

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003913

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 13-10-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Примушко Арсентій Миколайович

2. Arsentii M. Prymushko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0270-0425

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: 11-11-2025

Спеціальність за освітою: Авіоніка

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

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 11095

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

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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.54.02

Тема дисертації:

1. Модель синтаксично-семантичного узгодження інформації про стани вузлів електроенергетичних мереж на основі теорії інтелектуальних систем та безконфліктних реплікованих типів даних
2. A model for syntactic-semantic consistency of node state information in electrical power grids based on the theory of intelligent systems and conflict-free replicated data types

Реферат:

1. Дисертація є комплексним дослідженням, присвяченим розробці, аналізу та застосуванню комбінованої моделі синтаксично-семантичного узгодження інформації про стани вузлів розподіленої інтелектуальної електроенергетичної мережі (ЕЕМ). В основі моделі лежить розроблена теорія когнітивної алгебраїчної системи (КАС) та безконфліктно реплікованих типів даних (CRDT). Об'єктом дослідження виступають процеси передачі, обробки та узгодження інформації в ЕЕМ, а предметом — модель та інформаційні технології для узгодження даних на основі комбінованого підходу КАС-CRDT. У роботі проаналізовано трансформацію сучасних ЕЕМ у гетерогенні кіберфізичні системи, що призводить до експоненційного росту обсягів інформації, її семантичної неузгодженості та збільшення інформаційної ентропії. Існуючі підходи до

узгодження даних мають значні обмеження, що доводить необхідність розробки нової, більш ефективної моделі, здатної гарантувати кінцеву синтаксично-семантичну узгодженість. Теоретичний фундамент дослідження закладає введення поняття високорівневих топологічних об'єднань (ВТО) для спрощення формалізації. Когнітивна алгебраїчна система (КАС) представлена як формалізм для високорівневого семантичного узгодження, що дозволяє моделювати гетерогенні об'єкти, їхні дії та обмеження. Безконфліктні репліковані типи даних (CRDT) розглядаються як низькорівневий неблокуючий механізм для синтаксичної узгодженості, математичні властивості якого гарантують детерміновану збіжність даних на всіх вузлах. Для вирішення поставленого завдання обґрунтовано комбіновану модель КАС-CRDT, що поєднує високорівневе семантичне узгодження з низькорівневим синтаксичним, забезпечуючи гарантії узгодженості з можливістю формальної верифікації. Для валідації моделі було формалізовано її властивості та розроблено п'ятиетапний протокол синтаксично-семантичного узгодження, що включає валідацію траєкторії переходу між станами та корекцію неузгодженостей. Введено метрики на основі інформаційної ентропії Шеннона для кількісної оцінки узгодженості, довівши, що процес узгодження за моделлю КАС-CRDT еквівалентний зменшенню загальної ентропії системи. Для експериментального дослідження було розроблено програмну архітектуру на основі моделі акторів (Akka, Scala) та проведено імітаційне моделювання. Результати підтвердили ефективність запропонованої моделі: доведено зростання синтаксично-семантичної узгодженості, зафіксовано зниження рівня інформаційної ентропії та підтверджено масштабованість підходу. Результати дослідження можуть бути використані для створення окремих модулів узгодження даних в існуючих системах оперативно-диспетчерського управління, що дозволить підвищити ефективність оцінки та управління в інтелектуальних мережах. Запропонований підхід є доцільним для розширення та адаптації в інших класах складних кіберфізичних систем, де висуваються високі вимоги до синтаксично-семантичної узгодженості даних.

2. This dissertation presents a comprehensive study dedicated to the development, analysis, and application of a combined model for the syntactic-semantic consistency of information regarding the states of nodes within a distributed intelligent power grid. The model is based on the developed theory of the Cognitive Algebraic System (CAS) and Conflict-free Replicated Data Types (CRDTs). The object of the research comprises the processes of information transmission, processing, and consistency within the power grid, while the subject is the model and information technologies for data consistency based on the combined CAS-CRDT approach. The research analyzes the transformation of modern power grids into heterogeneous cyber-physical systems, a process that leads to the exponential growth of information volume, semantic inconsistency, and an increase in information entropy. Existing approaches to data consistency exhibit significant limitations, substantiating the need for a new, more effective model capable of guaranteeing eventual syntactic-semantic consistency. The theoretical foundation of the research establishes the concept of High-level Topological Aggregations (HTAs) to simplify formalization. The Cognitive Algebraic System (CAS) is introduced as a formalism for high-level semantic consistency, enabling the modeling of heterogeneous objects, their actions, and constraints. Conflict-free Replicated Data Types (CRDTs) are considered as a low-level, non-blocking mechanism for syntactic consistency, whose mathematical properties guarantee the deterministic convergence of data across all nodes. To address the core problem, a combined CAS-CRDT model is substantiated, integrating high-level semantic consistency with low-level syntactic consistency, thereby providing guarantees of consistency with the capability for formal verification. To validate the model, its properties were formalized, and a five-stage protocol for syntactic-semantic consistency was developed, which includes the validation of state transition trajectories and the correction of inconsistencies. Metrics based on Shannon's information entropy were introduced for the quantitative assessment of consistency, proving that the consistency process under the CAS-CRDT model is equivalent to the reduction of the system's total information entropy. For the experimental investigation, a software architecture based on the actor model (using Akka and Scala) was developed, and simulation modeling was conducted. The results confirmed the effectiveness of the proposed model, demonstrating an increase in the network's syntactic-semantic consistency, a reduction in the level of information entropy, and the scalability of the approach. The findings of this research can be utilized to create dedicated data consistency modules for existing operational dispatch control systems, thereby enhancing

the efficiency of evaluation and management in intelligent grids. The proposed approach is suitable for extension and adaptation to other classes of complex cyber-physical systems that demand high levels of syntactic-semantic data consistency.

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:

- Кравцов Г.О., Гречко С.М., Нікітченко В.В., Примушко А.М. Когнітивна алгебраїчна система. Електрон. Моделювання. 2022. Т. 44, № 3, с. 14–30.
- Примушко А.М., Пучко І.В., Ярошинський М.С., Сінько Д.П. Програмний дизайн розподіленої високонавантаженої системи електроенергетичної мережі на базі моделі акторів із застосуванням смарт-контрактів. Електрон. Моделювання. 2024. Т. 46, № 3, с. 57–72.
- Пучко І.В., Примушко А.М., Кравцов Г.О. Розробка методичних рекомендацій використання функціональної парадигми програмування в мові Scala. Електрон. Моделювання. 2021. Т. 43, № 6, с. 95–106.
- Prymushko A., Puchko I., Yaroshynskiy M., Sinko D., Kravtsov H., and Artemchuk V. Efficient State Synchronization in Distributed Electrical Grid Systems Using Conflict-Free Replicated Data Types. IoT. 2025. Vol. 6, no. 1, p. 6.
- Yaroshynskiy M., Prymushko A., Puchko I., Sirotkin O., and Sinko D. Akka as a tool for modelling and managing a smart grid system. J. Edge Comp. 2025. Vol. 4, no. 1, pp. 105–115.
- Kravtsov G.A., Kravtsova N.V., Khodakovskaya O.V., Nikitchenko V.V., and Prymushko A.N. Brain Mathematics and Language. I. Èlektron. model. 2021. Vol. 43, no. 3, pp. 87–108.
- Kravtsov G.A., Levitin V.V., Koshel' V.I., Nikitchenko V.V., and Primushko A.N. Strong Artificial Intelligence: Background Precondition. Èlektron. model. 2019. Vol. 41, no. 5, pp. 35–58.
- Kravtsov G.A., Kravtsova N.V., Khodakovskaya O.V., Nikitchenko V.V., and Prymushko A.N. Brain Mathematics and Language. II. Èlektron. model. 2021. Vol. 43, no. 4, pp. 69–88.
- Kravtsov G.O., Prymushko A.N., and Koshell V.I. Koshell Combined Autoregressive-Neural Network Method for Predicting Time Series. Èlektron. model. 2020. Vol. 42, no. 4, pp. 3–14.
- Sirotkin O., Prymushko A., Puchko I., Kravtsov H., Yaroshynskiy , and Artemchuk V. Parallel Simulation Using Reactive Streams: Graph-Based Approach for Dynamic Modeling and Optimization. Computation. 2025. Vol. 13, no. 5, p. 103.
- Yaroshynskiy M., Puchko I., Prymushko A., Kravtsov H., and Artemchuk V. Investigating the Evolution of Resilient Microservice Architectures: A Compatibility-Driven Version Orchestration Approach. Digital. 2025. Vol. 5, no. 3, p. 27.

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 ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кравцов Григорій Олексійович
2. Hryhoriy Kravtsov

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1915-4897

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зайцев Євген Олександрович
2. Ievgen Zaitsev

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

Ідентифікатор ORCID 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:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мусієнко Андрій Петрович

2. Andrii P. Musiienko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1849-6716

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гончар Сергій Феодосійович

2. Serhii Honchar

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

Ідентифікатор ORCID 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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковальчук Людмила Василівна

2. Liudmyla V. Kovalchuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2874-7950

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

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Чемерис Олександр Анатолійович

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

Чемерис Олександр Анатолійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Примушко Арсентій Миколайович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна