що відповідають заданим критеріям (в табл. 1).

Залежно до градації станів відповідності як ступеня досконалості проектів пропонується модель критеріїв успішності. Ця модель може бути застосована для будь-яких проектів та їх складових, що характеризують основні аспекти проектів. Для опису такої моделі використовуємо ланцюги Маркова з дискретним і неперервним часом [15].

Відомі приклади застосування ланцюгів Маркова для визначення ймовірностей станів організаційно-технічних або соціальних систем засновані на структурній і параметричній подобі оригіналів цих систем їхнім відображенням – марківським ланцюгам.

Таблиця 1 – Ступені відповідності екологічних оцінок критеріям успішності

| Оцінка | Пояснення, критерії оцінки | Стан |
|---|---|---|
| A | в цілому виконано добре, ніякі важливі завдання не залишилися невиконаними | $D_1$ |
| B | в цілому задовільний і повний, є лише незначні упущення | $D_2$ |
| C | задовільний, незважаючи на упущення і/або невідповідності | $D_3$ |
| D | в цілому незадовільний, через значні та істотні упущення і/або невідповідності, хоч є добре виконані розділи | $D_4$ |
| E | вкрай незадовільний, важливі завдання погано виконані або не виконані взагалі | $D_5$ |

За допомогою марківської моделі представлена організаційно-технічна система проектно-орієнтованого управління верстатобудівним підприємством [7]. Ефективним є використання ланцюгів Маркова для оцінки якості роботи навчальних закладів і управління комунікаціями у рекламних проектах з використанням марківської моделі [8].

Представимо у вигляді орієнтованого графу модель оцінки ступенів відповідності екологічних оцінок критеріям якості (див. табл. 1). Вершини графа відповідають станам ступенів відповідності екологічних оцінок певним критеріям, а дуги ненульовим ймовірностям переходів (див. рис. 1).

При цьому приймемо гіпотезу, що стани $D_1$ і $D_5$ є поглинаючими. Це означає, що процес у разі переходу до станів $D_1$ и $D_5$ не має можливості перейти з них в ніякі інші стани. Для поглинаючого стану ймовірності переходу підкоряються умовам $\pi_{ii} = 1, \pi_{ij} = 0$, для $i = 1, 5$. Внутрішні стани $D_i$ ($i = 2, 3, 4$) є незворотними, такими що для кількості кроків $n$, $\pi_{ij}(n) > 0$, але $\pi_{ji}(m) = 0 \forall m$.

ISSN 2311-4738 (print)
ISSN 2413-3000 (online)

Таким чином, з незворотного стану завжди можна з визначеною ймовірністю за якесь число кроків перейти в якийсь інший стан, в той же час повернутися з цього стану в початковий неможливо [8-9].

Наявність у системі поглинаючих станів радикальним чином змінює характер процесу.

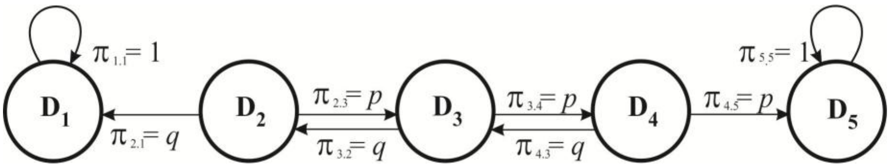


Рис. 1 – Розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності

Приймемо, що з внутрішніх станів $D_2 - D_4$ можливі переходи здійснюються в напрямку станів $D_1$ або $D_5$, з ймовірностями $p$ і $q$ відповідно. Зрозуміло, що $p + q = 1$, і $\pi_{ii} = 0$, якщо $i$ = 2, 3, 4.

Матриця переходу в цьому випадку має вигляд:

$$\pi = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{15} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \pi_{51} & \pi_{52} & \cdots & \pi_{55} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ q & 0 & p & 0 & 0 \\ 0 & q & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & q & 0 & p \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Перехідні ймовірності $\pi_{ik}$ $\{i = 1,\ldots,n;\ k = 1,\ldots,n;\ n=6\}$ можуть бути отримані експертним методами. Переходи між станами у певній мірі характеризують рівень технологічної зрілості організації. Ймовірності «затримки» $\pi_{ii}$, доповнюють до одиниці суму перехідних ймовірностей з $i$-го стану до інших станів за один крок.

Загальне рішення ланцюга Маркова, представленого орієнтованим розміченим графом на рис. 1 отримаємо на основі матриці перехідних ймовірностей, за умови, що початковий стан $\{p_1(k),\ p_2(k), \ldots,\ p_6(k)\}$ системи відомий:

$$\begin{pmatrix} p_1(k+1) \\ p_2(k+1) \\ p_3(k+1) \\ p_4(k+1) \\ p_5(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \cdots & \pi_{15} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \cdots & \pi_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \pi_{51} & \pi_{52} & \cdots & \pi_{55} \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ p_4(k) \\ p_5(k) \end{pmatrix}$$

Характер розподілу ймовірностей початкових станів визначається умовами задачі. Наприклад, в початковий момент система може знаходитися в кожному із станів з рівною ймовірністю.

Вигляд матриці переходу повністю залежить від нумерації станів.

Перенумеруємо спочатку усі поглинаючі стани, а потім усі останні. Дані розташуємо в таблиці 2.

Таблиця 2 – Нові позначення станів

| Колишнє позначення | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_5$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Нове позначення | $B_1$ | $B_2$ | $B_3$ | $B_4$ | $B_5$ |

На рис. 2 показан новий розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності.

Від такої операції процес у системі не змінюється, хоча матриця переходу (1) перетвориться до виду (2).

$$\pi' = \begin{pmatrix} \pi'_{11} & \pi'_{12} & \cdots & \pi'_{15} \\ \pi'_{21} & \pi'_{22} & \cdots & \pi'_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \pi'_{51} & \pi'_{52} & \cdots & \pi'_{55} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ q & 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & q & 0 & p \\ 0 & p & 0 & q & 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Виконаємо розбиття матриці переходу (2) на підматриці (3). Якщо розмірність системи дорівнює $n$, $r$ – кількість поглинаючих станів, тоді $n–r$ – число незворотних станів. Підматриці мають такі розмірності:

$\boldsymbol{I} = \boldsymbol{I}(r\times r)$, $\boldsymbol{I}$ - одинична матриця, порядок якої визначається числом поглинаючих станів в системі;

$\boldsymbol{O} = \boldsymbol{O}(r\times n–r)$, $\boldsymbol{O}$ – нульова матриця;

$\boldsymbol{R} = \boldsymbol{R}(n–r\times r)$, $\boldsymbol{R}$ – складається з елементів, які характеризують перехід з незворотних станів в поглинаючі;

$\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{Q}(n–r\times n–r)$, $\boldsymbol{Q}$ – матриця, яка описує поведінку системи або процесу во множині незворотних станів до переходу в поглинаючі стани.

$$\boldsymbol{\pi}' = \left|\begin{array}{cc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline q & 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & q & 0 & p \\ 0 & p & 0 & q & 0 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c|c} \boldsymbol{I} & \boldsymbol{O} \\ \hline \boldsymbol{R} & \boldsymbol{Q} \end{array}\right|$$

В даному випадку $n = 5$, $r = 2$, отже розмірності матриць відповідно рівні:

$\boldsymbol{I} = \boldsymbol{I}(2\times2)$, $\boldsymbol{O} = \boldsymbol{O}(2\times3)$, $\boldsymbol{R} = \boldsymbol{R}(3\times2)$, $\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{Q}(3\times3)$.

Представлення матриці переходу у вигляді (3) називається канонічним.

Основна особливість поглинаючих станів складається з того, що зі збільшенням числа кроків ($n \to \infty$), ймовірність потрапляння процесу або системи в поглинаючий стан дорівнює одиниці. Зі зростанням $n$ елементи підматриці $\boldsymbol{Q}$ прямують до нуля, а підматриці $\boldsymbol{R}$ к одиниці.

Характер зміни елементів підматриці $\boldsymbol{Q}$ з ростом $n$ пов'язаний з визначенням важливих кількісних характеристик поглинаючих ланцюгів:

1) ймовірності досягнення поглинаючого стану із будь-якого заданого;

2) середнього значення числа кроків, необхідних для досягнення поглинаючого стану;

3) середнього значення часу, який проводить система в кожному з незворотних станів до потрапляння системи в поглинаючий стан.

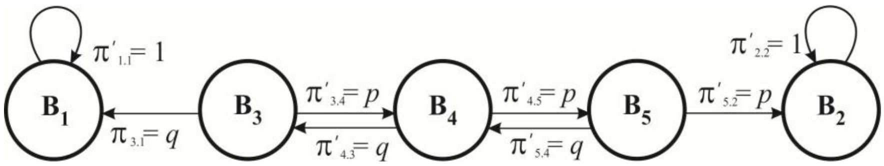


Рис. 2 – Новий розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності

Підрахуємо число $n_j$ потрапляння процесу в незворотний стан $x_j$. Число $n_j$, помножене на одиницю часу, характеризує час перебування в цьому стані. Число $n_j$ - випадкова величина, і її характеристики залежать від підматриці перехідних ймовірностей Q і від начального стану. Позначимо через $\left(\overline{n_j}\right)_i$ середнє значення $n_j$, де $\overline{n_j}$ означає операцію усереднення по множині, а індекс і вказує що середнє значення обчислюється для *i*-го навчального стану. Величина $\left(\overline{n_j}\right)_i$ включає доданок, який відображає факт перебування процесу у початковому стані.

Аналітично вирахуємо це за допомогою символу Кронекера:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i = j, \\ 0, \text{ якщо } i \neq j. \end{cases}$$

Після першого кроку процес с ймовірністю $\pi_{ik}$ перейде в стан $D_k$, який належить до множини *T* усіх незворотних станів. Додавая по усім *k*, отримаємо:

$$\left(\overline{n_j}\right) = \delta_{ij} + \sum_{k \in T} \pi_{ik} \left(\overline{n_j}\right)_k \qquad (4)$$

На основі формули (4), а також, враховуючи правила додавання і добутку матриць, отримаємо матричне співвідношення:

$$\boldsymbol{N} = \boldsymbol{N}\left(\left(\overline{n_j}\right)_i\right) = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{Q})^{-1} \qquad (5)$$

За допомогою фундаментальної матриці ***N***, яка визначається співвідношенням (5) можливо обчислити різні характеристики процесу.

Кожний елемент матриці ***N*** означає середньо число потрапляння процесу в даний незворотний стан в залежності від початкового стану. Елементи головної діагоналі більші одиниці.

Знайдемо фундаментальну матрицю для даного поглинаючого ланцюга Маркова.

$$\boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} 0 & p & 0 \\ q & 0 & p \\ 0 & q & 0 \end{pmatrix}, \qquad \boldsymbol{I} - \boldsymbol{Q} = \begin{pmatrix} 1 & -p & 0 \\ -q & 1 & -p \\ 0 & -q & 1 \end{pmatrix}. \qquad (6)$$

$$\boldsymbol{N} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{Q})^{-1} = \frac{1}{1 - 2pq} \begin{pmatrix} 1 - pq & p & p^2 \\ q & 1 & p \\ q^2 & q & 1 - pq \end{pmatrix}. \qquad (7)$$

Якщо задати $p$ = 0,25а $q$ відповідно $q$ = 0,75, то матриця переходу (1) буде мати такий вигляд:

$$\boldsymbol{\pi} = \begin{pmatrix} \pi_{11} & \pi_{12} & \dots & \pi_{15} \\ \pi_{21} & \pi_{22} & \dots & \pi_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \pi_{51} & \pi_{52} & \dots & \pi_{55} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,75 & 0 & 0,25 & 0 & 0 \\ 0 & 0,75 & 0 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0 & 0,75 & 0 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \qquad (8)$$

Фундаментальна матриця дорівнює

$$\boldsymbol{N} = \begin{pmatrix} 13/10 & 2/5 & 1/10 \\ 6/5 & 8/5 & 2/5 \\ 9/10 & 6/5 & 13/10 \end{pmatrix} \qquad (9)$$

Якщо розглянути елементи другої строки матриці (9), то ми побачимо, якщо процес почався зі стану $B_3$, то з урахуванням рівності одиниці початкового стану, процес проводить у цьому стані в середньому 8/5 одиниць часу.

З початкового моменту процес проведе в стані $B_2$ 6/5 одиниць часу, а у стані $B_4$ - тільки 2/5.

В силу однорідності марківського ланцюга в якості початкового стану можна вибирати будь-який стан, в якому система виявляється в даний момент часу. Отже, фундаментальна матриця дає однаковий прогноз на майбутнє незалежно від абсолютного значення часу, що пройшов з початкового моменту. Ця властивість фундаментальної матриці ілюструє марківську властивість процесу, характеризуючи його як процес без післядії: при відомому сьогоденні майбутнє не залежить від минулого.

Дана властивість фундаментальної матриці не суперечить характеру змін безумовних ймовірностей і ймовірностей переходу з плином часу: у поглинаючих ланцюгів безумовна ймовірність при $n \to \infty$ потрапити в незворотний стан мала, але якщо система виявилася в цьому стані, то середній час, який проведе процес в незворотних станах, визначається за допомогою фундаментальної матриці ***N***.

Позначимо через $t_i$ час, який проводить процес в незворотних станах, включаючи час перебування в початковому стані $B_i$. С урахуванням масштабування величина $t_i$ являє собою число кроків, яке вчиняє процес при переході з початкового стану в поглинаючий, тобто

$$t_i = \sum_{j\in T} n_j \qquad (10)$$

Тоді середній час до поглинання при початковому стані $B_i$ дорівнює:

$$t_{i\text{ср}} = \overline{t_i} = \overline{\sum_{j\in T} n_j} = \sum_{j\in T} \overline{(n_j)}_i. \qquad (11)$$

Підсумовуючи построково елементи функціональної матриці, отримуємо вектор-стовпець величини $\overline{t_i}$:

$$\left(t_{i\text{ср}}\right) = \left(\overline{t_i}\right) = \left(\sum_{j\in T} \overline{(n_j)}_i\right). \qquad (12)$$

Застосовуючи формулу (12) до матриці (9) отримаємо:

$$\left(t_{i\text{ср}}\right) = \left(\overline{t_i}\right) = \begin{pmatrix} t_{3\text{ср}} \\ t_{4\text{ср}} \\ t_{5\text{ср}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18/10 \\ 16/5 \\ 34/10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,8 \\ 3,2 \\ 3,4 \end{pmatrix}. \qquad (13)$$

Аналіз отриманого результату свідчить про те, що поглинаючий стан найшвидше досягається зі стану $B_3$. Природно було б очікувати, що величина $\overline{t_4}$ буде менше $\overline{t_5}$, тому потрапити в поглинаючі стани $B_1$ і $B_2$ з $B_4$ важче, ніж зі станів $B_3$ і $B_5$. Однак, оскільки $q$ = 0,75, а $p$ = 0,25, то процес спрямований в стан $B_1$, тому $\overline{t_5} > \overline{t_4}$.

Всі можливі ймовірності $b_{ij}$ влучення процесу з незворотного стану $B_i$ в поглинаючий стан $B_j$ визначаються за допомогою елементів підматриці $\boldsymbol{R}$ матриці переходу $\boldsymbol{\pi}'$ (2), тому ймовірності переходів, що утворюють підматрицю $\boldsymbol{R}$, характеризують переходи процесу з незворотних станів в поглинаючі.

Якщо процес виходить з незворотного стану $B_i$, то:

1) Він може з імовірністю $\pi_{ij}$ виявитися в поглинаючому стані $B_i$, який нас цікавить;

2) процес з імовірністю $\pi_{ik}$ може потрапити в будь-який інший незворотний стан $B_k$ (ймовірності $\pi_{ik}$ утворюють підматрицю $\boldsymbol{Q}$) і вже звідти з ймовірністю $b_{kj}$ перейти в поглинаючий стан $B_j$. Тому,

$$b_{ij} = \pi_{ij} + \sum_{k\in T} \pi_{ik} b_{ki}, \qquad (14)$$

або в матричній формі:

$$\boldsymbol{B} = \boldsymbol{R} + \boldsymbol{QB}. \qquad (15)$$

Звідси:

$$\boldsymbol{B} = \left(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{Q}\right)^{-1} \boldsymbol{R} = \boldsymbol{NR}. \qquad (16)$$

Застосування матриці можливих ймовірностей до даній матриці перехідних ймовірностей (8) дає наступний результат:

$$\boldsymbol{R} = \begin{pmatrix} q & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3/4 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1/4 \end{pmatrix};$$

$$\boldsymbol{N} = \begin{pmatrix} 13/10 & 2/5 & 1/10 \\ 6/5 & 8/5 & 2/5 \\ 9/10 & 6/5 & 13/10 \end{pmatrix}; \qquad (17)$$

$$\boldsymbol{B} = \boldsymbol{NR} = \begin{pmatrix} b_{31} & b_{32} \\ b_{41} & b_{42} \\ b_{51} & b_{52} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 39/40 & 1/40 \\ 9/10 & 1/10 \\ 27/40 & 13/40 \end{pmatrix}.$$

Через досить велику різницю між ймовірністю $p$ і $q$ ($q$ більше $p$ в три рази), ймовірність $b_{i1}$ (за новою нумерацією станів) влучення з будь-якого незворотного стану $B_i$ в поглинаючий стан $B_1$ більше, ніж ймовірність влучення в стан $B_2$. Повна ймовірність поглинання процесу, що виходить з будь-якого початкового стану, дорівнює одиниці. Цей факт легко підтверджується порядковим підсумовуванням елементів останньої матриці (17).

**Висновки.** Фундаментальна матриця дає однаковий прогноз на майбутнє незалежно від абсолютного значення часу, що пройшов з початкового моменту. Ця властивість фундаментальної матриці ілюструє марківську властивість процесу, характеризуючи його як процес без післядії: при відомому сьогоденні майбутнє не залежить від минулого.

Вектор-стовпець величини, який характеризує середній час до поглинання $\overline{t_i}$, показує найкращу швидкість досягнення поглинаючих станів.

Вид матриці $\boldsymbol{B}$ ілюструє повна ймовірність поглинання процесу, що виходить з будь-якого початкового стану.

**Список літератури:** **1.** Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M [Текст] : монография / *Ф. А. Ярошенко, С. Д. Бушуев, Х. Танака* – К. : «Саммит-Книга», 2012. – 272 с. **2.** *Гогунский, В. Д.* Основные законы проектного менеджмента [Текст] / *В. Д. Гогунский, С. В. Руденко* // Управління проектами: стан та перспективи: IV міжнар. конф. – Миколаїв : НУК, 2008. - С. 37–40. **3.** *Колеснікова, К. В.* Розвиток теорії проектного управління: обгрунтування закону ініціації проектів [Текст] / *К. В. Колеснікова* // Управління розвитком складних систем. – 2014. – № 17. – С. 24–31. doi.org\10.13140/RG.2.1.3669.4487. **4.** *Тесленко, П. А.* Эволюционная парадигма проектного управления [Текст] / *П. А. Тесленко, В. Д. Гогунский* // Управління проектами: стан та перспективи: VI міжнар. конф. – Миколаїв : НУК, 2010. - С. 114–117 **5.** *Бушуев, С. Д.* Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-управляемых организаций [Текст] / *С. Д. Бушуев, Н. С. Бушуева.* // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. — Харьков : Технол. центр, 2010. — № 1/2 (43). — С. 4–9. **6.** *Белощицкий, А. А.* Векторный метод целеполагания проектов в проектно-векторном пространстве [Текст] / *А. А. Белощицкий* // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 11. – С. 110–114. **7.** *Вайсман, В. О.* Система стандартів підприємства для управління знаннями в проектно-керованій організації [Текст] / *В. О. Вайсман, С. О. Величко, В. Д. Гогунський* // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2011. – № 1(35). – С. 257–262. **8.** *Колесникова, Е. В.* Методы оценки качества технических систем [Текст] / *Е. В. Колесникова, Г. В. Кострова, И. В. Прокопович* // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2007. – № 1 (27). – С. 128–130. **9.** *Vaysman, V. A.* The planar graphs closed cycles determination method [Text] / *V. A. Vaysman, D. V. Lukianov, K. V. Kolesnikova* // Тр. Одес. политехн. ун-та. –2012. – № 1 (38). – С. 222–227. doi.org\10.13140/RG.2.1.1880.9687. **10.** *Руденко, С. В.* Сетевые процессы управления проектами в контексте отображения состояний проекта [Текст] / *С. В. Руденко, Е. В. Колесникова, В. И. Бондарь* // Проблеми техніки. – 2012. – № 4. – С. 61–67. **11.** *Олех, Т. М.* Методы оценки проектов и программ [Текст] / *Т. М. Олех, А. Г. Оборская, Е. В. Колесникова* // Тр. Одес. політехн. ун-та. - 2012. – № 2 (39) – С. 213–220. doi.org\10.13140/RG.2.1.2080.2005. **12.** *Олех, Т. М.* Оценка эффективности экологических проектов [Текст] / *Т. М. Олех, С. В. Руденко, В. Д. Гогунский* // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. - 2013. № 1/10 (61). - С. 79-82. doi.org\10.13140/RG.2.1.2885.3209. **13.** *Олех, Т. М.* Багатовимірна оцінка проектів за допомогою марківських моделей [Текст] / *Т. М. Олех, В. Д. Гогунский, С. В. Ткачук* // Управління проектами: стан та перспективи: X міжнар. конф. – Миколаїв : НУК, 2014. - С. 196–199. **14.** *Кемени, Дж.* Конечные цепи Маркова [Текст] / *Дж. Кемени, Дж. Снелл.* – М. : Наука, 1970. – 129 с. **15.** *Вайсман, В. А.* Методологические основы управления качеством: факторы, параметры, измерение, оценка [Текст] / *В. А. Вайсман, В. Д. Гогунский, В. М. Тонконогий* // Сучасні технології в машинобудуванні. – 2012. – № 7. – С. 160–165.

**References:** **1.** Yaroshenko, F., Bushuyev, S., & Tanaka, H., (2012). *Management of innovative projects and programs on the basis of knowledge P2M.* Kyiv : Summit Book, 272. **2.** Gogunsky, V. D., & Rudenko, S. V. (2008). Basic laws of project management. *Project Management: Status and Prospects: Fourth international conference*. Mykolaiv : NUS, 37-40. **3.** Kolesnikova, K. V. (2014). Development of project management theory: justification for initiating project law. *Management of development of complex systems, 17,* 24–31. doi.org\10.13140/RG.2.1.3669.4487. **4.** Teslenko, P. A., & Gogunsky, V. D. (2010). Evolutionary Paradigm of Project Management. *Project Management: Status and Prospects. Sixth international conference*. Mykolaiv : NUS, 114–117. **5.** Bushuyev, S. D., & Bushueva, N. S. (2010). Mechanisms of value in the work of project-driven organizations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/2* (43), 4–9. **6.** Beloschitsky, A. A. (2012). Vector method of goal-setting projects in design-vector space. *Management of development of complex systems, 11,* 110–114. **7.** Vaysman, V. O., Velichko, S. O., & Gogunsky, V. D. (2011). System of standards for enterprise knowledge management in project-driven organizations. *Odes. Polytechnic University. Pratsi, 1* (35), 257–262. **8**. Kolesnikova, E. V., Kostrova, G. V., & Prokopovich, I. V. (2007). Methods of assessing the quality of technical systems. *Odes. Polytechnic University. Pratsi, 1* (27), 128–130. **9.** Vaysman, V. A., Lukianov, D. V., & Kolesnikova, K. V. (2012). The planar graphs closed cycles determination method. *Odes. Polytechnic University. Pratsi, 1* (38), 222–227. doi.org\10.13140/RG.2.1.1880.9687. **10.** Rudenko, S. V., Kolesnikova, E. V., & Bondar, V. I. (2012). Network project management processes in the context of project status display. *Problems technology, 4,* 61–67. **11.** Olekh, T. M., Oborskaya, A. G., & Kolesnikova, E. V. (2012). Methods of evaluation of projects and programs. *Odes. Polytechnic University. Pratsi, 2* (39), 213–220. doi.org\10.13140/RG.2.1.2080.2005. **12.** Olekh, T. M., Gogunsky, V. D., & Rudenko, S. V. (2013). Evaluation of environmental projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/10* (61), 79–82. doi.org\10.13140/RG.2.1.2885.3209. **13.** Olekh, T. M., Gogunsky, V. D., & Tkachuk, S. V. (2014). Multidimensional evaluation of projects via Markov models. Evolutionary Paradigm of Project Management. *Project Management: Status and Prospects. Tenth international conference.* Mykolaiv : NUS, 196–199. **14.** Kemeny, J., & Snell, J. (1970). *Finite Markov Chain*. Moscow : Nauka, 129. **15.** Vaysman, V. A., Gogunsky, V. D., & Tonkonogy, V. M. (2012). Methodological fundamentals of quality management: factors, parameters, measurement, evaluation. *Modern technologies in engineering, 7,* 160-165.

*Надійшла (received) 25.11.2015*

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

***Олех Тетяна Мефодіївна*** – кандидат технічних наук, Одеський національний політехнічний університет, доцент кафедри вищої математики та моделювання систем; тел.: (050) 391-00-78; e-mail: olekhta@gmail.com.

***Olekh Tetiana Mefodiyivna*** – Candidate of Technical Sciences (PhD), Odessa National Polytechnic University, assistant professor at the department of higher mathematics and simulation systems; tel.: (050) 391-00-78; e-mail: olekhta@gmail.com.

***Гогунський Віктор Дмитрович*** – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, завідуючий кафедрою управління системами безпеки життєдіяльності; тел.: (067) 709-79-30; e-mail: vd.gogunsky@gmail.com.

***Gogunsky Viktor Dmytrovych*** – Doctor of Technical Science, Full Professor, Odessa National Polytechnic University, Head at the Department of Life Safety management systems; tel.: (067) 709-79-30; e-mail: gog@i.ua

***Барчанова Юлія Сергіївна*** – Одеський національний політехнічний університет, старший викладач кафедри інформаційних технологій проектування в машинобудуванні; тел.: (093) 473-96-52; e-mail: yulya.barchanova.85@mail.ru.

***Barchanova Yulia Serhiyivna*** – Odessa National Polytechnic University, Senior teacher at the department of information technology in engineering design; tel.: (093) 473-96-52; e-mail: yulya.barchanova.85@mail.ru.

***Дмитренко Катерина Миколаївна*** – Одеський національний політехнічний університет, асистент кафедри управління системами безпеки життєдіяльності; тел.: (067) 4556-93-30; e-mail: katerina.dmitrenko@gmail.com

***Dmytrenko Kateryna Mykolaiivna*** – Odessa National Polytechnic University, assistant at the Department of Life Safety management systems; tel.: (067) 4556-93-30; e-mail: katerina.dmitrenko@gmail.com