ВІДГУК
офіційного опонента
доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення Центральноукраїнського національного технічного університету
Смірнова Олексія Анатольовича
на дисертаційну роботу
Карпенка Андрія Сергійовича
на тему «Методи та засоби забезпечення кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних з контрольованою узгодженістю»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 125 Кібербезпека та захист інформації

Актуальність теми дисертації. Нові методи та засоби забезпечення кібербезпеки мають надзвичайне значення для систем починаючи від соціальних мереж до комплексів критичного та бізнес-критичного спрямування. Глобально-розподілені інформаційні системи, що використовуються для збереження та обробки великих обсягів даних знаходять широке застосування у багатьох галузях життєдіяльності людини. Призначення таких систем, їх масштаб, а також використання загальнодоступних каналів мережі Інтернет робить їх ціллю для зловмисників. У той час як сучасні інформаційні технології мають широкий спектр засобів забезпечення конфіденційності даних, забезпечення високої готовності та цілісності ускладнено через наявність протиріч між цими властивостями. Крім того, можлива неузгодженість між даними, що зберігаються на різних вузлах-репліках системи, є додатковою загрозою для цілісності інформації. Вказані особливості визначають актуальність теми роботи Карпенка А.С.

Дисертаційна робота націлена на підвищення кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих сховищ даних шляхом впровадження та удосконалення моделей та методів.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАІ» в рамках науково-дослідних робіт «Методологічні засади та технології оцінювання та забезпечення безпеки (захисту) критичних інформаційних інфраструктур» (№ ДР 0119U100979, 2019-2021) та «Методи, моделі та інформаційні технології підвищення надійності та безпечності складних ІТ-систем на етапах розроблення та впровадження» (№ ДР 0121U113842, 2021-2023). Внесок здобувача полягає у створенні/удосконалені методів, моделей та комплексу інформаційних технологій підвищення кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих сховищ даних. Участь Карпенка А.С. – виконавець.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Отримані здобувачем наукові результати розв'язують науково-прикладну задачу розроблення та удосконалення методів та засобів

забезпечення кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих систем (ГРРС) зберігання даних й підвищення їхньої стійкості до загроз порушення готовності та узгодженості даних в умовах наявного протиріччя між цими властивостями. Це дозволило здобувачу отримати наступні наукові результати:

– розроблено комплекс нових та удосконалених моделей для глобально-розподілених систем зберігання даних, які забезпечують: 1) деталізацію загроз кібербезпеки ГРРС; 2) формалізацію опису патернів розгортання ГРРС у хмарному середовищі з урахуванням доменів готовності за допомогою апарату теоретико-множинного представлення; 3) оцінювання готовності та зменшення часу обслуговування в умовах кібератак завдяки використанню механізму надлишкових читань за допомогою гібридного імітаційного підходу;

– вперше запропоновано метод динамічного керування рівнем узгодженості ГРРС, який, на відміну від відомих, базується на побудові доменів змішаного робочого навантаження та дозволяє підвищити готовність системи, гарантуючи при цьому строгу узгодженість даних для підвищення стійкості до DDoS атак;

– удосконалено метод надлишкових читань ГРРС, який ґрунтується на використанні надлишковості щодо встановленого рівня узгодженості операцій читання та дозволяє зменшити екстремальні часові затримки та підвищити готовність при встановленому обмеженні на час обслуговування або цілісність в умовах кіберзагроз порушення даних та відмов в обслуговуванні.

Достовірність отриманих наукових та практичних результатів підтверджуються обґрунтованістю допущень, прийнятих при розробці моделей та методів. Також співпадінням з допустимою точністю результатів аналітичного та імітаційного моделювання при ідентичних структурах та параметрах глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних з результатами практичних випробувань та навантажувального тестування.

Аналіз змісту розділів у дисертаційній роботі дозволяє зробити висновок про належну обґрунтованість наукових положень дисертації Карпенка А.С. При цьому наукові положення та висновки, представлені у дисертації, обґрунтовано теоретичним аналізом, результатами практичного впровадження на підприємстві та в навчальному процесі. Можна відзначити, що дисертаційна робота Карпенка А.С. є завершеним науковим дослідженням.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності. За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Карпенка А.С. повністю відповідає стандарту вищої освіти зі спеціальності 125 Кібербезпека та захист інформації третього освітньо-наукового рівня доктор філософії, за галуззю знань 12 Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям кібербезпеки та захисту інформації.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Карпенка Андрія Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та

запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційна робота написана українською мовою. При аналізі мови та стилю дисертації було помічено, що здобувач зазвичай використовує чітку та конкретну лексику, що допомагає передати його результати чітко та зрозуміло. Текст організований за логічними блоками, прослідкується зв'язок між розділами, що забезпечує достатньо наглядний перехід від одного аспекту дослідження до іншого. В цілому, прослідковується дотримання академічного стилю, уникнення надмірних деталей робить текст цілком доступним для читача та допомагає передати ідеї наукового дослідження. Здобувач використовує наглядні приклади та ілюстрації, що допомагають усвідомити основні ідеї та результати досліджень.

В цілому, дисертація написана із дотриманням наукового стилю з використанням сучасних термінів та мовних аспектів. Дисертація демонструє високий професіоналізм та володіння загальноприйнятою термінологією в сфері інформаційних технологій.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 172 сторінок. Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і завдання дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена інформація про апробацію дисертаційної роботи і публікації.

У першому розділі проведено аналіз розвитку та проблем архітектур систем зберігання даних. Висвітлено еволюцію понять та характеристик великих даних та систем зберігання даних. Особливу увагу приділяється аналізу моделі кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних у частині забезпечення цілісності, готовності та конфіденційності, а також взаємозв'язок з моделлю гарантоздатності.

У другому розділі удосконалено модель загроз глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних, що дозволяє виділити специфічні загрози порушення цілісності та готовності таких систем. Також розроблено теоретико-множинну модель патернів розгортання глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних спираючись на можливості її та провайдера хмарних послуг. Запропоновано та досліджено метод динамічного керування рівнем узгодженості, що дозволяє підвищити готовність системи та стійкість до DDoS атак.

У третьому розділі вперше запропонована модель конфігурації надлишкових читань, що дозволяє описати взаємозв'язок між рівнем узгодженості, кількістю опитаних реплік та загальною кількістю реплік глобально-розподіленою реплікованою системою зберігання даних. Удосконалено метод надлишкових читань, який дозволяє підвищити готовність та цілісність. Проаналізовано результати використання методу надлишкових читання для підвищення готовності за допомогою розробленої гібридно імітаційної моделі. Також проаналізовано результати використання методу надлишкових читання для

підвищення цілісності були отримані ймовірності виправлення та виявлення модифікування або спотворення даних.

Четвертий розділ дисертаційного дослідження є логічним розвитком попередніх. У ньому розроблений комплекс інформаційних технологій, яка дозволяє виконати розгортання, навантажувальне тестування, аналіз налаштувань та безперервний моніторинг глобально-розподіленого реплікованого кластеру. Також представлені результати впровадження дисертаційного дослідження.

Дисертаційна робота оформлена 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 висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статей у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 0 патентів на винахід, що пройшли кваліфікаційну експертизу та безпосередньо стосується наукових результатів дисертації; 0 патентів України на корисну модель; 0 одноосібних монографій, що рекомендовані до друку Вченою радою Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» та пройшли рецензування.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача достатньо високий, де особистий внесок чітко прослідковується у кожній роботі. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи:

1. У розділі 2.1 використовується метод оцінки загроз STRIDE без порівняння з іншими аналогічними методами. Чому застосовується саме STRIDE методологія?
2. У розділі 2.3.2 виконується порівняння тестових фреймворків, які дозволяють виконати навантажувальне тестування. Обраний YCSB фреймворк має велику кількість параметрів не всі з яких були застосовані під час досліджень.
3. У роботі зазначено «протиріччя між властивостями узгодженості та готовності», але задача оптимізації не була поставлена у формальному вигляді, а також не наведено обґрунтування методу оптимізації, що використовувався.
4. У розділі 3 для оцінки ефективності запропонованого методу надлишкових читань для підвищення готовності й цілісності була розроблена та використовувалася імітаційна модель. Чи не доцільно було б для вирішення цієї задачі використовувати теорію масового обслуговування?
5. Під час оцінки підвищення готовності глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних при використанні методу динамічного керування рівнем узгодженості та методу надлишкових читань, які запропоновані у розділах 2 та 3 дисертаційної роботи відповідно, не враховується базовий рівень

готовності хмарного провайдеру, що надається у Service-level agreement (SLA) та інших чинників, що можуть впливати на кібербезпеку.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу. Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Карпенка Андрія Сергійовича на тему «Методи та засоби забезпечення кібербезпеки глобально-розподілених реплікованих систем зберігання даних з контрольованою узгодженістю» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.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 Карпенко Андрій Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 125 Кібербезпека та захист інформації.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення
Центральноукраїнського національного технічного університету
доктор технічних наук, професор,

Олексій СМІРНОВ

« 08 » січня 2024 року

Підпис доктора технічних наук, професора, завідувача кафедрою кібербезпеки та програмного забезпечення, Центральноукраїнського національного технічного університету Смірнова Олексія Анатолійовича засвідчую:
Проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків
Центральноукраїнського національного технічного університету
Кандидат технічних наук, доцент

Андрій ТИХИЙ