

РЕФЕРАТ

Актуальність теми. В сучасному світі все більш поширеними стають автоматизовані або й повністю автоматичні системи. Керування ними покладається на спеціальний вузол – систему керування. В ряді випадків можуть ставитися підвищені вимоги як до їх надійності, так і до їх продуктивності, через що такі системи доцільно виконувати на базі відмовостійких багатопроцесорних систем. Розробнику потрібен інструмент для оцінки надійності створюваної ним системи. Оцінка параметрів надійності відмовостійких багатопроцесорних систем, а особливо систем керування є непростю задачею, особливо, коли система є небазовою, тобто, стійкою до одних відмов деякої кратності та нестійкою до інших відмов тієї ж кратності. Розрахунок параметрів надійності таких систем може бути виконано шляхом проведення статистичних експериментів із моделями їх поведінки в потоці відмов, в якості котрих можуть бути застосовані GL-моделі. Проте, існуючі методи дозволяють будувати лише базові GL-моделі, які для випадку небазових систем мають бути відповідним чином модифіковані. Існуючі методи модифікації GL-моделей мають ряд недоліків, тому створення нових способів побудови небазових GL-моделей є актуальною задачею.

Об'єктом дослідження є GL-моделі поведінки відмовостійких багатопроцесорних систем в потоці відмов, методи їх побудови та використання для розрахунку параметрів надійності таких систем.

Предметом дослідження є способи модифікації MBR-моделей для побудови GL-моделей небазових відмовостійких багатопроцесорних систем.

Мета роботи: на базі існуючих методів побудови базових GL-моделей отримання способу побудови GL-моделей небазових відмовостійких багатопроцесорних систем, які базуватимуться на циклічних графах.

Методи дослідження: методи булевої алгебри, теорії графів, комбінаторного аналізу та теорії множин.

Наукова новизна полягає в наступному:

1. Запропоновано спосіб об'єднання виразів реберних функцій декількох MBR-моделей.
2. Запропоновано спосіб розширення набору реберних функцій MBR-моделей до заданої кількості.
3. Розроблено алгоритм побудови небазових GL-моделей на основі комбінації виразів реберних функцій MBR-моделей.

Практична цінність отриманих в роботі результатів полягає в тому, що запропонований спосіб побудови небазових GL-моделей дозволяє отримувати моделі поведінки в потоці відмов для небазових відмовостійких багатопроцесорних систем, які в подальшому можуть бути використані для розрахунку параметрів їх надійності. При цьому граф моделі залишається циклічним, на відміну від моделей, отриманих деякими з існуючих методів. Це дозволяє спростити крок оцінки зв'язності графу. Розроблений алгоритм дозволяє будувати GL-моделі небазових систем відповідно до їх опису.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були представлені та обговорювались на XVI науково-практичній конференції магістрантів та аспірантів "Прикладна математика та комп'ютинг" ПМК-2023 (Київ, 28-30 листопада 2023р.), 3-й Міжнародній науково-практичній конференції «SOCIETY AND SCIENCE: INTERCONNECTION» (Порто,

Португалія, 16-18 листопада, 2023 р.), а також 4-й Міжнародній науково-практичній конференції «Diversity and Inclusion in Scientific Area» (Варшава, Польща, 26-28 березня, 2024 р.).

Публікації:

1. Романкевич В.О., Морозова А.В., Крайносвіт А.А. Спосіб побудови небазових GL-моделей на базі комбінації реберних функцій базових моделей // Прикладна математика та комп'ютинг. ПМК-2023: Шістнадцята наукова конференція магістрантів та аспірантів, Київ, 28-30 листопада 2023 р.: збірник тез доповідей [редкол.: Дичка І.А. та ін.]. – К.: Просвіта, 2023. – С. 348-353.
2. Морозова А., Морозов К., Крайносвіт А. Про МВР-модель із додатковими ребрами // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Society and Science: Interconnection» (November 16-18, 2023). Porto, Portugal. – 2023. – Vol. 178. – С. 326-328.
3. Морозова А., Морозов К., Крайносвіт А. Про один спосіб модифікації реберних функцій МВР-моделі із додатковими умовами // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Diversity and Inclusion in Scientific Area» (March 26-28, 2024). Warsaw, Poland. – 2024. – Vol. 194. – С. 454-457.
4. Romankevich V.A., Morozov K.V., Romankevich A.M., Morozova A.V., Zacharioudakis L. On the method of building of non-basic GL-models which are formed on combination of edge functions of basic models // Applied Aspects of Information Technology. – 2024. – Vol. 7, No. 2. – P. 175-188.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновків.

У *вступі* подано загальну характеристику роботи, зроблено оцінку сучасного стану проблеми, обґрунтовано актуальність напрямку досліджень, сформульовано мету та задачі досліджень, показано наукову новизну отриманих результатів та практичну цінність роботи, наведено відомості про апробацію результатів та їхнє впровадження.

В *першому розділі* проаналізовано існуючі методи розрахунку параметрів надійності відмовостійких багатопроцесорних систем, зокрема, шляхом проведення статистичних експериментів із моделями їх поведінки в потоці відмов, а також використання GL-моделей, зокрема, MBR-моделей, в якості таких; розглянуто властивості та методи побудови MBR-моделей, а також методи їх модифікації для отримання моделей небазових систем.

В *другому розділі* проаналізовано можливості побудови небазових GL-моделей на базі комбінації реберних функцій пари MBR-моделей, запропоновано спосіб об'єднання виразів реберних функцій таких моделей, а також спосіб розширення множини реберних функцій MBR-моделей.

В *третьому розділі* досліджено можливості комбінування реберних функцій для довільної кількості моделей та запропоновано алгоритм побудови небазової GL-моделі на базі комбінації виразів реберних функцій MBR-моделей.

В *четвертому розділі* представлено опис експериментів, що було проведено для підтвердження коректності запропонованого способу, а також проаналізовано результати цих експериментів.

У *висновках* виконано узагальнення отриманих в роботі результатів та надано рекомендації щодо їх наукового та практичного використання.

Робота представлена на 95 аркушах, містить посилання на список з 35 використаних літературних джерел. У роботі наведено 23 рисунки та 1 таблиця.

Ключові слова: відмовостійкі багатопроцесорні системи, GL-моделі, МВР-моделі, модифікація реберних функцій, небазові системи

ABSTRACT

Relevance of the topic. In the modern world, automated or fully automatic systems are becoming increasingly widespread. Their control is entrusted to a special node – the control system. In many cases, there may be increased demands both on their reliability and productivity, which makes it advantageous to implement such systems based on fault-tolerant multiprocessor systems. Developers need a tool to assess the reliability of the system they are creating. Assessing the reliability parameters of fault-tolerant multiprocessor systems, especially control systems, is a challenging task, particularly when the system is non-basic, meaning it is resistant to certain failure modes while vulnerable to others of the same magnitude. Calculating the reliability parameters of such systems can be achieved through statistical experiments with models of their behavior in the failure flow, for which GL-models can be applied. However, existing methods only allow for building basic GL-models, which need to be appropriately modified for non-basic systems. Existing methods for modifying GL-models have several drawbacks, making the development of new approaches to constructing non-basic GL-models a relevant task.

The object of the research are GL-models of the behavior of fault-tolerant multiprocessor systems in the failures flow, methods of their construction and use for calculating the reliability parameters of such systems.

The subject of the research is the methods of modifying MLE-models to construct GL-models of non-basic fault-tolerant multiprocessor systems.

The aim of the work is on the basis of existing methods of building basic GL-models, obtaining a method of building GL-models of non-basic fault-tolerant multiprocessor systems, which will be based on cyclic graphs.

Research methods: methods of Boolean algebra, graph theory, combinatorial analysis and set theory.

The scientific novelty lies in the following:

1. A method for combining expressions of edge functions of several MLE-models has been proposed.
2. A method for expanding the set of edge functions of MLE-models to a specified quantity has been proposed.
3. An algorithm for constructing non-basic GL-models based on a combination of expressions of edge functions of MLE-models has been developed.

The practical value of the obtained results in the study lies in the fact that the proposed method for constructing non-basic GL-models allows for obtaining models of behavior in the failure flow for non-basic fault-tolerant multiprocessor systems, which can subsequently be used for calculating their reliability parameters. In this case, the model graph remains cyclic, unlike models obtained by some existing methods. This simplifies the step of assessing the graph's connectivity. The developed algorithm enables the construction of GL-models for non-basic systems according to their description.

Approbation of work. The main principles and results of the study were presented and discussed at the XVI Scientific-Practical Conference of Master's and PhD Students "Applied Mathematics and Computing" PMK-2023 (Kyiv, November 28-30, 2023), the 3rd International Scientific-Practical Conference "SOCIETY AND SCIENCE: INTERCONNECTION" (Porto, Portugal, November 16-18, 2023), as well as the 4th International Scientific and Practical Conference " Diversity and Inclusion in Scientific Area" (Warsaw, Poland, March 26-28, 2024).

Publications:

1. Romankevich V.A., Morozova A.V., Kraynosvit A.A. A method of constructing non-basic GL-models based on a combination of edge functions of basic models // Applied Mathematics and Computing. PMK-2023 : Sixteenth Sciences. conf. undergraduates and graduate students, Kyiv, November 28-30, 2023 Proceedings [ed.: Dychka I.A. et al.]. – K.: Prosvita, 2023. – P. 348-353.
2. Morozova A., Morozov K., Kraynosvit A. On the MLE-model with additional edges // Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Society and Science: Interconnection» (November 16-18, 2023). Porto, Portugal. – 2023. – Vol. 178. – P. 326-328.
3. Morozova A., Morozov K., Kraynosvit A. On one method of modification of the edge functions of the MLE-model with additional conditions // Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference «Diversity and Inclusion in Scientific Area» (March 26-28, 2024). Warsaw, Poland. – 2024. – Vol. 194. – C. 454-457.
4. Romankevich V.A., Morozov K.V., Romankevich A.M., Morozova A.V., Zacharioudakis L. On the method of building of non-basic GL-models which are formed on combination of edge functions of basic models // Applied Aspects of Information Technology. – 2024. – Vol. 7, No. 2. – P. 175-188.

Structure and Scope of Work. The master's thesis consists of an introduction, four chapters, and conclusions.

The *introduction* provides a general overview of the work, evaluates the current state of the problem, justifies the relevance of the research direction,

formulates the purpose and objectives of the study, demonstrates the scientific novelty of the obtained results, and the practical value of the work, and provides information about the validation of the results and their implementation.

The *first chapter* analyzes existing methods for calculating the parameters of fault-tolerant multiprocessor systems, particularly through conducting statistical experiments with models of their behavior in the failure stream, as well as the use of GL models, including MLE-models, for such purposes; it discusses the properties and methods of constructing MLE-models, as well as methods for their modification to obtain models of non-basic systems.

The *second chapter* analyzes the possibilities of constructing non-basic GL-models based on a combination of edge functions of pairs of MLE-models, proposes a method for combining expressions of edge functions of such models, as well as a method for expanding the set of edge functions of MLE-models.

The *third chapter* investigates the possibilities of combining edge functions for an arbitrary number of models and proposes an algorithm for constructing non-basic GL-models based on a combination of edge function expressions of MLE-models.

The *fourth chapter* presents a description of the experiments conducted to confirm the correctness of the proposed method, as well as an analysis of the results of these experiments.

The *conclusions* provide a summary of the results obtained in the work and give recommendations for their scientific and practical use.

The work is presented on 95 pages and contains references to a list of 35 used literary sources. 23 figures and 1 table are given in the thesis.

Keywords: fault-tolerant multiprocessor systems, GL-models, MLE-models, edge functions modification, non-basic systems