

## ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Черкаського державного технологічного університету, доктора технічних наук, професора Голуба Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Коваленка Олексія Єпифановича «Моделі і методи побудови конвергентних систем ситуаційного управління», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Метод ситуаційного управління широко застосовується для вирішення слабкоструктурованих задач з неповною інформацією про керовані процеси та об'єкти. Створення комп'ютеризованих систем ситуаційного управління потребує формалізації опису задач та процесів ситуаційного управління. Складність формалізації таких задач обумовлює необхідність поєднання в складі систем ситуаційного управління формальних та неформальних підходів з використанням моделей знань цільових областей ситуаційного управління. Таке поєднання здійснюється на основі принципів конвергенції при застосуванні методів модельно-орієнтованої інженерії систем.

Отже, існує актуальна проблема створення теоретичних засад та засобів побудови конвергентних комп'ютерних систем ситуаційного управління на основі моделей і методів, що забезпечують ефективну реалізацію таких систем з урахуванням специфіки предметної області застосування та використанням моделей знань.

### 2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Напрямок наукових досліджень дисертаційної роботи визначений законами України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки на період до 2021 року» та «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» і відповідає пріоритетний тематичний напрямок фундаментальних досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 р. «Технології та інструментальні засоби електронного урядування. Інформаційно-аналітичні системи, системи підтримки прийняття рішень. Ситуаційні центри» затверджених постановою Кабінету Міністрів України № 556 від 23.08.2016. Дисертаційне дослідження проведено в рамках виконання науково-дослідних робіт за фундаментальною та прикладною тематикою в Інституті проблем математичних машин і систем НАН України, зокрема: НДР «Методологічні засади створення мережі ситуаційних центрів органів державної влади України та інформаційних технологій підтримки прийняття рішень у розподіленому середовищі», («Дельта»), 2015–2018 рр., державний реєстраційний № 0115U003014 (відповідальний виконавець); НДР «Комплексні, масштабовані програмно-технічні платформи ситуаційних центрів

*ІТМЕ Вх. 183*

*26.04.2021р.*



вищого державного рівня», («СЦ-Інтеграція»), 2014–2015 рр., державний реєстраційний № 0114U000024; НДР «Розробка нових архітектурних рішень для програмно-технічних комплексів систем підтримки прийняття рішень на вищому державному рівні», («СЦ-Рада»), 2011–2013 рр., державний реєстраційний № 0111U003107; НДР «Розробка програмно-технічних засобів супроводу роботи комітетів Верховної Ради України у складі інтегрованої інформаційно-аналітичної системи «Електронний Парламент», («Рада-КС»), 2013 р., державний реєстраційний № 0113U007157с; ГД «Розробка концепції, методології та архітектури електронних робочих місць народного депутата України в сесійній залі, залі засідань комітету, на погоджувальній раді, у службовому офісі» («Рада-4К»), 2011 р., державний реєстраційний № 0111U005970.

### **3. Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У *вступі* визначено актуальність, сформульовано мету та представлено формальні ознаки дисертаційної роботи (новизна, практична цінність, ступінь апробації, публікації та структура роботи).

У *першому розділі* проведено аналіз методологічних принципів побудови систем та системи систем, проаналізовано зміст етапів життєвого циклу систем. Проведено аналіз ситуаційного управління з точки зору обробки інформації та визначено особливості такої обробки. На основі проведеного аналізу визначено особливості ситуаційних систем з точки зору їх цільового призначення та, зокрема, особливості систем ситуаційного управління (ССУ). Також проведено аналіз моделей ситуаційного управління на основі якого запропоновано модель циклу ситуаційного управління, що пов'язує етапи ситуаційного управління з методами їх реалізації. Визначено бачення ССУ як кібернетичної системи, що будується на основі принципів конвергенції. Проведено аналіз використання конвергентного підходу при створенні інфраструктури комп'ютерних систем. На основі проведеного аналізу підтверджено ефективність застосування конвергентного підходу на рівні надання функціональних сервісів у системах ситуаційного управління.

У *другому розділі* розглядаються інформаційний, архітектурний та технологічний аспекти побудови ССУ. Запропоновано узагальнену функціональну модель трансформації інформації в ССУ та представлення ССУ як динамічної системи. На основі моделі циклу ситуаційного управління запропоновано процесну модель ситуаційного управління та проведено декомпозицію процесів виходячи зі змісту етапів, що дозволяє розглядати процес ситуаційного управління як проєктну діяльність, яка забезпечує зростання цінності інформації до рівня її використання для управління в рамках цільового призначення ССУ. Запропоновано таксономія та онтологічна модель категорій



інформації виходячи з атрибутів, способу використання та фокусу обробки інформації, що дозволяє визначити адекватні методи трансформації інформації в процесі ситуаційного управління з урахуванням модальностей ситуацій. Визначено архітектурні підходи до побудови ССУ як складних систем з точки зору еталонних архітектурних моделей та визначено технологічні аспекти проектування архітектур ССУ.

У *третьому розділі* запропонована формалізація архітектури конвергентної ССУ як багаторівневої системи з онтологічними моделями знань, притаманних кожному рівню, що дозволяє формально представити загальну семантику ССУ. Для реалізації конвергентної ССУ запропоновано агентний підхід, що дозволяє інкапсулювати окремі функціональності в уніфікованих компонентах системи. На основі запропонованого підходу розроблено модель ситуаційного агента, що реалізує цикл трансформації інформації відповідно до моделі I-SDKW. Відповідно до моделі трансформації знань в кіберматичних системах розроблено структури метаонтологій для моделі діяльності ССУ та конститuentних моделей: архітектурної, логічної, організаційної, категорійної. Запропонована узагальнена поведінкова модель ситуаційного агента, що підтримує взаємодію агентів в складі мультиагентної ССУ. Обґрунтовано вибір технологічної моделі інтероперабельності агентів в межах мультиагентної ССУ. Розроблено модель композиційної конвергенції функціональних компонентів ССУ з використанням моделей знань та наведено приклад реалізації конвергентної моделі знань для побудови ССУ інформаційною безпекою.

У *четвертому розділі* розвинуто методи структурної оптимізації конвергентних ССУ. Сформульовано загальну задачу структурної оптимізації стосовно конвергентних ССУ та запропоновано двоетапний процес структурної оптимізації. На першому етапі розв'язуються пряма та двоїста задача однокритерійної оптимізації конвергентної ССУ за узагальненим критерієм ефективності системи стосовно витрат на реалізацію та забезпечення потрібної функціональності системи. На другому етапі розв'язується багатокритерійна задача оптимізації складу компонентів конвергентної ССУ виходячи з принципу оптимальності Парето. Розглянуто приклад застосування запропонованого методу багатокритерійної оптимізації визначення оптимального складу компонентів при побудові конвергентної системи.

У *п'ятому розділі* розглянуто моделі динамічної оптимізації конвергентних ССУ стосовно забезпечення оптимальної інтероперабельності та динамічної стійкості за Ляпуновим конвергентних ССУ. Розвинуто модель метод забезпечення динамічної стійкості конвергентної ССУ як дисипативної системи на основі оцінки загальної ентропії системи, що збільшується за рахунок надходження інформації із зовнішнього середовища. Розвинуто метод та



розроблено алгоритм забезпечення технічної інтероперабельності з урахуванням обмеженості обчислювальних ресурсів та часу обробки запитів агентів ССУ.

У шостому розділі наведено приклади реалізації засобів побудови конвергентних ССУ на основі розроблених моделей та методів. Розглянуто особливості реалізації засобів стосовно розв'язання задач окремих процесів ситуаційного управління. Розроблено компоненти технологічних UML-моделей для створення конвергентних ССУ. Розроблено імітаційні моделі аналізу обчислювальних спроможностей мережної інфраструктури конвергентних ССУ на основі методів теорії масового обслуговування.

#### **4. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

1. Вперше запропонований метод класифікації ситуаційних систем, який, *на відміну від існуючих*, враховує особливості цільового призначення ситуаційної системи, *що дозволяє* утворити основу для побудови спеціалізованих моделей знань предметних областей ситуаційної діяльності.

2. Вперше розроблено модель трансформації інформації в когнітивному циклі ситуаційної діяльності, *яка являє собою* композицію/декомпозицію процесів зміни структурно-семантичного представлення інформації, *і, на відміну від існуючих*, забезпечує безрозривне поєднання перетворень між різними категоріями інформації, *що дозволяє* забезпечити її адекватне використання в різних видах моделей на кожному етапі циклу ситуаційної діяльності.

3. Вперше розроблено цілісну модель ситуаційної обізнаності, *яка являє собою* послідовність процесів формування знань про ситуацію *і, на відміну від існуючих*, побудована на основі співставлення етапів циклу ситуаційного управління з методами логічного умовиводу, *що відповідають* цільовому призначенню кожного етапу. *Це дозволяє* формувати формалізовані знання про ситуацію.

4. Вперше розроблено модель ситуаційного агента для реалізації процесу ситуаційного управління шляхом трансформації категорій інформації *у формі* послідовності функціональних перетворень, *яка, на відміну від існуючих*, узагальнює моделі інтелектуальних агентів, *що дає змогу* будувати конвергентні системи ситуаційного управління як композицію уніфікованих ситуаційних агентів.

5. Вперше розроблено метод композиційної конвергенції компонентів системи ситуаційного управління з використанням моделей знань, *який містить* описи предметної області застосування на різних рівнях абстракції, *що, на відміну від існуючих*, дає формалізоване представлення процесу побудови цільових ситуаційних систем на основі вимог до них з урахуванням особливостей ситуаційного управління. *Це дозволяє* забезпечити семантичну цілісність представлення системи від визначення вимог до реалізації компонентної моделі.

6. Вперше розроблено технологічні моделі для побудови компонентів конвергентних систем ситуаційного управління, *у формі* UML-діаграм, *які, на відміну від існуючих*, будуються для окремих процедур ситуаційного управління, *що дозволяє* створити основу для типізації таких систем;



7. Вперше розроблено конвергентну модель знань для застосування у системі ситуаційного управління інформаційною безпекою у *формі* прикладної онтології, що, *на відміну від існуючих*, поєднує онтологічні моделі стандартів, загроз, уразливостей та архітектур безпеки. *Це дозволяє* формувати моделі раціональної діяльності, що відповідають контексту безпекової ситуації.

8. Удосконалено оптимізаційні методи оцінки структурної ефективності архітектури конвергентної системи ситуаційного управління *за рахунок* їх адаптації до задач побудови конвергентних систем на основі узагальнених і збалансованих показників ефективності, що, *на відміну від* евристичної моделі розробки, *дає змогу* формально обґрунтувати архітектурні рішення для цільових систем.

9. Удосконалено оптимізаційні методи оцінки динамічної стійкості конвергентних систем ситуаційного управління на основі узагальнених показників, *шляхом* застосування моделі зміни ентропії у дисипативній системі та принципу стійкості за Ляпуновим, *що дозволяє* прогнозувати їх спроможності у процесі функціонування.

10. Удосконалено моделі аналізу подіє-орієнтованих систем на основі теорії масового обслуговування *за рахунок* розробки імітаційних моделей для окремих режимів завантаження інфраструктурного рівня систем ситуаційного управління, *що дозволяє* прогнозувати поведінку таких систем у процесі функціонування.

11. Отримала подальшого розвитку теорія модельно-орієнтованого проектування складних комп'ютеризованих систем у частині узагальнення та формалізації моделей і методів побудови конвергентних систем ситуаційного управління та оцінки їх ефективності з використанням формалізованих моделей знань предметної сфери їх застосування *за рахунок* поєднання інформаційного, архітектурного та технологічного аспектів побудови таких систем. *Це дозволяє* реалізувати єдиний підхід при побудові конвергентних комп'ютеризованих систем на різних етапах ситуаційного управління.

## **5. Обґрунтованість висновків і одержаних результатів**

Постановка задачі досліджень, наукові положення, що захищаються автором роботи, висновки за результатами досліджень і рекомендації щодо використання запропонованих методів та засобів базуються на коректному використанні теоретичних засад і методів загальної теорії систем, логічних теорій першого порядку, ситуаційної теорії, теорії агентних систем та інженерії систем.

Достовірність отриманих результатів підтверджується коректністю постановки задачі, використанням апробованих математичних методів і обґрунтованістю наукових висновків, несуперечливістю результатів. Викладені в роботі результати не протирічають відомим результатам, отриманим за допомогою інших методів.

## **6. Практична цінність одержаних результатів**

Практична цінність результатів досліджень полягає у розробці концептуальних основ, моделей, методів та компонентів конвергентних ССУ, що



створюють методологічних та технологічний базис для побудови таких систем в різних сферах застосування. Практична цінність отриманих результатів підтверджується впровадженням в ІПММС НАН України, в ДП «ЕС ЕНД ТІ Україна», у Science Research Center for Disaster Risk Reduction of the Department of Information Technology and Communications of the University of National and World Economy. Результати роботи також були використані у навчальному процесі в Національному університеті біоресурсів і природокористування України та Кам'янець-Подільському національному університеті імені Івана Огієнка.

### **7. Рекомендації щодо використання наукових результатів**

Теоретичні та практичні результати отримані в роботі можуть бути використані для побудови конвергентних ССУ в різних сферах застосування шляхом деталізації та адаптації запропонованих моделей і методів. Модель ситуаційного агента може бути використана як універсальний контейнер при побудові мультиагентних систем різного призначення.

### **8. Повнота викладення основних результатів дисертації**

Аналіз основних результатів роботи та публікацій Коваленка О.Є. засвідчує особистий внесок автора та дозволяє зробити висновок про достатню повноту відображення результатів у його наукових публікаціях. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням і висновкам, зробленим в дисертації. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Основні результати роботи опубліковано у 84 наукових працях: одній колективній монографії, 22 статтях у наукових періодичних виданнях (14 одноосібних), з них 15 статей у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України та 7 статей у наукових періодичних виданнях інших держав з напряму дисертації, у тому числі 4 статті у виданнях, проіндексованих у наукометричній базі Scopus. Матеріали дослідження пройшли апробацію більш як на 20 міжнародних наукових конференціях та опубліковані у матеріалах та збірниках праць конференцій, 5 з яких проіндексовано у наукометричних базах Scopus та Web of Science.

### **9. Недоліки та зауваження по роботі**

1. У першому розділі бажано б було дати огляд реалізацій систем ситуаційного управління, відомих на поточний момент та виділити їх особливості.

2. Не наведено чисельні результати дослідження моделей стійкості функціонування систем ситуаційного управління, представлених у розділі 5.

3. Не проведено аналізу можливих ансамблів критеріїв багатокритеріальної оптимізації для порівняння існуючих підходів і який би доводив ефективність образних методів оптимізації.



4. Не проведено оцінку алгоритмічної складності реалізації запропонованих алгоритмів оптимізації систем ситуаційного управління.

5. В авторефераті наведено опис моделей конвергенції компонентів у системах ситуаційного управління, але не наведено приклади їх практичної реалізації.

6. Не конкретизовано перелік конкретних вимог до побудови конвергентних систем на окремих етапах ситуаційного управління.

7. З поведінкової моделі ситуаційного агента не зрозуміло які механізми застосовуються для трансформації інформації з однієї категорії в іншу, а також рівень автоматизації цих процесів.

8. У тексті зустрічаються стилістичні неточності.

### Висновок

Незважаючи на вказані зауваження, загальна оцінка роботи є позитивною. Дисертаційна робота Коваленко О. Є. «Моделі і методи побудови конвергентних систем ситуаційного управління» є завершеною науковою роботою, що виконана на високому науковому рівні, і відповідає спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. За своїм рівнем, обсягом і якістю досліджень дисертаційна робота задовольняє вимогам, які висуваються до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук згідно з п.п. 9, 10, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою КМУ від 19 серпня 2015 року № 656, а її автор, Коваленко Олексій Єпіфанович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

### Офіційний опонент:

професор кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Черкаського державного технологічного університету, доктор технічних наук, професор

С.В. Голуб

### Підпис С. В. Голуба засвідчую:

Вчений секретар Черкаського державного технологічного університету, к.т.н., доцент



І.В. Миронець