الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للإعلام الآلي 08 ماي 1945. بسيدي بلعباس
École Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Engineer**
Field : **Computer Science**
Specialty : **Systèmes d'Information et Web (SIW)**

Theme

Enhancing Test Quality through Mutation Testing : State of Art

---

Presented by :
YASSER Melki

Graduation Date : **Oct, 2024**
In front of the jury composed of :

Mr.	President
Pr. Stéphane Ducasse	Supervisor
Dr. Awad Samir	Supervisor
Mr. Someone	Examiner

Academic Year : 2023/2024

Abstract

Mutation testing is a rigorous method for evaluating the effectiveness of software test suites by injecting artificial faults (mutants) into a program and assessing whether the test suite can detect them. Unlike traditional metrics like code coverage, mutation testing goes beyond merely executing code and focuses on how well the tests can catch real-world bugs. This thesis explores the evolution of mutation testing, from its theoretical foundations in the 1970s to modern advancements aimed at reducing its computational cost and improving its applicability to various domains.

The study includes a detailed review of four state-of-the-art articles addressing critical issues in mutation testing, such as mutant selection strategies, handling equivalent mutants, and enhancing test suite accuracy. Key contributions of this work include the empirical comparison of operator-based mutant selection versus random selection, the refinement of non-redundant mutation operators, and the introduction of probability-based semantic interpretation as a more efficient method for selecting semantically similar mutants.

The results demonstrate that mutation testing, despite its computational challenges, remains a highly effective tool for improving test suite quality, with modern techniques significantly reducing the associated overhead. The findings from this research lay the groundwork for further exploration of mutation testing in new domains, such as machine learning and web applications, ensuring its continued relevance in the evolving landscape of software development.

Keywords : Mutation testing, software quality, test suite, mutant selection, semantic interpretation

الملخص

يُعد اختبار الطفرات تقنية صارمة لتقييم كفاءة مجموعات الاختبار البرمجية عن طريق إدخال أخطاء مصطنعة (طفرات) في البرنامج وتقييم قدرة مجموعة الاختبار على اكتشافها. على عكس المقاييس التقليدية مثل تغطية الكود، يتجاوز اختبار الطفرات مجرد تنفيذ الكود ويركز على قدرة الاختبارات على اكتشاف الأخطاء الحقيقية. يستكشف هذا العمل تطور اختبار الطفرات منذ تأسيسه النظري في السبعينيات وصولًا إلى التطورات الحديثة التي تهدف إلى تقليل تكلفته الحسابية وتحسين تطبيقه في مجالات مختلفة.

تشمل الدراسة مراجعة تفصيلية لأربع مقالات في طليعة البحث، تتناول قضايا حاسمة في اختبار الطفرات، مثل استراتيجيات اختيار الطفرات، وإدارة الطفرات المكافئة، وتحسين دقة مجموعات الاختبار. من المساهمات الرئيسية لهذا العمل المقارنة التجريبية بين اختيار الطفرات المستندة إلى المشغلين والاختيار العشوائي، وتحسين المشغلين الطفريين غير المتكررين، وتقديم التفسير الاحتمالي كطريقة أكثر كفاءة لاختيار الطفرات المتشابهة سيمانتيكيًا.

تُظهر النتائج أنه على الرغم من التحديات الحسابية المرتبطة باختبار الطفرات، فإنه لا يزال أداة فعالة للغاية لتحسين جودة مجموعات الاختبار، مع تقنيات حديثة تقلل بشكل كبير من العبء المرتبط بها. تفتح نتائج هذا البحث الطريق لمزيد من الاستكشافات في اختبار الطفرات في مجالات جديدة مثل التعلم الآلي وتطبيقات الويب، مما يضمن استمرارية أهميته في مشهد تطوير البرمجيات المتغير باستمرار.

الكلمات المفتاحية: اختبار الطفرات، جودة البرمجيات، مجموعات الاختبار، اختيار الطفرات، التفسير السيمانتيكي

Résumé

Le Mutation Testing est une méthode rigoureuse d'évaluation de l'efficacité des suites de tests logiciels en injectant des défauts artificiels (mutants) dans un programme et en évaluant la capacité de la suite de tests à les détecter. Contrairement aux métriques traditionnelles telles que la couverture de code, le Mutation Testing va au-delà de l'exécution du code et se concentre sur la capacité des tests à détecter des bugs réels. Ce mémoire explore l'évolution du Mutation Testing, depuis ses fondements théoriques dans les années 1970 jusqu'aux avancées modernes visant à réduire son coût computationnel et à améliorer son applicabilité dans divers domaines.

L'étude comprend une revue détaillée de quatre articles à la pointe de la recherche, abordant des questions critiques dans le Mutation Testing, telles que les stratégies de sélection des mutants, la gestion des mutants équivalents et l'amélioration de la précision des suites de tests. Les contributions clés de ce travail incluent la comparaison empirique entre la sélection de mutants basée sur les opérateurs et la sélection aléatoire, le raffinement des opérateurs de mutation non redondants, et l'introduction de l'interprétation sémantique probabiliste comme méthode plus efficace pour sélectionner des mutants sémantiquement similaires.

Les résultats démontrent que, malgré ses défis computationnels, le Mutation Testing reste un outil très efficace pour améliorer la qualité des suites de tests, avec des techniques modernes réduisant de manière significative la surcharge associée. Les conclusions de cette recherche ouvrent la voie à des explorations supplémentaires du Mutation Testing dans de nouveaux domaines, tels que l'apprentissage automatique et les applications web, garantissant sa pertinence continue dans le paysage en constante évolution du développement logiciel.

Mots-clés : Mutation Testing, qualité logicielle, suite de tests, sélection de mutants, interprétation sémantique