УДК 005.8

Олех Тетяна Мефодіївна
Кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики та моделювання систем,
orcid.org/0000-0002-9187-1885
Одеський національний політехнічний університет, Одеса
Барчанова Юлія Сергіївна
Старший викладач кафедри інформаційних технологій проектування в машинобудуванні,
orcid.org/0000-0002-9020-0967
Одеський національний політехнічний університет, Одеса
Васильєва Валентина Юліївна
Провідний фахівець відділу МІП сектору інновацій в освіті, *orcid.org/0000-0002-0179-360X*
Одеський національний політехнічний університет, Одеса

ВИКОРИСТАННЯ ДИСКРЕТНИХ І НЕПЕРЕРВНИХ МАРКОВСЬКИХ ЛАНЦЮГІВ ДЛЯ ПОГЛИНАЮЧИХ СТАНІВ СИСТЕМИ

Анотація. *Розробка математичного забезпечення та створення на його підґрунті моделей, які відображають ознаки досліджуваних систем проектного управління є важливою задачею проектного менеджмента. У роботі показано застосування ланцюгів Маркова і орієнтованих графів у моделях градації станів відповідності як ступеня досконалості проектів. Для опису цих моделей здійснюється декомпозиція досліджуваних систем на певні дискретні стани і створюється схема переходів між цими станами. Специфіка відображення різних об'єктів однорідними марковськими ланцюгами з дискретними станами і дискретним часом визначається способами обчислення перехідних ймовірностей. Досліджено модель критеріїв успішності для поглинаючих станів системи, наявність яких радикально змінює характер процесу. Проведено розбиття матриці переходу на підматриці. Побудована фундаментальна матриця, завдяки якій з'явилася можливість обчислювати різні характеристики системи. Розглянуто фундаментальну матрицю для гіпотетично змодельованого поглинаючого ланцюга Маркова, яка дає однаковий прогноз на майбутнє незалежно від абсолютного значення часу, що пройшов з початкового моменту. Ця властивість фундаментальної матриці ілюструє марковську властивість процесу, характеризуючи його як процес без післядії.*

Ключові слова: модель критеріїв успішності; марковський ланцюг; поглинаючий стан системи; канонічний вид; фундаментальна матриця

Постановка проблеми

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 обмеження 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 работах [10 – 16]. У цих роботах розглянуто використання різних марковських ланцюгів для моделювання процесів управління проектно-керованими або проектно-орієнтованими організаційно-технічними системами. Метою цієї статті є використання дискретних і неперервних марковських ланцюгів для опису поглинаючих станів системи.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо шкалу ступенів відповідності на прикладі екологічних оцінок проектів, що відповідають заданим критеріям (табл. 1).

Залежно до градації станів відповідності як ступеня досконалості проектів пропонується модель критеріїв успішності. Ця модель є універсальною і 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 [17; 18].

*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 недоліки	D_2
C	Задовільний, незважаючи на упущення і/або невідповідності	D_3
D	В цілому незадовільний, через значні упущення і/або невідповідності, хоч є добре виконані розділи	D_4
E	Вкрай незадовільний, важливі завдання погано виконані або не виконані взагалі	D_5

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

Представимо у вигляді орієнтованого графа модель оцінки ступенів відповідності екологічних оцінок критеріям якості (табл. 1). Вершини графа відповідають станам ступенів відповідності екологічних оцінок певним критеріям, а дуги ненульовим ймовірностям переходів (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 $i = \overline{1,5}$.

Внутрішні стани D_i (i = 2, 3, 4) є необоротними, такими, що для кількості кроків n, $\pi_{ij}(n) > 0$, але $\pi_{ji}(m) = 0 \forall m$. Необоротний стан – це такий стан, в який процес не може повернутися, вийшовши з нього. Процес може покинути цей стан, але не може повернутися в нього.

Таким чином, з необоротного 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].

З визначення необоротного стану випливає, що якщо процес виходить з необоротного стану, то він ніколи вже не може повернутися в цю множину. Ланцюг Маркова називається поглинаючим, якщо серед всіх станів є хоча б один поглинаючий.

Наявність у системі поглинаючих станів радикальним чином змінює характер процесу.

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:

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

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

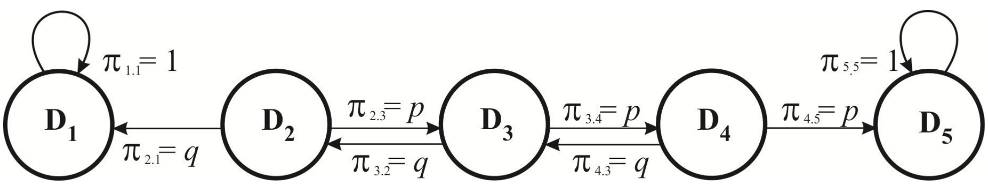

Рисунок 1 – Розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності

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

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

Характер розподілу імовірностей початкових станів визначається умовами задачі. Наприклад, в початковий момент система може знаходитися в кожному зі станів з рівною імовірністю. Вигляд матриці переходу повністю залежить від нумерації станів.

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

Таблиця 2

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

На рис. 2 показано «новий» розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності.

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

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

Проведемо розбиття матриці переходу (2) на підматриці таким чином:

$$\boldsymbol{\pi}' = \left|\begin{array}{cc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline q & 0 & 0 & p & 0 \\ 0 & 0 & q & 0 & p \\ 0 & p & 0 & q & 0 \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c|c} \boldsymbol{I} & \boldsymbol{O} \\ \hline \boldsymbol{R} & \boldsymbol{Q} \end{array}\right| \quad (3)$$

Якщо розмірність системи дорівнює n, r – кількість поглинаючих станів, тоді n-r – число необоротних станів. Підматриці мають такі розмірності:

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

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

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

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

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 ($n \to \infty$), імовірність потрапляння процесу або системи в поглинаючий стан дорівнює одиниці. Зі зростанням n елементи підматриці $\boldsymbol{Q}$ прямують до нуля, а підматриці $\boldsymbol{R}$ – до одиниці.

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

1) імовірності досягнення поглинаючого стану з будь-якого заданого;

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

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

Підрахуємо число n_j потрапляння процесу в необоротний 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 імовірностей $\boldsymbol{Q}$ і від початкового стану. Позначимо через $\left(\overline{n_j}\right)_i$ середнє значення n_j, де $\overline{n_j}$ означає операцію усереднення по множині, а індекс i вказує, що середнє значення обчислюється для i-го початкового стану. Величина $\left(\overline{n_j}\right)_i$ включає доданок, що відображає факт перебування процесу у початковому стані. Аналітично врахуємо це за допомогою символа Кронекера:

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

$$\begin{array}{c} \circlearrowleft\ \pi'_{1.1} = 1 \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \pi'_{2.2} = 1\ \circlearrowright \\ \mathbf{B_1} \xleftarrow[\pi_{3.1} = q]{} \mathbf{B_3} \underset{\pi'_{4.3} = q}{\overset{\pi'_{3.4} = p}{\rightleftarrows}} \mathbf{B_4} \underset{\pi'_{5.4} = q}{\overset{\pi'_{4.5} = p}{\rightleftarrows}} \mathbf{B_5} \xrightarrow{\pi'_{5.2} = p} \mathbf{B_2} \end{array}$$

Рисунок 2 – «Новий» розмічений граф моделі оцінки критеріїв успішності

Після першого кроку процес з імовірністю π_{ik} перейде в стан D_k, який належить до множини T усіх необоротних станів. Додавши по усім k, отримаємо:

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

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

$$\mathbf{N} = \mathbf{N}\left(\left(\overline{n_j}\right)_i\right) = (\mathbf{I} - \mathbf{Q})^{-1}. \quad (5)$$

За допомогою фундаментальної матриці $\boldsymbol{N}$, яка визначається співвідношенням (5) можна обчислити різні характеристики процесу.

Кожний елемент матриці $\boldsymbol{N}$ означає середнє число потрапляння процесу в даний необоротний стан залежно від початкового стану. Елементи головної діагоналі більш ніж одиниця.

Знайдемо фундаментальну матрицю для даного поглинаючого ланцюга Маркова:

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

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

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

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

Фундаментальна матриця дорівнює

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

Якщо розглянути елементи другого рядка 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. Значення елементів останніх рядків фундаментальної матриці трактуються аналогічно.

Висновки

У силу однорідності марковського 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 марковську властивість процесу, характеризуючи його як процес без післядії: при визначеному сьогоденні майбутнє не залежить від минулого. Дана властивість фундаментальної матриці не суперечить характеру змін безумовних імовірностей і імовірностей переходу впродовж часу: у поглинаючих ланцюгів безумовна імовірність при $n \to \infty$ потрапити в необоротний стан мала, але якщо система виявилася в цьому стані, то середній час, який проведе процес в необоротних станах, визначається за допомогою фундаментальної матриці N.

Список літератури

1. *Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M: Монография // Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев, Х. Танака – К. : Саммит-Книга, 2012. – 272 с.*
2. *Гогунский В.Д. Основные законы проектного менеджмента/ 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: обґрунтування закону ініціації проектів / К. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. – 2014. – № 17. – С. 24 – 31.*
4. *Тесленко П.А. Эволюционная парадигма проектного управления/ 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 / 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 / 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 / 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 /V. A. Vaysman, D. V. Lukianov, K. V. Kolesnikova // Тр. Одес. политехн. ун-та. –2012. – № 1(38). – С. 222 – 227.*

10. Руденко, С. В. Сетевые процессы управления проектами в контексте отображения состояний проекта / 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 / Т.М. Олех, А.Г. Оборская, Е.В. Колесникова // Тр. Одес. політехн. ун-та. – 2012. – № 2 (39) – С. 213 – 220.

12. Олех Т.М. Оценка эффективности экологических проектов / Т.М. Олех, С.В Руденко, В.Д. Гогунский // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2013. № 1/10 (61). – С. 79 – 82.

13. Олех Т.М. Багатовимірна оцінка проектів за допомогою марковських моделей / Т.М. Олех, В.Д. Гогунський, С.В Ткачук // Управління проектами: стан та перспективи: Х міжнар. конф. – Миколаїв : НУК, 2014. – С. 196 – 199.

14. Колесникова, Е.В. Моделирование слабо структурированных систем проектного управления / Е. В. Колесникова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2013. – № 3 (42). – С. 127 – 131.

15. Gogunsky, V.D. Markov model of risk in the life safety projects / V.D. Gogunsky, Yu. S. Chernega, E.S. Rudenko // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – № 2(41). – С. 271 – 276. – doi.org\10.13140/RG.2.1.2095.8166.

16. Кемени, Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – М. : Наука, 1970. – 129 с.

17. Власенко, О. В. Марковські моделі комунікаційних процесів в міжнародних проектах [Текст] / О. В. Власенко, В. В. Лебідь, В. Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем. – 2012. – № 12. – С. 35 – 39.

18. Вайсман В.А. Методологические основы управления качеством: факторы, параметры, измерение, оценка / В.А. Вайсман, В.Д. Гогунский, В.М. Тонконогий // Сучасні технології в машинобудуванні. – 2012. – № 7. – С. 160 – 165.

Стаття надійшла до редколегії 19.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Гогунський, Одеський національний політехнічний університет, Одеса.

Олех Татьяна Мефодиевна
Кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики и моделирования систем, *orcid.org/0000-0002-9187-1885*
Одесский национальный политехнический университет, Одесса
Барчанова Юлия Сергеевна
Старший преподаватель кафедры информационных технологий проектирования в машиностроении,
orcid.org/0000-0002-9020-0967
Одесский национальный политехнический университет, Одесса
Васильева Валентина Юльевна
Ведущий специалист отдела МИП сектора инноваций в образовании, *orcid.org/0000-0002-0179-360X*
Одесский национальный политехнический университет, Одесса

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ И НЕПРЕРЫВНЫХ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ СОСТОЯНИЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. *Разработка математического обеспечения и создание на его основе моделей, которые отражают признаки испытуемых систем проектного управления является важной задачей проектного менеджмента. В работе показано применение цепей Маркова и ориентированных графов в моделях градации состояний соответствия как степени совершенства проектов. Для описания этих моделей выполняется декомпозиция исследуемых систем на определенные дискретные состояния и создается схема переходов между этими состояниями. Специфика отражения различных объектов однородными марковскими цепями с дискретными состояниями и дискретным временем определяется способами вычисления переходных вероятностей. Исследована модель критериев успешности для поглощающих состояний системы, наличие которых радикально меняет характер процесса. Проведено разбиение матрицы перехода на подматрицы. Построена фундаментальная матрица, благодаря которой появилась возможность вычислять различные характеристики системы. Рассмотрена фундаментальная матрица для гипотетически смоделированной поглощающей цепи Маркова, которая дает одинаковый прогноз на будущее независимо от абсолютного значения времени, прошедшего с начального момента. Это свойство фундаментальной матрицы иллюстрирует марковское свойство процесса, характеризущее его как процесс без последействия.*

Ключевые слова: модель критериев успешности; марковская цепь; поглощающее состояние системы; канонический вид; фундаментальная матрица

Olekh Tatiana
Ph.D., associate professor of the department of higher mathematics and simulation systems, *orcid.org/0000-0002-9187-1885*
Odessa National Polytechnic University, Odessa
Barchanova Yulia
Senior teacher of the department of information technology in engineering design, orcid.org/0000-0002-9020-0967
Odessa National Polytechnic University, Odessa
Vasileva Valentina
Leading specialist of MIP sector innovation in education, orcid.org/0000-0002-0179-360X
Odessa National Polytechnic University, Odessa

USE OF DISCRETE AND CONTINUOUS MARKOV CHAIN FOR AN ABSORBING STATE OF THE SYSTEM

Abstract. *The application of Markov's chains and directed graphs models gradation states according as the degree of excellence projects. In describing these models execute studied decomposition of certain discrete states and transitions based scheme between the states. In these models in various ways defined conditional transition probabilities of transitions between discrete states. Specificity display various objects homogeneous Markov chains with discrete states and discrete time determined by the method of calculation of transition probabilities. The model success criteria investigated for absorbing system states. The presence in the system absorbing states radically changes the nature of the process. The matrix was divided into submatrixs. Matrix of transition probabilities obtained and presented in canonical form. The variation elements submatrix Q n with growth linked to the definition of important quantitative characteristics of absorbing circuits: 1) the probability of achieving the status of absorbing any given; 2) the mean number of steps needed to achieve the absorbing state; 3) the mean time that the system spends in each state to hit irreversible system in absorbing state. It was built fundamental matrix by which the opportunity to calculate the different characteristics of the process. We find a fundamental matrix for supposedly modeled absorbing Markov chain. Due to the homogeneity of the Markov chain as the initial state can choose any state in which the system is in a given time. Thus, the fundamental matrix allows the same prognosis for the future, regardless of the absolute value of the time elapsed from the starting point. This property illustrates the fundamental matrix of the Markov property of the process, describing it as a process without aftereffect: at present known future independent of the past.*

Key words: model of success criteria; Markov's chains; absorbing state of the system; the canonical form; the fundamental matrix

References

1. *Yaroshenko, F., Bushuyev, S., Tanaka, H. (2012). Management of innovative projects and programs on the basis of knowledge P2M: Monograph. "Summit Book", 272.*
2. *Gogunsky, V. & Rudenko, S. (2008). The basic laws of project management. Project management: the camp that prospect: IV Intern. Conf., Nikolaev: SCT, 37–40.*
3. *Kolesnikova, K. (2014). Development of the theory of project management: study Law initiation of projects. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 17, 24□31.*
4. *Teslenko, P. & Gogunsky, V. (2010). Evolutionary Paradigm Project Management. Project Management: Status and Prospects: VI Intern. Conf., Nikolaev: SCT, 114–117.*
5. *Bushuyev, S. & Bushueva, N. (2010). Mechanisms of formation of values in the activities of the project-driven organizations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/2 (43), 4–9.*
6. *Biloshchytsky, A. (2012). Vector method of goal-setting projects in design-vector space. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA, 11, 110□114.*
7. *Vaysman, V., Velichko, S. & Gogunsky, V. (2011). System of factory standards for managing knowledge in the design and project management. Odes. polytehn. University. Pratsi, 1 (35), 257□262.*
8. *Kolesnikova, E., Kostrova, G. & Prokopovich, I. (2007). Methods of assessing the quality of technical systems. Odes. polytehn. University. Pratsi, 1 (27), 128–130.*
9. *Vaysman, V., Lukianov, D. & Kolesnikova, K. (2012). The planar graphs closed cycles determination method. Odes. polytehn. University. Pratsi, 1(38), 222–227.*
10. *Rudenko, S., Kolesnikova, E. & Cooper, V. (2012). Network project management processes in the context of project status display. Problems technology, 4, 61–67.*
11. *Olekh, T., Oborskaya, A. & Kolesnikova, E. (2012). Methods of evaluation of projects and programs. Odes. polytehn. University. Pratsi, 2 (39), 213220.*
12. *Olekh, T., Rudenko, S. & Gogunsky, V. (2013). Evaluating the effectiveness of environmental projects. Eastern-European Journal of Enterpirse Technologies, 1/10 (61), 79 82.*
13. *Olekh, T., Gogunsky, V. & Tkachuk, S. (2014). Multidimensional assessment projects by using the Markov models. Project Management: Status and Prospects: X Intern. Conf., 196 199.*
14. *Kolesnikova, K.V. (2013). Modeling semistructured systems project management. Odes. polytehn. University. Pratsi, 3 (42), 127–131.*
15. *Gogunsky, V.D., Chernega, Yu. S. & Rudenko, E.S. (2013). Markov model of risk in the life safety projects. Odes. polytehn. University. Pratsi, 2(41), 271–276. doi.org\10.13140/RG.2.1.2095.8166.*
16. *Vlasenko, O.V., Lebed' V.V., Gogunsky, V.D. (2012). Markov model of communication processes in international projects. Management of development of complex systems. Kyiv, Ukraine: KNUCA: 12, 35 39.*
17. *Kemeny, J. & Snell, J. (1970). The final Markov Chain. Moscow: Science, 129.*
18. *Vaysman, V., Gogunsky, V. & Tonkonogy, V. (2012). Methodological fundamentals of quality management: factors, parameters, measurement, evaluation. Modern technologies in engineering, 7, 160 – 165.*

Посилання на публікацію

APA *Olekh, Tatiana, Barchanova, Yulia, & Vasileva, Valentina, (2016).Use of discrete and continuous markov chain for an absorbing state of the system. Management of Development of Complex Systems, 25, 40 – 45.*

ГОСТ *Олех, Т.М. Використування дискретних і неперервних марківських ланцюгів для поглинаючих станів системи / Т. М. Олех, Ю. С. Барчанова, В. Ю. Васильєва // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 40 – 45.*