

УДК 005.8

Шерстюк, О. І., аспірант, ORCID: 0000-0002-8859-4645,
Кафедра управління системами безпеки життєдіяльності,
Одеський національний політехнічний університет

Розробка марківської моделі командної поведінки

О.И. Шерстюк. Разработка марковской модели командного поведения. Выполнен анализ структур командной поведения при выполнении проектов и показано, что цепи Маркова могут служить основой для построения модели командной поведения. Предложен метод для определения значений условных переходных вероятностей, основанный на экспертной оценке затрат времени на выполнение процессов коммуникации в системе.

Ключевые слова: цепь Маркова, командное поведение, вероятности переходов, состояния.

О.І. Шерстюк. Розробка марківської моделі командної поведінки. Виконано аналіз структур командної поведінки при виконанні проектів і показано, що ланцюги Маркова можуть служити основою для побудови моделі командної поведінки. Запропоновано метод для визначення значень умовних перехідних ймовірностей, який базується на експертній оцінці витрат часу на виконання процесів комунікації в системі.

Ключові слова: ланцюг Маркова, командна поведінка, ймовірності переходів, стани.

Sherstiuk O. Development of the Markov model of team behavior. An analysis of the structure of team behavior during the execution of projects is performed and it is shown that the Markov chains can serve as the basis for constructing a team behavior model. A method for determining the values of conditional transition probabilities is proposed, which is based on the expert estimation of time expenditures on the implementation of communication processes in the system.

Keywords: Markov chain, command behavior, probability of transitions, states.

Існуючі підходи формування команди проектів орієнтовані переважно на відображення професійної компоненти учасників команди, а саме рівня компетентності [1 – 3]. Керівники проектів на стадії формування команди вирішують низку специфічних завдань, пов'язаних з мотивацією праці, конфліктами, виконанням, контролем, відповідальністю, комунікаціями, взаємодією та лідерством. Раціональне вирішення даних завдань створює сприятливі умови для роботи, допомагає подолати суттєві психічні навантаження, що виникають в процесі пошуку, узгодження і реалізації проектних рішень, дозволяє уникнути конфліктів і стресів, що в кінцевому рахунку позначаються на науково-технічному рівні і якості проекту [4].

Новизна, унікальність, ризик і швидкоплинність – всі ці характеристики притаманні новому проекту, вони ж сприяють виникненню конфліктів протягом життєвого циклу проекту [5]. Конфлікти в команді проекту виникають й через те, що при формуванні команди принцип компетентності

входить у протиріччя з рольовою структурою команди. Потрібен тривалий час, щоб у групі виникло командне почуття, щоб встановилися загальні норми, стандарти і цінності. Щоб проект був успішним, групування людей має відбутись до того, як команда почне працювати “на повну потужність”. Команда проекту впливає на створення певного організаційного середовища проекту, формуючи цінності, принципи і норми поведінки персоналу, і підкоряється єдиній меті і філософії управління проектом. Тому проблеми формування і діяльності команди проекту доцільно розглядати відповідно до цілі проекту та системи управління [6 – 8].

Кваліфікація, компетентність та рольова ідентифікація кожного з членів команди, так само як і вимоги до них, характеризується множиною чинників, які складно відобразити в формі властивостей детермінованих математичних моделей через те, що рівень компетентності учасників команди проекту та їх рольова структура змінюються протягом життєвого циклу проекту за рахунок впливу зовнішніх та внутрішніх факторів [9 – 12].

Розроблено модель зміни станів командної поведінки – “Сім F” (7 F’s), виходячи з ідеї моделі Дрекслера і Сіббета, де F – стани командної поведінки, такі як Finding (орієнтування), Faith (набуття довіри), Focus (цілеспрямованість), Forcing (обов’язковість), Functioning (розподілення ролей), Fruitfulness (висока продуктивність), Forwarding (рух вперед, оновлення) (рис.1). На кожному етапі учасники проекту задають собі головне питання, відчувають характерні почуття і стикаються з певним набором невирішених проблем. Розвиток команди – безперервний процес, тому для моделі характерна багатоповерхова рекурсія. Якщо відповідь на головне питання не знайдена на будь-якому етапі, відбувається повернення на один з попередніх етапів.

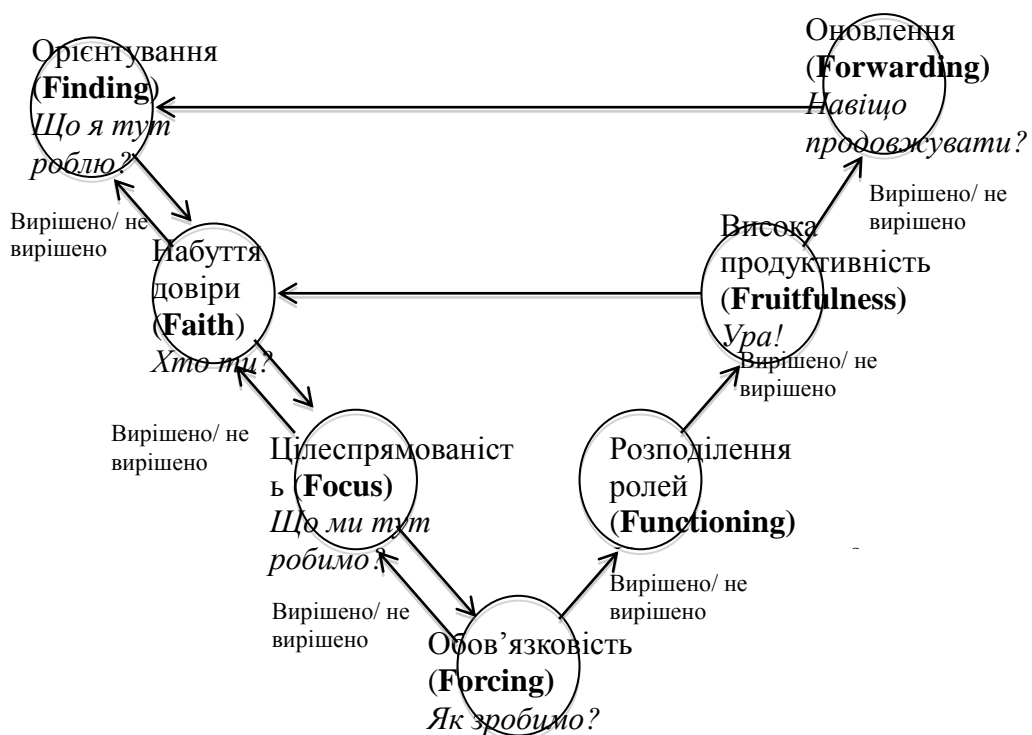


Рис.1. Модель командної поведінки 7 F's

Орієнтований граф моделі 7F's представлено на рис. 2. У процесі побудови моделі командної поведінки існує залежність випадкової зміни станів $S_i \{i = 1, \dots, 7\}$ у часі $t \in [0, T]$. Значення $i \in \{1, \dots, 7\}$ є можливим станом випадкового процесу $S_i(t)$. Якщо в інтервалі $[0, T]$ є момент t , то ймовірність $P\{s-z < S(t) < s+z\} \geq 0$ для будь-якого $z > 0$. Така послідовність відображає марківський ланцюг [13 – 16]. «Марковість» командної поведінки підтверджується тим, що і у побудові командної поведінки на різних етапах у моделі 7 F's, і у марківських ланцюгах можливі зміни ймовірностей станів системи по кроках k ; існують ймовірності переходів у інші стани; сума перехідних ймовірностей з деякого стану дорівнює одиниці; сума ймовірностей всіх станів на кожному кроці також рівна одиниці; має місце подібність топологічної структури переходів [17].

Матриця переходів дозволяє побудувати прогноз станів формування команди проекту на кілька кроків вперед в залежності від тих чи інших змін. Для цього досить задати дію, відповідну певній ймовірності π_{ij} в матриці переходів, щоб оцінити зміни успішності командної роботи внаслідок змін в команді проекту [18].

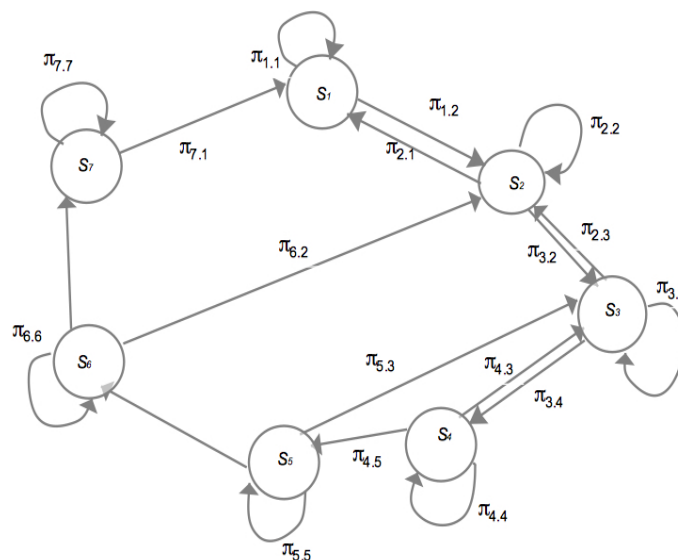


Рис.2. Розмічений граф зміни станів моделі командної поведінки

Представимо 7 етапів командної поведінки моделі 7F's у вигляді графа переходів (рис. 2) з одного стану S_i в інші S_j , де позначимо ймовірності переходів в інші стани, а також ймовірності збереження поточних станів: S_1 – орієнтування (Finding); S_2 – набуття довіри (Faith); S_3 – цілеспрямованість (Focus); S_4 – обов'язковість (Forcing); S_5 – розподілення ролей (Functioning); S_6 – висока продуктивність (Fruitfulness); S_7 – оновлення, рух вперед (Forwarding).

На основі матриці перехідних ймовірностей, за умови, що початковий стан системи відомо, можна знайти ймовірності станів $p_1(k), p_2(k), \dots, p_7(k)$ після кожного k -го кроку управлінських дій на систему. Під кроками розуміється деякий комплекс реалізованих в проекті заходів-впливів, які змінюють показники S_i .

У будь-який момент часу (після будь-якого k -го кроку) система може бути в одному з n станів:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \quad (1)$$

тобто здійсниться одна з повної групи несумісних подій: $\{S_1(k), S_2(k), \dots, S_n(k)\}$, де k – номер кроку проведення управлінських дій на систему.

Позначимо ймовірність подій після k -го кроку:

$$p_1(k) = \psi(S_1(k)); \quad p_2(k) = \psi(S_2(k)); \dots p_n(k) = \psi(S_n(k)) \quad (2)$$

Для кожного k -го кроку справедливий вираз

$$p_1(k) + p_2(k) + \dots + p_n(k) = 1, \quad (3)$$

оскільки $p_1(k), p_2(k), \dots, p_n(k)$ – ймовірності несумісних подій, що утворюють повну групу подій.

Величини $\{p_1(k), p_2(k), \dots, p_n(k)\}$ є ймовірністю станів однорідного марківського ланцюга з дискретним часом, в якому ймовірності переходів π_{ij} не залежать від номера кроку. Для будь-якого кроку k , що відображає час, існують також ймовірності затримки системи в даному стані [19]. На графі (рис. 2) проставлені стрілки тільки для тих переходів, перехідні ймовірності яких не рівні нулю. «Ймовірності затримки» π_{ii} доповнюють до одиниці суму перехідних ймовірностей за всіма переходами з даного стану [20, 21].

Виконання процесів взаємодії зі стану S_i з іншими станами проходить у часі. Загальний час перебування системи у стані S_1 можна позначити як:

$$T_1 = t_{1.1} + t_{1.2}, \quad (4)$$

де $t_{1.1}, t_{1.2}$ – час або тривалість знаходження системи у стані S_1 .

Переведемо відрізки часу у відображення частоти:

$$\begin{cases} \pi_{1.1} = \frac{t_{1.1}}{T_1} \\ \pi_{1.2} = \frac{t_{1.2}}{T_1} \end{cases} \quad (5)$$

З виразу (4) з урахуванням (5) слідує:

$$\rho_{1.1} + \rho_{1.2} = \frac{t_{1.1}}{T_1} + \frac{t_{1.2}}{T_1} = 1 \quad (6)$$

Вираз (6) відображає суттєву властивість будь-якого стану – всі переходи з стану S_1 являють собою повну групу подій, для яких сумарна ймовірність їх настання дорівнює одиниці [22]. Вказані особливості переходів між станами ланцюга Маркова є справедливими для всіх інших станів (рис. 2). Матриця, що відтворює структуру системи з перехідними ймовірностями $\pi_{ij} > 0 \{ \forall (i, j) \in (1, 2, \dots, m) \}$, може бути записана у наступному виді для ланцюга Маркова:

$$\left\| \begin{array}{ccccccc} \rho_{11} & \rho_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \rho_{21} & \rho_{22} & \rho_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho_{32} & \rho_{33} & \rho_{34} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho_{43} & \rho_{44} & \rho_{45} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \rho_{53} & 0 & \rho_{55} & \rho_{56} & 0 \\ 0 & \rho_{62} & 0 & 0 & 0 & \rho_{66} & \rho_{67} \\ \rho_{71} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{77} \end{array} \right\| \quad (7)$$

Шляхом зміни π_{sj} можна перемістити систему в будь-яку фазу формування команди проекту. Наприклад, якщо кожен член команди проекту на фазі орієнтації, що відповідає стану S_1 , майже весь ресурс часу буде витратити на себе, то значення $\pi_{1,1} > 0,8$ буде відповідати найбільшим витратам ресурсу часу. Отримані ймовірності станів в результаті проведених заходів дозволяють прогнозувати і оцінювати ефективність команди проекту (рис.2).

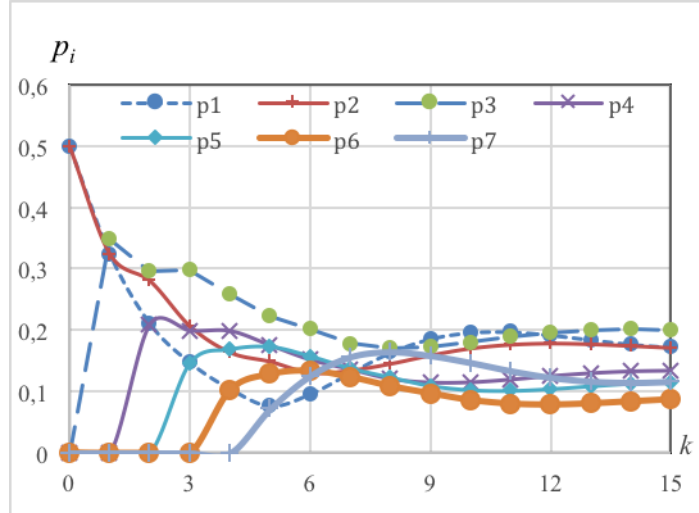


Рис. 6. Зміна ймовірності станів командної поведінки: 1 – орієнтування (Finding); 2 – набуття довіри (Faith); 3 – цілеспрямованість (Focus); 4 – обов’язковість (Forcing); 5 – розподілення ролей (Functioning); 6 – висока продуктивність (Fruitfulness); 7 – оновлення (Forwarding).

При вивченні властивостей моделі 7 F’s приймали, що перехідні ймовірності марківського ланцюга відомі:

$$\| \rho_{ij} \| = \begin{pmatrix} 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,15 & 0,15 & 0,7 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0,2 & 0,6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,2 & 0,1 & 0,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1 & 0 & 0,2 & 0,7 & 0 \\ 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 0,7 \\ 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,5 \end{pmatrix} \quad (11)$$

Збільшення значення переходу $\pi_{1,2}$ приводить до зменшення ймовірності стану “набуття довіри”, що характеризує довіру між учасниками команди. Але значення ймовірності стану “висока продуктивність” на 5-ому кроці починає зменшуватись. Значення ймовірності стану уточнення мети починає змінюватись вже на другому кроці (рис. 2).

При зменшенні значення перехідної ймовірності $\pi_{2,3}$ збільшуються ймовірності станів “набуття довіри” та “орієнтування”. Ймовірність стану “цілеспрямованість” зменшується на 10-ому кроці. Це означає, що учасники не можуть подолати первинної дезорієнтованості і не можуть чітко визначити мету, заради якої повинні працювати.

При зменшенні ймовірності стану “уточнення мети”, вже на 5-ому кроці зменшується ймовірність стану обов’язковості. При збільшенні ймовірності $\pi_{3,4}$ на 11-ому кроці зростає ймовірність продуктивності команди. Це свідчить про

те, що, якщо згоду за способом дії досягнуто, ролі розподіляються та рішення стають ясними.

При збільшенні ймовірності стану “розподілення ролей” ймовірність стану “висока продуктивність” збільшується на 8-ому кроці. При зменшенні ймовірності даного стану збільшується ймовірність стану “цілеспрямованість”. Це свідчить про те, що якщо ролі в команді проекту розподілені невірні, то учасники команди знову повертаються до етапу визначення мети.

При збільшенні ймовірності $\pi_{6,7}$ на 8-ому кроці починає зростати ймовірність стану “орієнтування”. Це свідчить про бажання учасників команди проекту знову працювати разом. При зменшенні ймовірності $\pi_{6,7}$ на 10-ому кроці збільшується ймовірність стану довіри, а стан високої продуктивності зменшується на 11-ому кроці.

Таким чином, у статті розв’язано актуальне завдання, яке полягає в підвищенні ефективності проектів шляхом удосконалення процесів управління командою проекта на основі моделювання зміни станів командної поведінки протягом спільної роботи за допомогою марківського ланцюга та впровадження системи адаптивного набуття знань, що підвищує ефективність командної роботи протягом подальшого розвитку проекту. Математичний опис моделі командної поведінки 7 F’s марківськими ланцюгами дозволяє визначати параметри кількісних характеристик системи, а саме, зміни ймовірностей станів системи. Застосування марківської моделі дає змогу виявляти вплив кожного етапу командної поведінки під час формування та функціонування команди проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Communication management in social networks for the actualization of publications in the world scientific community on the example of the network researchgate [Text] / K. Kolesnikova, D. Lukianov, V Gogunskii, & etc. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2017. - № 4/3 (88). – P. 27-35. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108589
2. Колесникова, Е.В. Развитие теории проектного управления: закон Ю.Л. Воробьева о влиянии риска на успешность портфеля проектов / Е.В. Колесникова // Управління розвитком складних систем. – 2014. – №18. – С. 62-67
3. Oganov, A.V. Using the theory of constraints in implementing enterprise project management office / A.V. Oganov, V.D. Gogunsky // GESJ: Computer Sciences and Telecommunications. – 2013. – № 4 (40). – С. 59-65
4. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом : ГОСТ Р 54869-2011. – Введ. 01.09.12. – М. : Стандартинформ : Центр стандартиз. упр. проектами, 2011. – 10 с.
5. 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.
6. Representation of project systems using the markov chain / V. Gogunskii, O. Kolesnikov, G. Oborska, & etc. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 2/3 (86). – С. 60 – 65 doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97883>
7. Development the markovs model of the project as a system role communications team / D. Lukianov, K. Bepanska-Paulenko, V. Gogunskii, & etc. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 3/3 (87). – P. 12-21 doi: 10.15587/1729-4061.2017.103231

8. Колесникова, Е.В. Развитие теории проектного управления: закон Ю.Л. Воробьева о влиянии риска на успешность портфеля проектов / Е.В. Колесникова // Управління розвитком складних систем. – 2014. – №18. – С. 62-67
9. Чернега, Ю. С. Разработка модели деятельности инженера по охране труда с использованием цепей Маркова [Текст] / Ю. С. Чернега, В. Д. Гогунский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. № 5/3 (71). – С. 39 – 43. DOI 10.15587/1729-4061.2014.28016.
10. Development of the model of interaction among the project, team of project and project environment in project system / O. Kolesnikov, V. Gogunskii, K. Kolesnikova, D. Lukianov, T. Olekh // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. № 5/9 (83). – С. 20 – 26 doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80769>
11. Лукьянов, Д.В. Шу-Ха-Ри или компетентность по-японски / Д.В. Лукьянов, В.Д. Гогунский // Шляхи реалізації кредитно-модульної системи. – 2012. – № 6. – С. 117 – 120.
12. Олех, Т. М. Методы оценки проектов и программ [Текст] / Т. М. Олех, А. Г. Оборская, Е. В. Колесникова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – № 2 (39)–2012. – С. 213 – 220.
13. Гогунський, В.Д. Розробка моделі життєвого циклу наукових публікацій / В.Д. Гогунський, Т.О. Лященко, В.Ю. Васильєва // Управління розвитком складних систем 2015. - 24, 75-79
14. "Lifelong learning" is a new paradigm of personnel training in enterprises / V. Gogunskii, A. Kolesnikov, K. Kolesnikova, D. Lukianov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 4/2 (82). – Р. 4–10. doi: [10.15587/1729-4061.2016.74905](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.74905)
15. Вайсман, В. О. Сучасна концепція проектно-орієнтованого командного управління підприємством [Текст] / В. О. Вайсман, К. В. Колеснікова, В. В. Натальчишин // Сучасні технології в машинобудуванні. – Харків, НТУ «ХП», 2013. № 8. – С. 246 – 253
16. Вайсман, В. Нова методологія створення інноваційного розвитку проектно-керованих організацій [Текст] / В. Вайсман, В. Гогунський // Економіст. – 2011. - № 8 (298). – С. 11 – 13.
17. Колеснікова, К.В. Розвиток теорії проектного управління: обґрунтування закону ініціації проектів [Текст] // Управління розвитком складних систем. – 2013. - № 17. - С. 24 – 31.
18. Колесникова, Е. В. Трансформация когнитивных карт в модели марковских процессов для проектов создания программного обеспечения [Текст] / Е. В. Колесникова, А. А. Негри // Управління розвитком складних систем. – 2013. - №15. – С. 30 – 35.
19. Гогунский, В. Д. Марковская модель риска в проектах безопасности жизнедеятельности / В. Д. Гогунский, Ю. С. Чернега, Е. С. Руденко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – № 2 (41). – 2013. – С. 271 – 276.
20. Колеснікова, К.В. Розробка марківської моделі станів проектно керованої організації / К. В. Колеснікова. В. О. Вайсман, С. О. Величко // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. – Вип. 7. - Харків : ХТУ «ХП», 2012. – С. 217 – 222.
21. 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.
22. Колеснікова, К. В. Моделирование стратегического управления международной деятельностью университета / К. В. Колеснікова, С. М. Гловацька, С. В. Руденко // Проблеми техніки. - № 1. – 2013. – С. 95 – 101