

ВІДГУК

на дисертаційну роботу **Полякова Михайла Олексійовича**
«Теоретико-множинні моделі функціональних структур
інтегрованих і когнітивних систем» подану на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
01.05.02 — «Математичне моделювання та обчислювальні
методи»

На відгук представлені матеріали дисертації здобувача Полякова М.О. на 389 сторінках та автореферат на 44 сторінках.

Актуальність теми дисертаційної роботи Актуальність теми дисертаційної роботи М.О. Полякова визначається ускладненням функціональної структури систем технічного призначення що проектуються, розширенням адаптивних можливостей систем, використанням різних форм знань в процесі їх функціонування, які не повною мірою відображені в математичних описах систем. Дослідження М.О. Полякова присвячено розв'язанню наукової проблеми розробки математичних моделей функціональних структур інтегрованих і когнітивних систем із підвищенням інтероперабельності їх підсистем та використанням вищих форм знань і, на підставі цього, розширення функціональних можливостей моделей таких систем і уніфікації функціональних структур та елементів таких систем.

Дисертаційна робота виконувалася в Національному університеті «Запорізька політехніка» у межах до науково-дослідних робіт виконаних на кафедрах електричних та електронних апаратів і програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка».

Наукова новизна отриманих результатів

Автором отримані такі нові результати:

1. Вперше розроблено теоретико-множинну модель функціональної структури системи, яка відрізняється тим, що інтегрує її підсистеми за принципом взаємодії через спільний елемент, що дозволяє підвищити інтероперабельність їх моделей через одночасне урахування впливів усіх підсистем на функціонування кінцевого об'єкта

2. Вперше розроблено теоретико-множинну модель небінарного скінченного автомата, яка відрізняється складом і небінарними властивостями елементів множин та описом функцій на рівні станів автомата, а саме, введенням множин керувань, функцій станів автомата, які задають умови активації стана, тип активності виходів та структуру переходів з активного стану та через це збільшують рівень узагальнення моделі по відношенню до операцій процесів діяльності системи.

3. Вперше розроблено семантичну модель скінченного автомата та метод її використання, яка відрізняється семантичною формою опису причинно-наслідкових відносин в автоматі та в його станах, введенням контурів діяльності та керування, які взаємопов'язані через стани автомата, що за рахунок розширення бази знань для прийняття коригувального рішення та використання засобів логічного висновку дозволяє підвищити адаптивність системи та зменшити витрати на діагностування системи.

4. Вперше запропоновано модель когнітивної системи, яка відрізняється тим, що заснована на принципі однорідності знань про систему, її зовнішнє середовище та кінцевий об'єкт і, на відміну від принципу фон Неймана для обчислюваних систем, характеризується розширенням об'єкта однорідності, теоретично обґрунтовує використання знань про систему при її адаптації.

5. Вперше розроблено узагальнену теоретико-множинну модель функціональної структури когнітивної системи, яка відрізняється використанням інтегрованої коренеподібної ієрархії підсистем на рівнях безпосереднього, сигнального, обчислювального, інформаційного, когнітивного (рівень знань), концептуального та цільового моделювання, які взаємодіють з базою знань у різних формах піраміди знань, що дозволяє будувати моделі систем різного призначення з уніфікованих елементів.

6. Удосконалено теоретико-множинні моделі структур контурів дискретного, безперервного та гібридного керування, які відрізняються тим, що побудовані через агрегацію типових модулів керувальних автоматів та вхідних, вихідних і проміжних операційних автоматів із додатковими входами та виходами керування, що дозволяє будувати адаптивні підсистеми діяльності з уніфікованих модулів.

7. Удосконалено модель створення керувальних та операційних автоматів, яка відрізняється тим, до формалізмів мови LD промислових

контролерів стандарту МЕК 61131-3 додано конструкції автоматів, що дозволяє типізувати процес створення моделей автоматів.

8. Удосконалено методи моделювання процесів у когнітивній системі на основі динамічного визначення комплексу цілей її функціонування, які відрізняються тим, що поточний комплекс цілей відповідає певному стану та виходу скінченого автомата цілей, а умови переходу до цього стану формуються конверторами та операційними автоматами підсистем пізнання та когнітивності через обрання стратегії роботи з цілями, оцінювання цілей та поточного стану їх досягнення за пропонуваним комплексом показників, що дозволяє типізувати функціональну структуру підсистеми визначення цілей функціонування системи.

9. Удосконалено модель підсистеми діяльності когнітивної системи, яка відрізняється тим, що побудована у вигляді ієрархії рівнів із керованими скінченими автоматами цілей, сценаріїв, поведінки та операцій, які пов'язані шинами, що дозволяє типізувати структуру підсистеми, розширити її адаптивні можливості, запобігти конфліктам цілей та зменшити на цій основі трудомісткість створення моделі підсистеми діяльності.

10. Удосконалено модель функціональної структури віддаленої лабораторії для вивчення цифрових об'єктів, яка відрізняється тим, що подає її як інтегровану систему запропонованих кіберфізичних моделей об'єктів (фізичних, візуальних та віртуальних моделей об'єктів у робочому та аварійному режимах, моделей динаміки розвитку дефектів у досліджуваних елементах системи, та динаміки зовнішніх впливів на систему), що дозволяє збільшити різноманіття експериментів та зменшити витрати через заміну коштовних фізичних моделей на більш дешеві та прості моделі з емуляцією можливостей складних моделей.

11. Удосконалено теоретико-множинні моделі системи безперервного прогнозування параметрів складного технічного об'єкта (на прикладі потужного трансформатора), які відрізняється тим, що використовують запропоновані моделі функціональної структури когнітивних систем та спеціалізованих конверторів і керуючих автоматів, що дозволяє через використання нових форм знань для визначення та прогнозування динаміки стану та параметрів технічного об'єкта, обрання та адаптації цілей функціонування системи розширити функціональні можливості системи прогнозування щодо збільшення терміну використання технічного об'єкта,

підвищити на цій основі точність прогнозування, а також зменшити витрати на створення системи.

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій отриманих у дисертації Полякова М.О. підтверджена через перевірки запропонованих математичних моделей системним вимогам щодо функціональної структури інтегрованих і когнітивних систем, використанням при моделюванні їх елементів фундаментальних методів теорій автоматів, множин, математичної логіки, порівнянням результатів аналітичних досліджень із результатами імітаційного моделювання та позитивними результатами дослідно-промислової перевірки запропонованих рішень.

Практичне значення та реалізацію підтверджено актами впровадження отриманих у дисертаційній роботі результатів, зокрема:

– у дослідну та виробничу діяльність ТОВ «Енергоавтоматизація» (м. Запоріжжя), а саме в рамках дослідної експлуатації, при виробництві системи неперервного контролю (моніторингу) трьохфазної групи однофазних трансформаторів АОДЦТН–167000/500/220/10-У1 для ПС 500 кВ «Нура»;

– у рамках виконання проекту ІCo–ор програми TEMPUS та проектів програми ERASMUS+ при модернізації віддаленої лабораторії GOLDI у технічному університеті Ільменау (Німеччина);

– у науково-дослідну роботу, модернізацію віддалених лабораторій REIDES, GOLDI та навчальний процес підготовки магістрів у Національному університеті «Запорізька політехніка».

Значущість отриманих результатів для науки та практичного використання Наукове значення дисертаційної роботи М.О. Полякова полягає в тому, що розроблено моделі високого рівня узагальнення для досліджень та синтезу функціональної структури перспективних інтегрованих і когнітивних систем, в тому числі віддалених лабораторій цифрових об'єктів та систем безперервного прогнозування параметрів витрат ресурсу об'єкту технічного призначення. Запропоновані нові моделі елементів систем, які мають розширену функціональність, що дозволило зменшити розмірність опису структури складної системи.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що розроблено методіку визначення моделей функціональної структури інтегрованих і

когнітивних систем технічного призначення та моделей їх елементів через використання обмеженого набору типових елементів; рекомендації щодо моделювання когнітивних систем безперервного прогнозування параметрів ресурсу ізоляції потужного трансформатора; рекомендації щодо моделювання функціональної структури віддалених лабораторій цифрових об'єктів, що дозволяють реалізувати нові види та збільшити різноманіття експериментів.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

За темою дисертаційної роботи здобувачем опубліковано 48 наукових праць, з яких у 30 роботах опубліковані основні наукові результати дисертації (в т. ч. індексовані в Scopus – 7); 17 праць засвідчують апробацію матеріалів дисертації (в т. ч. індексовані в Scopus – 10) та в одній праці додатково відображені наукові результати дисертації (індексована в WoS). Основні результати дисертації повно викладені в цих працях. Апробація положень та результатів дисертаційної роботи відбулася на ряді авторитетних закордонних та вітчизняних конференцій, включаючи конференцію ІТММ у НМетАУ. Основні результати дисертаційної роботи отримані М.О. Поляковим особисто.

Оформлення дисертації та автореферату

Оформлення дисертації відповідає вимогам ВАК України, зроблено на достатньо високому науково-технічному рівні й ілюстровано графічним матеріалом. Автореферат достатньо повно розкриває зміст дисертації.

Структура та зміст дисертації

Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 165 найменувань і 4 додатків; містить 389 сторінок тексту, в тому числі 130 рисунків, 32 таблиці, 14 сторінок додатків. Основний текст дисертації викладено на 329 сторінках.

У **вступі** на основі аналізу стану моделювання складних систем обґрунтовано актуальність проблеми вдосконалення моделей інтегрованих і когнітивних систем, сформульовано мету роботи, завдання та об'єкт дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність, види реалізації та впровадження результатів роботи. Наведено дані про публікації та особистий внесок дисертанта.

У **першому розділі** проаналізовані загальні питання побудови та наявні математичні моделі структур систем і методи їх моделювання, визначені функціональні обмеження наявних моделей, ієрархічність функціональної структури, шляхи підвищення якості системи за допомогою розширення її інформаційної бази та когнітивних здібностей. Розглянуто також потенційні об'єкти використання моделей інтегрованих і когнітивних систем – віддалені лабораторії цифрових об'єктів та системи планування ресурсу об'єктів технічного призначення. За результатами аналізу сформульовані задачі дослідження.

У матеріалах **другого розділу** дисертації розглянуті питання моделювання інтегрованої системи та її елементів – операційних та керувальних автоматів. Запропоновано теоретико-множинну модель функціональної структури інтегрованої системи, у якій пристрій керування i -го рівня є об'єктом керування на іншому, як правило на $(i + 1)$ рівні ієрархії системи. Далі у розділі розглянуто різновиди операційних автоматів як елементів структури моделі системи, запропонована класифікація цих автоматів та їх теоретико-множинні модель, запропонована семантична модель скінченного автомата яка характеризує відносини між елементами автоматів, та в контурах діяльності та керування, причинно-наслідкові відносини у станах автомата. Запропоновані моделі автоматів гібридних систем, які містять контури, як безперервного, так і дискретного керування, що розширює функціональні можливості системи. У розділі також запропонована теоретико-множинна модель скінченного автомата з небінарними елементами його множин, додатковими множинами функцій у станах автомата та керування його структурою.

У **третьому розділі** розглянуті структури та моделі когнітивних систем, основні елементи цих систем. Запропоновані типові функціональні структури які об'єднують ієрархічну базу знань у вигляді піраміди DIKUW з підсистемами пізнання, когнітивності та діяльності, теоретико-множинні моделі компонентів цих підсистем – конверторів форм знань, керувальних автоматів підсистеми діяльності, моделі підсистем міркування, планування, навчання та сприйняття. Далі запропоновані структури та моделі когнітивного функціонування на основі динамічного комплексу цілей, формалізм багато автоматного комплексу з можливістю корегування режимів підлеглих автоматів.

Четвертий розділ роботи присвячений дослідженню запропонованих математичних моделей систем та їх елементів. Запропоновано відрізнити функціональну та технологічну поведінку автомата, досліджено ефективність не бінарних автоматів. За допомогою розробленої реалізації алгоритма симуляції взаємодії підсистем та запропонованого типового елемента досліджена інтероперабельність інтегрованих систем. Семантичні автомати досліджені за допомогою розроблених Пролог-програм.

У п'ятому розділі розглянуто використання запропонованих моделей інтегрованих систем при моделюванні віддалених лабораторій для дослідження цифрових об'єктів. Розроблені показники ефективності таких лабораторій, запропонована модель віддаленої лабораторії як інтегрованої системи. На базі цієї моделі запропоновано метод додавань, через реалізацію якого підвищений показник різноманіття експериментів у лабораторії.

У шостому розділі розглянуто особливості використання запропонованих у попередніх розділах теоретико-множинних моделей когнітивних систем на прикладі систем безперервного планування ресурсу ізоляції обмоток потужного трансформатора. Запропоновані методи планування витрат ресурсу ізоляції відображені на типову функціональну структуру когнітивної системи, Розроблені методи реалізації елементів когнітивної системи у різних середовищах програмно-апаратного простору системи.

У висновках сформульовано основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведено список публікацій здобувача за темою дисертації та акти впровадження результатів наукових досліджень.

Використання в докторській дисертації результатів наукових досліджень за якими була захищена кандидатська дисертація

Матеріали кандидатської дисертації відсутні у справі здобувача в спеціалізованій раді при НМетАУ. Організації, в яких була виконана робота (НДІ «Марс», Ульяновськ) та відбувся захист дисертації (ЦНДІ «Агат», Москва), підтверджують факт та дату захисту (16.03.1988 р.), тему кандидатської дисертація М.О. Полякова «Методы и средства повышения эффективности автоматизированного контроля электрических соединений в узлах корабельной цифровой вычислительной техники» (рос. мовою) за

спеціальністю 05.13.05 «Елементи та пристрої обчислювальної техніки та систем керування», але відзначають відсутність у цих організаціях матеріалів дисертації дозволених для публікації в відкритих виданнях. Питання контролю електричних з'єднань, яким присвячена кандидатська дисертація, не розглянуті у докторській дисертації здобувача. Наукові праці здобувача за темою кандидатської дисертації також не використані у його докторській дисертації.

Загальні зауваження до роботи

1. В оглядовому розділі дисертації розглянуті не всі відомі компоненти когнітивного моделювання, зокрема, не оцінена застосовність когнітивних карт в структурах когнітивних систем технічного призначення.

2. При розгляді функціональних відносин у «класичному» автоматі, на рис. 2.11 визначено зв'язок функцій автомата з його множини. Але це вірно тільки для автомата Мура, що потрібно підкреслити в тексті.

3. При описі теоретико-множинних моделей інтегрованих і когнітивних систем не визначені межі області їх ефективного застосування, що ускладнює обґрунтування вибору їх функціональної структури.

4. У тексті роботи присутні певні стилістичні помилки та вади оформлення, зустрічаються помилки при розставленні знаків пунктуації.

5. Список використаних джерел містить 165 позицій. Бажано збільшити кількість джерел за тематикою когнітивних властивостей систем.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Полякова Михайла Олексійовича «Теоретико-множинні моделі функціональних структур інтегрованих і когнітивних систем» є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему, має теоретичне та практичне значення. Дисертація містить отримані автором науково обґрунтовані результати, що в сукупності розв'язує актуальну проблему розробки математичних моделей функціональних структур інтегрованих і когнітивних систем із підвищенням інтегрованих їх підсистем та використанням вищих форм знань і уніфікації функціональних структур та елементів таких систем. Наведені зауваження не впливають на наукову цінність роботи в цілому та не знижують її позитивної загальної оцінки.

Вважаю, що кваліфікаційні признаки дисертаційної роботи Полякова Михайла Олексійовича «Теоретико-множинні моделі функціональних структур інтегрованих і когнітивних систем» такі як актуальність, обсяг, наукова новизна, високий науковий рівень проведених досліджень, кількість публікацій та апробацій за темою дисертації відповідають вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. зі змінами затвердженими Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та № 567 від 27.07.2016 року до докторських дисертацій, а її автор Поляков Михайло Олексійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – Математичне моделювання та обчислювані методи.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри вищої та прикладної математики Миколаївського національного аграрного університету,
доктор технічних наук, професор

І.П. Атаманюк

Підпис зав. каф. вищої та прикладної математики, д.т.н., проф. Атаманюка І.П.

ЗАВІРЯЮ

Начальник відділу кадрів
Миколаївського національного аграрного університету



Л.В. Машкіна