

УДК 658.51:631.3

Розраховано ймовірності перебування системи трьох одиниць збиральної техніки у дискретних станах при управлінні проектами збирання сільськогосподарської продукції з урахуванням часової залежності інтенсивності відмов

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

Расчитаны вероятности нахождения системы трех единиц уборочной техники в дискретных состояниях при управлении проектами уборки сельскохозяйственной продукции, учитывая зависимость интенсивностей отказа от времени

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

РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТІ ДИСКРЕТНИХ СТАНІВ СИСТЕМИ З ТРЬОМА ОДИНИЦЯМИ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Ю.І. Ковальчик

Доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри*

Кафедра вищої математики
Контактний тел.: 097-436-61-28
E-mail: yurij.kovalchuk@gmail.com

О.І. Говда

Старший викладач*
Контактний тел.: 050-430-85-98
E-mail: oksana.govda@gmail.com

*Кафедра вищої математики

Львівський національний аграрний університет
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський р-н,
Львівська обл., Україна, 80381

1. Вступ

Для вирішення проблеми оптимального технічного забезпечення процесів виробництва сільськогосподарської продукції необхідно застосовувати методи і моделі, які дозволяють підвищити ефективність використання технічного потенціалу парку збиральної техніки.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Застосування математичних методів і моделей в управлінні проектами в агропромисловому комплексі для підвищення ефективності використання збиральної техніки є актуальною науково-практичною проблемою [1]. В останніх дослідженнях [1, 2], зокрема, розглядаються моделі розрахунку показників продуктивності збиральної техніки. Проте подібні моделі не враховують ймовірнісного характеру чинників, які впливають на процес збирання с/г продукції, що знижує точність моделювання.

3. Постановка задачі

У [3, 4, 5] обґрунтовано доцільність та методологію застосування випадкових марківських процесів у моделях визначення продуктивності збиральної техніки при управлінні проектами збирання сільськогосподарської продукції. Розглянуто модельний приклад для системи, утвореної із трьох одиниць збираль-

ної техніки. Можливі дискретні стани цієї системи: S_1 – усі три одиниці справні; S_2 – перша одиниця ремонтується, друга і третя є справними; S_3 – друга одиниця ремонтується, а перша та третя є справними; S_4 – третя одиниця ремонтується, а перша і друга є справними; S_5 – перша та друга одиниці ремонтуються, а третя є справною; S_6 – перша і третя одиниці ремонтуються, а друга є справною; S_7 – друга та третя одиниці ремонтуються, а перша є справною; S_8 – усі три одиниці ремонтується.

Припускаємо, що середній час ремонту одиниці збиральної техніки не залежить від того, чи ремонтується одна одиниця, чи кілька відразу. Також вважаємо, що, наприклад, перехід системи зі стану S_1 у стан S_5 можливий лише через стани S_2 , S_3 та S_4 . Тобто вважаємо, що всі одиниці виходять із ладу незалежно одна від одної, ймовірністю одночасного виходу їх із ладу нехтуємо.

Нехай система знаходиться в стані S_1 . Очевидно, що у стан S_2 її переводить потік подій, що сприяє відмові першої одиниці збиральної техніки. Його інтенсивність λ_1 рівна одиниці, що ділиться на середній час безвідмовної роботи першої одиниці техніки. У зворотному напрямку зі стану S_2 у стан S_1 систему переводить потік "закінчення ремонту" першої одиниці збиральної техніки. Його інтенсивність μ_1 рівна одиниці, що ділиться на середній час ремонту першої одиниці.

Аналогічно обчислюються інтенсивності потоків подій, що переводять систему із стану в стан. Переходи системи у різні стани зобразимо відповідним графом станів (рис. 1).

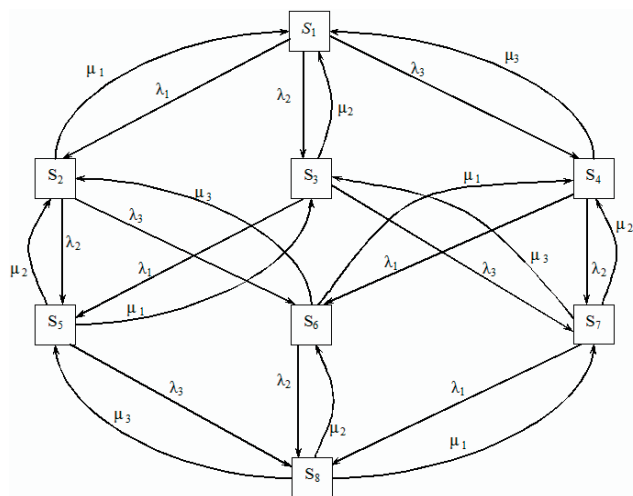


Рис. 1. Граф станів системи

Маючи розмічений граф станів (рис. 1), можна знайти всі ймовірності станів p_i як функції часу. Для цього складено систему із рівнянь Колмогорова для відшукування ймовірностей p_i ($i=1..8$) перебування даної системи у кожному із станів S_n [3, 4, 5]:

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

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

4. Виклад основного матеріалу

Щоб розв'язати рівняння Колмогорова та знайти ймовірності станів, передусім потрібно задати початкові умови. Якщо точно відомий початковий стан системи S_i , то прийемо, наприклад, що у момент часу $t=0,1$ $p_1(0)=1$, всі інші початкові ймовірності є рівними нулю.

У нашому випадку природньо припустити, що в момент часу $t=0,1$ всі три одиниці техніки є справними, тобто розв'язуватимемо систему (1) при таких початкових умовах:

$$p_1(0,1) = 1, p_2(0) = p_3(0) = p_4(0) = p_5(0) = p_6(0) = p_7(0) = p_8(0) = 0. (2)$$

Будемо розглядати інтенсивності відмов $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ як функції від часу. Це підтверджується даними спостережень [6]. 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 [6] та метод найменших квадратів. Після знаходження параметрів функції $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$, $\lambda_3(t)$ матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} \lambda_1(t) &= 850,8247 \cdot t^{-1,87437}, \\ \lambda_2(t) &= 791,5901 \cdot t^{-1,84859}, \\ \lambda_3(t) &= 812,7365 \cdot t^{-1,90739}. \end{aligned} (3)$$

Зробимо модельне припущення, що інтенсивність потоку подій, що сприяють виходу зі стану поломки не залежить від часу, тобто, знайдемо значення μ_1 , μ_2 , μ_3 . Для цього розглянемо конкретні марки зернозбиральних комбайнів. На сучасному на ринку України налічується велика кількість зернозбиральних комбайнів, які відрізняються як технічними, так і вартісними показниками [6]. На основі хронометражних спостережень за роботою зернозбиральних комбайнів, що працювали в умовах сільськогосподарських підприємств Львівщини, зібрані та математично опрацьовані статистичні дані про згадані часткові функціональні показники комбайнів (усунення технологічних відмов) [6]. Зокрема

$$\mu_1 = 2, \mu_2 = 2,25, \mu_3 = 2,5. (4)$$

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

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

Таблиця 1

Ймовірності перебування системи трьох одиниць збиральної техніки у дискретних станах у певні моменти часу

t	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
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

Систему (1) розв'язано чисельними методами за допомогою програмного пакету Maple. Подаємо табульовані функції розв'язку (табл. 1) та їх графіки (рис. 2):

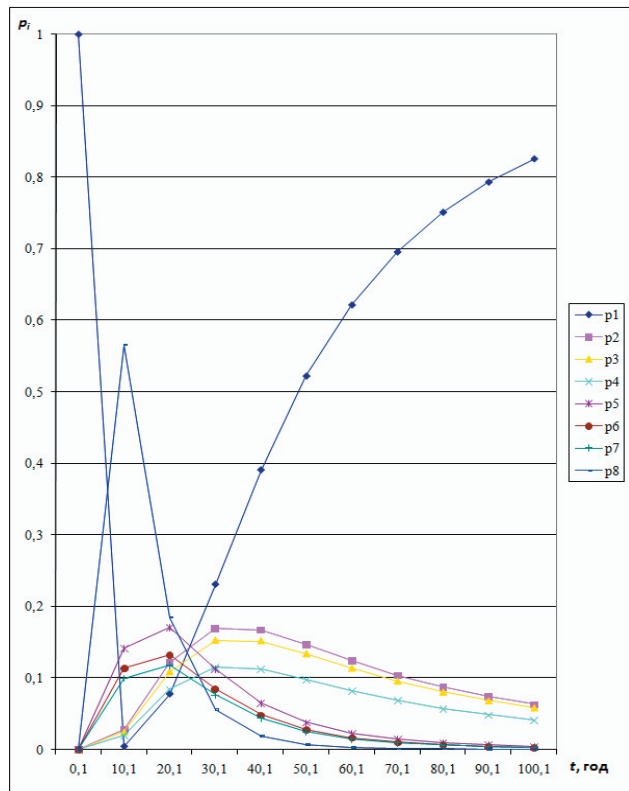


Рис. 2. Графік ймовірностей станів системи

На основі співвідношень ймовірностей на рис. 2 встановлено як суттєво відрізняються ймовірності станів системи з плином часу. Отримані розв'язки дозволяють за конкретних умов збирання сільськогосподарської продукції оцінити середню ефективність роботи системи збиральної техніки, оптимізувати кількість її одиниць, визначати показники продуктивності, розрахувати економічну ефективність.

5. Висновки

Показано, що на різних проміжках часу ймовірності перебування системи трьох одиниць у відповідних дискретних станах суттєво відрізняються. Зокрема,

Abstract

The given article is dedicated to the improvement of determination method of the efficiency of functioning of the system with discrete states. It is offered the application of Markov processes for the determination of appropriate states probability, in which the system can be.

The model example is considered. In particular, the system composed of three units of harvesting techniques is considered. The states of the corresponding system are being analyzed. The graph of the states is made up. The probability of state i is the probability of the fact that the system will be in the state S_i in the instant t . The state probabilities can be found as time functions. For this the system of eight differential equations with eight unknown functions is obtained.

The intensities of events flow appear in the system. They cause the rejection of unit i of harvesting techniques and the intensities of events flow after "finishing of repairing" of unit i of harvesting techniques. The intensities of rejections as time function are considered.

The system is solved using numerical methods.

The probabilities of finding the system in the discrete states are calculated. The tabulated solution functions and their graphs are given. It is shown how the probabilities of states depending on time change

Keywords: project management, configuration, discrete states, intensities of rejections

встановлено, що p_1 - ймовірність того, що всі три одиниці збиральної техніки будуть справними - є найбільшою, хоч і достатньо швидко зменшується, у перші 10 годин роботи системи. У наступні 20 годин роботи значення цієї ймовірності досягає свого мінімуму. Після 30-и годин роботи системи p_1 знову швидко зростає, значно перевищуючи ймовірності інших станів, ймовірності інших станів мають в перші 20-40 годин роботи системи зростаючий характер, після чого поволі спадають.

Література

1. Сидорчук, О. Імітаційна модель роботи зернозбирального комбайна впродовж сезону [Текст] / О. Сидорчук, В. Тимочко, Є. Ціп // Вісник ЛДАУ : агроінженерні дослідження. – 2001. – №5. – С.17-26.
2. Тимочко, В. Відображення моделлю проекту збирання врожаю зернових культур у сільськогосподарському підприємстві [Текст] / В. Тимочко // Вісник ЛНАУ : агроінженерні дослідження.- 2009. - №13. – С.43-51.
3. Вентцель, Е.С. Исследование операций [Текст] / Е.С.Вентцель – М. : Высшая школа, 2001. – 208 с.
4. Ковальчик, Ю. Використання випадкових марківських процесів в управлінні проектами збирання сільськогосподарської продукції [Текст]/ Ю. Ковальчик, С. Ковалишин, В.Тимочко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – №1. – С.57-59.
5. Ковальчук, Ю. Випадкові марківські процеси в математичних моделях управління проектами будівництва об'єктів нерухомості в системі із трьома одиницями будівельної техніки [Текст] / Ю. Ковальчук, О. Говда // Вісник ЛДАУ: архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2011. – №12. – С.17-24.
6. Сидорчук, Л. Ідентифікація конфігурації парку комбайнів у проектах систем централізованого збирання ранніх зернових культур [Текст] : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н : 6.06.2008 / Л. Сидорчук; [Львівський державний аграрний університет]. – М., 2008. – 18 с.
7. Васілевський, О.М. Нормування показників надійності технічних засобів [Текст] / О. М.Васілевський, В. О. Поджаренко : ВНТУ, 2010. – 129 с.