

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U000667

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-03-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Нікітченко Максим Ігорович

2. Maksym I. Nikitchenko

Кваліфікація: аспірант

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-9560-7057

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: 13-04-2026

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 12022

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, 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 "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.41.25

Тема дисертації:

1. Методи забезпечення консистентності моделей програмних систем в інкрементальних процесах розробки та засоби їх інтеграції з інструментальними середовищами.
2. Methods for ensuring the consistency of software system models in incremental development processes and means of their integration with tool environments.

Реферат:

1. Роботу присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, яка полягає у підвищенні ефективності та достовірності процесу модельно-орієнтованої розробки складних програмних систем шляхом розробки науково-методичного апарату та інструментальних засобів для забезпечення гарантованої консистентності UML-моделей. Актуальність теми дослідження визначається наявним протиріччям між вимогами до формальної строгості моделей UML, яка традиційно забезпечується стандартом XMI, та потребою у гнучкості й інтеграції з сучасними ітеративними процесами розробки, де перевагу мають легковагові формати, такі як JSON. Цей конфлікт призводить до розриву між проектною моделлю та її реалізацією, провокуючи архітектурний дрейф та накопичення прихованих архітектурних дефектів, що експоненційно збільшує вартість супроводу програмного забезпечення. Встановлене протиріччя долається шляхом розробки нового підходу, що поєднує гнучкість формату JSON для опису статичної структури та

формальну строгість XMI для поведінкової семантики в рамках єдиної, цілісної та гарантовано узгодженої моделі з двома поданнями. Метою роботи є підвищення ефективності та достовірності процесу модельно-орієнтованої розробки складних програмних систем шляхом розробки науково-методичного апарату та інструментальних засобів для забезпечення гарантованої консистентності UML-моделей з двома поданнями (структурним у форматі JSON та поведінковим у форматі XMI). Наукова новизна одержаних результатів, які виносяться на захист, полягає у наступному. Вперше розроблено формальну метамодель UML, яка охоплює структурне та поведінкове подання, реалізовані на основі комбінованого використання форматів JSON та XMI відповідно, які логічно пов'язані між собою через формально визначене відношення відповідності; для цих подань сформульовано та узагальнено підходи до їх формалізації (для JSON) та правил представлення й валідації (для XMI). На відміну від існуючих підходів, що використовують монолітні або пропрієтарні формати, запропонована метамодель одночасно забезпечує компактне та VCS-дружнє зберігання статичної структури, адаптовану до частих і швидких змін, та підтримку стандартного XMI-представлення для динамічних аспектів, що забезпечує як сумісність із існуючими інструментами моделювання, так і ефективну інтеграцію в сучасні ітеративні процеси розробки. Вперше запропоновано метод автоматизованого забезпечення консистентності UML-моделі, побудованої за принципом двох подань. Метод функціонує на основі формально визначеного відношення відповідності між структурними та поведінковими елементами та базується на застосуванні OCL-інваріантів для верифікації локальної та глобальної узгодженості моделей при інкрементальному редагуванні. Для подолання обмежень OCL, він також включає двоступеневий підхід з трансформацією моделі у специфікацію Alloy для глибокої верифікації за допомогою SAT-вирішувачів. На відміну від відомих методів валідації, запропонований метод дозволяє проводити глибоку формальну верифікацію складних транзитивних властивостей та автоматично генерувати контрприклад для дефектів, що підвищує точність і повноту виявлення семантичних неузгодженостей. Вперше сформульовано та доведено теорему інкрементальної консистентності, яка гарантує, що будь-яка послідовність допустимих змін над структурним або поведінковим поданням, за умови виконання локалізованих перевірок OCL-інваріантів, зберігає глобальну узгодженість моделі в межах формального відношення відповідності. На відміну від традиційних підходів повної перевірки (зі складністю $O(N)$), це дозволяє теоретично обґрунтувати коректність та обчислювальну ефективність (зі складністю $O(k \cdot d)$) інкрементальних методів валідації, завдяки чому можливе створення інструментів, придатних для інтеграції в CI/CD та IDE. Отримав подальший розвиток метод двосторонньої синхронізації, що реалізований через механізм інкрементальних оновлень та локалізованої перевірки консистентності, яка ґрунтується на формальному графі залежностей із запропонованою класифікацією його ребер на структурні, семантичні та трасувальні. Особливістю розробленого методу є поєднання автоматичного виявлення конфліктів, формалізованих правил трансформації моделей і підтримки взаємної актуальності обох подань у реальному часі. На відміну від існуючих підходів, що часто є односпрямованими або покладаються на ручне втручання, запропонований метод забезпечує проактивну підтримку узгодженості в обох напрямках, що дозволяє одночасно вносити зміни як з боку коду, так і з боку моделі, запобігаючи архітектурному дрейфу.

2. The dissertation is devoted to solving a relevant scientific and practical problem, which consists in improving the efficiency and reliability of the model-driven development process of complex software systems by developing a scientific and methodological framework and tools to ensure guaranteed consistency of UML models. The relevance of the research topic is determined by the existing contradiction between the requirements for the formal rigor of UML models, traditionally provided by the XMI standard, and the need for flexibility and integration with modern iterative development processes, which favor lightweight formats such as JSON. This conflict leads to a gap between the design model and its implementation, causing architectural drift and the accumulation of hidden architectural defects, thereby exponentially increasing software maintenance costs. The identified contradiction is resolved by developing a new approach that combines the flexibility of the JSON format for describing static structure with the formal rigor of XMI for behavioral semantics within a unified, holistic, and consistently guaranteed model with two views. The aim of the work is to improve the efficiency and reliability of the model-driven development process of complex software systems by developing a scientific and

methodological framework and software tools to ensure the guaranteed consistency of UML models with two views (a structural view in JSON format and a behavioral view in XMI format). The scientific novelty of the results presented for defense lies in the following: For the first time, a formal UML metamodel has been developed that covers structural and behavioral views implemented based on the combined use of JSON and XMI formats, respectively, which are logically linked through a formally defined correspondence relationship. Approaches to their formalization (for JSON) and representation and validation rules (for XMI) have been formulated and generalized for these views. Unlike existing approaches that use monolithic or proprietary formats, the proposed metamodel simultaneously provides compact and VCS-friendly storage of static structure, adapted to frequent and rapid changes, and support for standard XMI representation for dynamic aspects, ensuring both compatibility with existing modeling tools and effective integration into modern iterative development processes. For the first time, a method for automated consistency assurance of a UML model built on the principle of two views is proposed. The method operates on the basis of a formally defined correspondence between structural and behavioral elements and is based on the use of OCL invariants to verify the local and global consistency of models during incremental editing. To overcome the limitations of OCL, it also includes a two-step approach with model transformation into an Alloy specification for deep verification using SAT solvers. Unlike known validation methods, the proposed method allows for deep formal verification of complex transitive properties and automatic generation of counterexamples for defects, which increases the accuracy and completeness of semantic inconsistency detection. For the first time, the incremental consistency theorem has been formulated and proven, which guarantees that any sequence of permissible changes to the structural or behavioral view, subject to localized checks of OCL invariants, preserves the global consistency of the model within the formal correspondence relation. Unlike traditional full verification approaches (with $O(N)$ complexity), this allows us to theoretically justify the correctness and computational efficiency (with $O(k \cdot d)$ complexity) of incremental validation methods, making it possible to create tools suitable for integration into CI/CD and IDE. The method of two-way synchronization has been further developed, implemented through a mechanism of incremental updates and localized consistency checking, which is based on a formal dependency graph with the proposed classification of its edges into structural, semantic, and tracing ones. A distinctive feature of the developed method is the combination of automatic conflict detection, formalized model transformation rules, and real-time support for the mutual relevance of both representations. Unlike existing approaches, which are often unidirectional or rely on manual intervention, the proposed method provides proactive support for consistency in both directions, allowing simultaneous changes to be made on both the code and model sides, preventing architectural drift.

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:

- Нікітченко М. І. Дворівнева архітектура UML на основі гібридного формату JSON IXMI. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2025. Т. 36 (75), № 1. С. 157–162. DOI: 10.32782/2663-5941/2025.1.2/23
- Nikitchenko, M. I., Komleva, N. O. Method for Incremental Control of Consistency Between Structural and Behavioral Views of Software Architecture. AAIT. 2025, 8 (2), 162–177. DOI: 10.15276/aait.08.2025.11.
- Нікітченко М. І., Комлева Н. О. Структурне подання UML-метамоделі у форматі JSON. Інформатика та математичні методи в моделюванні. 2025. Том 15, № 2. С. 205–217. DOI: 10.15276/imms.v15.no2.205
- Нікітченко М. І., Комлева Н. О. Поведінкове подання у форматі XMI в межах UML-метамоделі з двома поданнями. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences. 2025. Т. 357, № 5.1, С. 326–336.

DOI: 10.31891/2307-5732-2025-357-42.

- Нікітченко М. І. Архітектура та реалізація плагіна інкрементальної валідації UML-метамodelей з двома поданнями. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2025. Т. 36 (75), № 4. С. 208–216. DOI: 10.32782/2663-5941/2025.4.2/28.
- Нікітченко М. І., Комлева Н. О. Метод двосторонньої синхронізації UML-моделі з двома поданнями на основі інкрементальних оновлень. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2025. Т. 3(94), № 2. С. 243–249. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2025.3.2.30.

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

Соціально-економічна спрямованість: підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0122U002161; 0125U003655

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Комлева Наталія Олегівна

2. Nataliia O. Komleva

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2430-0134

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, 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. Федорчук Володимир Анатолійович

2. Volodymyr Fedorchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3540-0237

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Код за ЄДРПОУ: 02125616

Місцезнаходження: вул. Огієнка, Кам'янець-Подільський, Кам'янець-Подільський р-н., 32300, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Палагін Володимир Васильович

2. Volodymyr Palagin

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Черкаський державний технологічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05390336

Місцезнаходження: бульвар Шевченка, Черкаси, Черкаський р-н., 18006, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фомін Олександр Олексійович

2. Oleksandr Fomin

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8816-0652

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Павленко Віталій Данилович
2. Vitalii Pavlenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5655-4171**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Одеська політехніка"**Код за ЄДРПОУ:** 43861328**Місцезнаходження:** пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****VIII. Заключні відомості****Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Положаєнко Сергій Анатолійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Положаєнко Сергій Анатолійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Нікітченко Максим Ігорович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**

Юрченко Тетяна Анатоліївна