

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
проф. Сергію ЯКОВЛЕВУ
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента

доцента кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення
Центральноукраїнського національного технічного університету,
кандидата технічних наук (спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології)
ДОРЕНСЬКОГО Олександра Павловича
на дисертаційну роботу ТЕЛЕЖЕНКА Дениса Олександровича
«Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених
комп'ютерних систем»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»
з галузі знань 12 – «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження

Тематика дисертаційної роботи пана Дениса Тележенка є наочною, значущою з огляду на стрімкий розвиток віртуалізованих розподілених систем, котрі мають широке застосування в середовищах хмарних сервісів, інтернету речей, обробки великих обсягів даних, цифровізації підприємств. Нині є потреба в інтелектуальних підходах до організації та керування такими системами, які здатні адаптуватися до динамічних змін навантаження, забезпечувати надійність і гнучкість інфраструктури.

Традиційні засоби керування обчислювальними ресурсами дедалі частіше виявляються недостатньо ефективними у швидкоплинних і нестабільних середовищах, де необхідно передбачати поведінку систем і заздалегідь реагувати на можливі збої чи перевантаження. У цьому контексті застосування методів машинного навчання, зокрема рекурентних нейронних мереж типу LSTM, є доцільним і перспективним завдяки їхній здатності моделювати часові послідовності та виконувати точне прогнозування навантаження.

Запропоноване в роботі поєднання моделей LSTM із підходами до структурного синтезу архітектур віртуальних систем дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити час простою та підвищити загальну адаптивність обчислювального середовища. Такий науково-прикладний підхід сприяє розвитку сучасних технологій побудови самокерованих обчислювальних систем.

Отже, актуальність теми дисертаційної праці пана Дениса є цілком обґрунтованою, а її реалізація – кроком у вдосконаленні методів проєктування архітектур віртуальних розподілених систем із застосуванням LSTM-мереж.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Тележенка Д. О. має чітку структуру, що охоплює вступ, чотири основні розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Така побудова є традиційною, забезпечує логічну послідовність викладу матеріалу та послідовне розкриття наукової проблематики, яка досліджувалася здобувачем.

У вступі автор вмотивовано пояснює вибір теми, окреслює мету дослідження, формулює завдання, об'єкт і предмет дослідження, підкреслює наукову новизну та прикладну значущість роботи. Також наведено інформацію про особистий внесок здобувача, структуру дисертації, обсяг, публікації, результати апробації.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стану досліджень у сфері архітектур віртуальних розподілених комп'ютерних систем. Пан Денис дослідив етапи розвитку архітектурних підходів (від монолітних до гібридних), проаналізував методи оптимізації ресурсів, інструменти прогнозування навантаження, особливості застосування алгоритмів машинного навчання. У такий спосіб виокремлено ключові обмеження традиційних рішень, зокрема відсутність гнучкості та можливості урахування динаміки навантаження.

В другому розділі викладено теоретичні засади створення концептуальної моделі синтезу ВРКС з використанням LSTM-мереж. Здобувач наукового ступеня описує логіку побудови моделі, алгоритми попередньої обробки даних, особливості налаштування нейронної мережі, а також демонструє підхід до її оцінювання. Представлені рішення поєднують переваги паралельної обробки з адаптивними властивостями машинного навчання.

У третьому розділі розглядаються механізми адаптації архітектури ВРКС у випадках збоїв. Моделювання здійснюється у середовищі Docker та Kubernetes, що дозволяє проаналізувати поведінку системи при аварійних сценаріях. В праці окремо уваги приділено впливу LSTM-прогнозування на швидкість та точність виявлення проблем, а також наведено результати експериментів із синтезом мультипаралельної програми в умовах навантаження.

Четвертий розділ має прикладну спрямованість, демонструє реалізацію розробленої моделі з використанням відкритих датасетів. Автором докладно описано процес навчання, оцінки точності, побудови прогнозів і їх подальшу інтеграцію в реальне середовище ВРКС. Отримані практичні результати засвідчують підвищення стабільності системи, зменшення затримок.

У висновках пан Денис Тележенко стисло підсумував результати виконаної роботи, навів аргументи щодо підтвердження досягнення мети дослідження, сформував рекомендації для подальшого впровадження отриманих рішень у сферу ІТ.

Список використаних джерел охоплює 68 позицій, серед яких представлені сучасні наукові праці українських та закордонних науковців.

У додатках міститься перелік публікацій, які відображають наукові напрацювання здобувача, код реалізованої LSTM-моделі та емпіричні результати її тестування, які підтверджують валідність отриманих висновків, практичну цінність розробок.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Наукова новизна дисертації пана Дениса Тележенка полягає у вперше запропонованих теоретичних та прикладних підходах до прогнозування навантаження і адаптивного управління ресурсами у віртуальних розподілених комп'ютерних системах із застосуванням алгоритмів LSTM. Зокрема, здобувачем наукового ступеня розроблено модель прогнозування з високою точністю в умовах змінного навантаження, удосконалено методику відновлення архітектури після збоїв, а також впроваджено нову концепцію синтезу мультипаралельних програм із урахуванням часових характеристик.

Вагомим внеском Тележенка Д. О. є також обґрунтування використання специфічних метрик оцінювання (MSE, MAE, R^2), практичне тестування моделей у середовищі Docker–Kubernetes.

Також вперше запропоновано модель прогнозування навантаження на сервери у віртуальних розподілених системах на основі алгоритму LSTM, яка відрізняється високою точністю та здатністю до адаптації в умовах динамічного навантаження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича має належний рівень наукової цілісності, логічну побудову структури та послідовний виклад теоретичних і прикладних положень. Усі розділи взаємопов'язані, а виклад

матеріалу супроводжується обґрунтованими висновками, що свідчать про глибоке розуміння поставлених задач.

Аналіз основного змісту дисертації, а також публікацій пана Дениса Тележенка свідчить про наукову новизну й практичну значущість результатів, які цілком відповідають задекларованій меті та сформульованим завданням дослідження.

Сформульовані висновки підкріплені достатньою кількістю комп'ютерних експериментів, проведених у ретельно побудованому віртуальному середовищі на основі контейнеризації (Docker), систем оркестрації (Kubernetes), засобів моніторингу (Prometheus) і машинного навчання (LSTM-архітектур). Це дозволило дослідити поведінку систем у режимах змінного навантаження та збоїв

Надійність запропонованих підходів і методів підтверджується і результатами моделювання, і фактом апробації отриманих рішень у реальних умовах, зокрема в рамках експериментальних систем в освітньому та промисловому середовищі.

Результати дисертаційного дослідження знайшли відображення у низці наукових публікацій, серед яких – статті, індексовані у міжнародних наукометричних базах (Scopus), а також матеріали доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Структура дисертаційної роботи побудована належно, стиль викладу відповідає академічним правилам.

Апробація та публікації

Результати дисертаційного дослідження Тележенка Дениса Олександровича знайшли своє відображення у 8 наукових публікаціях, що свідчить про системність і послідовність наукового пошуку автора. Серед них: одна стаття, опублікована в журналі, який входить до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; дві роботи опубліковані у рецензованих фахових виданнях з міжнародним статусом; три публікації – у фахових наукових виданнях України, що відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо апробації результатів дисертаційних досліджень; також дві публікації – у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій, де пан Денис Тележенко представив свої результати перед фаховою спільнотою.

У зазначених публікаціях обґрунтовано та проілюстровано концептуальну модель синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем з урахуванням адаптивності, масштабованості та стійкості до відмов. Детально описано результати експериментального моделювання, в якому використано інструменти Docker і Kubernetes для симуляції архітектурних змін і збоїв, а також

продемонстровано ефективність запропонованого підходу на базі алгоритму довгострокової короткочасної пам'яті (LSTM) для завдань прогнозування навантаження, балансування ресурсів і відновлення після аварійних ситуацій.

Окреслений рівень наукової апробації свідчить про достовірність отриманих результатів, їх практичну значущість та зацікавленість наукової спільноти у запропонованому підході.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність

Дисертаційне дослідження Тележенка Дениса Олександровича відповідає чинним нормативно-правовим актам, які регламентують підготовку та захист дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, зокрема вимогам, визначеним Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 «Про присудження ступеня доктора філософії» (зі змінами), а також наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами згідно з наказом № 759 від 31.05.2019).

Всебічний аналіз дисертаційної праці засвідчив, що її зміст, оформлення, структура посилань, бібліографічна база, публікації відповідають чинним вимогам щодо академічної доброчесності. Зокрема, результати перевірки тексту за допомогою системи «StrikePlagiarism.com» вказують на те, що представлена праця є результатом самостійної наукової діяльності пана Дениса Тележенка. Тож, є підстави стверджувати, що висновки, теоретичні положення та практичні рекомендації, викладені в роботі, ґрунтуються на власних напрацюваннях автора, мають посилання на відповідні джерела, а їх достовірність підтверджено шляхом рецензованих наукових публікацій.

Перелік авторських публікацій, поданий у додатках до дисертації, логічно пов'язаний із темою дослідження та охоплює ключові етапи наукового пошуку. Ці наукові праці демонструють не лише самостійність виконання роботи, а й відповідність її змісту сучасним вимогам до наукових досліджень.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Результати, отримані в межах дисертаційного дослідження, становлять цінний внесок у розвиток сучасної прикладної інформатики та теорії розподілених обчислень. У роботі обґрунтовано підхід до проактивного прогнозування навантаження на обчислювальні вузли, що дозволяє забезпечити адаптивне реагування архітектури ВРКС на змінні умови експлуатації та здійснювати ефективне управління ресурсами. Теоретична цінність роботи полягає в розробці узагальненої концептуальної моделі, яка інтегрує часові залежності між навантаженнями та реакцією системи, тим самим забезпечуючи більш глибоке

розуміння закономірностей функціонування віртуалізованих інфраструктур у реальному часі.

З прикладного погляду, автором реалізовано повнофункціональну LSTM-модель, яку протестовано у віртуальному середовищі з використанням таких технологій як Docker, Kubernetes, Prometheus, TensorFlow та інших інструментів. Результати цієї реалізації не лише мають прикладну цінність для промислових ІТ-рішень, але й були передані для імплементації у навчально-методичну практику Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, зокрема для підтримки викладання курсів, пов'язаних зі штучним інтелектом, архітектурою обчислювальних систем та інтелектуальними інформаційними технологіями.

Отже, наукові напрацювання здобувача наукового ступеня Тележенка Д. О. демонструють його зрілість як з наукової, так і з інженерної точки зору, а також є перспективними для подальшого використання в промислових програмних рішеннях, хмарних обчисленнях, освітніх проєктах.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Наукова робота Тележенка Дениса Олександровича є самостійним і завершеним дослідженням, що вирізняється чітко визначеною структурою, внутрішньою логікою викладення матеріалу, значною теоретичною й практичною цінністю.

У дисертації комплексно проаналізовано завдання синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем, що функціонують в умовах динамічних змін навантаження, із залученням методів глибинного навчання, зокрема рекурентних нейронних мереж типу LSTM. Обраний підхід дозволив пану Денису досягти поставленої наукової мети, розв'язати низку прикладних задач у сфері розподілених обчислень.

Дисертаційна праця містить повний обсяг необхідних теоретичних положень, формалізованих моделей, алгоритмів та їх програмної реалізації. Практичні результати апробовано в умовах змодельованого середовища з використанням актуальних технологічних стеків: Docker, Kubernetes, Prometheus, TensorFlow. Здобуті результати обґрунтовані, супроводжуються необхідною кількістю експериментальних досліджень, а також опубліковані у вигляді наукових статей у вітчизняних і міжнародних наукових виданнях, серед яких є журнал, що входить до Scopus, та матеріали конференцій з високим рівнем фаховості.

Зміст і рівень опрацювання теми цілком відповідають сучасним тенденціям розвитку інформаційних технологій, зокрема у сфері інтелектуальних систем керування обчислювальними ресурсами. Таким чином, дисертація відображає

високий рівень завершеності наукового дослідження як з теоретичного, так і з прикладного боку.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи

Слід зауважити, що в дисертаційному дослідженні доцільно було б ширше представити порівняльний аналіз запропонованого підходу з альтернативними моделями машинного навчання, зокрема такими як GRU (Gated Recurrent Units), Transformer та іншими архітектурами, які продемонстрували високу ефективність у задачах прогнозування послідовностей і мають потенціал застосування у віртуальних розподілених комп'ютерних системах.

Також потребує уточнення вплив масштабування інфраструктури (кількості обчислювальних вузлів, контейнерів) на стабільність роботи моделі та точність прогнозування, адже саме ці чинники критично впливають на практичну реалізацію подібних систем у динамічному середовищі.

В дисертаційній праці відсутня кількісна оцінка того, яким чином час, необхідний для генерації прогнозу, позначається на здатності системи оперативно реагувати на пікові навантаження. Проведення означеного аналізу дозволив би точніше визначити межі застосовності моделі в умовах, що наближені до реального часу.

Необхідною видається і деталізація щодо ресурсомісткості моделі при обробці значних обсягів вхідних даних, зокрема при потоковому аналізі у реальних розподілених середовищах. Це дало б змогу оцінити масштабованість та продуктивність алгоритму при інтеграції в промислові системи.

Окрім цього, у роботі було б корисно дослідити перспективи масштабування та узагальнення запропонованого підходу для мультисерверних систем із різнотипним навантаженням, що характерно для сучасних гетерогенних обчислювальних середовищ.

Усі наведені зауваження не є критичними і мають дискусійний характер. Вони жодним чином не знижують наукову цінність та ступінь завершеності дисертаційної роботи пана Дениса Тележенка, яка є самостійним дослідженням з високим рівнем актуальності й новизни.

Загальні висновки до дисертаційної праці

Дисертація Тележенка Дениса Олександровича є повноцінно завершеною науково-дослідною працею, яка вирізняється високим рівнем наукової новизни та практичною значущістю. Представлений матеріал повністю охоплює ключові положення дослідження, що підтверджує глибину опрацювання теми. Робота

оформлена згідно з чинними вимогами до дисертаційних праць, а виклад здійснено коректною, чіткою науковою мовою.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича на тему «Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем» цілком відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології». Вона також відповідає вимогам, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 (зі змінами), а також наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами).

З огляду на актуальність обраної теми, належне теоретичне та прикладне опрацювання, а також відповідність результатів вимогам освітньо-наукової програми, вважаю, що Тележенко Денис Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент -

Доцент кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
Центральноукраїнського національного
технічного університету
канд. техн. наук, доц.

Олександр ДОРЕНСЬКИЙ

Підпис доц. Доренського О. П. засвідчую:

Проректор з наукової роботи
та міжнародних зв'язків
Центральноукраїнського національного
технічного університету

Андрій ТИХИЙ

«___» _____ 2025 р.

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 21:38:47 07.08.2025

Назва файлу з підписом:

Відгук-Олександра-ДОРЕНСЬКОГО-на-працю-Дениса-ТЕЛЕЖЕНКА.pdf.asice

Розмір файлу з підписом: 497.2 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Відгук-Олександра-ДОРЕНСЬКОГО-на-працю-Дениса-ТЕЛЕЖЕНКА.pdf

Розмір файлу без підпису: 510.6 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ДОРЕНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ

П.І.Б.: ДОРЕНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3082604617

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 21:38:47 07.08.2025

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F0400000026C52F014DD2A305

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

ВІДГУК

офіційного опонента, професора кафедри кафедри кібербезпеки та DATA-технологій Харківського національного університету внутрішніх справ, доктора технічних наук (спеціальність 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти) Можаяєва Олександра Олександровича на дисертаційну роботу Тележенка Дениса Олександровича «Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Обґрунтування вибору теми дослідження.

Сучасна тенденція до віртуалізації обчислювальних систем, розгортання хмарних сервісів і широке впровадження контейнеризованих інфраструктур зумовлюють необхідність розроблення нових інтелектуальних підходів до керування ресурсами в умовах мінливого та непередбачуваного навантаження. Одним із перспективних напрямів розв'язання цієї задачі є використання методів глибокого навчання, які здатні виявляти складні часові залежності та здійснювати точне прогнозування майбутніх станів системи.

Обраний напрям дослідження — розробка та навчання LSTM-моделей для керування віртуальними розподіленими системами — має високу актуальність у зв'язку зі зростанням вимог до масштабованості, адаптивності та автономності обчислювальних платформ. Саме рекурентні нейронні мережі, зокрема архітектура LSTM, дозволяють формувати ефективні механізми прогнозного керування, що здатні враховувати часовий контекст даних та забезпечувати швидке реагування інфраструктури на зміни у навантаженні.

Тема дисертаційної роботи Тележенка Д. О. пов'язана із практичними запитам сучасної ІТ-галузі та відповідає пріоритетам розвитку інформаційних технологій, а також положенням низки національних і міжнародних стратегій цифрової трансформації. Її реалізація дозволяє обґрунтовано поєднати

фундаментальні аспекти теорії розподілених систем із прикладними рішеннями у сфері штучного інтелекту та інженерії програмного забезпечення.

Таким чином, вибір теми дослідження є логічно обґрунтованим і своєчасним, оскільки відповідає сучасному рівню розвитку науки та техніки, а також потребам розробників інтелектуальних обчислювальних систем.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича є самостійним комплексним дослідженням, що має чітку логічну структуру, відповідає сучасним вимогам до наукових робіт за змістом, оформленням і методологічним рівнем. Структура дисертації охоплює вступ, чотири основних розділи, висновки, список використаних джерел та додатки, кожен із яких послідовно розкриває ключові етапи реалізації поставленої наукової мети.

У вступі здобувач докладно обґрунтовує актуальність обраної тематики, формулює мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, наукову новизну, практичну цінність результатів і особистий внесок у виконання наукової роботи. Вступ також містить відомості про публікації здобувача (всього 8), участь у наукових заходах і апробацію основних результатів дослідження. Сформульовані положення, винесені на захист, чітко відображають основні досягнення автора.

У першому розділі здійснено системний аналіз сучасного стану вивчення проблематики архітектур віртуальних розподілених комп'ютерних систем. Автор висвітлює еволюцію архітектурних рішень — від монолітних до мікросервісних і серверлесс-моделей, окреслює виклики, пов'язані з масштабованістю, відмовостійкістю та адаптивністю у сучасних цифрових середовищах. У цьому контексті аргументовано визначено доцільність застосування алгоритмів глибинного навчання, зокрема LSTM, для прогнозування та керування навантаженням.

У другому розділі розроблено авторську концепцію побудови адаптивної інфраструктури ВРКС із включенням прогнозуючих механізмів на базі LSTM-мереж. Надано опис збору й обробки даних, методику нормалізації, вибору архітектури моделі та налаштування гіперпараметрів. Проведено порівняльний аналіз із альтернативними нейромережами (Dense, Simple RNN), а також представлено метрики точності (MSE, MAE, R^2), що дозволяють кількісно оцінити ефективність запропонованої моделі. Архітектурні схеми та програмні реалізації відображено у вигляді структурних діаграм.

У третьому розділі описано побудову системи динамічного управління архітектурою ВРКС із використанням прогнозної інформації, сформованої LSTM-моделлю. Здобувач моделює поведінку системи в умовах стресових навантажень, аварій та пікових запитів. Запропоновано механізми інтеграції алгоритмів прогнозування з системами моніторингу (наприклад, Prometheus), а

також інструменти для управління масштабуванням у середовищах Docker та Kubernetes. Експериментальні дані підтверджують доцільність впровадження запропонованого підходу для зменшення часу реагування та підвищення стабільності роботи.

Четвертий розділ присвячений практичній реалізації та тестуванню запропонованої системи в умовах, наближених до реальних. Описано процес інтеграції моделей у віртуальне середовище, вибір відповідного технологічного стеку, процедури навчання та валідації. Емпіричні результати свідчать про зростання точності прогнозування навантаження, підвищення ефективності управління ресурсами та скорочення часу на автоматизоване масштабування сервісів. Проведено аналіз ресурсомісткості обчислень у різних конфігураціях.

У висновках систематизовано отримані результати, підтверджено досягнення поставленої мети, виділено наукові положення, що мають новизну та практичну значущість. Наведено рекомендації щодо впровадження розробленої системи в різні типи розподілених середовищ, включно з навчальними, експериментальними та прикладними.

Список використаних джерел охоплює 68 позицій, включаючи сучасні наукові публікації, матеріали конференцій, документи з відкритих наукометричних баз (IEEE, Scopus), а також документацію до застосованих технологій. Така бібліографія є повною, різноплановою й актуальною, що свідчить про глибоке опрацювання літератури та орієнтованість на сучасний науковий дискурс.

У додатках представлено приклади коду, а також перелік публікацій здобувача за темою дисертації. Це підкреслює практичну реалізованість та функціональність наукового результату.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.

Уперше запропоновано модель прогнозування навантаження на сервери у віртуальних розподілених системах, яка відрізняється від існуючих можливістю прогнозування навантаження з високою точністю і адаптацією до динамічних змін у системі за рахунок використання рекурентних нейронних мереж типу LSTM в якості основного інструменту прогнозно-коригувального управління ресурсами. Такий підхід забезпечує гнучке реагування системи на зміну навантаження в режимі реального часу, що є критично важливим для стабільної роботи сучасних хмарних середовищ.

Удосконалено метод оптимізації розподілу ресурсів у віртуальних розподілених системах, який відрізняється від існуючих використанням методів машинного навчання, що забезпечує ефективне використання обчислювальних потужностей і зниження затримок у відповідях системи за рахунок урахування пікових навантажень, затримок і динаміки подій у віртуалізованому середовищі Docker–Kubernetes.

Удосконалено метод відновлення архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем після збоїв, який, на відміну від відомих, ґрунтується на прогнозуванні LSTM, що дозволяє системі антиципувати потенційні відмови та автоматично перерозподіляти ресурси для мінімізації впливу збоїв на продуктивність. Цей механізм інтегровано в структуру керування інфраструктурою, що забезпечує самовідновлення в режимі реального часу.

Отримала подальший розвиток методологія адаптації архітектури ВРКС до змінних умов експлуатації, яка відрізняється від відомих можливістю аналізу даних про ефективність системи, отриманих із LSTM моделей. Це забезпечує здатність системи до адаптивності в реальному часі.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича є прикладом ґрунтовного та цілісного наукового дослідження, у якому простежується послідовний логічний розвиток від формулювання проблеми до отримання практичних результатів. Кожен структурний елемент дисертації відповідає актуальним вимогам до наукових кваліфікаційних праць, а обґрунтованість висновків підтверджується їх тісним зв'язком із поставленими завданнями, використаною методологією та експериментальними результатами.

Особливістю роботи є системний аналіз підходів до побудови архітектури ВРКС та аргументоване впровадження LSTM-алгоритмів для прогнозування навантаження, що дало змогу не лише моделювати поведінку обчислювальних середовищ, а й реалізувати принципи динамічного самокоригування на основі прогнозів. Ефективність запропонованих моделей підтверджено численними тестами у віртуалізованому середовищі (Docker–Kubernetes), а також аналізом продуктивності системи за умов аварійного та пікового навантаження.

Наукові положення, винесені на захист, логічно впливають із аналізу теоретичних основ і результатів практичної апробації. Автор продемонстрував обґрунтованість своїх висновків завдяки порівняльному аналізу архітектур нейронних мереж (Dense, RNN, LSTM), вибору гіперпараметрів, оцінці точності моделей на основі кількох метрик (MAE, MSE, R^2) та розробці механізмів коригування інфраструктури на основі прогнозів.

Підтвердженням належного рівня достовірності та обґрунтованості результатів є апробація дисертаційних положень на фахових конференціях, публікації в рецензованих виданнях, а також впровадження компонентів системи у вигляді експериментального середовища. Рекомендації, сформульовані у роботі, мають практичну спрямованість, адже орієнтовані на поліпшення адаптивності сучасних обчислювальних систем та можуть бути використані для створення ефективніших ІТ-рішень у сфері хмарних технологій та цифрових інфраструктур.

Апробація та публікації.

Результати дисертаційного дослідження Тележенка Дениса Олександровича отримали належну апробацію в восьми наукових публікаціях, що підтверджує системність, цілеспрямованість і високий рівень наукової активності здобувача. До них належать: одна стаття у журналі, що індексується у базі даних Scopus; дві публікації в рецензованих виданнях з міжнародною індексацією (Index Copernicus, Google Scholar); три статті у фахових виданнях, включених до переліку наукових видань МОН України; а також дві праці, представлені у збірниках матеріалів міжнародних конференцій, де результати були винесені на фахове обговорення.

У наведених публікаціях розкрито ключові наукові положення роботи: побудову концептуальної моделі адаптивної архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем, алгоритмів прогнозування навантаження на основі LSTM, а також реалізацію механізмів автоматизованого відновлення системи в умовах збоїв. Експериментальні дослідження, що проводились із використанням технологій контейнеризації (Docker), оркестрації (Kubernetes) та інструментів моніторингу (Prometheus), докладно висвітлені та супроводжуються результатами оцінювання точності моделі за метриками MAE, MSE, RMSE та R^2 .

Такий рівень наукової апробації демонструє високий ступінь готовності запропонованих рішень до практичного впровадження, а також зацікавленість академічного й прикладного ІТ-середовища у результатах дослідження. Публікаційна активність автора засвідчує не лише актуальність обраної тематики, а й здатність здобувача ефективно транслиувати свої наукові напрацювання у формі завершених публікацій, що відповідають чинним вимогам до результатів дисертаційного дослідження.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Дисертаційне дослідження Тележенка Дениса Олександровича повністю відповідає чинним вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, встановленим Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. (із внесеними змінами) та наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами). Під час ознайомлення з матеріалами встановлено, що робота характеризується цілісністю, логічною побудовою, дотриманням академічного стилю викладу та коректністю у використанні джерел, що свідчить про відповідність вимогам академічної доброчесності.

Результати перевірки дисертації через систему Strikeplagiarism.com підтверджують високий рівень авторської самостійності та відсутність недоброчесних запозичень. Текст відзначається належним рівнем унікальності, а всі основні положення, наукові висновки та практичні рекомендації базуються на

самостійному аналізі, експериментальних даних і глибокому опрацюванні сучасних досліджень у галузі штучного інтелекту, адаптивних систем та глибинного навчання.

Публікаційна активність здобувача, представлена в додатках до дисертації, охоплює всі ключові етапи дослідження — від постановки проблеми до практичного впровадження результатів. Автору вдалося цілісно представити наукові здобутки у відповідних фахових виданнях і на конференціях, що підтверджує системність, завершеність та актуальність проведеної роботи.

Таким чином, дисертація повністю відповідає сучасним стандартам у сфері інформаційних технологій і може бути рекомендована до захисту.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження Тележенка Д.О. мають вагомe значення для розвитку як теоретичних засад адаптивного управління віртуальними розподіленими комп'ютерними системами, так і прикладних рішень у сфері високопродуктивних обчислень. Уперше сформульовано концептуальні підходи до застосування LSTM-нейромереж як основного інструменту для прогностно-коригувального керування ресурсами ВРКС в умовах нестабільного навантаження. Автор детально обґрунтував логіку моделювання залежностей між часовими параметрами системних подій та поведінкою архітектури в умовах зовнішніх збурень, що дозволяє покращити адаптивність і надійність сучасних обчислювальних інфраструктур.

З практичної точки зору значущість дослідження підтверджується реалізацією експериментального середовища, що об'єднує технології Docker, Kubernetes, Prometheus і TensorFlow для тестування розроблених алгоритмів в умовах, наближених до реальних. Уперше розроблений програмний прототип пройшов апробацію в різних сценаріях пікового навантаження та збоїв, продемонструвавши здатність до самоналаштування й забезпечення стабільної роботи системи. Метрики точності MAE, MSE та R^2 , отримані в ході моделювання, підтверджують високу ефективність побудованої моделі.

Окрему увагу приділено впровадженню результатів у освітній процес. Матеріали дисертації були використані для вдосконалення змісту навчальних дисциплін, зокрема у галузі інтелектуального аналізу даних та обчислювальних систем у Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна, що підтверджено відповідними актами. Така інтеграція наукових напрацювань у вищу освіту підкреслює міждисциплінарний характер роботи та її практичну цінність.

Узагальнюючи вищенаведене, слід зазначити, що виконана дисертаційна робота відкриває нові перспективи для досліджень у сфері адаптивного керування ресурсами, забезпечує ґрунт для розвитку самовідновлюваних ІТ-

систем та сприяє інтеграції інноваційних технологій у науково-освітнє середовище.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація Тележенка Дениса Олександровича є завершеним самостійним дослідженням, що вирізняється високим рівнем теоретичної обґрунтованості та прикладної реалізації. Уперше запропоновано системний підхід до побудови адаптивних архітектур віртуальних розподілених комп'ютерних систем на основі LSTM-моделей, що дозволяє оперативно реагувати на зміну навантаження та адаптувати ресурси в режимі реального часу. Структура роботи відзначається логічною послідовністю, починаючи з постановки наукових проблем і завершуючи повноцінною реалізацією моделей у тестовому середовищі.

У дисертації глибоко проаналізовано наявні підходи до прогнозування в IT-інфраструктурах, обґрунтовано вибір методів машинного навчання для задач керування ресурсами ВРКС, розроблено формальні моделі та алгоритми, адаптовані до роботи в середовищах Docker–Kubernetes. Уперше впроваджено концепцію прогнозно-коригувального циклу, що забезпечує динамічну адаптацію системи до зовнішніх збурень та аварійних сценаріїв, з доведеною ефективністю за метриками точності (MAE, MSE, R^2).

Висновки дисертаційної роботи ґрунтуються на широкому колі експериментів і підтверджуються впровадженням моделей у рамках відкритої інфраструктури, а також наявністю актуальних публікацій — усього дев'яти, включно зі статтею у виданні, індексованому в базі Scopus. Таким чином, результати дослідження не лише підтверджують наукову новизну, а й свідчать про відповідність дисертації сучасним вимогам до робіт у галузі штучного інтелекту, розподілених обчислень та інтелектуального управління IT-інфраструктурами.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи.

Слід звернути увагу на окремі аспекти, які могли б посилити аналітичну глибину й комплексність дисертаційного дослідження.

1. Уперше доцільно було б розширити обґрунтування вибору саме LSTM-моделі, зокрема шляхом проведення кількісного порівняльного аналізу з іншими моделями часових рядів, такими як GRU, Bidirectional RNN, а також сучасними архітектурами attention-based чи нейроконвеєрними підходами. Такий підхід дозволив би повніше висвітлити переваги обраної архітектури саме в задачах прогнозування навантаження для ВРКС.

2. Крім того, актуальним виглядає розширення аналізу впливу параметрів навчання (розмір вікна, кількість епох, типи функцій втрат) на

стабільність прогнозів у різних сценаріях — не лише аварійних, а й у квазістабільному режимі.

3. Зважаючи на акцент дослідження на практичну реалізацію, варто було б надати більш розгорнутий аналіз масштабованості й стійкості моделі у випадках розгортання на великих мультиконтейнерних кластерах з різнорідними сервісами, включно з edge-архітектурами.

4. У перспективі доцільним виглядає розширення аналізу часової ефективності алгоритму, зокрема в умовах жорстких обмежень на затримку у керуванні ресурсами — це могло б забезпечити адаптацію моделі до сценаріїв оперативного реагування у хмарних обчисленнях.

5. Оцінка продуктивності при потоковому надходженні телеметричних даних та можливості подальшої оптимізації коду для low-latency середовищ були б логічним продовженням дослідження.

6. Було б доцільно глибше обґрунтувати вибір інтервалу прогнозування, з урахуванням впливу тривалості передбачення на якість прогнозу в умовах нестабільного або імпульсного навантаження. Це дозволило б підвищити адаптивність системи до типових і нетипових сценаріїв у ВРКС.

Вищезазначені міркування мають рекомендаційний характер і не применшують наукової новизни чи значущості роботи. Навпаки, вони свідчать про потенціал теми до подальшого дослідження та практичного розширення в напрямі розробки інтелектуальних механізмів управління складними обчислювальними середовищами.

Загальні висновки до дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича є цілісним і завершеним самостійним дослідженням, яке відповідає сучасним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Уперше у вітчизняній науці обґрунтовано та реалізовано підхід до побудови адаптивних архітектур віртуальних розподілених комп'ютерних систем із використанням рекурентних нейронних мереж типу LSTM.

Дослідження вирізняється чіткою структурною організацією, методологічною обґрунтованістю та глибоким аналізом предметної області, що дозволило досягти як теоретично значущих, так і практично важливих результатів.

Представлені в дисертації моделі та алгоритми управління ресурсами у динамічному середовищі розгортання мають інноваційний характер, а їх реалізація із залученням таких технологій, як Docker, Kubernetes, Prometheus та TensorFlow, свідчить про високий ступінь практичної підготовки здобувача. Висновки дослідження логічно випливають із поставлених завдань і підтверджені результатами багаторівневого експериментального моделювання, апробації в наукових публікаціях, а також впровадження в освітній процес.

Тематика дисертації повністю відповідає спеціальності 122 – «Комп’ютерні науки», а її зміст і результати – вимогам постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 року та наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 року (зі змінами). Дисертація виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності, без порушень авторських прав, про що свідчить високий рівень оригінальності тексту.

З огляду на актуальність теми, наукову новизну, прикладну цінність отриманих результатів та рівень виконання, вважаю, що Тележенко Денис Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки».

Офіційний опонент:
професор кафедри кібербезпеки
та DATA-технологій,
навчально наукового інституту №5
Харківський національний університет
внутрішніх справ, д.т.н., професор

Олександр МОЖАЄВ

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 15:51:41 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Відгук_Можаяв_Тележенко.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 419.3 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Відгук_Можаяв_Тележенко.pdf
Розмір файлу без підпису: 431.8 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МОЖАЄВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
П.І.Б.: МОЖАЄВ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
Країна: Україна
РНОКПП: 2112001011
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 15:51:38 06.08.2025
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000002CE7330186605D06
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00

Голові разової спеціалізованої вченої
ради Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ
майдан Свободи 4, м. Харків, 61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, професора кафедри комп'ютерних систем та робототехніки Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доктора технічних наук (спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти) Мірошник Марини Анатоліївни на дисертаційну роботу Тележенка Дениса Олександровича «Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки з галузі знань 12 – Інформаційні технології.

Обґрунтування вибору теми дослідження

Тематика дисертації, присвячена розробці методів синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем із використанням алгоритмів глибинного навчання, зокрема LSTM, є надзвичайно актуальною в контексті сучасного розвитку IT-інфраструктур. З огляду на стрімке зростання обсягів даних, розширення сервісів хмарних обчислень, IoT-рішень та складності цифрових систем, питання ефективного управління обчислювальними ресурсами набуває принципового значення. Сучасні інструменти часто виявляються недостатніми для адаптації до динамічних змін навантаження та структури віртуальних розподілених комп'ютерних систем (ВРКС).

У роботі вдало поєднано напрямок інтелектуального прогнозування з архітектурними аспектами ВРКС, що дозволило сформулювати новий підхід до управління динамічними системами в режимі реального часу. Обґрунтування вибору LSTM як ядра прогнозовної моделі є виваженим, адже саме ця архітектура здатна враховувати часові залежності в системах з високою варіативністю.

Таким чином, тематика дисертаційної роботи Тележенка Д.О. органічно відповідає сучасним науково-прикладним тенденціям у сфері комп'ютерних наук

та інформаційних технологій. Вона не лише відображає актуальні потреби цифрової економіки щодо побудови адаптивних, гнучких та стійких розподілених систем, але й формує інноваційне підґрунтя для подальших досліджень у галузі інтелектуального управління ІТ-інфраструктурами. Запропоновані в дисертації концепції мають потенціал широкого практичного застосування – від хмарних платформ і обчислювальних кластерів до систем реального часу, таких як промислові IoT-рішення та кіберфізичні комплекси. У цьому контексті дослідження є не лише науково обґрунтованим, а й стратегічно важливим для формування нової парадигми управління динамічними цифровими середовищами з використанням методів глибинного навчання.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Структура дисертації Тележенка Дениса Олександровича є внутрішньо узгодженою, чітко побудованою та логічно завершеною. Вона включає вступ, чотири основні розділи, висновки, список використаних джерел і додатки, які доповнюють і поглиблюють основний зміст дослідження.

У вступі автор послідовно викладає обґрунтування актуальності обраної теми, визначає мету й завдання дослідження, конкретизує об'єкт і предмет, а також чітко формулює наукову новизну, практичну значущість роботи й особистий внесок. Тут також наведено відомості про апробацію результатів, участь автора у конференціях та перелік публікацій, що демонструє активну наукову позицію здобувача. Окрему увагу приділено переліку наукових положень, винесених на захист, і стислому огляду структури роботи, що формує цілісне уявлення про логіку дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу сучасних архітектурних моделей побудови віртуальних розподілених комп'ютерних систем (ВРКС). Розглянуто монолітні, мікросервісні, серверлесс- і гібридні підходи, описано принципи масштабування, стратегії балансування навантаження, адаптивного управління ресурсами та механізми самовідновлення. Окрема увага приділена недолікам традиційних методів та викликам, що виникають у контексті масштабованих цифрових екосистем. Автор критично оцінює ефективність класичних рішень та обґрунтовує необхідність застосування інтелектуальних моделей на базі машинного навчання.

У другому розділі представлено авторську концепцію побудови адаптивної архітектури ВРКС із включенням LSTM-алгоритмів як інструменту прогнозування навантажень. Розкрито методику збору й обробки даних, наведено обґрунтування вибору гіперпараметрів і архітектурних елементів LSTM, представлено схеми взаємодії програмних модулів. Проведено порівняльний аналіз альтернативних архітектур (Dense, Simple RNN) та доведено переваги застосованої LSTM-моделі. Особливу увагу приділено часовій структурі даних, оптимізації навчання та аналізу метрик якості прогнозування (MSE, MAE, R^2).

У третьому розділі описано механізми впровадження прогнозно-коригувального управління архітектурою ВРКС. Автор моделює критичні сценарії аварій у середовищі Docker і Kubernetes, розробляє засоби оперативного реагування на основі прогнозів LSTM-моделі. Розглянуто архітектуру модулів керування інфраструктурою, що дозволяють реалізувати принципи самовідновлення в режимі реального часу. Порівняно сценарії динамічного реагування з класичними методами, наведено часові характеристики, графіки продуктивності та стабільності.

Четвертий розділ має прикладну спрямованість і стосується реальної реалізації та тестування запропонованої системи. Детально описано процес інтеграції LSTM-моделі у віртуальне середовище, процедури навчання та тестування моделей на відкритих датасетах, обґрунтовано вибір платформ і середовищ. Наведено результати емпіричних досліджень, що демонструють підвищення точності прогнозування навантажень та ефективності розподілу ресурсів, а також зменшення часу реакції системи на пікові навантаження. Оцінено витрати ресурсів при роботі моделі в умовах масштабування.

У висновках систематизовано наукові результати, наведено конкретні положення, які виносяться на захист. Автор підтверджує досягнення поставленої мети, розкриває практичну значущість розроблених моделей та обґрунтовує перспективи їх застосування у промислових і навчальних середовищах. Висновки є чіткими, логічними та відображають завершеність дослідження.

Список використаних джерел налічує 68 найменувань, які охоплюють як класичні наукові публікації, так і сучасні джерела, зокрема міжнародні статті з баз даних Scopus та IEEE, матеріали конференцій, документацію до програмних продуктів (Docker, TensorFlow, Kubernetes). Список є репрезентативним і свідчить про належний рівень опрацювання джерельної бази.

У додатках подано додаткові ілюстративні матеріали, включно з фрагментами програмного коду, конфігураційними файлами та результатами експериментів. Додатки поглиблюють розуміння технічної реалізації рішень, викладених у роботі, та засвідчують практичну орієнтацію дослідження.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.

Наукова новизна дисертації Тележенка Дениса Олександровича виявляється у комплексному вирішенні науково-прикладного завдання розробки ефективних методів і моделей синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем (ВРКС), які базуються на використанні компонентів штучного інтелекту, для покращення прогнозування навантаження на сервери та оптимізації ресурсного управління.

Уперше запропоновано концептуальну модель адаптивної ВРКС, в якій LSTM-алгоритми виступають центральним елементом прогнозно-

коригувального керування ресурсами, що забезпечує адаптивність системи до змін зовнішнього середовища в режимі реального часу.

Автором розроблено оригінальну методика формування та попередньої обробки часових даних з урахуванням факторів пікового навантаження, а також вперше апробовано прогнозну модель, яка демонструє високу точність при моделюванні обчислювальних процесів у віртуалізованому середовищі Docker–Kubernetes. Запропоновано нову логіку відновлення після відмови шляхом використання LSTM-прогнозів для оцінки майбутніх ризиків, що є інноваційним підходом у галузі інтелектуальних ІТ-інфраструктур.

Суттєвим теоретичним здобутком є узагальнення існуючих архітектурних підходів до побудови ВРКС та обґрунтування вибору гіперпараметрів і архітектурної структури моделі на основі порівняльного аналізу з альтернативними нейромережевими підходами (Dense, Simple RNN). Крім того, вперше введено поняття прогнозно-коригувального циклу для мультипаралельного виконання завдань, що враховує часові характеристики системних подій.

Практичну цінність роботи посилює запропоноване використання специфічних метрик точності (MSE, MAE, R^2) для динамічних обчислювальних середовищ, а також реалізація розробленої моделі в експериментальному середовищі з відкритими даними та відповідними актами впровадження. Таким чином, результати дослідження становлять вагомий внесок у розвиток напрямів інтелектуального управління обчислювальними системами й можуть бути покладені в основу подальших розробок у сфері хмарних інфраструктур, систем самовідновлення та адаптивного навантаження.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича справляє враження глибоко продуманої, завершеної в науково-методичному й експериментальному аспектах праці, що повністю відповідає сучасним вимогам до кваліфікаційних досліджень. Вона відзначається внутрішньою цілісністю, логічною послідовністю структурних компонентів і узгодженістю між поставленими завданнями, методологією та отриманими результатами. Всі розділи побудовані на основі глибокого аналізу літературних джерел і сучасних практик у сфері хмарних обчислень, глибокого навчання та архітектур віртуальних розподілених систем.

Зміст дисертації демонструє чітке розуміння автором складної проблематики управління ресурсами ВРКС в умовах динамічного навантаження. Практична реалізація LSTM-моделі прогнозування навантаження, розгортання її у віртуальному середовищі з використанням Docker, Kubernetes, Prometheus, а також побудова механізмів самовідновлення архітектури підтверджують

високий рівень прикладної значущості дослідження. Надійність результатів забезпечена комплексним моделюванням аварійних і робочих сценаріїв, урахуванням часових залежностей і впровадженням алгоритмів машинного навчання з доведеною ефективністю.

Варто окремо підкреслити, що основні наукові положення дисертації пройшли апробацію на низці всеукраїнських і міжнародних конференцій, а також були опубліковані у фахових виданнях, у тому числі в журналі, що входить до наукометричної бази Scopus. Це засвідчує не лише наукову новизну, але й актуальність і прикладну цінність виконаної роботи.

Стиль викладу є академічно виваженим і чітким. Дисертація оформлена відповідно до нормативних вимог, включає повний набір структурних елементів, а її підсумкові висновки логічно узагальнюють зміст усіх розділів. Зважаючи на це, результати дослідження Тележенка Д.О. становлять суттєвий внесок у розвиток інтелектуальних ІТ-систем і можуть слугувати основою для подальших прикладних і теоретичних розробок у галузі штучного інтелекту, хмарних інфраструктур і обчислювального моделювання.

Апробація та публікації.

Результати дисертаційного дослідження Тележенка Дениса Олександровича отримали належну апробацію в дев'яти наукових публікаціях, що підтверджує системність, цілеспрямованість і високий рівень наукової активності здобувача. До них належать: одна стаття у журналі, що індексується у базі даних Scopus; дві публікації в рецензованих виданнях з міжнародною індексацією (Index Copernicus, Google Scholar); чотири статті у фахових виданнях, включених до переліку наукових видань МОН України; а також дві праці, представлені у збірниках матеріалів міжнародних конференцій, де результати були винесені на фахове обговорення.

У наведених публікаціях розкрито ключові наукові положення роботи: побудову концептуальної моделі адаптивної архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем, алгоритмів прогнозування навантаження на основі LSTM, а також реалізацію механізмів автоматизованого відновлення системи в умовах збоїв. Експериментальні дослідження, що проводились із використанням технологій контейнеризації (Docker), оркестрації (Kubernetes) та інструментів моніторингу (Prometheus), докладно висвітлені та супроводжуються результатами оцінювання точності моделі за метриками MAE, MSE, RMSE та R^2 .

Такий рівень наукової апробації демонструє високий ступінь готовності запропонованих рішень до практичного впровадження, а також зацікавленість академічного й прикладного ІТ-середовища у результатах дослідження. Публікаційна активність автора засвідчує не лише актуальність обраної тематики, а й здатність здобувача ефективно транслювати свої наукові

напрацювання у формі завершених публікацій, що відповідають чинним вимогам до результатів дисертаційного дослідження.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича повністю відповідає чинним нормативним вимогам до підготовки дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, встановленим Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 року (зі змінами), а також наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 (зі змінами). У процесі рецензування встановлено, що структура, стиль викладу, система посилань і оформлення дисертації узгоджуються з чинними вимогами, а також відповідають принципам академічної доброчесності.

Зміст дисертації не містить ознак плагіату — це підтверджено результатами перевірки за допомогою офіційної системи Strikeplagiarism.com, згідно з якими текст має високий рівень оригінальності й є результатом самостійної наукової діяльності здобувача. Усі ключові твердження, висновки й пропозиції обґрунтовані на основі власних експериментів та узагальнення теоретичних положень, із коректними посиланнями на джерела.

Окремо слід зазначити, що перелік публікацій, наведений у додатках до дисертації, відповідає тематиці дослідження, охоплює всі етапи наукового пошуку й відображає цілісність, системність і послідовність наукової роботи здобувача. Такий рівень виконання роботи свідчить про її відповідність сучасним вимогам до дисертацій у галузі інформаційних технологій, а також про високий ступінь сформованості у здобувача наукової культури.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження Тележенка Д. О. мають вагомe значення як у теоретичному, так і в прикладному аспектах, сприяючи розвитку сучасної наукової школи в галузі розподілених обчислень і інтелектуального управління обчислювальними ресурсами. З наукової точки зору, запропонована концепція адаптивного управління архітектурою ВРКС на основі LSTM-моделі становить новий підхід до аналізу й прогнозування навантаження у динамічному та невизначеному середовищі. Автор здійснив формалізацію зв'язку між вхідними параметрами навантаження, часовими характеристиками взаємодії компонентів системи та її реактивною поведінкою, що відкриває нові перспективи для моделювання складних розподілених інфраструктур.

Практична значущість роботи полягає в реалізації та тестуванні програмного прототипу, здатного до самоналаштування та балансування ресурсів в умовах змін навантаження й збоїв. Модель інтегровано у віртуальне середовище, побудоване на технологіях Docker, Kubernetes, Prometheus і

TensorFlow, що дозволило забезпечити її масштабованість і ефективність в умовах, наближених до реальних. Результати експериментального моделювання підтвердили не лише високу точність прогнозування (за метриками MAE, MSE, R^2), але й підвищену стабільність системи при пікових навантаженнях.

Суттєвим елементом практичного значення є апробація результатів у навчальному процесі — автор передав матеріали дисертації для використання у викладанні дисциплін із напрямів штучного інтелекту, архітектури обчислювальних систем та інтелектуального аналізу даних у Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна. Такий міждисциплінарний зв'язок науки, освіти та технологій є важливим свідченням практичної цінності проведеного дослідження.

Таким чином, представлена дисертаційна робота не лише розв'язує низку актуальних наукових проблем у сфері розподілених обчислень, а й створює передумови для впровадження інтелектуальних методів управління у сучасні IT-середовища та навчальні платформи нового покоління.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності.

Дисертація Тележенка Дениса Олександровича є завершеним і самостійним науковим дослідженням, що демонструє високий рівень академічної зрілості та глибоке розуміння актуальних проблем синтезу архітектур віртуальних розподілених комп'ютерних систем. Робота характеризується логічною структурною організацією, чітким викладенням матеріалу та послідовним переходом від теоретичних засад до практичної реалізації запропонованих рішень. Особливістю дослідження є інтеграція методів глибинного навчання, зокрема рекурентних нейронних мереж типу LSTM, у процес побудови адаптивних обчислювальних середовищ, здатних до прогнозування та саморегуляції в умовах змінного навантаження і ймовірних збоїв.

У дисертації представлено ґрунтовний аналіз предметної області, сформульовано формальні моделі функціонування ВРКС, розроблено відповідні алгоритми управління ресурсами та проведено їх програмну реалізацію з використанням актуального технологічного інструментарію: Docker, Kubernetes, Prometheus і TensorFlow. Результати впровадження моделей у змодельованому середовищі підтверджують ефективність запропонованого підходу щодо точності прогнозування та стабільності системи при змінних умовах експлуатації. Окрему цінність становить комплексна експериментальна оцінка, що забезпечує надійність зроблених висновків.

Наукові результати дослідження набули належної апробації у публікаціях автора: як у фахових виданнях України, так і в міжнародних наукових журналах, зокрема у виданні, індексованому в базі Scopus. Це підтверджує актуальність і відповідність тематики дисертації сучасним напрямкам розвитку комп'ютерних

наук, зокрема в контексті побудови інтелектуальних, масштабованих та відмовостійких розподілених систем нового покоління.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Тележенка Д.О. є якісним самостійним дослідженням, що поєднує теоретичну новизну з прикладною спрямованістю. Водночас окремі положення роботи можуть стати підґрунтям для подальшого обговорення або уточнення в межах наукової дискусії.

1. У підрозділі 2.3.2, який присвячено конфігурації LSTM-моделі, автор демонструє обґрунтоване структурування архітектури мережі та її компонентів (шарів LSTM, Dense, Dropout тощо). Проте доцільно було б розширити обґрунтування вибору саме такої архітектури в контексті альтернативних рішень — наприклад, порівняти застосування LSTM із GRU або поєднанням CNN+LSTM для задач прогнозування часових рядів. Це б надало читачеві ширший контекст щодо переваг обраного підходу. Також варто було б коротко зазначити, яким чином обиралась кількість шарів та нейронів: чи було використано евристичні підходи, крос-валідацію або оптимізацію гіперпараметрів.

2. У підрозділі 4.2 детально викладено параметри та налаштування моделі LSTM, що забезпечує прозорість експериментального процесу. Водночас, доцільним було б розширити пояснення щодо вибору конкретних значень гіперпараметрів, зокрема навчальної швидкості (0.01), кількості епох (50) та розміру батчу (16). Наприклад, можна було б навести результати попередніх експериментів або порівняльний аналіз, які обґрунтовують обрану конфігурацію як оптимальну. Крім того, у тексті згадується перевага активаційної функції ReLU, однак у контексті рекурентних мереж доречно було б коротко прокоментувати, чому не використано традиційні tanh або sigmoid, які часто застосовуються в LSTM-шарах.

3. На рисунку 4.3 представлено деталізовану схему архітектури фізичного сервера, яка демонструє взаємозв'язки між його основними компонентами. Разом з тим, через високу щільність елементів і велику кількість позначень, схема сприймається дещо перевантаженою, що ускладнює її візуальне опрацювання. Доцільно було б розділити схему на кілька логічних блоків або збільшити масштаб окремих фрагментів із поясненням їх функціонального призначення. Таке уточнення сприяло б кращому сприйняттю і дозволило б читачеві ефективніше аналізувати подану інформацію.

4. Попри цінність графіків, представлених у розділі 4.9, схеми на рисунках 4.5 та 4.6 потребують покращення з точки зору читабельності та інтерпретації. На рисунку 4.5 поєднання двох графіків (RPS та Latency) на одній діаграмі робить сприйняття результатів складним — особливо при високій щільності точок даних. Доцільно було б представити ці графіки окремо, з

відповідними підписами осей, збільшеними шрифтами та лініями тренду, що підкреслюють загальну динаміку.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний характер і не знижують загального наукового рівня виконаної дисертації. Навпаки, вони вказують на потенціал тематики дослідження до подальшого розвитку та вдосконалення, що лише підтверджує актуальність, новизну та завершеність наукової роботи Тележенка Д.О.

Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича є ґрунтовним самостійним дослідженням, що повністю відповідає сучасним науковим вимогам як за змістовим наповненням, так і за рівнем оформлення. Робота відзначається високим ступенем актуальності, наукової новизни, а також чітким практичним спрямуванням. Структура дисертації є логічною, а наукові положення – послідовно викладеними, обґрунтованими та підтвердженими результатами експериментальних досліджень. Виклад матеріалу здійснено грамотною науковою мовою з дотриманням академічної доброчесності та методичних рекомендацій.

Тематика дослідження повністю узгоджується з предметною областю спеціальності 122 – «Комп’ютерні науки» галузі знань 12 – «Інформаційні технології», а результати роботи засвідчують глибоку професійну підготовку здобувача, його здатність до проведення самостійної наукової діяльності та формулювання інженерно-прикладних рішень для інтелектуальних розподілених систем. У дисертації дотримано вимог, установлених чинною редакцією Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року «Про присудження ступеня доктора філософії», а також норм, викладених у наказі Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами).

З огляду на високий рівень виконання дослідження, повноту реалізації його теоретичних і прикладних завдань, а також відповідність результатів вимогам освітньо-наукової програми підготовки докторів філософії, вважаю, що Тележенко Денис Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп’ютерні науки».

Рецензент:

Професор кафедри комп’ютерних систем
та робототехніки

Навчально-наукового інституту комп’ютерних наук
та штучного інтелекту

Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна, д.т.н.

Марина МІРОШНИК

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 14:57:19 08.08.2025

Назва файлу з підписом: Рецензія_Мірошник_Тележенко.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 420.3 КБ

Перевірені файли:

Назва файлу без підпису: Рецензія_Мірошник_Тележенко.pdf
Розмір файлу без підпису: 432.5 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: МІРОШНИК МАРИНА АНАТОЛІЇВНА

П.І.Б.: МІРОШНИК МАРИНА АНАТОЛІЇВНА

Країна: Україна

РНОКПП: 2648901560

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 14:57:21 08.08.2025

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000F3B2401113B4C06

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00

Голові разової спеціалізованої
вченої ради Харківського
національного університету імені
В. Н. Каразіна
професору Сергію ЯКОВЛЕВУ
майдан Свободи 4, м. Харків,
61022

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, доцента кафедри комп'ютерних систем та робототехніки навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, кандидата технічних наук (спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології) Стрілець Вікторії Євгенівни на дисертаційну роботу Тележенка Дениса Олександровича «Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки» з галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Обґрунтування вибору теми дослідження

Актуальність теми дисертації підтверджується зростаючою потребою в ефективному управлінні ресурсами віртуальних розподілених комп'ютерних систем, які використовуються у хмарних обчисленнях, сервісах IoT, великих даних та цифрових підприємствах. Зі збільшенням складності інфраструктури зростає потреба в адаптивних архітектурних рішеннях, здатних забезпечити стабільність, масштабованість та швидке реагування на змінні навантаження.

Класичні підходи до управління навантаженням та відновлення після збоїв часто не враховують динамічний характер сучасних обчислювальних середовищ. Це знижує ефективність використання ресурсів і збільшує ризик втрат даних або простоїв систем. Одним із перспективних напрямів подолання цих викликів є застосування методів машинного навчання, зокрема рекурентних нейронних мереж LSTM, які здатні аналізувати часові залежності та здійснювати точне прогнозування навантаження на сервери.

Інтеграція алгоритмів LSTM у процес синтезу архітектури ВРКС дозволяє проактивно реагувати на зміну навантажень, оптимізувати розподіл обчислювальних ресурсів та мінімізувати наслідки аварійних ситуацій. Це

відкриває нові можливості для побудови інтелектуальних обчислювальних систем, здатних до самостійної адаптації у реальному часі.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Тележенка Д. О., спрямована на розробку методів та моделей синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем з використанням LSTM, є актуальною та важливою науково-прикладною задачею в галузі інформаційних технологій.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Основна частина дисертації складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі роботи, визначено об'єкт і предмет дослідження, окреслено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, описано структуру й обсяг роботи, а також надано інформацію щодо апробації матеріалів і публікацій за темою.

У **першому** розділі виконано огляд сучасного стану в галузі архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем (ВРКС). Проведено аналіз еволюції архітектурних моделей (монолітних, мікросервісних, гібридних тощо), методів оптимізації ресурсів і засобів прогнозування навантаження. Особливу увагу приділено застосуванню алгоритмів машинного навчання для адаптивного управління ВРКС та визначенню основних недоліків традиційних підходів, що не враховують динаміку навантажень і не забезпечують достатню гнучкість.

Другий розділ присвячено розробці концептуальної моделі синтезу архітектури ВРКС із використанням рекурентних нейронних мереж LSTM. Детально описано архітектуру моделі, процес збору й підготовки даних, налаштування LSTM, а також оцінку її ефективності. Запропоновані підходи поєднують паралельну обробку інформації та машинне навчання для досягнення високої продуктивності й адаптивності систем.

У **третьому** розділі зосереджено увагу на модифікації методів відновлення архітектури ВРКС після збоїв. Проведено моделювання аварійних ситуацій у віртуальному середовищі на базі Docker і Kubernetes, проаналізовано вплив LSTM-прогнозування на точність виявлення відмов вузлів і швидкість реакції системи.

У **четвертому** розділі виконано практичну реалізацію моделі прогнозування навантаження з використанням LSTM. Розглянуто особливості роботи з відкритими наборами даних, детально описано конфігурацію моделі, процес її навчання, перевірку на точність, побудову прогнозів та інтеграцію з реальним середовищем ВРКС. Підтверджено, що використання запропонованого підходу дозволяє мінімізувати затримки, втрати запитів та покращити стабільність систем.

У **висновках** стисло викладено основні результати роботи, підтверджено їх відповідність поставленій меті, а також сформульовано практичні

рекомендації щодо впровадження отриманих результатів у галузі інформаційних технологій.

Список використаних джерел налічує 68 найменувань, оформлений відповідно до вимог, із посиланнями на сучасну українську та зарубіжну наукову літературу.

Додатки містять перелік публікацій здобувача за темою дисертації, фрагменти коду реалізованої LSTM-моделі та результати її навчання й тестування, що підтверджують достовірність і практичну значущість отриманих результатів.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Вперше розроблено модель прогнозування навантаження на сервери у віртуальних розподілених системах, яка відрізняється від існуючих можливістю прогнозування навантаження з високою точністю і адаптації до динамічних змін у системі.

Удосконалено метод оптимізації розподілу ресурсів у віртуальних розподілених системах, який відрізняється від існуючих використанням методів машинного навчання, що забезпечує ефективне використання обчислювальних потужностей і зниження затримок у відповідях системи. Метод включає алгоритми динамічного балансування навантаження та автоматичного масштабування.

Удосконалено метод відновлення архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем після збоїв, який, на відміну від відомих, ґрунтується на прогнозуванні LSTM, що дозволяє системі антиципувати потенційні відмови та автоматично перерозподіляти ресурси для мінімізації впливу збоїв на продуктивність.

Отримала подальший розвиток методологія адаптації архітектури ВРКС до змінних умов експлуатації, яка відрізняється від відомих можливістю аналізу даних про ефективність системи, отриманих із LSTM моделей. Це забезпечує здатність системи до адаптивності в реальному часі.

Також, уперше обґрунтовано застосування метрик (MSE, MAE, R^2) у поєднанні з експериментальним середовищем Docker–Kubernetes для оцінки ефективності прогнозних моделей у реальних сценаріях роботи ВРКС.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича справляє враження глибоко продуманої, завершеної в науково-методичному й експериментальному аспектах праці, що повністю відповідає сучасним вимогам до кваліфікаційних досліджень. Вона відзначається внутрішньою цілісністю, логічною послідовністю структурних компонентів і узгодженістю між поставленими завданнями, методологією та отриманими результатами. Всі

розділи побудовані на основі глибокого аналізу літературних джерел і сучасних практик у сфері хмарних обчислень, глибокого навчання та архітектур віртуальних розподілених систем.

Зміст дисертації демонструє чітке розуміння автором складної проблематики управління ресурсами ВРКС в умовах динамічного навантаження. Практична реалізація LSTM-моделі прогнозування навантаження, розгортання її у віртуальному середовищі з використанням Docker, Kubernetes, Prometheus, а також побудова механізмів самовідновлення архітектури підтверджують високий рівень прикладної значущості дослідження. Надійність результатів забезпечена комплексним моделюванням аварійних і робочих сценаріїв, урахуванням часових залежностей і впровадженням алгоритмів машинного навчання з доведеною ефективністю.

Варто окремо підкреслити, що основні наукові положення дисертації пройшли апробацію на міжнародних конференціях, а також були опубліковані у фахових виданнях, у тому числі в журналі, що входить до бази Scopus. Це засвідчує не лише наукову новизну, але й актуальність і прикладну цінність виконаної роботи.

Стиль викладу є академічно виваженим і чітким. Дисертація оформлена відповідно до нормативних вимог, включає повний набір структурних елементів, а її підсумкові висновки логічно узагальнюють зміст усіх розділів. Зважаючи на це, результати дослідження Тележенка Д.О. становлять суттєвий внесок у розвиток інтелектуальних ІТ-систем і можуть слугувати основою для подальших прикладних і теоретичних розробок у галузі штучного інтелекту, хмарних інфраструктур і обчислювального моделювання.

Апробація та публікації

Основні положення дисертації викладено у 8 наукових публікаціях. Зокрема, одна стаття опублікована у науковому журналі, що індексується в базі Scopus, ще одна – у міжнародному фаховому журналі, чотири статті – у фахових наукових виданнях, внесених до переліку МОН України, одна – у збірнику матеріалів міжнародної науково-технічної конференції, а також дві публікації – у збірниках тез конференцій. У вказаних працях автор послідовно викладає результати дослідження, що стосуються розробки та обґрунтування концептуальної моделі синтезу адаптивної архітектури віртуальних розподілених систем, впровадження LSTM-алгоритмів для задач прогнозування навантаження, а також механізмів відновлення функціонування інфраструктури після збоїв. Представлені у публікаціях матеріали демонструють наукову новизну та прикладну цінність проведеного дослідження.

Оформлення дисертації та академічна доброчесність

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича відповідає встановленим вимогам щодо структури, змісту та оформлення, передбаченим

постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про присудження ступеня доктора філософії» та наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

У ході аналізу змісту дисертації, її посилань, публікацій та результатів перевірки на академічну доброчесність (Strikeplagiarism.com) встановлено, що робота виконана самостійно та не містить ознак академічного плагіату. Усі положення та висновки в дисертації обґрунтовані результатами особистих досліджень здобувача, супроводжуються відповідними посиланнями, а також підтверджені у наукових публікаціях. Перелік авторських праць, пов'язаних з темою дослідження, наведено у дисертації, всі вони безпосередньо розкривають її зміст і засвідчують самостійність і доброчесність наукової роботи.

Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Результати дисертаційного дослідження, присвяченого розробці методів та моделей синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем із використанням алгоритмів машинного навчання, зокрема LSTM, є вагомим внеском у розвиток інформаційних технологій і теорії обчислень.

У дисертації запропоновано інноваційний підхід до прогнозування навантаження на сервери, адаптації архітектури ВРКС до динамічних умов експлуатації та оптимізації розподілу ресурсів. Теоретичне значення роботи полягає у побудові концептуальної моделі синтезу архітектури ВРКС із урахуванням часових залежностей, що дозволяє глибше зрозуміти принципи роботи таких систем у реальних умовах.

Практична реалізація результатів включає побудову та тестування LSTM-моделі для прогнозування навантаження, розгортання її у віртуальному середовищі з використанням Docker, Kubernetes, Prometheus та інших сучасних інструментів. Результати дослідження передано для впровадження у виробничу практику ІТ-компаній, а також використано в навчальному процесі на кафедрі математичного моделювання Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Вони застосовуються під час викладання дисципліни «Технології розподілених систем та паралельні обчислення», яка викладається в Навчально-науковому інституті комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Таким чином, наукові розробки Тележенка Д. О. мають значний потенціал для використання в промислових ІТ-системах, хмарних середовищах та освітніх програмах, підтверджуючи як їх наукову, так і практичну значущість.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Дисертація Тележенка Д. О. є завершеною самостійною науковою працею, що має чітку структуру, логічну побудову та високу наукову цінність. У роботі всебічно досліджено проблему синтезу архітектури віртуальних розподілених

комп'ютерних систем з використанням методів машинного навчання, зокрема алгоритму LSTM, що дозволило досягти поставленої мети.

Усі теоретичні розробки та практичні результати детально висвітлено в основному тексті дисертації, підтверджено численними експериментами та супроводжено публікаціями в наукових фахових виданнях і матеріалах конференцій. Зміст роботи відповідає сучасному рівню розвитку галузі комп'ютерних наук та відображає завершеність дослідження як у теоретичному, так і в прикладному аспектах.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційної роботи

1. У роботі доцільним було б розширити порівняльний аналіз LSTM з іншими сучасними алгоритмами машинного навчання (GRU, Transformer тощо), що також можуть бути застосовані до задач прогнозування у ВРКС.

2. Недостатньо висвітлено вплив масштабування обчислювального середовища (кількість вузлів, контейнерів) на точність і стабільність прогнозовної моделі.

3. У роботі не подано кількісної оцінки впливу часу прогнозування на ефективність реакції системи в умовах пікових навантажень.

4. Відсутній аналіз ресурсоспоживання під час роботи з великими обсягами вхідних даних у реальному часі.

5. Було б доцільно більш детально обґрунтувати вибір оптимального горизонту прогнозування (5–10 хвилин) для різних типів систем.

6. Варто було б проаналізувати можливості узагальнення розробленої моделі для мультисерверних конфігурацій з різнорідними навантаженнями.

Наведені зауваження мають характер наукової дискусії та не знижують цінності дисертаційної роботи Тележенка Д. О., яка є логічною, завершеною, актуальною та самостійною науковою працею.

Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертація Тележенка Дениса Олександровича є завершеною науково-дослідною роботою, що має високий рівень наукової новизни та практичної значущості. Зміст дисертації повністю відображає основні наукові положення дослідження. Робота оформлена відповідно до чинних вимог, написана грамотною науковою мовою.

Дисертаційна робота Тележенка Дениса Олександровича «Методи та моделі синтезу архітектури віртуальних розподілених комп'ютерних систем» за актуальністю, структурою, глибиною аналізу, рівнем реалізації та представленістю результатів у публікаціях здобувача відповідає спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки» у галузі знань 12 – «Інформаційні технології», а також вимогам, визначеним «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженим

постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. (зі змінами), та наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами).

Вважаю, що Тележенко Денис Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки».

Рецензент:

доцент кафедри комп'ютерних
систем та робототехніки
навчально-наукового інституту
комп'ютерних наук та штучного інтелекту
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна, к.т.н.

Вікторія СТРИЛЕЦЬ

ПРОТОКОЛ
створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 12:59:16 06.08.2025

Назва файлу з підписом: Рецензія_Стрілець_Тележенко.pdf.asice
Розмір файлу з підписом: 413.9 КБ

Перевірені файли:
Назва файлу без підпису: Рецензія_Стрілець_Тележенко.pdf
Розмір файлу без підпису: 425.5 КБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: СТІЛЕЦЬ ВІКТОРІЯ ЄВГЕНІВНА
П.І.Б.: СТІЛЕЦЬ ВІКТОРІЯ ЄВГЕНІВНА
Країна: Україна
РНОКПП: 3178404529
Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА
Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 12:59:15 06.08.2025
Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"
Серійний номер: 5E984D526F82F38F040000008F5C5301D6A57E05
Алгоритм підпису: ДСТУ 4145
Тип підпису: Удосконалений
Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)
Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)
Сертифікат: Кваліфікований

Версія від: 2025.08.04 13:00