

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003744

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-07-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Черкас Назарій Степанович

2. Nazarii S. Cherkas

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-9976-6530

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: 14-08-2026

Спеціальність за освітою: 122 Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: 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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15111

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.15.05, 20.54.02

Тема дисертації:

1. Методи і засоби зменшення негативних ефектів максимально екстрактованої вигоди в публічних мережах блокчейн
2. Methods and techniques to mitigate the negative impacts of Maximal Extractable Value in blockchain networks

Реферат/анотація:

1. Дисертацію присвячено імітаційному моделюванню явища максимально екстрактованої вигоди (англ. Maximal Extractable Value, MEV) та розробці методів засобів зменшення його негативних ефектів в мережах блокчейн. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі досліджень, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок роботи з науковими темами. У першому розділі дисертації проаналізовано маніпуляції порядком транзакцій в мережах блокчейн та формалізовано явище максимально екстрактованої вигоди з оглядом основних типів MEV-екстракції. Розглянуто динаміку поширення явища MEV та дано оцінку його впливу на мережі блокчейн і користувачів. Проведено огляд існуючих напрацювань та визначено, що імітаційне моделювання явища MEV з використанням навчання з підкріпленням може слугувати ефективною основою для дослідження методів і засобів зменшення його негативних ефектів. У другому розділі розроблено метод імітаційного моделювання явища MEV в мережі блокчейн Ethereum, який використовує апарат марковських

процесів прийняття рішень та поєднує структурну організацію середовища за схемою Proposer-Builder Separation, агентно-орієнтоване моделювання адаптивної поведінки MEV-екстракторів, модель епізодів та метод порівняльного оцінювання втрат користувачів. Формально описано взаємодію мемпулу, конструювальника блоків, АММ-пулу та агента-екстрактора, визначено простір станів, спостережень, дій, переходів і систему винагороди агента в умовах часткової спостережуваності. Розроблено модель епізодів на основі генерованих дискретних часових рядів, що відображає лінійну часову організацію мережі Ethereum з розмежуванням між процесами надходження транзакцій, побудови блоків та їх виконанням. Така дискретно-часова організація забезпечує узгодження між динамікою надходження транзакцій до мемпулу, механізмом формування блоків і процедурою навчання агента в умовах часткової спостережуваності, що є характерною особливістю процесів MEV-екстракції. Обґрунтовано застосування методів навчання з підкріпленням для моделювання адаптивної поведінки MEV-екстрактора як автономного раціонального агента, що діє в стохастичному та нестационарному середовищі. Проаналізовано сучасні алгоритми навчання з підкріпленням та обґрунтовано вибір Deep Q-Network як базового методу тренування агента з урахуванням дискретного простору дій, високої варіативності транзакційних потоків і вимог до стабільності процесу навчання. У третьому розділі дисертації здійснено формалізацію завдання справедливого впорядкування транзакцій у мережах блокчейн та розроблено підхід до моделювання механізмів зменшення негативних ефектів максимально екстрактованої вигоди. Визначено зв'язок між правилами впорядкування, адаптивною поведінкою MEV-екстракторів та величиною користувацьких втрат, що виникають унаслідок стратегічного перевпорядкування транзакцій у відкритому мемпулі. Розроблено метод локального причинно-наслідкового впорядкування транзакцій LCFO на основі логічних часових міток Лампорта, який реалізується шляхом розширення смарт-контрактів локальним лічильником логічного часу та перевіркою коректності мітки транзакції перед виконанням операцій, що змінюють стан. Метод не потребує модифікації глобального механізму консенсусу та спрямований на зменшення внутрішньоконтрактної MEV-екстракції, зокрема випередження транзакцій та sandwich-атак. Також, подальшого розвитку набув метод порівняльного оцінювання втрат користувачів від MEV-екстракції на основі контрфактичного зіставлення результатів виконання транзакцій. Метод формалізовано для середовища імітаційного моделювання через фіксацію початкового стану, набору транзакцій та альтернативних політик впорядкування. Запропоновано систему метрик цінкових втрат, невиконаних транзакцій і комісійних витрат за моделлю EIP-1559 з агрегуванням результатів на рівні блоків та епізодів. У четвертому розділі дисертаційної роботи розроблено та реалізовано середовище імітаційного моделювання процесів максимально екстрактованої вигоди у мережі блокчейн Ethereum, яке відтворює дискретно-часову динаміку надходження транзакцій до мемпулу, формування та виконання блоків, а також взаємодію з агентом MEV-екстрактора в умовах часткової спостережуваності. Запропоновано систему сценаріїв моделювання та показників оцінювання, що передбачає порівняння серій запусків епізодів у режимах з увімкненим та вимкненим MEV-захистом LCFO. Проведено серію обчислювальних експериментів у синтетичному середовищі, результати яких продемонстрували керований компроміс між зменшенням цінкових втрат користувачів та вартістю застосування механізму LCFO.

2. The dissertation is devoted to simulation modeling of the phenomenon of maximal extractable value (MEV) and development of a method and means of reducing its negative effects in blockchain networks. The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation, formulates the goal and main tasks of the research, determines the scientific novelty of the work and the practical significance of the results obtained, and shows the connection of the work with scientific topics. The first section of the dissertation analyzes manipulations of the order of transactions in blockchain networks and formalizes the phenomenon of maximal extractable value with an overview of the main types of MEV extraction. The dynamics of the spread of the MEV phenomenon are considered and its impact on blockchain networks and users is assessed. A review of existing developments is conducted and it is determined that simulation modeling of the MEV phenomenon using reinforcement learning can serve as an effective basis for researching methods and means of reducing its negative effects. In the second section, a method for simulating the MEV phenomenon in the Ethereum blockchain network is developed, which uses the apparatus of Markov decision-making processes and combines the structural organization of the

environment according to the Proposer-Builder Separation scheme, agent-oriented modeling of adaptive behavior of MEV extractors, an episode model, and a method for comparative evaluation of user losses. The interaction of the mempool, block constructor, AMM pool, and extractor agent is formally described, the space of states, observations, actions, transitions, and the agent's reward system under conditions of partial observability are defined. An episode model is developed based on generated discrete time series, which reflects the linear time organization of the Ethereum network with a distinction between the processes of transaction receipt, block construction, and their execution. Such a discrete-time organization ensures coordination between the dynamics of transactions entering the mempool, the block formation mechanism, and the agent training procedure under conditions of partial observability, which is a characteristic feature of MEV extraction processes. The application of reinforcement learning methods for modeling the adaptive behavior of the MEV extractor as an autonomous rational agent operating in a stochastic and non-stationary environment is justified. Modern reinforcement learning algorithms are analyzed and the choice of Deep Q-Network as the basic agent training method is justified, taking into account the discrete space of actions, high variability of transaction flows, and requirements for the stability of the learning process. In the third section of the dissertation, the task of fair ordering of transactions in blockchain networks is formalized and an approach to modeling mechanisms for reducing the negative effects of the maximum extracted benefit is developed. The relationship between ordering rules, adaptive behavior of MEV extractors, and the amount of user losses arising from strategic reordering of transactions in an open mempool is determined. A method for local causal ordering of LCFO transactions based on Lamport logical timestamps is developed, which is implemented by extending smart contracts with a local logical time counter and checking the correctness of the transaction label before executing state-changing operations. The method does not require modification of the global consensus mechanism and is aimed at reducing intra-contract MEV extraction, in particular transaction preemption and sandwich attacks. Also, a method for comparative assessment of user losses from MEV extraction based on counterfactual comparison of transaction execution results has been further developed. The method is formalized for a simulation environment by fixing the initial state, set of transactions, and alternative ordering policies. A system of metrics for price losses, unexecuted transactions, and commission costs based on the EIP-1559 model with aggregation of results at the block and episode levels is proposed. In the fourth section of the dissertation, an environment for simulating the processes of maximum extracted benefit in the Ethereum blockchain network is developed and implemented, which reproduces the discrete-time dynamics of the receipt of transactions to the mempool, the formation and execution of blocks, as well as interaction with the MEV-extractor agent under conditions of partial observability. A system of modeling scenarios and evaluation indicators is proposed, which involves comparing series of episode launches in modes with MEV-protection LCFO enabled and disabled. A series of computational experiments were conducted in a synthetic environment, the results of which demonstrated a manageable compromise between reducing user price losses and the cost of using the LCFO mechanism.

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:

- Черкас Н., Батюк А. Явище maximal extractable value (MEV) в мережах блокчейн та його вплив на блокчейн екосистему. Український журнал інформаційних технологій. 2023. Т. 5, №. 2. С. 120–139. doi: 10.23939/ujit2023.02.060 (категорія Б).
- Черкас Н., Батюк А. Методологія порівняльного аналізу екстракції Maximal Extractable Value (MEV) у протоколах децентралізованих криптобірж. Український журнал інформаційних технологій. 2025. Т. 7,

№ 1. С. 108–116. doi:10.23939/ujit2025.01.108 (категорія Б).

- Черкас Н., Батюк А. Впорядкування транзакцій за логічними часовими мітками Лампорта як засіб зменшення MEV-екстракції у смарт-контрактах Ethereum. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2025. Т. 357, № 5.2. С. 187–192. doi:10.31891/2307-5732-2025- 357-83 (категорія Б).
- Черкас Н., Батюк А. Імітаційне моделювання явища максимально екстрактованої вигоди в мережі блокчейн Ethereum. Науковий вісник НЛТУ України. 2026. Т. 36, № 2. С. 222–233. doi:10.36930/403602 (категорія Б).
- Cherkas N., Batyuk A., Arzubov M. Maximal extractable value in blockchains: current trends. 2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2023, Pp. 1–4. doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324040.
- Cherkas N., Batyuk A. Improving maximal extractable value analysis using Jupyter Notebooks. Information Technologies and Automation – 2024 / Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference, Odessa, Ukraine, 2024, Pp. 33–35. URL: <https://ontu.edu.ua/download/konfi/2024/Program-Information-Technology-andAutomation-Program-2024.pdf>.
- Черкас Н., Батюк А. Survey of methods and approaches used in maximal extractable value analysis. Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених Інтелектуальні комп'ютерні системи та мережі, 5 лист. 2024 р. Тернопіль, 2024. С. 9–12. Режим доступу: https://ki.wunu.edu.ua/conference/archive/2024_2.pdf.
- Cherkas N., Batyuk A. Lamport Clocks as a mitigation to transaction-order manipulation in smart contracts. Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference Computational Intelligence and Smart Systems (CISS-2025), September 25–27, 2025, Lviv, Ukraine. Pp. 33–36. URL: <https://science.lpnu.ua/ciss-2025/proceedings>.
- Cherkas N. Simulation modeling of maximal extracted benefit in blockchain networks. Abstracts of VIII International Scientific and Practical Conference, 2026, Bilbao, Spain. Pp. 65–67. URL: <https://eu-conf.com/en/events/latesttechnologies-and-scientific-inventions-modern-challenges-and-problems>.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0124U000822

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Батюк Анатолій Євгенович

2. Anatolii Y. Batiuk

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7650-7383

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яцків Василь Васильович

2. Vasyl V. Yatskiv

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9778-6625

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 27468042400; Web of Science Researcher ID: G-4831-2017;
<https://scholar.google.com/citations?user=o56LposAAAAJ&hl=uk>

Повне найменування юридичної особи: Західноукраїнський національний університет

Код за ЄДРПОУ: 33680120

Місцезнаходження: вул. Львівська, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46009, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гнатчук Єлизавета Геннадіївна

2. Yelyzaveta H. Hnatchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2989-3183

Додаткова інформація: Web of Science Researcher ID: AHD-7789-2022; Scopus Author ID: 57211621395;
<https://scholar.google.com/citations?user=zx4Fz6wAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Хмельницький національний університет

Код за ЄДРПОУ: 02071234

Місцезнаходження: вул. Інститутська, Хмельницький, Хмельницький р-н., 29016, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

- Обельовська Квітослава Михайлівна
- Kvitoslava M. Obelovska

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8714-460X

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:

- Ізонін Іван Вікторович
- Ivan V. Izonin

Кваліфікація: д. т. н., доцент, 05.13.23

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9761-0096

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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Лиса Наталія Корнеліївна

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Лиса Наталія Корнеліївна

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Опотяк Юрій Володимирович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна