

ІНТЕГРАЛЬНА МЕТРИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТЕСТОВИХ СЕЛЕКТОРІВ У ДИНАМІЧНИХ WEB-ДОДАТКАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто проблему оцінювання якості тестових селекторів у процесі автоматизованого тестування динамічних web-додатків. Показано, що існуючі підходи базуються на використанні окремих метрик, таких як точність, повнота, F1-міра та довжина селектора, що не дозволяє отримати комплексну оцінку їх ефективності. Запропоновано інтегральну метрику, яка поєднує зазначені показники у єдину функцію оцінювання з урахуванням нормалізації довжини селектора. Розроблена метрика дозволяє формалізувати задачу вибору селектора як задачу оптимізації та може бути використана в інтелектуальних інформаційних технологіях, зокрема у поєднанні з графовими нейронними мережами та агентами. Запропонований підхід сприяє підвищенню стабільності автоматизованих тестів, зменшенню кількості flaky-тестів та зниженню витрат на підтримку тестового коду.

Ключові слова: програмне забезпечення, інформаційні технології, інтелектуальні системи, автоматизоване тестування.

Abstract

This work considers the problem of evaluating the quality of test selectors in the process of automated testing of dynamic web applications. It is shown that existing approaches are based on the use of individual metrics, such as precision, recall, F1-score and selector length, which do not allow for a comprehensive assessment of their effectiveness. An integrated metric is proposed, which combines these indicators into a single evaluation function, taking into account the normalisation of selector length. The developed metric allows the selector selection task to be formalised as an optimisation problem and can be used in intelligent information technologies, particularly in combination with graph neural networks and agents. The proposed approach helps to improve the stability of automated tests, reduce the number of flaky tests, and lower the costs of maintaining test code.

Keywords: software, information technology, intelligent systems, automated testing.

Вступ

У сучасних веб-орієнтованих програмних системах автоматизоване тестування є одним із ключових інструментів забезпечення якості [1]. Особливе значення у процесі побудови UI-тестів має вибір тестових селекторів, оскільки саме вони визначають коректність взаємодії тестового сценарію з DOM-структурою веб-сторінки. У випадку динамічних веб-додатків, де структура DOM може змінюватися під час виконання або внаслідок оновлень інтерфейсу, задача побудови

стабільних і ефективних селекторів значно ускладнюється. Як показує аналіз, традиційні підходи до формування селекторів не забезпечують достатнього рівня їх адаптивності та стабільності, що призводить до появи нестабільних (flaky) тестів і зростання витрат на їх підтримку.

Результати досліджень

Однією з ключових проблем є відсутність узагальненого критерію оцінювання якості селектора. У сучасних підходах використовуються окремі метрики, зокрема точність (precision), повнота (recall), F1-міра, а також структурні характеристики, такі як довжина селектора та його унікальність [2-3]. Проте ізольоване використання цих показників не дозволяє отримати комплексну оцінку якості, що ускладнює автоматизацію процесу вибору оптимального селектора та застосування методів машинного навчання.

У роботі запропоновано інтегральну метрику якості селектора, яка поєднує основні характеристики у єдину функцію оцінювання. В основу підходу покладено використання метрик інформаційного пошуку, що дозволяють оцінити коректність знаходження елементів DOM. Зокрема, точність характеризує частку правильно знайдених елементів серед усіх знайдених, тоді як повнота відображає здатність селектора знаходити всі релевантні елементи. Для узагальнення цих показників використовується F1-міра як їх гармонічне середнє.

Важливим аспектом є врахування структурної складності селектора, яка безпосередньо впливає на його стабільність та підтримуваність. Для цього довжина селектора формалізується як зважена сума його компонентів із урахуванням вагових коефіцієнтів, що відображають надійність різних типів атрибутів (id, class, вкладеність тощо) [4]. Такий підхід дозволяє враховувати не лише кількість елементів у селекторі, а й їх семантичну значущість.

Для забезпечення комплексного оцінювання якості тестових селекторів у межах експериментального дослідження запропоновано узагальнену інтегральну метрику, яка поєднує коректність селекції, структурну ефективність та стабільність. Інтегральна оцінка якості селектора визначається виразом:

$$Q(S) = \sqrt[3]{F_1(S) \cdot Stability(S) \cdot \left(1 - \frac{L(S)}{L_{max}}\right)},$$

де L_{max} – максимальна довжина селектора в межах експериментального набору, використана для нормалізації значення $L(S)$.

Запропонована інтегральна метрика має вигляд лінійної комбінації основних показників якості селектора та дозволяє одночасно максимізувати точність і повноту, забезпечувати унікальність і мінімізувати складність. Це дає змогу формалізувати задачу побудови селектора як задачу оптимізації, у якій обирається такий селектор, що максимізує значення інтегральної функції якості. Такий підхід є особливо ефективним у поєднанні з методами машинного навчання, зокрема графовими нейронними мережами, які дозволяють враховувати структурні зв'язки елементів у DOM-дереві та формувати контекстні представлення вузлів.

Інтегральна метрика може використовуватись як функція винагороди в агентних моделях або як критерій оцінювання в задачах навчання моделей для генерації селекторів. Це забезпечує можливість автоматичного вибору найбільш ефективних і стабільних селекторів без участі

користувача. Крім того, запропонований підхід дозволяє зменшити кількість нестабільних тестів, підвищити їх надійність та скоротити витрати часу на підтримку тестового коду.

Таким чином, запропонована інтегральна метрика створює математичну основу для комплексного оцінювання якості тестових селекторів і може бути ефективно використана в інтелектуальних інформаційних технологіях автоматизованого тестування веб-орієнтованого програмного забезпечення.

Висновок

У роботі досліджено проблему оцінювання якості тестових селекторів у динамічних web-додатках та встановлено, що використання окремих метрик не забезпечує комплексного аналізу їх ефективності. Обґрунтовано необхідність інтеграції основних характеристик селектора в єдину узагальнену функцію оцінювання.

Запропоновано інтегральну метрику, яка поєднує показники точності, повноти, F1-міри, унікальності та довжини селектора з урахуванням нормалізації. Такий підхід дозволяє формалізувати задачу побудови селектора як задачу оптимізації та забезпечує можливість автоматичного вибору найбільш ефективних варіантів.

Показано, що використання інтегральної метрики є доцільним у поєднанні з методами машинного навчання, зокрема графовими нейронними мережами, що дозволяє враховувати структурні особливості DOM та контекст елементів. Запропонований підхід сприяє підвищенню стабільності тестових сценаріїв, зменшенню кількості нестабільних тестів та оптимізації процесу їх супроводу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Морозов О.С., Яровий А.А., Козловський А.В. "Аналіз предметної області автоматизованого тестування WEB-ресурсів в контексті оптимізації процесів", Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023), 2023. Тип доступу: <https://d.conf.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2023/paper/viewFile/18706/15503>
2. Sheng Jia, Jamie Ryan Kiros, and Jimmy Ba. DOM-q-NET: Grounded RL on structured language. In International Conference on Learning Representations, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1902.07257>
3. Yuanhong Lan, Yifei Lu, Zhong Li, Minxue Pan, Wenhua Yang, Tian Zhang, and Xuandong Li. 2024. Deeply reinforcing android GUI testing with deep reinforcement learning. In Proceedings of the 46th IEEE/ACM International Conference on Software Engineering. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1145/3597503.3623344>
4. Morozov O. S., Yarovi A.A METHODS OF EVALUATING SELECTOR LENGTH FOR AUTOMATED TESTING// Cambridge Science and Education Conference : proceedings of the International scientific and practical conference (February 23-25, 2026). – Cambridge, United Kingdom : naukainfo.com, 2026. - Pp. 108-112.

Відомості про авторів

Морозов Олександр Сергійович – аспірант кафедри комп'ютерних наук, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Яровий Андрій Анатолійович – д.т.н., проф., завідувач кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Oleksandr S. Morozov – post-graduate student of the Department for Computer Science, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Andrii A. Yarovyi – Dr. Sc. (Eng), Professor, Head of the Department for Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.