Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003925

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-10-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пучко Іван Вікторович
2. Ivan V. Puchko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0009-0002-9293-6764

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:

Спеціальність за освітою: Інформаційні управляючі системи та технології

Місце роботи здобувача: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 11106

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

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

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.02

Тема дисертації:

1. Агентне моделювання високоінтелектуальних енергетичних мереж із використанням неконфліктних реплікованих структур даних для опису станів системи

2. Agent-based modeling of smart grids using conflict-free replicated data types for system state representation

Реферат:

1. Пучко І.В. Агентне моделювання високоінтелектуальних енергетичних мереж із використанням неконфліктних реплікованих структур даних для опису станів системи. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, 2025. Дисертація присвячена розробці, формалізації та практичному застосуванню агентної моделі високоінтелектуальних енергетичних мереж (ВІЕМ), що базується на поданні станів системи за допомогою

неконфліктних реплікованих структур даних (CRDT). Такий підхід забезпечує узгодженість станів у розподіленому середовищі без використання централізованих механізмів консенсусу, що підвищує стійкість і масштабованість системи. Інформаційна база дослідження ґрунтується на міжнародних і національних стандартах, наукових працях українських та зарубіжних учених, а також матеріалах конференцій. Отримані результати становлять основу для подальших досліджень у галузі агентного моделювання та оптимізації процесів у децентралізованих енергетичних мережах. Об'єкт дослідження – процес забезпечення ефективної синхронізації станів у високоінтелектуальних електричних мережах. Предмет дослідження – агентне моделювання BIEM із використанням CRDT для опису станів системи. Мета роботи – створення моделі, що забезпечує узгодженість і передбачуваність поведінки розподіленої енергетичної системи за умов асинхронної взаємодії. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, методи, новизну та практичне значення результатів, а також наведено відомості про апробацію та публікації. У першому розділі здійснено аналіз наукових досліджень у сфері BIEM, методів моделювання та управління. Розглянуто агентний підхід до координації в кіберфізичних системах, модель акторів і функціональну парадигму програмування як основу для створення високонавантажених систем. Обґрунтовано використання CRDT для синхронізації станів агентів без конфліктів і централізованого узгодження. У другому розділі виконано формалізацію агентної моделі BIEM. Розроблено структуру агентів із визначенням їхніх статичних і динамічних характеристик, побудовано множину станів та правила переходів між ними. Запропоновано підхід до узагальненого представлення станів системи за допомогою CRDT. У третьому розділі розроблено симуляційну модель розподіленої енергетичної мережі. Обґрунтовано доцільність використання Scala та фреймворку Akka для реалізації акторної моделі та підтримки асинхронних обчислень. Представлено архітектуру симулятора, механізми поширення станів і взаємодії агентів. Реалізовано процеси узгодження станів, моделювання поведінки агентів і забезпечення масштабованості системи. У четвертому розділі проведено експериментальні дослідження ефективності моделі. Визначено сценарії моделювання, параметри симуляцій і методику збору результатів. Аналіз показав, що запропонована модель забезпечує високу узгодженість станів, стійкість до мережевих відмов і ефективність масштабування у різних сценаріях функціонування BIEM. Практична цінність полягає у створенні програмного забезпечення для моделювання BIEM, що підтримує балансування навантажень, верифікацію децентралізованих алгоритмів керування та оцінювання стійкості системи до затримок і відмов. Отримані результати можуть бути використані для розроблення нових засобів управління розподіленими енергетичними мережами, симуляційних платформ і методів оптимізації. Ключові слова: високоінтелектуальні енергетичні мережі, агентне моделювання, розподілені системи, децентралізовані системи, електроенергетична мережа, інтелектуальні системи, кіберфізичні системи, математична модель, високонавантажені системи, безконфліктні репліковані типи даних, реплікація, консенсус, стан, простір станів.

2. Puchko I.V. Agent-based modeling of smart grids using conflict-free replicated data types for system state representation – Qualification scientific work with the manuscript copyright. The thesis on receipt of doctor of philosophy (PhD) scientific degree of the specialty 122 "Computer science" . – G.E. Pukhov Institute for Modelling in Energy Engineering of the NAS of Ukraine, Kyiv, 2025. The dissertation is devoted to the development, formalization, and practical implementation of an agent-based model of smart grids based on the representation of system states through Conflict-Free Replicated Data Types (CRDTs). This approach ensures state consistency in a distributed environment without centralized consensus mechanisms, thereby enhancing the system's resilience, scalability, and fault tolerance. The research information base relies on international and national standards, scientific works of Ukrainian and foreign scholars, as well as conference proceedings and expert materials. The obtained results form a foundation for further studies in the field of agent-based modelling and optimization of processes in decentralized energy networks. The object of the research is the process of ensuring efficient synchronization of states in smart electrical grids. The subject of the research is agent-based modelling of smart grids using CRDTs for system state representation. The aim of the study is to develop a model that guarantees consistent and predictable behaviour of a distributed energy system under asynchronous interactions. The introduction substantiates the relevance of the topic, formulates the aim, objectives, methods, scientific novelty,

and practical significance of the results, and provides information on approbation and publications. The first chapter presents an analytical review of current research in the field of smart grids, modelling methods, and control approaches. The agent paradigm for coordination in cyber-physical systems, the actor model, and the functional programming paradigm are considered as a foundation for building high-load distributed systems. The use of CRDTs is justified as a means to synchronize agent states without conflicts and centralized coordination. The second chapter formalizes the agent model of smart grids. The structure of agents with defined static and dynamic characteristics is developed, the state space and transition rules are constructed, and a generalized representation of system states using CRDTs is proposed. The third chapter describes the development of a simulation model of a distributed energy network. The rationale for using Scala and the Akka framework to implement the actor model and support asynchronous computations is provided. The simulator architecture, mechanisms of agent interaction, and state propagation are described. Processes of state synchronization, agent behaviour modelling, and system scalability are implemented. The fourth chapter presents experimental validation of the proposed model. Simulation scenarios, parameters, and data analysis methods are defined. The results confirm the model's effectiveness in maintaining state consistency, scalability, and robustness to network failures under various operational scenarios of smart grids. The practical significance lies in the development of dedicated software for smart grid simulation based on CRDTs, enabling load balancing support, verification of decentralized control algorithms, and reproducible evaluation of network resilience to delays and failures. The research outcomes can be applied in developing new tools for managing distributed energy systems, simulation platforms, and optimization methods. Keywords: smart grids, agent-based modelling, distributed systems, decentralized systems, electric power network, intelligent systems, cyber-physical systems, mathematical model, high-load systems, conflict-free replicated data types, replication, consensus, state, state space.

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:

- І.В. Пучко, А.М. Примушко, Г.О. Кравцов, Розробка методичних рекомендацій використання функціональної парадигми програмування в мові Scala. Електронне моделювання, Том 43, № 6 (2021) с. 95-106, doi: 10.15407/emodel.43.06.095
- А.М. Примушко, І.В. Пучко, М.С. Ярошинський, Д.П. Сінько, Програмний дизайн розподіленої високонавантаженої системи електроенергетичної мережі на базі моделі акторів із застосуванням смарт-контрактів; Електронне моделювання, Том 46, № 3 (2024) с. 57-72 doi: 10.15407/emodel.46.03.057
- A. Prymushko, I. Puchko, M. Yaroshynskyi, D. Sinko, H. Kravtsov, and V . Artemchuk, 'Efficient State Synchronization in Distributed Electrical Grid Systems Using Conflict-Free Replicated Data Types' , IoT, vol. 6, no. 1, p. 6, Jan. 2025, doi: 10.3390/iot6010006
- O. Sirotkin, A. Prymushko, I. Puchko, H. Kravtsov, M. Yaroshynskyi, V. Artemchuk. Parallel Simulation Using Reactive Streams: Graph-Based Approach for Dynamic Modeling and Optimization. Computation, vol. 13, no. 5, p. 103, Apr. 2025, doi: 10.3390/computation13050103
- M. Yaroshynskyi, A. Prymushko , I. Puchko, O. Sirotkin, and D. Sinko, 'Akka as a tool for modelling and managing a smart grid system', Journal of Edge Computing, vol. 4, no. 1, pp. 105–115, May 2025, doi: 10.55056/jec.822
- M. Yaroshynskyi, I. Puchko, A. Prymushko , H. Kravtsov, and V . Artemchuk, 'Investigating the Evolution of Resilient Microservice Architectures: A Compatibility-Driven Version Orchestration Approach', Digital, vol. 5, no. 3, p. 27, July 2025, doi: 10.3390/digital5030027

- І.В. Пучко, А.М. Примушко, М.С. Ярошинський, Г.О. Кравцов, ‘Підвищення резильєнтності динамічних систем при синхронізації станів за допомогою CRDT’, Матеріали науково-практичної конференції ‘Резильєнтність динамічних систем, с. 50–52, Київ, Україна, 2024 URL: https://ipme.kiev.ua/konferencii/naukovo-praktichna-konferenciya-rds-2024/
- A. Prymushko , M. Yaroshynskyi, and I. Puchko, ‘Representation and synchronization of states of distributed electrical grid systems based on conflict free replicated data types’, in 2024 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece: IEEE, Oct. 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/DESSERT65323.2024.11122143

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

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: ДР 0123U100913 ДР 0125U000237

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мохор Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Mokhor

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5419-9332

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кудерметов Равіль Камілович

2. Ravil K. Kudermetov

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.13.08

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6766-8780

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Запорізька політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02070849

Місцезнаходження: вул. Жуковського, Запоріжжя, Запорізький р-н., 69063, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зайцев Євген Олександрович
2. Ievgen Zaitsev

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3303-471X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гончар Сергій Феодосійович
2. Serhii Honchar

Кваліфікація: д. т. н., с.д., 05.13.21

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-9978-8998

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Євдокімов Володимир Анатолійович
2. Volodymyr Yevdokimov

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-9497-4030

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05516949

Місцезнаходження: вул. Генерала Наумова, Київ, 03164, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Академічний

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Зубок Віталій Юрійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Зубок Віталій Юрійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Пучко Іван Вікторович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна