

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Пучка Тараса Вікторовича

**на тему «Методи, алгоритми та програмні засоби паралельного
моделювання електроенергетичних систем в задачах прогнозування
розвитку генеруючих потужностей»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дисертації

Тема дисертаційної роботи є актуальною, оскільки сучасні електроенергетичні системи (ЕЕС) трансформуються під впливом декарбонізації, децентралізації та стрімкого зростання частки мінливих відновлюваних джерел енергії. Для України ці процеси посилюються цілеспрямованими руйнуваннями енергетичної інфраструктури, дефіцитом потужності та необхідністю формування більш резильєнтної системи на основі розподіленого генерування, систем накопичення енергії та локальних енергетичних систем. Вибір майбутньої структури генеруючих потужностей потребує багатоваріантного і багатосценарного моделювання з погодинною деталізацією, урахуванням обмежень режимів навантаження обладнання та невизначеності генерування і споживання. Такі задачі зазвичай формалізуються у вигляді задач змішаного цілочисельного лінійного програмування (MILP) великої розмірності, розв'язання яких потребує значних витрат часу та оперативної пам'яті. Додатковим чинником є розподіленість моделей, даних і ресурсів між незалежними учасниками, а також вимоги до конфіденційності й суверенітету даних. Тому розроблення методів, алгоритмів і програмних засобів паралельного моделювання електроенергетичних систем є своєчасним і науково значущим. Воно розширює можливості сценарного та інвестиційного аналізу, оперативного перепланування після пошкоджень і проєктування автономних систем для громад та об'єктів критичної інфраструктури.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Розроблено паралельний метод оптимізації структури генеруючих потужностей ЕЕС, який поєднує метаевристичний пошук дискретних інвестиційних рішень, розпаралелювання обчислень за варіантами структури та сценарними операційними підзадачами, а також розв'язання цих підзадач у постановці MILP з урахуванням обмежень

задачі вибору складу генеруючого обладнання (UC). Наукова значущість результату полягає у можливості виконувати детальне багатосценарне моделювання без релаксації UC-обмежень і без застосування сурогатної апроксимації операційної моделі.

2. Набув подальшого розвитку алгоритмічний підхід до організації та керування паралельним розв'язуванням задач оптимізації структури генеруючих потужностей. Здобувач поєднав попередню фільтрацію варіантів інвестиційних рішень, кешування результатів, формування незалежних завдань, планування і балансування їх виконання та повторне використання екземплярів операційних моделей. Запропоновані механізми обґрунтовано зменшують повторні обчислення й накладні витрати без спрощення математичної моделі.
3. Запропоновано та обґрунтовано концептуальну архітектуру федеративного середовища моделювання ЕЕС. Вона поєднує багаторівневу організацію компонентів, реєстри ресурсів, стандартизовані вебінтерфейси прикладного програмування, централізоване узгодження правил взаємодії та децентралізоване керування локальними моделями, даними й обчислювальними ресурсами. Цінність результату полягає у створенні передумов для синтаксичної інтероперабельності та координованої взаємодії незалежних учасників без обов'язкового централізованого накопичення конфіденційних даних.

Достовірність і обґрунтованість наукових результатів забезпечуються коректним застосуванням методів системного аналізу, математичного моделювання, метаввристичної оптимізації, декомпозиції, паралельних обчислень та обчислювального експерименту. Розроблений метод програмно реалізовано та перевірено на двох тестових моделях ЕЕС шляхом порівняння з безпосереднім розв'язанням задачі без застосування декомпозиції. Проведені повторні експерименти підтвердили скорочення часу обчислень, високу повторюваність отриманих розв'язків, а також дали змогу об'єктивно визначити ресурсні обмеження і характер масштабування методу. Додатковим підтвердженням обґрунтованості результатів є їх апробація на міжнародних і всеукраїнських наукових заходах, а також використання у двох наукових проєктах.

Отже, поставлене у дисертаційній роботі наукове завдання виконано повністю, а отримані результати є новими, обґрунтованими та достовірними в межах прийнятих моделей і сценарних припущень. Здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За тематикою, змістом і характером одержаних результатів дисертаційна робота Пучка Т.В. відповідає предметній області спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» та дослідницькій спрямованості освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки». Робота має логічну структуру: вступ, чотири взаємопов'язані розділи, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. Виклад послідовно охоплює аналіз сучасного стану проблеми, розроблення паралельного методу, обґрунтування федеративної архітектури, програмну реалізацію та експериментальну перевірку результатів. Поставлені завдання розв'язано, а висновки логічно випливають зі змісту дослідження, що дає підстави вважати дисертацію цілісною і завершеною науковою працею. Наукові результати одержані здобувачем самостійно, а його особистий внесок у співавторські публікації конкретизовано. Використані положення інших авторів супроводжуються належними посиланнями. За результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність текстових збігів ознак академічного плагіату та неправомірних текстових запозичень не виявлено. Під час аналізу дисертації та наданих матеріалів ознак інших порушень принципів академічної доброчесності не встановлено. Отже, роботу підготовлено з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Анотацію подано українською й англійською мовами. Матеріал викладено в науковому стилі, послідовно й логічно, із належним розмежуванням вихідних положень, авторських розробок, результатів обчислювальних експериментів і висновків. Термінологія загалом є коректною та відповідає предметним областям комп'ютерних наук, математичного моделювання й електроенергетики. Спеціальні поняття та скорочення визначено при першому використанні або винесено до переліку умовних позначень. Формули, таблиці, рисунки й алгоритмічні схеми доречно доповнюють текст, полегшуючи сприйняття математичних моделей, архітектурних рішень та організації паралельних обчислень. Попри технічну насиченість теми, виклад є достатньо доступним для фахівців зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Переходи між структурними частинами вмотивовані, а висновки до розділів узагальнюють отримані на відповідних етапах результати та забезпечують цілісність викладу.

Дисертація складається з переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків до розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і трьох додатків. Загальний обсяг роботи становить 164 сторінки, з яких 116 сторінок основного тексту. Робота також містить 13 рисунків і 13 таблиць.

Список використаних джерел охоплює 129 найменувань, додатки розміщено на семи сторінках.

У вступі обґрунтовано вибір теми та її актуальність, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, сформульовано наукову новизну й практичне значення результатів, наведено відомості про зв'язок роботи з науковими проектами, особистий внесок здобувача, апробацію та публікації.

У першому розділі проаналізовано трансформацію сучасних електроенергетичних систем, наявні засоби їх моделювання та методи оптимізації структури генеруючих потужностей. Розглянуто способи врахування невизначеності, операційної гнучкості й надійності, декомпозиційні, метаевристичні та гібридні підходи, після чого сформульовано наукове завдання дослідження.

У другому розділі побудовано сценарну й математичну основу дослідження, сформульовано MILP-модель, викладено принцип дворівневої декомпозиції та розроблено паралельний метод і алгоритмічні засоби організації обчислень. Також проведено порівняння запропонованого підходу з класичними декомпозиційними та сурогатними методами.

Третій розділ присвячено концептуальній архітектурі федеративного середовища моделювання ЕЕС, зокрема організації реєстрів ресурсів, механізмам довіри, безпеки, інтероперабельності та інтеграції локальних середовищ учасників.

У четвертому розділі наведено програмну реалізацію методу, методики й результати експериментів на двох тестових моделях ЕЕС, оцінено часову ефективність, масштабованість, використання пам'яті та окреслено напрями практичного застосування. Загальні висновки узгоджуються з поставленими завданнями та відображають основні результати роботи.

Дисертаційну роботу оформлено відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлено у 14 працях: одній статті у виданні, що індексується в базі Scopus і належить до першого квартиля Q1 за класифікацією SCImago, чотирьох статтях у наукових фахових виданнях України категорії «Б», чотирьох публікаціях за матеріалами конференцій у виданнях, що індексуються в Scopus, та п'яти інших публікаціях за матеріалами наукових конференцій. Основні положення та результати дослідження апробовано на восьми міжнародних і всеукраїнських наукових заходах. На дві створені комп'ютерні програми отримано свідоцтва про державну реєстрацію авторського права. Публікації відповідають темі дисертації, мають належний

науковий рівень. Особистий внесок здобувача у співавторських працях конкретизовано. Ознак порушення принципів академічної доброчесності не встановлено. Отже, основні результати дисертації достатньо повно висвітлено в наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. В роботі не наведено характеристику паралельної обчислювальної системи, на якій виконано експериментальні дослідження.
2. У другому розділі доцільно було б доповнити узагальнену схему формальною моделлю паралельного процесу у вигляді графа завдань. У ньому варто позначити сценарні підзадачі, формування популяції, агрегацію результатів і синхронізацію між ітераціями.
3. У четвертому розділі доцільно було б навести базовий час виконання декомпозованого методу в однопотоковому режимі та оцінити скорочення часу при залученні додаткових потоків. Це дало б змогу розмежувати виграш від декомпозиції та паралельного виконання.
4. У четвертому розділі доцільно було б кількісно оцінити нерівномірність розподілу сценарних підзадач між потоками та спричинені нею простой. Це дало б змогу додатково підтвердити ефективність випадкового перемішування черги завдань.
5. На додачу до одновузлової багатопотокової реалізації доцільно було б провести експеримент на кількох обчислювальних вузлах. Це дозволило б оцінити витрати міжвузлового обміну та масштабування методу в кластерному середовищі.
6. У четвертому розділі доцільно було б порівняти запропонований метод з альтернативним методом декомпозиції на однаковій тестовій задачі. Це дозволило б зіставити час, якість розв'язків і використання ресурсів.
7. У формулах (2.1) і (2.2) недостатньо пояснено узгодження одиниць вимірювання. Потужність подано в MBт, а питомі капітальні витрати в таблиці 4.1 — у USD/кВт. Варто було б явно зазначити переведення питомих витрат у USD/MBт.

Вважаю, що висловлені зауваження не мають визначального характеру, не зменшують наукової новизни та практичної значущості одержаних результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пучка Тараса Вікторовича на тему «Методи, алгоритми та програмні засоби паралельного моделювання електроенергетичних систем в задачах прогнозування розвитку генеруючих потужностей» виконана на високому науковому рівні, підготовлена з дотриманням принципів академічної

добročесності та є завершеним самостійним науковим дослідженням, теоретичні та практичні результати якого забезпечують розв'язання наукового завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій.

За актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю одержаних результатів дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пунктів 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Пучко Тарас Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Офіційний опонент:

професор кафедри «Електронна техніка
і комп'ютерна інженерія» Донецького
національного технічного університету

доктор технічних наук, професор
«04» серпня 2026 року



Володимир СВЯТНИЙ