

УДК 005.8

Олех Т.М., *ст. викладач,
кафедра Вищої математики та моделювання систем,
Одеський національний політехнічний університет*

ЗАСТОСУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОВИМІРНИХ ОЦІНОК ПРИ УПРАВЛІННІ ПРОЕКТАМИ

Т.М. Олех. Застосування ланцюгів Маркова для дослідження багатовимірних оцінок при управлінні проектами. Досліджено поведінку ланцюгів Маркова з дискретними станами і дискретним часом, що відображається через кроки k . Показано, що за допомогою ланцюгів Маркова можна визначати «траєкторію» зміни ймовірностей станів системи у часі, тобто по кроках k . Ця властивість ланцюгів Маркова може бути використана для дослідження багатовимірних оцінок при управлінні проектами.

Ключові слова: ланцюг Маркова, проекти, модель оцінки, зміна станів.

Т.М. Олех. Применение цепей Маркова для исследования многомерных оценок при управлении проектами. Исследовано поведение цепей Маркова с дискретными состояниями и дискретным временем, отражаемом через шаги k . Показано, что с помощью цепей Маркова можно определять «траекторию» изменения вероятностей состояний системы во времени, то есть по шагам k . Это свойство цепей Маркова может быть использовано для исследования многомерных оценок при управлении проектами.

Ключевые слова: цепь Маркова, проекты, модель оценки, смена состояний.

T.M. Olekh. Application of Markov chains to study multidimensional assessments in project management. The behavior of Markov chains with discrete states and discrete time, which is reflected through the steps of k . It is shown that using Markov chains can define the "trajectory" change state probabilities of the system at the time, that is, step by step k . This property of Markov chains can be used to study multidimensional assessments in project management.

Keywords: Markov chain, projects, model evaluation, change.

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 [1]. Систем змінюється і вдосконалюється за рахунок управління [2 - 9]. Це можливо при використанні впливів на ресурси, технології, комунікації або структурні зміни в системі. Розглянемо шкалу ступенів відповідності на прикладі екологічних оцінок проектів, що відповідають заданим критеріям

Залежно до градації станів відповідності як ступеня досконалості проектів пропонується модель «шести рівнів успішності» (табл. 1). 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 часом [10 - 18].

Таблиця 1 –Відповідності екологічних оцінок «шести рівнів успішності»

Оцінка	Пояснення	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	є добре виконані розділи, але в цілому має розглядатися як незадовільний через значні упущень і/або невідповідностей	D_4
E	незадовільний, істотні упущення або невідповідності	D_5
F	вкрай незадовільний, важливі завдання погано виконані або не виконані взагалі	D_6

Представимо орієнтованим графом модель оцінки ступенів відповідності екологічних оцінок критеріям якості (табл. 1). Вершини графа відповідають станам ступенів відповідності екологічних оцінок певним критеріям, а дуги переходам з ненульовим ймовірностям (рис. 1). При цьому прийmemo гіпотезу, що переходи здійснюються між сусідніми станами.

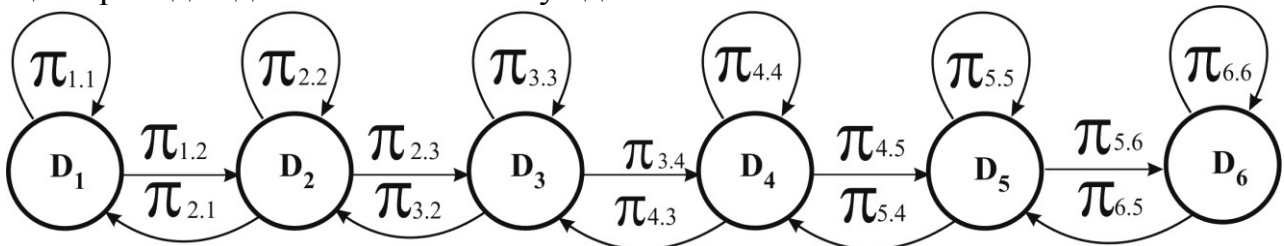


Рисунок 1 – Розмічений граф моделі оцінки «шести рівнів успішності»

Перехідні ймовірності $\pi_{ik} \{i=1 \dots n; k=1 \dots n; n=6\}$ можуть бути отримані експертним методами. Переходи між станами у певній мірі характеризують рівень технологічної зрілості організації. Ймовірності «затримки» π_{ii} , доповнюють до одиниці суму перехідних ймовірностей з i -го стану до інших станів за один крок [15 - 18].

Загальне рішення ланцюга Маркова (рис. 1), що відображає «траєкторію» зміни оцінок по кроках k , отримаємо на основі матриці перехідних ймовірностей, за умови, що початковий стан $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_6(k)\}$ відомий:

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

де k – номер кроку; T – знак транспонування.

«Марковість» моделі оцінки системи підтверджується тим, що і в запропонованій системі і у ланцюгах Маркова існують переходи між станами у часі (за кроками), існують перехідні ймовірності між окремими станами. Аналіз

властивостей оригінала і моделі дозволяють зробити висновок про обґрунтованість щодо застосування марківських ланцюгів для відображення системи оцінки проектів.

Поведінка системи визначається матрицею перехідних ймовірностей, яка для кожного нового проекту і параметра, що оцінюється, має різні значення елементів. Застосування марківської моделі дає змогу виявляти необхідну кількість кроків для досягнення результатів проектів. Данна модель утворює ергодичний марківський ланцюг, для якого виконуються усі властивості ергодичності марківського ланцюга і теорема Маркова про граничні ймовірності. Приклад результатів моделювання для гіпотетичного варіанта системи оцінки із застосуванням марківського ланцюга показує можливість здійснення багатовимірної оцінки ймовірності настання певних подій (рис. 5). Результати відображають перехід до нового стану від існуючого рівня досконалості системи, який визначений за експертними оцінками таким, що відповідає наступній сукупності ймовірностей станів: $p_1(0) = 0; p_2(0) = 0; p_3(0) = 0; p_4(0) = 1,0; p_5(0) = 0; p_6(0) = 0$.

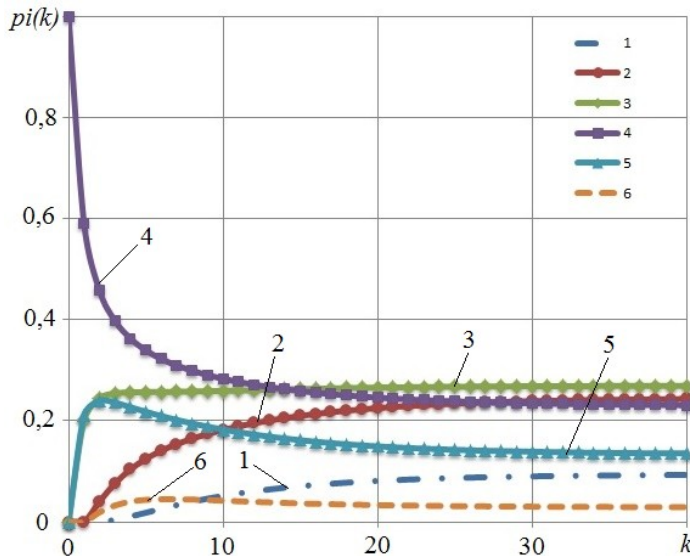


Рисунок 2 - Зміна станів успішності як степеня досконалості системи: $p_i(k)$ – ймовірності станів, $i = 1 \dots 6$; k – номер кроку.

Матриця перехідних ймовірностей $\|\pi_{ij}\|$ системи станів успішності.

$$\|\pi_{ij}\| = \begin{pmatrix} 0,74 & 0,26 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,1 & 0,6 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,6 & 0,1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0,5 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,3 & 0,5 & 0,0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,4 & 0,5 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Для інших систем матриця $\|\pi_{ij}\|$ (2) буде мати інші значення елементів. Модель оцінки ППП дозволяє визначати траєкторію зміни ймовірностей станів системи у залежності від кількості кроків проекту k .

Обчислення фінальних ймовірностей при відомому початковому розподілі і заданій матриці $\|\pi_{ij}\|$ являє собою найбільш важливе завдання для ергодичних ланцюгів. Перший шлях визначення ймовірностей дає теорема Маркова, згідно з якою зведення матриці переходу в досить велику ступінь n повинно дати матрицю-рядок шуканих ймовірностей. Визначати ймовірності подібним чином досить трудомістко. Набагато простіше вони знаходяться з розв'язку системи алгебраїчних рівнянь, яка складається у відповідності з формулою повної

ймовірності $p_j = \sum_{i=1}^n p_i \pi_{ij}$. Система з n алгебраїчних рівнянь є однорідною і,

отже, має лише нульове розв'язання. Якщо з системи взяти $n-1$ рівняння і доповнити їх умовою нормування отримаємо:

$$\sum_{i=1}^n p_i \pi_{ij} - p_j = 0; \sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (3)$$

то така система дає вже ненульове рішення.

Розглянемо на прикладі моделі $D_1 \div D_6$, як змінюються матриці переходу і безумовні ймовірності станів із зростанням числа k .

Нехай матриця переходу має вигляд $\pi = (\pi_{ij})$ (*), $i, j = \overline{1,6}$. Згідно з теоремою Маркова фінальні ймовірності для цього прикладу рівні: $p_1=0,0942$, $p_2=0,2511$, $p_3=0,2707$, $p_4=0,2239$, $p_5=0,1287$, $p_6=0,0272$. Матриці показують зміну безумовних ймовірностей зі зростанням числа кроків. Добре помітний ефект «забування» початкового розподілу. Незалежно від виду початкового розподілу вже через певне число кроків (в даному випадку 30-40) настає стаціонарний режим (рис. 2).

Запропонований метод оцінки може бути рекомендованим для будь-яких проектів [19 - 27].

Висновки. Розглянутий ланцюг Маркова з дискретними станами і дискретним часом, що відображається через кроки k , дозволяє визначати «траєкторію» зміни станів системи у часі, тобто по кроках k . Ця властивість ланцюга Маркова може бути використана для дослідження багатовимірних оцінок при управлінні проектами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вайсман, В. А. Теория проектно-ориентованого управления: обоснование закона Бушуева С. Д. [Текст] / В. А. Вайсман, В. Д. Гогунський, С. В. Руденко // Наук. записки Міжнар. гуманітарного ун-ту : Зб. – Одеса : МГУ, 2009. – С. 9 – 13.
2. Руденко, С. В. Сетевые процессы управления проектами в контексте отображения состояний проекта [Текст] / С. В. Руденко, Е. В. Колесникова, В. И. Бондарь // Проблемы техники. – № 4. – 2012. – С. 61 – 67.
3. Оганов, А. В. Использование теории ограничения систем при внедрении офиса управления проектами предприятия / А. В. Оганов В. Д. Гогунский // GESJ: Computer Sciences and Telecommunications; (Article ID: 2229). – 2013. - № 4(40). – P. 59 - 65.
4. Колеснікова, К. В. Моделювання стратегічного управління міжнародною діяльністю університету [Текст] / К. В. Колеснікова, С. М. Гловацька, С. В. Руденко // Проблемы техники. - № 1. – 2013. – С. 95 – 101.
5. Гогунський, В. Д. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / В. Д. Гогунський, Ю. С. Чернега // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. – 2013. - № 1/10 (61). – С. 83 – 85.
6. Белощицкий, А. А. Управление проблемами в методологии проектно-векторного управления образовательными средами [Текст] / А. А. Белощицкий // Управління розвитком складних систем. – 2012. - № 9. – С. 104 – 107.
7. Бушуев, С. Д. Напрями дисертаційних наукових досліджень зі спеціальності «Управління проектами та програмами» [Текст] / С. Д. Бушуев, В. Д. Гогунський, К. В. Кошкін // Управління розвитком складних систем. - № 12. – 2012. – С. 5 – 7.
8. Гогунський, В. Д. Обоснование закона о конкурентных свойствах проектов [Текст] / В. Д. Гогунський, С. В. Руденко, П. А. Тесленко // Управління розвитком складних систем. – № 8. – 2012. – С. 14 – 16.
9. Вайсман, В. О. Система стандартів підприємства для управління знаннями в проектно-керованій організації / В. О. Вайсман, В. О. Величко, В. Д. Гогунський // Тр. Одес. політехн. ун-та. - 2011. - № 1 (35). – С. 257 – 262.

10. Колесникова, Е. В. Моделирование слабо структурированных систем проектного управления [Текст] // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Вып. 3 (42). — 2013. — С. 127 - 131
11. Оборская, А. Г. Модель эффектов коммуникаций для управления рекламными проектами [Текст] / А. Г. Оборская, В. Д. Гогунский // Тр. Одес. политехн. ун-та. - Одесса : ОНПУ, 2005. - С. 31 – 34.
12. Гогунский, В. Д. Марковская модель риска в проектах безопасности жизнедеятельности [Текст] / В. Д. Гогунский, Ю. С. Чернега, Е. С. Руденко // Тр. Одес. политехн. ун-та. — № 2 (41). — 2013. — С. 271 – 276.
13. Колеснікова, К.В. Розробка марківської моделі станів проектно керованої організації [Текст] / К. В. Колеснікова. В. О. Вайсман, С. О. Величко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. – Вип. 7. - Харків : ХТУ «ХП», 2012. – С. 217 – 222.
14. Власенко, О. В. Марковські моделі комунікаційних процесів в міжнародних проектах [Текст] / О. В. Власенко, В. В. Лебідь, В. Д. Гогунський // Управління розвитком складних систем. - № 12. - 2012. - С. 35 - 39.
15. Яковенко, В. Д. Прогнозування стану системи керування якістю навчального закладу [Текст] / В. Д. Яковенко, В. Д. Гогунський // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. - № 2. - С. 50 – 57.
16. Колеснікова, К. В. Розвиток теорії проектного управління: обґрунтування закону ініціації проектів // Управління розвитком складних систем. - № 17. – 2013. - С. 24 – 31.
17. Колеснікова, К. В. Розвиток теорії проектного управління: обґрунтування закону К.В. Кошкина щодо завершення проектів [Текст] / К.В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. - № 16. – 2013. - С. 38 – 45.
18. Колесникова, Е. В. Теория проектного управления: закон контроля параметров риска [Текст] // Вісник Одес. нац. морського ун-ту. – 2013. - № 3 (39). – С. 220 – 232.
19. Буй, Д.Б. Scopus та інші наукометричні бази: прості питання та нечіткі відповіді / Д.Б. Буй, А.О. Білощицький, В.Д. Гогунський // Вища школа. – 2014. - № 4. – С. 37 -40.
20. Гогунский, В. Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В. Д. Гогунский, С. В. Руденко // IV міжнар. конф. : «Управління проектами: стан та перспективи». — Миколаїв : НУК, 2008. — С. 37 – 40.
21. Тесленко, П. А. Эволюционная парадигма проектного управления [Текст] / П. А. Тесленко, В. Д. Гогунский // Управління проектами: стан та перспективи : Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2010. - С. 114 - 117.
22. Руденко, С. В. Анализ результатов реализации технико-экономической природоохранной региональной программы [Текст] / С. В. Руденко, Е. В. Колесникова, Т. М. Олех // Проблеми техніки. — № 2, -2013. - С. 161 – 169.
23. Бондарь, В. И. Проявление закона Кошкина К.В. в безнадежных проектах: признаки, свойства, результаты [Текст] / В. И. Бондарь, В. Д. Гогунский // Управління проектами: стан та перспективи: Міжнар. наук.-практ. конф. – Миколаїв : НУК, 2009.- С. 111 – 112.
24. Чернега, Ю. С. Разработка модели деятельности инженера по охране труда с использованием цепей Маркова / Ю. С. Чернега, В. Д. Гогунский // ВЕЖПТ. - 2014. - № 5/3 (71). – С. 39 – 43. [DOI 10.15587/ 1729-4061.2014.28023].
25. Яковенко, В. Д. Комп'ютерна реалізація системи автоматизованого управління навчальним процесом [Текст] / В. Д. Яковенко, В. Д. Гогунський, Г. Ф. Сафонова // Моделир. в прикладных научных исследованиях : Матер. XVI семинара. — Одеса : ОНПУ, 2008. – С. 27 – 30.
26. Олех, Т.М. Модель обобщенной оценки воздействия на окружающую среду в проектах / Т.М. Олех, В.Д. Гогунский, С.В. Руденко // Управління розвитком складних систем. – 2013. - № 15. – С. 53 – 59.
27. Оборський, Г. О. Стандартизація і сертифікація процесів управління якістю освіти у вищому навчальному закладі [Текст] / Г. О. Оборський, В. Д. Гогунський, О. С. Савельєва // Тр. Одес. политехн. ун-та. –2011. – № 1(35). – С. 251 – 255.