

Висновки. Таким чином, при збиранні субмоделей у часткову модель ПЗ проводиться їх рекомпозиція з використанням методу згортки, що приводить до зменшення розмірності моделі. Пропонований метод дозволяє згортати не лише ділянки моделі, що покриваються більш простими модифікаціями мереж Петрі, для яких доведені бездефектні властивості. Правила, визначені у методі згортки, дозволяють згортати і складні конструкції, в яких переплітаються паралельні потоки, цикли та вершини контролю.

При практичному застосуванні методу зменшення розмірності досягає 30%, що значно спрощує імітаційне дослідження та аналіз динамічних властивостей побудованих моделей. Разом з тим всі суттєві конструкції, пов'язані з паралелізмом чи конкуруючими процесами залишаються у моделях програмних компонентів і дозволяють аналітичними методами проводити виявлення явних та прихованих помилок у частковій моделі та моделі програмної системи в цілому.

Список використаних джерел

1. Suprunenko O. Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 4 (112). P. 74–82. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239212.
2. Глогодза Д. К. Застосування методу інваріантів до аналізу кольорових мереж Петрі із дедлоками. *Вісник НТУУ КПІ. Інформатика, управління та обчислювальна техніка*. 2016. № 64. С. 38–46.
3. Genovese F. R. The Essence of Petri Net Gluings. URL: https://www.researchgate.net/publication/335712908_The_Essence_of_Petri_Net_Gluings (accessed 27.11.2021).
4. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределённых систем с объектной структурой. Москва: Научный мир, 2004. 208 с.
5. Jensen K., Rozenberg G. High-Level Petri Nets: Theory and Application. Springer Science & Business Media, 2012. 724 p.
6. Супруненко О. О., Гребенович Ю. Є. Інструментальні засоби компонентно-орієнтованого моделювання програмних систем та PN-патерни: монографія. Черкаси: Видавець Чабаненко Ю.А., 2022. 82 с.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ ДО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ПАРАЛЕЛІЗМОМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ МОДЕЛІ МІКРОСЕРВІСУ

Супруненко О. О., Онищенко Б. О., Недоноско П. М.

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, Україна

Анотація. Мета дослідження полягає у доведенні ефективності застосування комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом на прикладі програмного мікросервісу. Завдання роботи – побудова імітаційної моделі мікросервісу та її аналіз, виявлення недоліків у функціонуванні мікросервісу, формування проектних рішень без функціональних недоліків. Об'єктом дослідження є імітаційна модель мікросервісу з паралелізмом; предметом дослідження є функціональні недоліки та варіанти їх усунення. Методи досліджень: компонентно-орієнтоване моделювання, мережі Петрі, комбінований підхід до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом. Результати досліджень полягають у застосуванні комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом для визначення динамічних властивостей моделі мікросервісу, що дозволяють виявити функціональні недоліки у моделі, побудувати проектні рішення для їх усунення, перевірити динамічні властивості запропонованих рішень.

Ключові слова: мережі Петрі, імітаційна модель мікросервісу, комбінований підхід до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом, функціональні недоліки, динамічні властивості.

PECULIARITIES OF APPLICATION OF COMBINED APPROACH TO SIMULATION OF SOFTWARE WITH PARALLELISM IN THE RESEARCH OF THE MICROSERVICE MODEL

Suprunenko O., Onyshchenko B., Nedonosko P.

The Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

Abstract. The purpose of the research is to prove the effectiveness of a combined approach to software simulation with parallelism on the example of software microservice. The task of the work is to build a simulation model of a microservice and to analyze it, to identify deficiencies in the functioning of the microservice, to form design solutions without functional deficiencies. The object of research is a simulation model of microservice with parallelism; the subject of research is functional deficiencies and options for their elimination. Research methods are: component-oriented modeling, Petri nets, a combined approach to software simulation with parallelism. The results of the research are to apply a combined approach to software simulation with parallelism to determine dynamic properties of the microservice model, to identify functional defects in the model, to build design solutions for their elimination, to check dynamic properties of the proposed solutions.

Keywords: Petri nets, simulation model of microservice, combined approach to software simulation with parallelism, functional defects, dynamic properties.

Вступ. Застосування комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмних засобів (ПЗ) з паралелізмом [1] передбачене у двох варіантах – при проектуванні програмних засобів з паралелізмом [2] та при перевірці вже існуючих програмних проектів. У роботі представлені результати експериментального застосування комбінованого підходу до задачі аналізу моделі мікросервісу, який складається з кількох компонентів.

Мета роботи – дослідження ефективності комбінованого підходу до імітаційного моделювання ПЗ з паралелізмом на прикладі програмного засобу, який має невелику кількість тісно зв'язаних компонентів.

Постановка проблеми. При побудові та дослідженні моделей програмних засобів потрібно враховувати велику кількість елементів та їх параметрів, які пов'язані з функціонуванням та результатами роботи. Важливо перевірити модель мікросервісу на наявність прихованих помилок, а також проаналізувати процеси, що приводять до небажаного користувацького досвіду. При виявленні недоліків та помилок у моделі важливо сформулювати проектні рішення, які пройдуть необхідні перевірки та дозволять подолати виявлені недоліки.

Розв'язання проблеми. Для аналізу функціонування мікросервісу відеодзвінків на основі мереж Петрі побудована модель (рисунок 1), на якій відображені етапи перевірки та підключення трьох категорій користувачів до відеодзвінка, зареєстрованих користувачів сервісу; гостей, які користуються сервісом але не зареєстровані; а також гостей, які не мають доступу до сервісу (зовнішніх гостей). Також описаний процес перебування у сеансі відеодзвінка та коректного виходу з сеансу всіх категорій користувачів. При імітаційному моделюванні використовувалась початкова розмітка моделі: $\mu_0(p_0) = 5$ та $\mu_0(p_{16}) = 2$.

При інваріантному аналізі [3] початкової моделі мікросервісу з'ясувалось, що вершин переходів t_{22} та t_{23}) не покриті ненульовими складовими у T-інваріанті, що свідчить про порушення властивості живості. Також за T-інваріантами були виявлені проблеми у вершинах переходів $t_{24} - t_{28}$. При аналізі P-інваріантів ненульовими значеннями не покриті елементи, пов'язані з вершинами місць p_{12} та p_{13} , що пояснюється порушенням збережуваності розмітки, це підтверджено і при імітаційному моделюванні.

Для послідовного аналізу виділених проблем побудована модель була розділена на три субмоделі, кожна з яких відображала окрему проблему. Субмоделі проаналізовані та запропоновані рішення, які дозволили подолати виявлені проблеми. При проведенні аналізу та рекомпозиції субмоделей у цілісну модель (рисунок 1) розмір моделі був зменшений на 35% (потужність множини вершин переходів |T|). Запропоновані рішення повністю

«покриті» ненульовими складовими Р- та Т-інваріантів, що доводить їх живість, обмеженість та зберезуваність [3]. Також були дотримані умови повної керованості моделі, що є важливим показником якості пропонуваніх проектних рішень.

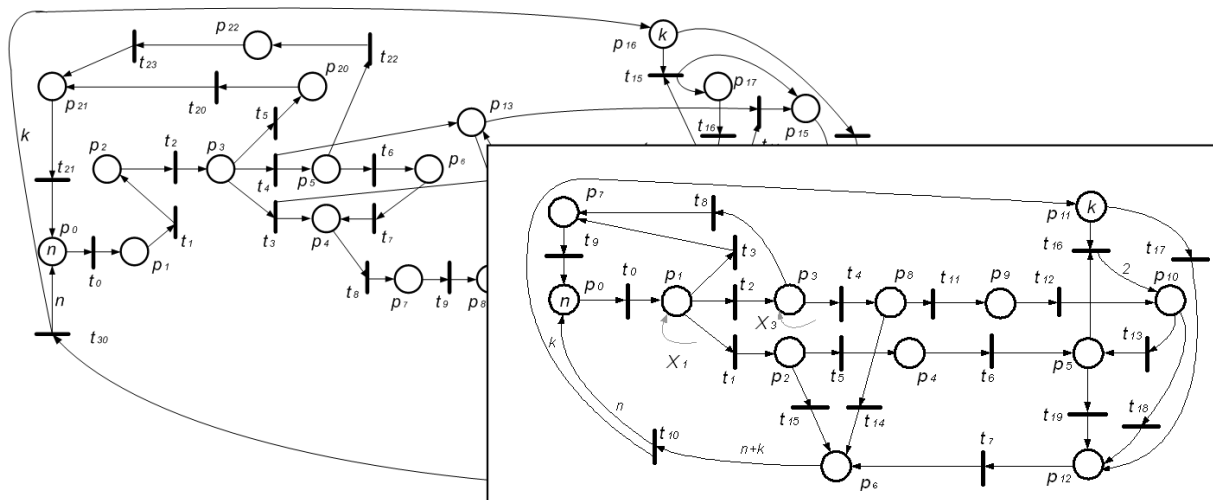


Рисунок 1 – Початкова та перетворена моделі мікросервісу відеодзвінків

Висновки. Таким чином, при використанні комбінованого підходу до імітаційного моделювання програмних засобів з паралелізмом на прикладі мікросервісу вдалося виявити потенційні конфліктні ситуації, провести їх поетапний аналіз та запропонувати збалансовані проектні рішення, які підвищують надійність роботи ПЗ, зменшують витрати на його обслуговування. Конфліктні ситуації виявлені на основі аналізу динамічних властивостей побудованих моделей, який дозволяє не тільки виявити недоліки моделі, а й визначити їх локалізацію для побудови проектних рішень та перевірки їх на відсутність явних та прихованих помилок.

Список використаних джерел

1. Suprunenko O. Combined approach architecture development to simulation modeling of systems with parallelism. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 4(112). P. 74–82. doi: 10.15587/1729-4061.2021.239212.
2. Лук'янова О. О. Про компонентне моделювання систем із паралелізмом. *Наукові записки НаУКМА*. 2012. Т. 138. С. 47–52.
3. Супруненко О. О., Онищенко Б. О., Гребенович Ю. Є. Аналіз прихованих помилок у моделях програмних систем на основі мереж Петрі. *Електронне моделювання*. 2022. Т. 44. № 2.

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПІДГОТОВКИ ПІЛОТІВ ЗА ЗМІНОЮ КУТА ТАНГАЖУ ПІД ЧАС ПОЛЬОТУ

Грищенко Ю.¹, Романенко В.¹, Заліський М.¹, Фурсенко Т.²

¹Національний авіаційний університет, Київ, Україна

²Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, Україна

Анотація. У статті розглядається система керування літаком ергатичного типу. Основна увага зосереджена на оцінці якості підготовки пілотів на основі аналізу зміни параметрів польоту літака. Зокрема, розглядаються особливості обробки даних щодо кута тангажу. Дані вимірювань розглядаються як випадкова величина та отримані на повному тренажері Ан-148 з відмовами та без, а також на основі розшифровок фактичних польотів літака В-737. У роботі виконаний синтез методів виявлення наявності складних відмов обладнання літака. Синтез виконувався на основі критерію Неймана-Пірсона, а також оптимального критерію Байєса. Аналіз запропонованого методу засвідчив підвищення ефективності якості пілотування та зменшення середньої помилки прийняття рішення щодо стану ергатичної системи.

Ключові слова: випадковий процес; якість техніки пілотування; детектор; людський фактор.

METHOD OF EVALUATION OF THE QUALITY OF PILOT TRAINING BY CHANGING THE TANGING ANGLE DURING THE FLIGHT

Hryshchenko Yu.¹, Romanenko V.¹, Zaliskyi M.¹, Fursenko T.²

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

²Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, Ukraine

Abstract. The paper deals with the control system of ergatic aircraft. The main attention is paid to evaluation of the quality of pilot training using flight data processing. Measurement data are considered as a random variable and obtained on a full simulator An-148 with and without failures, as well as on the basis of transcripts of actual flights of the aircraft B-737. The paper presents the synthesis of methods for detecting complex failures of aircraft equipment. The synthesis is performed on the basis of Neyman-Pearson criterion and optimal Bayesian criterion. The analysis of the proposed method has shown an increase in the efficiency of piloting quality and a decrease in the average error of decision-making on the state of ergatic system.

Keywords: random process; quality of piloting technique; detector; human factor.

Вступ. Аналіз льотних почерків за параметрами польоту на комплексному тренажері літака з відключеним впливом доквілля показав, кожен пілот має свій почерк. Випадкові функції зміни параметрів польоту за креном та тангажем при польоті можна ідентифікувати за належністю конкретному пілоту. Поява детермінованої складової є ознакою зміни льотного почерку у разі впливу негативних факторів на пілота. В результаті раніше проведених досліджень на тренажері КТС Ан-148 було встановлено, що без відмов або з одиночними відмовами статистичний розподіл кута крену не суперечить нормальному закону розподілу [1].

Мета роботи – підвищення якості функціонування ергатичної системи управління повітряним судном на основі прийняття рішення щодо зміни кута тангажу.

Постановка задачі дослідження. При одночасному дії більше двох серйозних відмов статистичний розподіл кута крену не суперечить узагальненому розподілу Вейбулла. Наведені у роботах [1, 2] результати аналізу трендів зміни кута крену показали наявність детермінованої синусоїдальної складової у випадку дії складних відмов. Тому необхідно також перевірити наявність детермінованої складової у трендах зміни тангажу при простих та складних польотах.