Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000582

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-02-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Симець Іван Ігорович

2. Symets Ivan

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 121

Назва наукової спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Дата захисту: 16-06-2022

Спеціальність за освітою: 121 Інженерія програмного забезпечення

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 21

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.07

Тема дисертації:

1. Моделі і методи прогнозування та аналізу надійності технічних систем з урахуванням процесу розробки ПЗ

2. Models and methods of prediction and analysis of technical systems reliability considering the software development process

Реферат/анотація:

1. У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу у галузі інженерії програмного забезпечення – підвищення достовірності прогнозування та оцінювання показників надійності програмно-апаратних систем шляхом удосконалення відповідних моделей надійності та створення методів і засобів автоматизації їх побудови. В першому розділі розглянуто основні поняття, критерії та показники надійності програмних систем. Представлено детальний опис моделей надійності ПЗ та їх особливостей. Аналіз показав, що зростання складності програмно-апаратних систем вимагає розроблення і вдосконалення моделей надійності з підвищенням ступеня їх адекватності. Практичне використання певних методів і моделей є дещо ускладнене і пов’язане з розв’язанням задач великої розмірності та складними розрахунками, які унеможливлюють виконання даних робіт вручну, оскільки зростає імовірність помилки при побудові та аналізі таких моделей, відповідно цей процес потребує спеціальних методів автоматизації. Розглянуто використання моделі на основі ланцюгів Маркова вищого порядку, як засобу для підвищення

достовірності оцінки показників надійності ПЗ, оскільки дана модель враховує передісторію виконання попередніх модулів програмної системи. Також, розглянуто методи прогнозування дефектності програмного забезпечення на основі метрик коду. У другому розділі описано розроблені методи для автоматизації подання процесу Маркова вищого порядку еквівалентним процесом першого порядку з додатковими віртуальними станами та для визначення функції працездатності для Марковських моделей надійності ПЗ. Використання розроблених методів дозволяє автоматизувати процес використання відповідних моделей надійності, зменшує вплив людського фактора, і, відповідно, знижує ймовірність внесення помилки при використанні даних методів і моделей та підвищує достовірність оцінки надійності. Для демонстрації практичного використання та перевірки розробленого методу подання Марковського процесу вищого порядку його було реалізовано та апробовано на прикладі оцінки надійності програмного забезпечення польотів наносупутників CubeSat. Дане дослідження спрямоване на визначення того, як зміниться інтенсивність відмови програмної системи під час оцінки за допомогою традиційних ланцюгів Маркова безперервного часу, а також ланцюгів Маркова другого і третього порядку. Значення розраховані за допомогою моделей другого та третього порядку, не є сумою чи усередненням кривих першого порядку. За результатами дослідження стало очевидно, що ланцюги Маркова вищого порядку дають змогу значно підвищити точність оцінки надійності складних програмних систем як за рівнем відмов, так і за критерієм залежності від часу. У розділі, також, описано визначені комбінаторні формули, які дозволяють визначити максимальну і мінімальну кількість станів системи із загального простору станів, а також окремі формули для визначення максимальної і мінімальної кількості працездатних станів і станів простою із загальної множини для системи із n елементів і r відновлень. Дані формули дозволяють швидко оцінити можливий простір станів системи із відомими значеннями n і r без використання спеціальних технічних засобів. Третій розділ спрямовано на удосконалення моделей прогнозування дефектності ПЗ шляхом використання методів машинного навчання для вибору метрик, які найбільше впливають на дефектність модулів ПЗ, та розроблення методу класифікації модулів ПЗ за дефектністю на основі використання стекового ансамблю нейронних мереж. Усі дослідження було виконано за допомогою мови програмування Python, бібліотеки Scikit-learn і нейромережної бібліотеки Keras. На основі результатів дослідження побудовано модель дефектності ПЗ з використанням обмеженої множини метрик коду, отриманих як найважливіші метрики та регресійного методу. Розроблено метод класифікації модулів ПЗ за дефектністю на основі метрик коду з використанням стекового ансамблю нейронної мережі на основі радіально-базисних функцій, рекурентної нейронної мережі та мережі довгої короткочасної пам'яті. У четвертому розділі для автоматизованого використання, тестування і верифікації розроблених методів було спроєктовано та розроблено відповідне програмне забезпечення. Програмне забезпечення для автоматизації подання Марковського процесу вищого порядку у вигляді еквівалентного процесу першого порядку з додатковими віртуальними станами реалізовано за допомогою бібліотеки ReactJS (для візуалізації графа було використано бібліотеку react-d3-graph) і мови програмування JavaScript. Програмний засіб для розрахунку надійнісних характеристик складних технічних систем на основі функції працездатності дозволяє візуально представити функціонування і взаємодію модулів системи та на їх основі визначити функцію працездатності системи, побудувати граф станів і переходів, визначити та розв'язати систему диференціальних рівнянь і визначити певні показники надійності. Тестування розробленого ПЗ продемонструвало високий рівень швидкодії при моделювання.

2. The thesis paper solved the relevant scientific and applied task in the sphere of software engineering - increase prediction reliability and estimation of reliability indicators of software and hardware systems by improving related models of reliability and creating methods and tools of automation their producing. The first chapter: The software systems' basic concepts, criteria, and reliability indicators are examined in the first chapter. A detailed description of software reliability models and their features is presented. The analysis showed that the growing complexity of software and hardware systems requires developing and improving reliability models with an increasing degree of their sufficiency. The practical use of certain methods and models is somewhat complicated and is related to large-scale problems solving and complex calculations that make it impossible to perform these

tasks manually since the probability of error in producing and analyzing such models increases, so this process requires special automation methods. Using the model based on high-order Markov chains was considered a means to increase the authenticity of the indicators evaluation reliability software, as this model considers the background of previous software modules. Also, methods for predicting software defects based on code metrics were considered (defect means the presence or absence of software defects in the proper software module). These predicting methods of software defects allow developers to identify defects based on available software indicators and thus improve the quality of software. As the literature analysis has shown, the available approaches have certain imperfections: insufficiently high prediction accuracy; there is no consensus on the impact of software code metrics on its quality indicators, and in particular, reliability; the question of defining the set of metrics of program code that most correlate with indicators of its quality. The second chapter described the developed methods for automation the representation of a higher-order Markov process by an equivalent first-order process with additional virtual states and determining the working function (condition) for Markov software reliability models. The use of developed methods allows to automate the process of using appropriate reliability models, reduces the impact of the human factor, and, accordingly, reduces the probability of errors entering in the use of these methods and models and increases the authenticity of reliability evaluation. The CubeSat nanosatellite's flights on the software reliability example evaluation were realized and tested to demonstrate the practical use and verification of the developed method of presenting a higher-order Markov process. This study aims to determine how the failure rate of the software system will change during the evaluation using traditional Markov chains of continuous-time, as well as Markov chains of the second and third-order. As a result of the study, it was demonstrated that higher-order Markov chains could significantly increase the accuracy reliability evaluation of complex software systems both in failure rate and time dependence. The chapter also describes certain combinatorial formulas that allow to determine the maximum and the minimum number of system states from the total state space and individual formulas for determining the maximum and the minimum number of operational states and idle states from the full set for a system of n elements and r renewal. These formulas allow you to quickly estimate the possible state space of the system with known values of n and r without the use of special technical means. The third chapter aims to improve software defect prediction models by using machine learning methods to select the metrics that most affect software modules' defects and develop a method of classifying software modules by defect based on the use of a stacking ensemble of neural networks. Based on the results of the study, a software defect model was produced using a set of code metrics obtained as the most important features and regression method. A classifying method of software modules by defects based on code metrics using a neural network stack ensemble has been developed. In the fourth chapter, appropriate software was designed and developed for the automated use, testing, and verification of the developed methods. Software to automate the representation of the higher-order Markov process as an equivalent first-order process with additional virtual states was implemented using the ReactJS library and JavaScript as a Web application. Software for calculating the reliability characters of complex technical systems based on the efficiency functions allows to represent the operation and interaction of system modules and on their basis to determine the function of the system. Testing of the developed software has shown that the developed software gives a high performance level.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Yakovyna, V. S., Seniv, M. M., Symets, I. I., & Sambir, N. B. (2020). Algorithms and software suite for reliability assessment of complex technical systems. Radio Electronics, Computer Science, Control, (4), 163–177.

https://doi.org /10.15588/1607-3274-2020-4-16
- 2. Yakovyna, V. S., Seniv, M. M., Lytvyn, V. V., & Symets I. I. (2019). Програмний модуль розв'язування систем диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена для автоматизації надійнісного проектування. Науковий вісник НЛТУ України, 29(5), 141-146. https://doi.org/ 10.15421/40290528.
- 3. Яковина, В. С., Сенів, М. М., & Симець, І. І. (2019). Засоби автоматизованого формулювання умов працездатності складних технічних систем. Науковий вісник НЛТУ України, 29(9), 136-141. https://doi.org/ 10.36930/40290924.
- 4. Vitaliy Yakovyna, Ivan Symets. A method of high-order Markov chain representation through an equivalent first-order chain for software reliability assessment // Комп'ютерні системи та інформаційні технології. – 2021. – № 3. – С. 66–73. https://doi.org/10.31891/CSIT-2021-5-9
- 5. Vitaliy Yakovyna, Ivan Symets. Towards a software defect proneness model: feature selection // Прикладні аспекти інформаційних технологій. – 2021. – Vol. 4, № 4. – P. 354–365. https://doi.org/10.15276/aait.
- 6. Яковина, В. С., & Симець, І. І. (2021). Прогнозування дефектів програмного забезпечення ансамблем нейронних мереж. Науковий вісник НЛТУ України, 31(6), 104-111. https://doi.org/10.36930/40310616.
- 7. Yuriy Bobalo, Maksym Seniv, Vitaliy Yakovyna, Ivan Symets Method of Reliability Block Diagram Visualization and Automated Construction of Technical System Operability Condition // Advances in Intelligent Systems and Computing III, vol 871. Springer, Cham. P. 599-610. https://doi.org/ 10.1007/978-3-030-01069-0_43.
- 8. Yakovyna, Vitaliy, Ivan Symets. 2021. "Reliability Assessment of CubeSat Nanosatellites Flight Software by High-Order Markov Chains." Procedia Computer Science 192: 447–56. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.046.
- 9. Yuriy Bobalo, Maksym Seniv, Ivan Symets Algorithms of automated formulation of the operability condition of complex technical systems // Perspective technologies and methods in MEMS design (MEMSTECH'2018) : pros. of XIV-th Intern. Conf., 18-22 april 2018, Lviv - Polyana, Ukraine. – P. 220-224
- 10. Maksym Seniv, Vitaliy Yakovyna, Ivan Symets Software for visualization of reliability block diagram and automated formulation of operability conditions of technical systems// Perspective technologies and methods in MEMS design (MEMSTECH'2018) : pros. of XIV-th Intern. Conf., 18-22 april 2018, Lviv - Polyana, Ukraine. – P. 191-195.
- 11. Yuriy Bobalo, Vitaliy Yakovyna, Maksym Seniv, Ivan Symets. Technique of automated construction of states and transitions graph for the analysis of technical systems reliability. // Proceedings of the 13th International scientific and technnical conference CSIT-2018, 11-14 September 2018. – Lviv, Ukraine 2018. – P. 314.
- 12. Vitaliy Yakovyna, Maksym Seniv, Ivan Symets. Techniques of Automated Processing of Kolmogorov – Chapman Differential Equation System for Reliability Analysis of Technical Systems. // Proceedings of the 15th Intern. Conf. on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM'2019, 26 February – 2 March, 2019. – Lviv–Polyana, Ukraine 2019.
- 14. Yakovyna, V., Seniv, M., Symets, I. The Relation between Software Development Methodologies and Factors Affecting Software Reliability // Proceedings of IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), CSIT 2020, 23-26 Sept. 2020. - Zbarazh, Ukraine. - 377 - 381; https://ieeexplore.ieee.org/document/9321937

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0118U000261 0121U109527 0122U000960

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яковина Віталій Степанович

2. Vitaliy Yakovyna

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0133-8591

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пукас Андрій Васильович

2. Andrii V. Pukas

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0230-9741

Додаткова інформація: Web of Science Researcher ID: G-6284-2011;
http://www.scopus.com/inward/authorDetails.url?authorID=8339656100&partnerID=MN8TOARS;
https://scholar.google.com.ua/citations?user=d3LVjQcAAAAJ&hl=uk&oi=sra

Повне найменування юридичної особи: Західноукраїнський національний університет

Код за ЄДРПОУ: 33680120

Місцезнаходження: вул. Львівська, буд. 11, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46009, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Говорущенко Тетяна Олександрівна

2. Tetiana O. Hovorushchenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7942-1857

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження: вул. Інститутська, буд. 11, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Теслюк Василь Миколайович
2. Vasyl Teslyuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ізонін Іван Вікторович
2. Ivan V. Izonin

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9761-0096

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Федасюк Дмитро Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Федасюк Дмитро Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Журавчак Любов Михайлівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна