УДК 539.3

РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТІ ДИСКРЕТНИХ СТАНІВ ДЛЯ СИСТЕМИ З ТРЬОМА ОДИНИЦЯМИ ТЕХНІКИ

Ю. Ковальчик, д. ф.-м .н., О. Говда, ст. викладач
Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Для вирішення проблеми технічного забезпечення процесів, зокрема будівництва об'єктів нерухомості, необхідно застосовувати методи і моделі, які зокрема дають змогу підвищити ефективність використання технічного потенціалу парку будівельної техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування математичних методів і моделей в управлінні проектами в будівельному комплексі для підвищення ефективності використання будівельної техніки є актуальною науково-практичною проблемою. В останніх дослідженнях зокрема розглядаються моделі розрахунку показників її продуктивності. Проте вони не враховують ймовірнісного характеру чинників, які впливають на процеси, що знижує точність моделювання. Тому була обґрунтована доцільність і методологія застосування випадкових марківських процесів у моделях визначення продуктивності будівельної техніки зі складанням математичної моделі [1].

Постановка задачі. У [1-3] обґрунтовано доцільність та методологію застосування випадкових марківських процесів у моделях визначення продуктивності будівельної техніки за управління проектами будівництва об'єктів нерухомості. Розглянуто модельний приклад для системи, утвореної з трьох одиниць об'єктів конфігурації. Записано всі можливі дискретні стани S_n (n = 1...8), в яких може перебувати зазначена система, побудовано графи станів S_n для неї і складено рівняння Колмогорова для відшукання ймовірностей p_i (i = 1...8) її перебування у кожному зі станів S_n. Як результат отримали систему:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dp_1}{dt} &= \mu_1 p_2 + \mu_2 p_3 + \mu_3 p_4 - (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) p_1,\\
\frac{dp_2}{dt} &= \lambda_1 p_1 + \mu_2 p_5 + \mu_3 p_6 - (\lambda_2 + \lambda_3 + \mu_1) p_2,\\
\frac{dp_3}{dt} &= \lambda_2 p_1 + \mu_1 p_5 + \mu_3 p_7 - (\lambda_1 + \lambda_3 + \mu_2) p_3,\\
\frac{dp_4}{dt} &= \lambda_3 p_1 + \mu_1 p_6 + \mu_2 p_7 - (\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_3) p_4,\\
\frac{dp_5}{dt} &= \lambda_1 p_3 + \lambda_2 p_2 + \mu_3 p_8 - (\lambda_3 + \mu_1 + \mu_2) p_5,\\
\frac{dp_6}{dt} &= \lambda_1 p_4 + \lambda_3 p_2 + \mu_2 p_8 - (\lambda_2 + \mu_1 + \mu_3) p_6,\\
\frac{dp_7}{dt} &= \lambda_2 p_4 + \lambda_3 p_3 + \mu_1 p_8 - (\lambda_1 + \mu_2 + \mu_3) p_7,\\
\frac{dp_8}{dt} &= \lambda_1 p_7 + \lambda_2 p_6 + \lambda_3 p_5 - (\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) p_8.
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Тут λ_i – інтенсивності потоків подій, що сприяють відмові i-тої одиниці техніки; μ_i – інтенсивності потоків подій “закінчення ремонту” i-тої одиниці техніки.

Виклад основного матеріалу. Щоб розв’язати рівняння Колмогорова та знайти ймовірності станів, передусім потрібно задати початкові умови. Природно припустити, що в момент часу t = 0,1 всі три одиниці техніки є справними, тобто розв’язуватимемо систему (1) за таких початкових умов:

$$p_1(0{,}1) = 1;\ p_2(0) = p_3(0) = p_4(0) = p_5(0) = p_6(0) = p_7(0) = p_8(0) = 0. \qquad (2)$$

Розглядатимемо інтенсивності відмов $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ як функції від часу. Функції інтенсивності відмов моделюють у вигляді $\lambda(t) = \lambda_0 \alpha t^{\alpha-1}$, де λ_0 і α – деякі числові параметри [7].

Для визначення параметрів λ_0 і α функції $\lambda(t)$ використаємо математично оброблені статистичні дані та метод найменших квадратів. Після знаходження параметрів функції $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ матимуть вигляд:

$$\lambda_1(t) = 850{,}8247 \cdot t^{-1{,}87437};\ \lambda_2(t) = 791{,}5901 \cdot t^{-1{,}84859};\ \lambda_3(t) = 812{,}7365 \cdot t^{-1{,}90739} \qquad (3)$$

Зробимо модельне припущення, що інтенсивність потоку подій, які сприяють виходу зі стану поломки, не залежить від часу, тобто знайдемо значення μ_1, μ_2 μ_3. На основі хронометражних спостережень за роботою вантажопідйомних кранів, що працювали в умовах підприємств Львівщини, зібрані та математично опрацьовані статистичні дані про згадані часткові функціональні показники (усунення технологічних відмов). Зокрема

$$\mu_1 = 2;\ \mu_2 = 2{,}25;\ \mu_3 = 2{,}5. \qquad (4)$$

Отримуємо систему (1) – систему диференціальних рівнянь з нелінійними коефіцієнтами $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$.

Отже, за початкових умов (2) і за відповідних значень технологічних показників $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$, μ_1, μ_2, μ_3 (3) та (4) розв'яжемо систему (1).

Систему (1) розв'язано чисельними методами за допомогою програмного пакету Maple. Подаємо табульовані функції розв'язку та їх графіки (див. рис.):

t	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
0,1	1	0	0	0	0	0	0	0
10,1	0,0050	0,0285	0,0250	0,0202	0,1412	0,1141	0,1001	0,5660
20,1	0,0782	0,1223	0,1091	0,0846	0,1706	0,1323	0,1181	0,1847
30,1	0,2315	0,1698	0,1530	0,1158	0,1122	0,0849	0,0766	0,0562
40,1	0,3914	0,1674	0,1520	0,1131	0,0650	0,0484	0,0439	0,0188
50,1	0,5225	0,1469	0,1342	0,0985	0,0377	0,0277	0,0253	0,0071
60,1	0,6218	0,1241	0,1139	0,0827	0,0227	0,0165	0,0152	0,0030
70,1	0,6958	0,1040	0,0958	0,0689	0,0143	0,0103	0,0095	0,0014
80,1	0,7513	0,0873	0,0808	0,0576	0,0094	0,0067	0,0062	0,0007
90,1	0,7935	0,0739	0,0686	0,0486	0,0064	0,0045	0,0042	0,0004
100,1	0,8260	0,0631	0,0587	0,0414	0,0045	0,0032	0,0029	0,0002

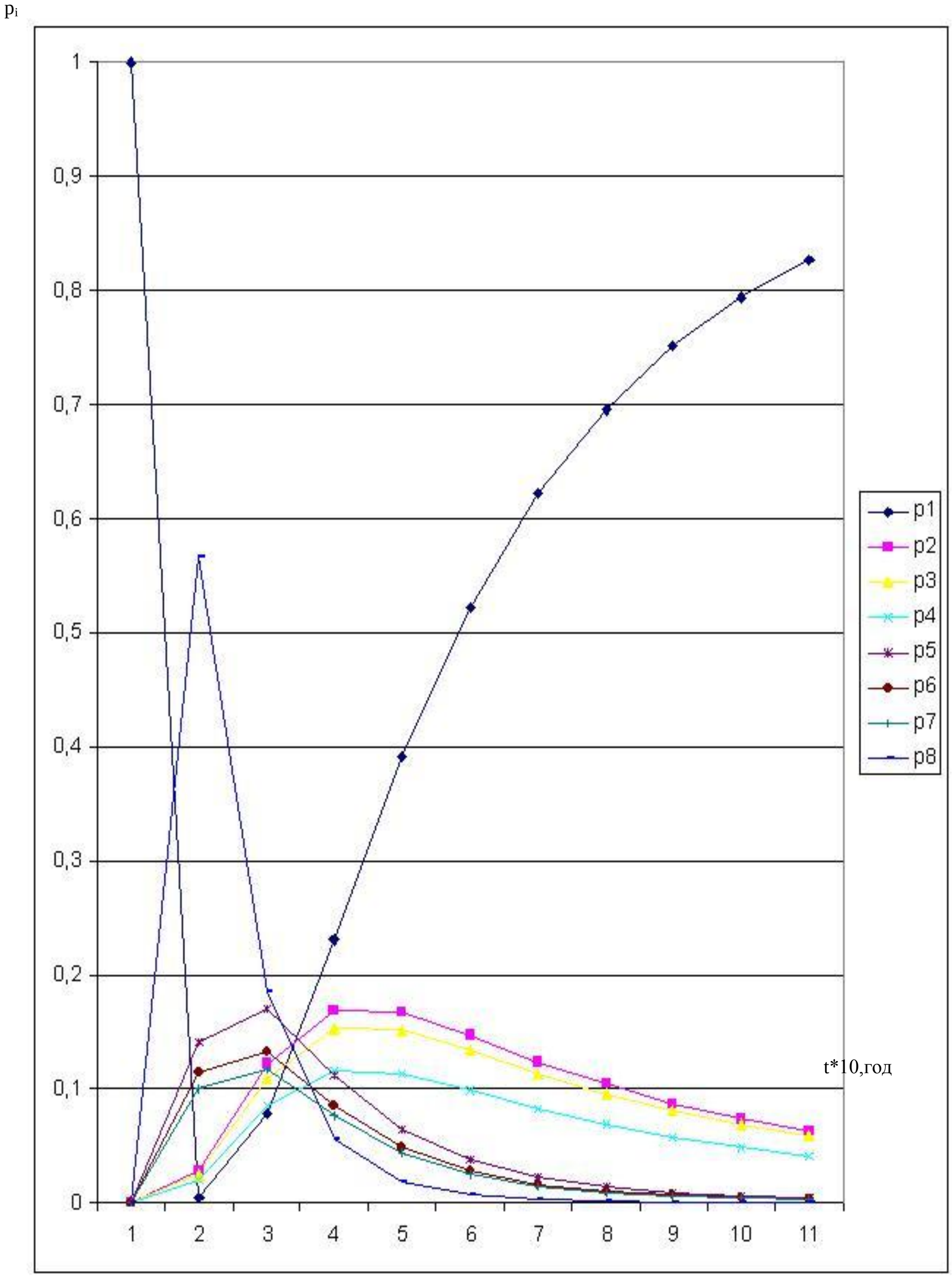

Рис. Графік ймовірностей станів системи.

Висновки. На основі співвідношень ймовірностей (див. рис.) встановлено, як суттєво різняться ймовірності станів системи з плином часу. Отримані розв'язки дають змогу за конкретних умов оцінити середню ефективність роботи системи будівельної техніки, оптимізувати кількість її одиниць, визначити показники продуктивності, розрахувати економічну ефективність.

Бібліографічний список

1. Вентцель Е.С. Исследование операций / Є.С. Вентцель. – М. : Высшая шк., 2001. – 208 с.

2. Ковальчик Ю. Використання випадкових марківських процесів в управлінні проектами збирання сільськогосподарської продукції / Ковальчик Ю., Ковалишин С., Тимочко В. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 1. – С. 57–59.

3. Ковальчик Ю. Випадкові марківські процеси в математичних моделях управління проектами будівництва об'єктів нерухомості в системі із трьома одиницями будівельної техніки / Ковальчик Ю., Говда О. // Вісник ЛНАУ : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2011. – № 12. – С. 17–24.

Ковальчик Ю., Говда О. Розрахунок ймовірності дискретних станів для системи з трьома одиницями техніки

Описано результати розрахунку ймовірності перебування системи трьох одиниць техніки у дискретних станах за управління проектами з врахуванням часової залежності інтенсивності відмов.

Ключові слова: управління проектами, конфігурація, дискретні стани, інтенсивність відмов.

Kovalchyk Y., Govda O. The calculation of discrete states probability of system with three units of techniques

The proposed calculation of probability being of the system of three unit of technics in the state in the project management and results are described.

Key words: project management, configuration, discrete states, intensities of rejections.

Ковальчик Ю., Говда О. Расчет вероятности дискретных состояний для системы с тремя единицами техники

Рассчитаны вероятности нахождения системы трех единиц строительной техники в дискретных состояниях при управлении проектами, учитывая зависимость интенсивностей отказа от времени.

Ключевые слова: управление проектами, конфигурация, дискретные состояния, интенсивности отказа.