

оптимізації.

Ключевые слова: паралельные вычисления, модель акторов, генетический алгоритм, оптимізація, сочлененное транспортное средство.

К. Варвас

МЕТОД ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ З МОДЕЛЛЮ АКТОРІВ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЗЧЛЕНОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

У статті досліджено застосування моделі акторів для керування гальмівним моментом коліс зчленованого транспортного засобу в разі виникнення перекидального маневру. Для розрахунку відповідних гальмівних моментів, які відновлюють стабільність кожного колеса, використано чисельну модель зчленованого транспортного засобу й проведено її динамічну оптимізацію. Для проведення оптимізації необхідно отримати рівняння руху, які має бути вирішено на кожному кроці оптимізації, що потребує багато часу. Тому для прискорення обчислень запропоновано паралельні обчислення з використанням моделі акторів системи. Модель акторів системи реалізовано в генетичному алгоритмі. У статті досліджено генетичний алгоритм з системою акторів й отримано результати динамічної оптимізації.

Ключові слова: паралельні обчислення, модель акторів, генетичний алгоритм, оптимізація, зчленований транспортний засіб.

УДК 629.5.016

Шапран Ю. Є., Трофименко І. В.

МЕТОД СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРА ПОТОКУ ВІДМОВ АГРЕГАТИВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СУДНОВИХ КОМПЛЕКСІВ ЗА ДАНИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Запропонований підхід статистичного оцінювання й прогнозування параметра потоку відмов агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами за даними експлуатаційних спостережень дає можливість сформулювати керування технічним станом агрегатів суднових комплексів, що є суттєвим під час вирішення завдання забезпечення заданого рівня надійності складних систем такого типу.

Ключові слова: статистичне оцінювання, прогнозування параметра потоку відмов, системи автоматичного керування, експлуатаційні спостереження.

Актуальність. Аналіз засвідчив, що в сучасних умовах розвитку морського флоту одним із найважливіших напрямків забезпечення заданого рівня безпеки є автоматизація керування судновими комплексами. Під час розроблення та проектування автоматичних систем керування судновими комплексами виникає необхідність розроблення методу статистичного оцінювання й прогнозування параметра потоку відмов агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами за даними експлуатаційних спостережень.

Аналіз останніх публікацій. Дослідження й аналіз наявної теорії надійності дають можливість зробити висновок про недосконалість методів статистичного оцінювання й прогнозування параметра потоку відмов агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами за даними експлуатаційних спостережень. Наукові дослідження в цьому напрямку мають важливе значення для аналітичного забезпечення керування технічним станом агрегатів систем автоматичного керування судновими комплексами за рівнем надійності. Відомо, що теорія надійності виникла як результат спроби розв'язання задач забезпечення заданого рівня надійності складних технічних систем. Вирішенню цих питань присвячено літературу [1–7], проте реалізація положень теорії надійності в кожному конкретному випадку потребує вдосконалення підходів та методів стосовно особливостей конкретної галузі застосування.

Метою статті є доведення результатів щодо вдосконалення методу статистичного оцінювання й прогнозування параметра потоку відмов агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами за даними експлуатаційних спостережень.

Виклад матеріалу. Для ілюстрації методу подамо його у вигляді такої послідовності операцій з додатковим поясненням стосовно методик, способів та прийомів, передбачених цим методом:

1. Збір статистичних даних про відмови та несправності агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами j -го типу, виявлених протягом i -го періоду експлуатації, підготовка вихідних даних для оцінювання параметра потоку відмов. Вихідними даними є: n_{ϕ_j} – фактична кількість відмов та несправностей агрегатів j -го типу, виявлених протягом i -го періоду експлуатації (тривалістю 6 місяців); t_{Σ_i} – сумарний наробіток агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами протягом i -го періоду експлуатації; N_i – штатна кількість суден; a_j – кількість агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами j -го типу на одному судні; K_{c_i} – середній коефіцієнт справності судна протягом i -го періоду експлуатації.

2. Визначення середнього наробітку Δt_i одного агрегату системи автоматичного керування судновими комплексами протягом i -го періоду експлуатації в умовах достовірних спостережень:

$$\Delta t_i = \frac{t_{\Sigma_i}}{N_i \cdot K_{c_i} \cdot a_j} \quad (1)$$

3. Визначення фактичного значення параметра потоку відмов \hat{z}_{ϕ_j} агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами j -го типу за i -й період експлуатації за виразом (2):

$$\hat{z}_{\phi_j} = \hat{z}_{\phi_j}(t, \Delta t) = \frac{n_{\phi_j}(t, \Delta t)}{t_{\Sigma_i} \cdot a} = \frac{n_{\phi_j}(t, \Delta t)}{N_i(t, \Delta t) \cdot a \cdot \Delta t_i \cdot K_{c_i}} \quad (2)$$

де $n_{\phi_j}(t, \Delta t)$ – фактична кількість відмов та несправностей за i -й контрольний період експлуатації, од.; t_{Σ_i} – сумарний наробіток за період, год; $N_i(t, \Delta t)$ – штатна кількість суден, од.; a – кількість однотипних виробів на одному судні, од.; Δt_i – середній наробіток одного виробу за період, год; $\hat{E}_{\bar{n}_i}$ – середній коефіцієнт справності цього типу суден за період [1].

Використання виразу (1) в цьому разі відповідає непараметричним методам оцінювання, що застосовують за умов відсутності апріорної інформації про вид закону

розподілу наробітку на відмову агрегатів САУ СЕУ.

4. Перевіряють виконання умови $\Delta t_i = 50$ год за 6 місяців експлуатації.

5. У разі, коли $\Delta t_i \neq 50$ год, визначають наведене значення оцінки параметра потоку відмов $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$ агрегатів САУ СЕУ j -го типу за i -й період експлуатації для умов $\Delta t_i = 50$ год.

Визначення наведеного значення $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$ здійснюють за номограмою, побудованою за результатами імітаційного моделювання.

Статистичну імітаційну модель використано для проведення багатofакторного машинного експерименту з метою кількісного оцінювання впливу на характеристики процесу технічної експлуатації (ПТЕ) таких факторів:

інтенсивності експлуатації K_I ;

параметра потоку відмов агрегата САУ СЕУ z , год⁻¹;

календарних термінів проведення періодичного обслуговування $\tau_{ПО}$, год;

календарних термінів проведення робіт зі зберігання $\tau_{збер.}$, год.

З обраних параметрів x_p , $p = \overline{1,4}$ ($x_1 = K_I$, $x_2 = z$, $x_3 = \tau_{ПО}$, $x_4 = \tau_{збер.}$) утворимо вектор контрольованих входів $\bar{X} = \|x_1, x_2, x_3, x_4\|^T$ для побудованої імітаційної моделі, які називають факторами [2].

Вектор \bar{X} являє собою точку в просторі змінних x_j , $j = 1, 2, \dots, p$ (у факторному просторі). Проведемо експеримент з побудованою моделлю, змінюючи на свій розсуд значення (рівні) обраних факторів.

Позначимо: i -номер досліду ($i = 1, 2, \dots, N$); $\bar{x}_i = \|x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}\|$ – комплекс умов i -го досліду, x_{ij} – рівень j -го фактору в i -му досліді.

Параметри, що розраховують під час моделювання, утворюють вектор характеристик $Y^{<R>}(T)$, компоненти якого $y_r(T)$ ($r = \overline{1,13}$) у свою чергу є скалярними величинами. Складемо план експерименту з побудованою імітаційною моделлю ПТЕ агрегата САУ СЕУ. План експерименту являє собою набір координат точок в обраному факторному просторі ($x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{1p}$), ($x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{2p}$), ($x_{n1}, x_{n2}, x_{n3}, x_{np}$), у яких буде проведено досліді.

Якщо досліджують p факторів і j -й фактор має q рівнів, то кількість комбінацій рівнів факторів дорівнюватиме $N = q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_p$. За великої кількості факторів p та рівнів (значень) квантування кожного з них q_j застосовують насичені та наднасичені плани проведення імітаційних експериментів.

У зв'язку з тим що загальна кількість факторів, що досліджують, $p < 5$, складемо план повного факторного експерименту (ПФЕ). Відомо [3], що повний факторний експеримент полягає в реалізації всіх можливих комбінацій p -факторів на q -рівнях кожний.

Центром плану обрано набір координат точок факторного простору, що відповідає реальному ПТЕ

$$\bar{x}_0 = \| K_I = 0,0016, z = 6,82 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}, \tau_{ПО} = 68 \text{ год}, \tau_{збер.} = 720 \text{ год} \|. \quad (3)$$

У результаті здійснення наведеного вище плану експериментів з розробленою імітаційною моделлю отримано матрицю спостережень розмірністю $[(r+p) \times 3888]$, де $r = \overline{1,13}$, $p = \overline{1,4}$. Елементами матриці спостережень є: x_{ji} – значення j -го фактора ($j = \overline{1,p}$) в i -му досліді, y_{ri} – значення r -ї характеристики ПТЕ в i -му досліді, де $N = 3888$ – кількість дослідів, $p = 4$ – кількість факторів.

Під час проведення аналізу результатів експерименту виявлено наявність залежності між факторами K_I та z . Згідно з прийнятими методами визначення параметра потоку відмов

агрегатів за незмінних значень параметра потоку відмов, що відображає закладений під час розроблення та забезпечення при виробництві рівень безвідмовності [6].

За результатами експерименту побудовано номограму для визначення параметра потоку відмов z агрегатів САУ СЕУ (рис. 1).

Необхідність визначення $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$ для умов $\Delta t_i = 50$ год за 6 місяців експлуатації обумовлена таким: якщо $\Delta t_i < 50$ год за 6 місяців експлуатації, необхідно враховувати вплив інтенсивності експлуатації на статистичну оцінку параметра потоку відмов, про що свідчать результати імітаційного моделювання; якщо $\Delta t_i > 50$ год за 6 місяців експлуатації, вплив інтенсивності експлуатації на статистичну оцінку параметра потоку відмов не є суттєвим, але здійснення прогнозу параметра потоку відмов за допомогою методів статистичного аналізу часових рядів передбачає аналіз часового ряду, побудованого через однакові проміжки часу (наробітку) Δt_i .

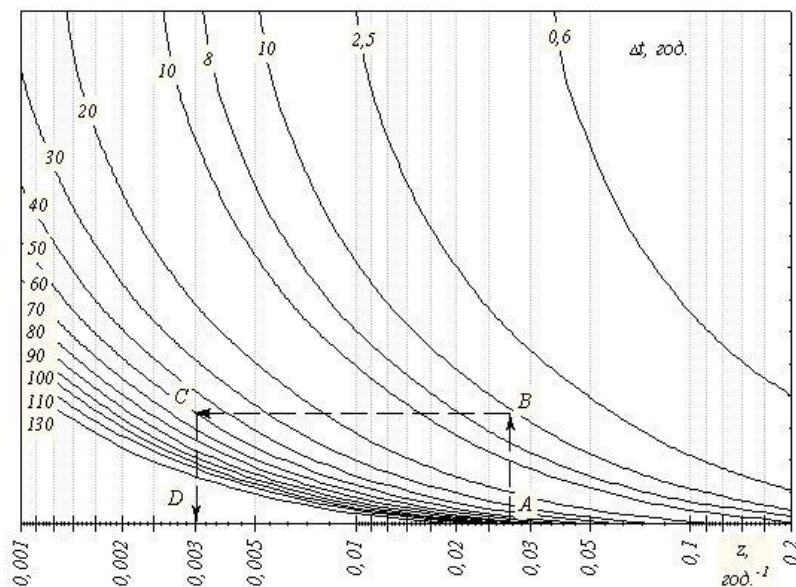


Рисунок 1. Номограма залежності параметра потоку відмов агрегатів САУ СЕУ від наробітку за період експлуатації

6. Здійснюють побудову й попередній аналіз часового ряду значень оцінки параметра потоку відмов $\hat{z}_{\phi_{ij}}$ (або $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$). Необхідними етапами попереднього аналізу є перевірка статистичних гіпотез: гіпотези про наявність тренду, гіпотези про нормальність розподілу значень оцінки параметра потоку відмов $\hat{z}_{\phi_{ij}}$ (або $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$).

7. Здійснюють ідентифікацію й оцінку параметрів моделі авторегресії та ковзного середнього часового ряду $\hat{z}_{\phi_{ij}}^{np}$, перевірку адекватності підбраної моделі. Для ідентифікації параметрів моделі застосовують методи аналізу автокореляційної та часткової автокореляційної функцій часового ряду. Оцінку параметрів моделі здійснюють за допомогою методів зважених найменших квадратів для лінійних моделей та методами максимізації правдоподібності для нелінійних моделей.

8. Здійснюють прогнозування часового ряду $\hat{z}_{\phi_{ij}}$, визначення заданого значення параметра потоку відмов $\hat{z}_{\phi_{ij}}$ агрегатів САУ СЕУ j -го типу для $(i+1)$ -го періоду експлуатації

за результатами прогнозування.

Висновки. Запропонований підхід статистичного оцінювання й прогнозування параметра потоку відмов агрегатів системи автоматичного керування судновими комплексами за даними експлуатаційних спостережень дає можливість сформулювати керування технічним станом агрегатів САУ СЕУ, що є суттєвим під час вирішення завдання забезпечення заданого рівня надійності складних систем такого типу.

Використання номограми для уточнення статистичних оцінок параметра потоку відмов дало можливість побудувати часовий ряд значень даного показника у класичному вигляді та виконати прогнозування показника з використанням комбінованої моделі авторегресії й проінтегрованого ковзного середнього. У результаті прогнозу виявлено нестационарність характеру функції параметра потоку відмов залежно від наробітку, що може бути ознакою поступового старіння виробу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барлоу Р. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р. Барлоу, Ф. Прошан ; пер. с англ. И. А. Ушакова. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
2. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх; пер. с англ. Е. Г. Коваленко. – М.: Мир, 1984. – 318 с.
3. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. – М.: Наука, 1965. – 524 с. – (Серия: “Физико-математическая библиотека инженера”).
4. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / [Скрипник В. М., Назин А. Е., Приходько Ю. Г., Благовещенский Ю. Н.]. – М.: Радио и связь, 1988. – 184 с.
5. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности / Яков Борисович Шор. – Издательство “Советское Радио”, 1962. – 552 с.
6. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / [В. С. Королюк, Н. И. Портенко, А. В. Скороход, А. Ф. Турбин]. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
7. Павленко А. Г. Алгоритм статистичного контролю надійності бортового обладнання літальних апаратів військового призначення при нестабільних умовах спостережень / Павленко А. Г., Соловйов В. І., Хижун В. В. // Тези доповідей та виступів на наук.-практ. конф. “Актуальні проблеми розвитку авіаційної техніки”. – К.: ДНДІА України, 2011. – С. 81.

Y. Shapran, I. Trofimenko

STATISTICAL METHODS OF ASSESSMENT AND PREDICTION PARAMETERS FLOW FAILURE UNITS AUTOMATIC CONTROL SYSTEM SUDOVIIH COMPLEXES ACCORDING TO THE PERFORMANCE OF OBSERVATION

The proposed approach of statistical estimation and prediction of the failure flow parameter units of the system of automatic control of ship complexes according to the performance of observations allows to generate control the technical condition of units of ship systems, which is essential to solve the problem to ensure the specified level of reliability of complex systems of this type.

Keywords: *statistical estimation, prediction of the failure flow parameter, the automatic control system, operational monitoring*