

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U005220

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-09-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бабич Трохим Анатолійович

2. Trokhym Babych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0008-5657-3517

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Комп'ютерні науки

Дата захисту: 11-09-2026

Спеціальність за освітою: Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: Національний університет "Киево-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16460

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Кієво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Кієво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 14.01.85.03, 50.41.25, 20.56.01

Тема дисертації:

1. Методи та засоби побудови автоматизованої освітньої програмної системи для кібербезпеки (кіберполігону)
2. Methods and Tools for Building an Automated Educational Software System for Cybersecurity (Cyber Range)

Реферат/анотація:

1. Бабич Т. А. Методи та засоби побудови автоматизованої освітньої програмної системи для кібербезпеки (кіберполігону). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (12 – Інформаційні технології). – Національний університет «Кієво-Могилянська академія», Київ, 2026. У роботі розв'язано важливу наукову задачу побудови автоматизованих освітніх програмних систем для практико-орієнтованого навчання у предметних областях з підвищеними вимогами до ізоляції середовищ виконання; особливим випадком таких систем є кіберполігон. Актуальність зумовлена кадровим розривом у галузі кібербезпеки, зафіксованим ENISA і ISC2, який перевищує чотири мільйони фахівців у глобальному масштабі, і додатково загострена для України повномасштабним вторгненням Російської Федерації. Роботу присвячено розробленню моделей, методів і архітектурних рішень для побудови такого класу систем з гарантованими властивостями цілісності моделі знань, безпеки конкурентного розгортання, поліморфної оркестрації гетерогенних виконавчих

середовищ і доведеної автоматизованої перевірки коректності виконання завдань. Проаналізовано архітектури академічних (DETER, CRATE, KYPO, CyRIS, SecGen) і комерційних (Hack The Box, TryHackMe, RangeForce) кіберполігонів; встановлено, що жодне з наявних рішень не поєднує формалізованої моделі каталога компетентностей з перевірюваними інваріантами, поліморфної агентської оркестрації і автоматизованої перевірки коректності виконання завдань. Сформовано модель каталога компетентностей як типізований орієнтований граф з трьома інваріантами (повноти покриття, ациклічності та замикання передумов) над таксономіями NICE Workforce Framework і MITRE ATT&CK, з'єднаними через шар лабораторних завдань. Доведено теорему про властивості цільового профілю робочої ролі: непорожність, замкненість за транзитивним замиканням передумов і збереження порядку покриття. Задачу мінімального покриття бракуючих компетентностей (МССР) сформульовано як варіант задачі покриття множин, доведено її NP-важкість і запропоновано жадібний алгоритм поліноміальної складності з доведеною межею якості наближення. Розроблено метод стисненого інверсного індексу на основі RoaringBitmap для масштабованого зіставлення профілів компетентностей. Розроблено поліморфний агентський протокол для гетерогенних виконавчих середовищ – контейнерних Docker і віртуальних машинних QEMU/KVM – через єдиний REST API і спільний абстрактний інтерфейс драйвера з адаптивним автоматом станів IDLE/ACTIVE/FAST. Безпеку конкурентного розгортання забезпечено комбінацією сервісу блокувань на атомарній операції SET NX у Redis і ACID-транзакції з блокуванням рядка сесії розгортання; доведено теорему про збереження інваріанта квоти. Розроблено протокол поетапного оновлення зі збереженням стану (stateful canary deployment) і доведено теорему про збереження активних сесій під час оновлення без прив'язки маршрутизації до клієнтських cookie. Розроблено архітектуру програмної платформи Colo як інтегрованої реалізації запропонованих моделей і методів: близько 70 тисяч рядків коду на мові Python (фреймворк Django), 26 тисяч рядків JavaScript, 13 тисяч рядків HTML-шаблонів, 106 шаблонів лабораторних завдань і сімейство протокольно повних файлів remote_solver.py. Створено формалізовану мову опису лабораторних завдань (DSL) з валідацією через JSON-схему і детермінованою генерацією ключів на основі HMAC-SHA256 з індивідуальним для пари (user, lab) початковим значенням без зберігання ключів у базі даних. Реалізовано SDK з п'ятьма категоріями генераторів (crypto, forensics, stego, binary, network) та інтеграцію з системами управління навчанням за стандартом LTI 1.3. Експериментально перевірено коректність рішень: у режимі теплового кешу медіана розгортання контейнерних завдань – 4,2 секунди, віртуальних машинних швидким NBD-шляхом – 3,0 секунди; стрес-тест зі 100 паралельних запитів від користувача з квотою 1 підтвердив теоретичну гарантію (створено рівно одну сесію, 99 відхилено); у 47 операціях оновлення за лютий–травень 2026 року не втрачено жодної активної сесії. Практичне значення одержаних результатів. Платформу Colo впроваджено у навчальний процес бакалаврської програми з кібербезпеки факультету інформатики НаУКМА і у програму перенавчання ветеранів компанії Sheriff Company; практичну підготовку пройшли 102 особи (66 здобувачів і 36 ветеранів), а у версії V2 платформи станом на 20.05.2026 зафіксовано 4 042 розгортання ізольованих середовищ. Впровадження підтверджено актами. Ключові слова: автоматизована освітня програмна система; кіберполігон; кібербезпека; інформаційна безпека; вразливості; практико-орієнтоване навчання; онтологія каталога компетентностей; типізований орієнтований граф; метод аналізу ієрархій; автомат станів; розподілені обчислення; LTI інтеграція; TLS протокол; рекомендаційна система навчальної траєкторії; теорія складності.

2. Babych T. A. Methods and Tools for Building an Automated Educational Software System for Cybersecurity (Cyber Range). – Qualification scientific work submitted as a manuscript. PhD thesis to obtain the degree of Doctor of Philosophy in the Programme Subject Area 122 «Computer Science» (12 – Information Technologies). – National University of Kyiv-Mohyla Academy, Kyiv, 2026. This dissertation solves an important scientific problem of building automated educational software systems for practice-oriented learning in subject areas with elevated requirements for execution environment isolation; a special case of such systems is the cyber range. The relevance is driven by the cybersecurity workforce gap documented by ENISA and ISC2, which exceeds four million specialists globally and is further aggravated for Ukraine by the full-scale invasion of the Russian Federation. The work develops models, methods, and architectural solutions for such systems with guaranteed properties of

knowledge model integrity, concurrent deployment safety, polymorphic orchestration of heterogeneous execution environments, and provably automated correctness checking of task completion. The architectures of academic (DETER, CRATE, KYPO, CyRIS, SecGen) and commercial (Hack The Box, TryHackMe, RangeForce) cyber ranges have been analyzed; none of them combines a formalized competency catalog model with verifiable invariants, polymorphic agent orchestration, and automated checking of task completion. A model of the competency catalog has been formed as a typed directed graph with three invariants (coverage completeness, prerequisite acyclicity and closure) over the NICE Workforce Framework and MITRE ATT&CK taxonomies, joined through the laboratory task layer. A theorem on the properties of the target profile of a work role has been proven: non-emptiness, closure under the transitive closure of prerequisites, and order preservation. The Minimum Competency Coverage Problem (MCCP) has been formulated as a variant of the set cover problem, its NP-hardness proven, and a greedy polynomial-time algorithm with a proven approximation bound proposed. A compressed inverted index method based on the RoaringBitmap data structure has been developed for scalable competency profile matching. A polymorphic agent protocol has been developed for heterogeneous execution environments - containerized Docker and virtual machine QEMU/KVM - through a unified REST API and a common abstract driver interface with an adaptive activity state machine IDLE/ACTIVE/FAST. Safe concurrent deployment has been achieved through a lock service based on the atomic SET NX operation in Redis combined with an ACID transaction with row-level locking of the deployment session row; a theorem on the preservation of the user quota invariant has been proven. A stateful canary deployment protocol has been developed, and a theorem on the preservation of active sessions during an update without cookie-based session-affinity routing has been proven. The architecture of the Colo software platform has been developed as an integrated implementation of the proposed models and methods: approximately 70 thousand lines of Python code (Django framework), 26 thousand lines of JavaScript, 13 thousand lines of HTML templates, 106 laboratory task templates, and a family of protocol-complete remote_solver.py files. A formalized domain-specific language (DSL) for laboratory task description has been developed, with JSON Schema validation and deterministic key generation based on HMAC-SHA256 with a per-(user, lab) seed, without storing keys in the database. An SDK with five categories of runtime generators and LTI 1.3 integration with learning management systems have been implemented. The correctness of the proposed solutions has been experimentally verified: in warm-cache mode the median deployment time is 4.2 s for containerized and 3.0 s for virtual machine tasks via the fast NBD path; a stress test with 100 parallel requests from one user with a quota of 1 confirmed the theoretical guarantee (exactly one session created, 99 rejected); in 47 update operations in February-May 2026 no active session was lost. Practical significance. The Colo platform has been implemented in the educational process of the Bachelor's program in cybersecurity at the Faculty of Informatics of the National University of Kyiv-Mohyla Academy and in the retraining program for veterans at Sheriff Company; practical training was completed by 102 persons (66 students and 36 veterans), and version V2 recorded 4,042 isolated-environment deployments as of 20.05.2026, confirmed by implementation acts. Keywords: automated educational software system; cyber range; cybersecurity; information security; vulnerabilities; practice-oriented training; competency catalog ontology; typed directed graph; analytic hierarchy process; state machine; distributed computing; LTI integration; TLS protocol; learning trajectory recommender system; complexity theory.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Бабич Т. А., Глибовець А. М. Реалізація практико-орієнтованої системи кіберполігону з індивідуалізованим запуском середовищ. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. 2025. Т. 8. С. 174–179.
- Щербина С. С., Бабич Т. А. Фреймворк управління загрозами та реагування на інциденти IoT-систем. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. 2024. Т. 7. С. 77–88.
- Бабич Т. А., Гороховський С. С. Побудова та збереження у графовій базі Neo4j абстрактного семантичного графа вихідних кодів PHP-додатків. Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. 2020. Т. 3. С. 27–30.
- Глибовець А. М., Бабич Т. А. Інтеграція кіберполігонів в освітній процес. Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем (ТАAPSD): матеріали 15-ї Міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 23–24 грудня 2024 р. Київ, 2024. С. 107.

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0118U000647

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Глибовець Андрій Миколайович
2. Andrii Glybovets

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4282-481X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Киево-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пасічник Володимир Володимирович
2. Volodymyr Pasichnyk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5231-6395

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жолткевич Григорій Миколайович

2. Hryhorii Zholtkevych

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.02.08

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7515-2143

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Франчук Олег Васильович

2. Oleg Franchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1122-4689

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Кієво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Олецкий Олексій Віталійович
2. Oleksiy Oletsky

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0553-5915

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Кієво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Малашонок Геннадій Іванович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Малашонок Геннадій Іванович

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Басенко Олена Едуардівна

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна