

Використання нечітких систем логічного виводу для математичних моделей оцінки надійності програмного забезпечення

Юрій Здоренко¹, Аліна Янко¹, Олена Гайтан¹, Сергій Любарський² та
Анатолій Мартиненко²

¹ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Першотравневий проспект, 24, Полтава, 36011, Україна

² Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, вул. Князів Острозьких, 45/1, м. Київ, 01011, Україна

Анотація

Розвиток та інтеграція інформаційних систем в усі сфери діяльності сучасного суспільства потребує забезпечення надійності відповідного програмного забезпечення. Задачею дослідження є знаходження шляхів для доповнення математичних моделей прогнозування дефектів програмного забезпечення на основі використання нечіткої логіки.

Ключові слова

Надійність, математична модель, дефекти, нечіткі системи

1. Вступ

Надійність програмного забезпечення є важливою характеристикою та регламентується вимогами міжнародного стандарту ISO 25010 [1]. Дані про виявлені дефекти можуть характеризуватися різною частотою розподілу на різних етапах життєвого циклу [2], [3]. Так, під час етапу верифікації ПЗ кількість виявлених дефектів може мати найбільшу частоту, поступово зменшуючись на подальших етапах функціонування ПЗ. Вартість усунення дефектів переважно більша при виявленні їх на пізніх етапах життєвого циклу. Існуючі підходи оцінювання характеристик надійності програмного забезпечення здебільшого базуються на поєднанні різних математичних моделей оцінки дефектів, а також, на сучасному етапі розвитку інформаційних технологій, можуть бути доповнені з використанням підходів на основі нечіткої логіки [4]. Тому існує потреба в адекватних математичних моделях прогнозування можливих дефектів в ПЗ, які будуть забезпечувати необхідний рівень точності.

2. Постановка задачі

Забезпечення надійності ПЗ на основі завчасної оцінки кількості можливих дефектів в ПЗ можливе з використанням систем прогнозування. Існуючі математичні моделі призначені для вирішення цієї задачі не завжди дозволяють врахувати складні причинно-наслідкові зв'язки виникнення нових дефектів та потребують доповнення [5-9].

Одним з перспективних напрямків реалізації систем прогнозування дефектів в ПЗ є використання нечітких систем логічного виводу. Такі системи показали свою

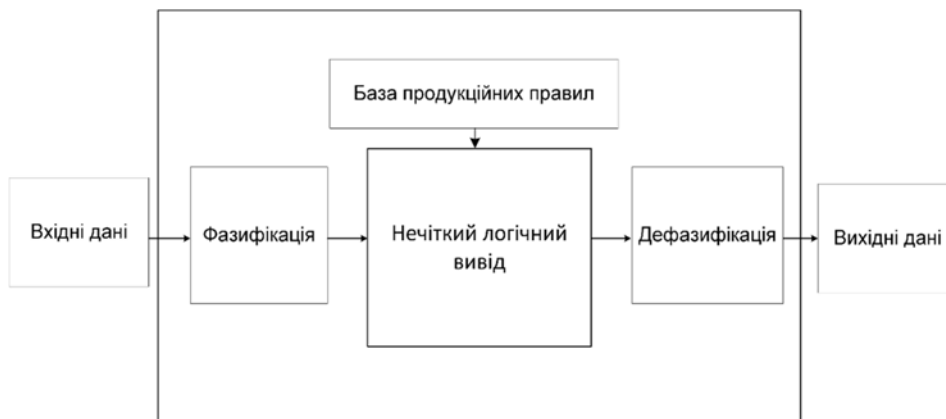
✉ zdorenkoviti@gmail.com (Ю. Здоренко); al9_yanko@ukr.net (А. Янко); azalie@ukr.net (О. Гайтан)

ORCID: 0000-000L-5649-771X (Ю. Здоренко); 0000-0003-2876-9316 (А. Янко); 0000-0002-7228-9937 (О. Гайтан); 0000-0001-8068-1106 (С. Любарський); 0000-0002-9576-0138 (А. Мартиненко)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ефективність при неповноті та неточності вхідних даних [5-9]. Для налаштування таких систем можуть використовуватися різні підходи. Узагальнена структура нечіткої системи логічного виводу представлена на рис.1 [5].



Малюнок 1. Основні етапи нечіткого виводу

Математична модель на її основі буде мати такі етапи функціонування: збір даних про виявлені дефекти ПЗ, фазифікація, нечіткий логічний вивід, дефазифікація, отримання вихідних даних [5].

3. Прогнозування дефектів ПЗ з використанням моделі на основі нечіткої логіки

Проведений аналіз літературних джерел показав необхідність в удосконаленні моделей прогнозування дефектів ПЗ. Одним з перспективних шляхів для цього є використання нечітких систем логічного виводу. Навчання таких систем пропонується здійснювати на основі статистичних даних моніторингу всіх етапів життєвого циклу зразка ПЗ.

Процес моніторингу пропонується здійснювати шляхом підрахунку кількості дефектів ПЗ на дискретній ділянках часу певної тривалості, Дані про кількість дефектів на таких ділянках складають статистичний набір, який буде використаний для подальшого налаштування. Моніторинг для виявлення дефектів необхідно здійснювати протягом всього життєвого циклу ПЗ. Такий підхід дозволить зібрати необхідні дані для подальшої роботи моделі.

Так, в якості вхідних величин пропонується використати значення кількості дефектів ПЗ протягом певної кількості попередніх часових інтервалів. Кількість таких вхідних величин добирається виходячи з вимог до точності прогнозу та може бути різною. Також, додатково, в якості вхідних величин можуть бути застосовані додаткові параметри або усереднюючі характеристики. Вихідною величиною прийнято – кількість дефектів ПЗ протягом прогнозного часового інтервалу такої ж тривалості, як і для вхідних величин. В загальному на модель на основі нечіткої логіки впливає: вибір алгоритму нечіткого виводу (Mamdani, Tsukamoto, Sugeno, Larsen та інші); вибір вхідних величин та їх кількості; вибір кількості функцій належності для кожної вхідної величини та їх форми; вибір вихідної величини; розробка бази правил та визначення значущості (ваги) кожного правила; вибір алгоритму налаштування (навчання) моделі на попередньо зібраних даних.

Для отримання необхідного ступеня точності прогнозу пропонується здійснювати певну множину операцій направлених на знаходження балансу для досягнення необхідної точності прогнозу з однієї сторони та забезпечення вимог по продуктивності моделі з іншої. Виходячи з цього пропонується здійснювати дослідження при варіації такими параметрами моделі: зміна алгоритму нечіткого логічного виводу; різна кількість

вхідних величин; різна тривалість інтервалу прогнозування; різна кількість та форма функцій належності вхідних величин.

Так, коректному добору підлягають значення тривалості дискретних часових інтервалів. Також важливою складовою є кількість нечітких правил та їхня вага, яка по замовчуванню може бути однаковою. Для автоматизованого налаштування нечітких систем пропонується використовувати підхід з використанням ANFIS [10-15], що дозволить автоматизувати процес створення бази правил та визначення ваги кожного правила. Такі системи є симбіозом нечітких систем логічного виводу та нейронних мереж. Налаштування таких систем зводиться до використання класичних алгоритмів навчання нейронних мереж [16]. Для проведення необхідних досліджень пропонується використовувати середовище Matlab, а саме призначений для створення нечітких моделей пакет Fuzzy Logic Toolbox [17].

4. Висновки

В роботі запропоновано використовувати підходи на основі нечіткої логіки з автоматизованим налаштуванням для доповнення математичних моделей оцінки надійності ПЗ. Для цього пропонується використовувати структуру на основі ANFIS. Визначено шляхи досягнення необхідної точності прогнозу дефектів ПЗ з використанням запропонованих підходів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в удосконаленні математичних підходів для створення моделей прогнозування, в яких на відміну від існуючих пропонується змінювати необхідну кількість вхідних параметрів для досягнення балансу між точністю та продуктивністю, що дозволяє отримати необхідне рішення для різних умов та обмежень. Моделі які можуть бути реалізовані з використанням вищезазначеного підходу, підлягають легкому масштабуванню для досягнення необхідної точності прогнозу та продуктивності.

Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що з використанням запропонованих підходів є можливість отримати необхідну модель на основі FIS для знаходження значення показника надійності ПЗ з необхідною точністю. Це в кінцевому результаті дозволяє забезпечити кращі значення якості ПЗ.

Література

- [1] ISO/IEC 25010:2024, Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Software Product and System Quality, ISO/IEC JTC1/SC7/WG6 (2024).
- [2] ISO/IEC 12207:2017, Systems and software engineering – Software life cycle processes, ISO/IEC/IEEE (2017).
- [3] ISO/IEC/IEEE 26531:2023, Systems and software engineering – Content management for product life cycle, user and service management information for users, ISO/IEC/IEEE (2023).
- [4] Takagi, T, Sugeno, M.: Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 15(1), 116–132 (1985). <https://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313399>
- [5] Memon, A. M., Mujeeb-u-Rehman, M. B., Memon, M., Musavi, S. H.: A Regression Analysis Based Model for Defect Learning and Prediction in Software Development. Mehran University Research Journal of Engineering and Technology 40 (3), 617-629 (2021). <https://doi.org/10.22581/muet1982.2103.15>
- [6] Oyo-Ita, E. U., Edim E. A., Otiko, A., Izuki, D. E.: Improving model performance for software defect detection and prediction using ensemble methods and cross-validation technique.

- International Journal of Science and Research Archive 12(02), 2363–2373 (2024). <https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.12.2.1518>
- [7] Ponochovniy, Y., Bulba, E., Yanko, A., Hozbenko, E.: Influence of diagnostics errors on safety: Indicators and requirements. In: 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), pp. 53–57. IEEE, Kyiv, Ukraine (2018). <https://doi.org/10.1109/DESSERT.2018.8409098>
- [8] Jailani, M. A., Bhakta, K.: Advancements in Predictive Models for Software Defects: A Comprehensive Exploration. International Journal of Scientific Research and Engineering Trends 10(4), 1231–1236 (2024). <https://doi.org/10.61137/ijsret.vol.10.issue4.186>
- [9] Shebl, K. S., Afify, Y. M., Badr, N.: Software defect prediction approaches revisited. International Journal of Intelligent Computing and Information Sciences 23(3), 31–58 (2023). <https://doi.org/10.21608/IJICIS.2023.200737.1261>
- [10] Elsabagh, M. A., Emam, O. E., Gafar, M. G., Medhat T.: Handling uncertainty issue in software defect prediction utilizing a hybrid of ANFIS and turbulent flow of water optimization algorithm. Neural Computing and Applications 36, 4583–4602 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00521-023-09315-0>
- [11] Kakkar, M., Jain, S., Bansal, A., Grover, P.: An optimized Software defect prediction model based on PSO - ANFIS. Recent Advances in Computer Science and Communications 14(9), 2732–2741 (2020). <https://doi.org/10.2174/2666255813999200818130606>
- [12] Vashisht, V., Lal, M., Sureshchandar, G. S.: Defect Prediction Framework Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for Software Enhancement Projects. Journal of Advances in Mathematics and Computer Science 19(2), 1–12 (2016). <https://doi.org/10.9734/BJMCS/2016/29644>
- [13] Singh, S. K., Shree, R.: Smart Prediction Method of Software Defect Using Neuro-Fuzzy Approach. Asian Journal of Computer Science and Technology 7(2), 6–10 (2018). <https://doi.org/10.51983/ajcst-2018.7.2.1878>
- [14] Zdorenko, Y., Lavrut, O., Lavrut, T., Lytvyn, V., Burov, Y., Vysotska V.: Route Selection Method in Military Information and Telecommunication Networks Based on ANFIS. In: 3rd International Workshop on Modern Machine Learning Technologies and Data Science (MoMLet+DS), pp. 514–524. CEUR, Lviv-Shatsk, Ukraine (2021). <https://ceur-ws.org/Vol-2917/paper36.pdf>
- [15] Onyshchenko, S., Haitan, O., Yanko, A., Zdorenko, Y., Rudenko, O.: Method for detection of the modified DDoS cyber attacks on a web resource of an Information and Telecommunication Network based on the use of intelligent systems. In: Proceedings of the Modern Data Science Technologies Workshop (MoDaST), pp. 219–235. CEUR, Lviv, Ukraine, (2024). <https://ceur-ws.org/Vol-3723/paper12.pdf>
- [16] Doremaele, E., Stevens, T., Ringeling, S., Spolaor, S., Fattori, M., Van de Burgt, Y.: Hardware implementation of backpropagation using progressive gradient descent for in situ training of multilayer neural networks. Science Advances 10(28), eado8999 (2024). <https://doi.org/10.1126/sciadv.ado8999>
- [17] Ramya, T., Kannan, A. C., Balasenthil, R. S., Bagirathi, B. A.: Fuzzy Logic modeling for decision making processes using MATLAB. Advanced Materials Research (984–985), 425–430 (2014). <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.984-985.425>