

УДК 629.7.067.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.041821

І. О. ПАДАЛКА¹, аспірант;

Д. О. ПАРХОМЕНКО², канд. техн. наук;

О. В. ЩЕНЯКІН³, провідний наук. співробітник,

¹ Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький

² Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба

³ Науково-дослідний центр ракетних військ і артилерії, Суми

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОСОБЛИВИХ ВИПАДКІВ У ПОЛЬОТІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ДІАГНОСТИЧНИХ ДАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

Запропоновано підхід до оцінювання ефективності системи прогнозування особливих випадків у польоті на основі аналізу діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна. Прогнозування особливих випадків у польоті є основним завданням параметричного діагностування технологічного обладнання повітряного судна. Для розв'язання цього завдання розроблено метод прогнозування особливих випадків у польоті на основі виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна. Для виявлення аномальних послідовностей пропонується використовувати гібридну стохастичну модель.

Ключові слова: безпека польотів; особливі випадки в польоті; параметрична діагностика; прогнозування; аномальна послідовність; часовий ряд; темпоральний патерн.

Вступ

Аналіз досвіду експлуатації авіаційної техніки свідчить про те, що однією з основних причин негативних наслідків особливих випадків у польоті є неправильні або несвоєчасно прийняті рішення. Для прийняття ефективних рішень потрібно забезпечення повною, достовірною та якісною інформацією про стан елементів і всіх систем у цілому, а також прогнозування їхнього технічного стану, що є основним завданням параметричного діагностування технологічного обладнання повітряного судна.

Постановка проблеми. Вихідна інформація подається у вигляді часових рядів (ЧР) даних, одержуваних від давачів первинної інформації. Аномальні стани і їхні передвісники подаються у вигляді відрізків ЧР — аномальних темпоральних патернів (ТП), які потрібно виявляти в потоці даних. Прогнозування появи аномальних ТП у даних, які описують поведінку складних технологічних процесів, обтяжується тим, що вимірювання виконуються в різних режимах роботи та за різних умов із наявністю шумів та завад [1]. Для розв'язання цього завдання запропоновано метод прогнозування особливих випадків у польоті на основі виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна (рис. 1). Потрібно оцінити ефективність системи прогнозування особливих випадків у польоті на основі аналізу діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна.

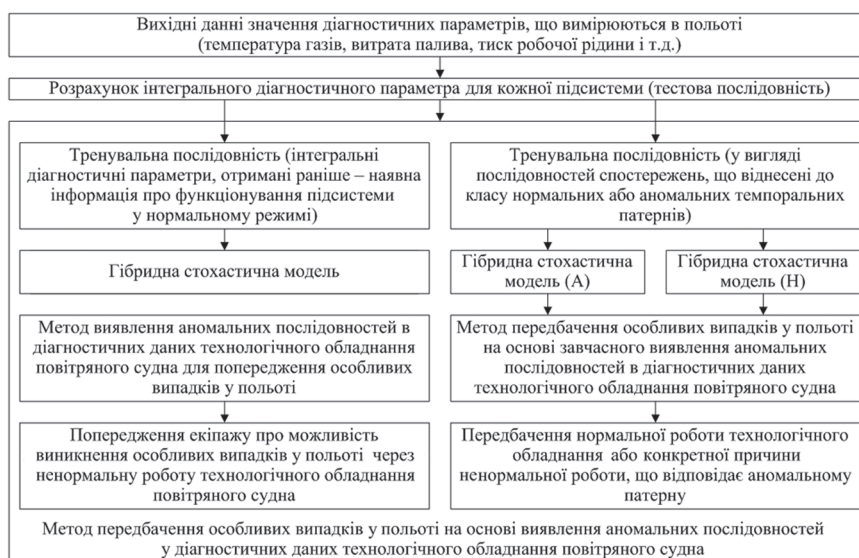


Рис. 1. Метод передбачення особливих випадків у польоті на основі виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна

© І. О. Падалка, Д. О. Пархоменко, О. В. Щенякін, 2020

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найвні підходи до виявлення аномалій можна згрупувати у дві категорії — «з учителем», або на основі класифікації, і «без учителя». Підходи «з учителем» навчаються на маркованих прикладах, що належать до класів нормальних або аномальних ТП, і потім у процесі роботи здійснюється класифікація тестових зразків [2-5]. Методи детектування аномалій із категорії «без вчителя» будують темпоральний профіль у вигляді моделі, яка описує нормальний розвиток процесу, і потім перевіряють імовірність того, що вхідний тестовий зразок був породжений саме цією моделлю [6; 7].

Формулювання мети статті. Метою статті є оцінювання ефективності запропонованого методу прогнозування особливих випадків у польоті на основі виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна.

Основна частина

У процесі порівняння різних методів, які забезпечують розрахунки однакових за змістом параметрів керування повітряним судном, показник ефективності методів природно вибрати, виходячи з підвищення ефективності їх застосування. Однак безпосереднє вимірювання такого показника неможливо. Тому як основні параметри показника ефективності методу передбачення особливих випадків у польоті на основі виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна можна взяти оперативність прийнятих рішень та їх достовірність [8].

Під оперативністю слід розуміти можливість прийняти рішень за час, не більший від заданого. Показник оперативності $P_{оп}$ — імовірність того, що рішення буде прийнято за час, що забезпечує його реалізацію, залежить від наявного часу $t_{наяв}$ і потрібного часу $t_{потр}$:

$$P_{оп} = 1 - e^{-\frac{t_{наяв}}{t_{потр}}} . \quad (1)$$

Оцінити оперативність прийняття рішень можна на основі експериментальних досліджень, аналітично або із застосуванням методів імітаційного моделювання. Експериментальне оцінювання $P_{оп}$, природно, можливе лише за умов реальної експлуатації пілотажно-навігаційного комплексу (ПНК) повітряного судна на основі використання системи підтримання прийняття рішень (СППР) в умовах зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих впливів. На етапі проектування інтелектуалізованого ПНК доцільніше застосувати аналітичні методи оцінювання $P_{оп}$. При цьому залежно від наявності вихідної інформації про часові характеристики задач керування можуть бути використані або нечіткі, або ймовірнісні моделі розрахунку. У першому випадку за вихідні дані береться експертна інформація, у другому — статистичні дані про характеристики задач.

На відміну від оперативності, яка визначається фізично очевидними і безпосередньо вимірюваними значеннями тривалості етапів керування, достовірність D — складне і набагато менш досліджене поняття. Особливого практичного значення набуває оцінювання достовірності в інтелектуальних СППР, в яких система формує можливі варіанти рішень, а остаточне рішення ухвалює людина і несе повну відповідальність за наслідки від його реалізації. Існує кілька підходів до оцінювання достовірності прийнятих рішень: варіантний метод, метод оцінювання за зовнішнім критерієм (критерієм ефективності керованої системи), імовірнісний метод.

У варіантному методі якість рішень оцінюється відношенням кількості рішень із припустимою якістю до загальної можливої кількості рішень. Як правило, кількість варіантів рішень задається із суб'єктивних міркувань, тому оцінювання ймовірності D не є об'єктивним.

Метод оцінювання за зовнішнім критерієм засновано на визначенні ступеня наближення вибраного рішення до оптимального за значенням критерію ефективності керованої системи. Щоб оцінити якість рішення за цим методом, необхідно, по-перше, знати ефективність системи при різних варіантах рішень щодо її керування. Це вимагає значних організаційних і часових витрат. По-друге, потрібно знати ефективність системи при оптимальному рішенні, що можна визначити тільки за кінцевими результатами функціонування системи.

В імовірнісному методі якість рішень визначається як імовірність вибору оптимального рішення. Тобто даний метод також припускає знання оптимального рішення. Крім того, якість унікальних рішень неможливо визначити як імовірність вибору оптимального рішення, оскільки унікальні рішення не є масовими.

У роботі проведено імітаційне моделювання на тренажері повітряного судна А-320 для оцінювання дій екіпажу щодо прийняття рішення з усунення негативних наслідків особливих випадків у польоті. Використовувалось штатне обладнання тренажера А-320 та додатковий персональний комп'ютер, на якому встановлено запроповану СППР. Під час імітаційного моделювання на тренажері інструктором вводились особливі випадки. Оцінювалось два показника ефективності дій екіпажу: вимірювався

час реакції екіпажу на особливі випадки та групою експертів оцінювалась достовірність прийнятого рішення (імовірність правильно прийнятого рішення).

Скориставшись здобутими даними моделювання, розрахуємо оперативність прийняття рішень екіпажем повітряного судна із застосуванням запропонованої СППР за формулою (1). Оперативність становитиме $P_{оп} = 0,98$, що на 16% більше, ніж у разі вирішення зазначених завдань із використанням штатного обладнання.

Проведено порівняльний аналіз достовірності прийнятих рішень із застосуванням запропонованої СППР та без застосування СППР. Нині вимоги нормативних документів декларують 75 – 80% правильно прийнятих рішень екіпажем щодо усунення нештатних ситуацій. За результатами моделювання можна дійти висновку, що підвищення показників ефективності системи керування повітряного судна досягнуто. Це забезпечує ефективність усунення негативних наслідків особливих випадків у польоті та дає можливість підвищити достовірність прийняття рішень екіпажем повітряного судна на 14%.

Порівняння оперативності та достовірності прийнятих рішень екіпажем повітряного судна з різним ступенем автоматизації унаочнює рис. 2.

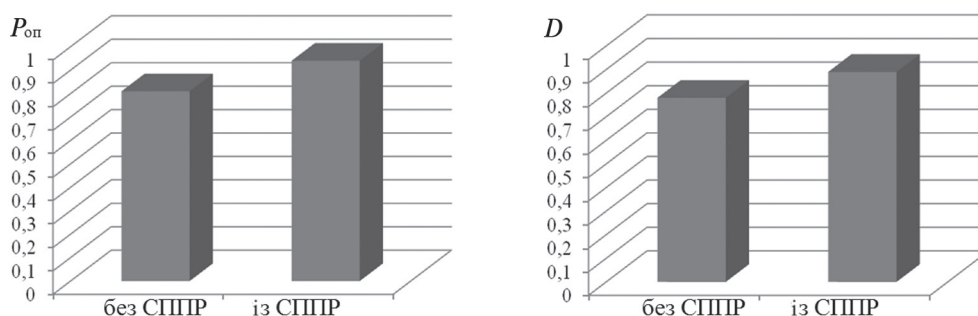


Рис. 2. Порівняння оперативності та достовірності прийняття рішень екіпажем повітряного судна з різним ступенем автоматизації

Висновки

У роботі запропоновано підхід до оцінювання ефективності системи прогнозування особливих випадків у польоті на основі аналізу діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна. Здобуті дані моделювання діяльності екіпажу повітряного судна показали, що з використанням запропонованої інформаційної технології оперативність прийняття рішень становила 0,98, що на 16% більше, ніж у разі вирішення зазначених завдань із застосуванням штатного обладнання. Коефіцієнт достовірності в цьому разі становив 0,94, що на 14% більше, ніж у разі розв'язання зазначених завдань без використання запропонованої СППР.

Список використаної літератури

1. Chandola V., Arindam Banerjee, Vipin Kumar. Anomaly detection: a survey // ACM Computing Surveys. 2009. P. 1–72.
2. Joshi M. V., Agarwal R. C., Kumar V. Predicting rare classes: can boosting make any weak learner strong? // Proceedings of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining ACM. New York, NY, USA, 2002. P. 297–306.
3. Chawla N. V., Japkowicz N., Kotcz A. Editorial: special issue on learning from imbalanced data sets // SIGKDD Explorations 6 (1). 2004. P. 1–6.
4. Steinwart I., Hush D., Scovel C. A classification framework for anomaly detection // Journal of Machine Learning Research 6. 2005. P. 211–232.
5. Tajbakhsh A., Mohammad Rahmati, Abdolreza Mirzaei. Intrusion detection using fuzzy association rules // Applied Soft Computing 9 (2). 2009. P. 462–469.
6. Xu X., Wang X. N. Adaptive network intrusion detection method based on PCA and support vector machines // ADMA 2005, Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI 3584. 2005. P. 696–703.
7. Jha S., Tan K., Maxion R. Markov chains, classifiers, and intrusion detection // Proceedings of the Computer Security Foundations Workshop (CSFW). 2001, June.
8. Obidin D. The concept of functional stability for complex intellectual control systems // Zbornik prispevkov z medzinárodného vedeckého seminára «Riadenie bezpečnosti zložitých systémov». 18–22 februára 2013. Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených sil generála Milana Rastislava Štefánika, 2013. Str. 68–73.

И. О. Падалка, Д. А. Пархоменко, О. В. Щенякин

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСОБЫХ СЛУЧАЕВ В ПОЛЕТЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Предложен подход к оценке эффективности системы прогнозирования особых случаев в полете на основе анализа диагностических данных технологического оборудования воздушного судна. Прогнозирование особых случаев в полете является основной задачей параметрического диагностирования технологического оборудования воздушного судна. Для решения этой задачи предложен метод прогнозирования особых случаев в полете на основе выявления аномальных последовательностей в диагностических данных технологического оборудования воздушного судна. Для выявления аномальных последовательностей предлагается использовать гибридную стохастическую модель.

Ключевые слова: безопасность полетов; особые случаи в полете; параметрическая диагностика; прогнозирование; аномальная последовательность; временной ряд; темпоральный паттерн.

I. Padalka, D. Parkhomenko, O. Shchenyakin

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FORECASTING SYSTEM FOR SPECIAL CASES IN FLIGHT BASED ON THE ANALYSIS OF DIAGNOSTIC DATA OF THE AIRCRAFT TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

The paper proposes an approach to assessing the effectiveness of the forecasting system for special cases in flight based on the analysis of diagnostic data of the aircraft technological equipment. Prediction of special cases in flight is the main task of parametric diagnostics of aircraft technological equipment. To solve this problem, on-board automated monitoring, diagnostics and control of on-board equipment, unloading and information support of the crew make it possible to measure a large number of parameters of the aircraft technological equipment and obtain arrays of such information in digital form. It is proposed to process the received information using the method of predicting special cases in flight based on the identification of abnormal sequences in the diagnostic data of the aircraft technological equipment. To identify anomalous sequences, it is proposed to use a hybrid stochastic model based on the combination of Markov and production models that use temporal rules to refine the transition probabilities between process states. Due to the inclusion of refining production rules in the model, the probability of describing random processes that are not Markovian increases, and it also becomes possible to integrate a priori expert knowledge into the model, which is very important for predicting special cases in flight. It is proposed to evaluate the effectiveness of the forecasting system by two criteria: the efficiency and reliability of the decisions made by the aircraft crew. In the robot, a simulation was carried out on the simulator of a winding ship A-320 for evaluating the situation as well as taking decisions from the negative inheritance of particular types of problems in the country.

Keywords: flight safety; special cases in flight; parametric diagnostics; forecasting; anomalous sequence; time series; temporal pattern.

