

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію Котова Ігоря Анатолійовича на тему

“Автоматизація процесів антикризового диспетчерського керування енергосистемами гірничо-металургійного комплексу на основі еволюційної інкорпорації професійних онтологій”, що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – “Автоматизація процесів керування”.

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Котова Ігоря Анатолійовича присвячена подоланню науково-технічне протиріччя, яке полягає в тому, що будь-яке керування енергосистемою, яка перебуває в будь-якому поточному стані або переходить з одного стану до іншого вимагає безперервно напруженої роботи оперативно-диспетчерського персоналу. Проте перехід в стан протиаварійного керування пред'являє надмірно жорсткі психофізіологічні вимоги до операторів, що приймають рішення. І як наслідок це може привести, до того, що прийняті рішення не будуть відповідати параметрам безпеки поточного стану енергосистеми. Аналіз керування енергосистемами, наприклад, гірничо-металургійного комплексу показав, що вже через рік при виконанні регламентного управління надійність прийняття ефективного рішення диспетчерською зміною в сучасних умовах експлуатації енергосистеми суттєво знижується. Раціональним напрямком стабілізації прийняття ефективного рішення в аварійних умовах є автоматизація і використання інтелектуальних систем підтримки управлінської діяльності. Основним компонентом таких систем є системи підтримки прийняття рішень (СППР). Відомо, що існуючі функціональні підходи до проектування СППР для керування режимами енергосистем характеризуються вузькою спеціалізацією, тривалим періодом розробки і несумісністю з новітніми системами на рівні баз знань і методів їх обробки. Тому необхідна розробка та впровадження універсальних і масштабованих систем підтримки рішень.

Виходячи з наведеного, автоматизація процесів диспетчерського антикризового керування енергосистемами гірничо-металургійного комплексу для створення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень є **актуальною науковою проблемою**. Базою для виконання дисертаційної роботи стали результати теоретичних та експериментальних досліджень, пов'язаних із вивченням будови та властивостей автоматизації процесу інтелектуалізації керування режимами енергосистем через уніфікацію підходів створення систем підтримки рішень. Така уніфікована модель забезпечить динамічні переходи між різними станами подання знань в рамках однієї системи обробки інформації при динамічній зміні факторів та умов або вимог до керування технологічними процесами в аварійних ситуаціях.

Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами. Як видно з дисертаційної роботи, дослідження виконувались у відповідності до планів науково-дослідних робіт Криворізького національного технічного університету в межах наступних держбюджетних тем: "Розроблення енергозберігаючих заходів на підприємствах гірничодобувної промисловості" (номер державної реєстрації №

0115U003180); «Ідентифікація нелінійних динамічних технологічних об'єктів збагачувального виробництва на основі ядерних операторів» (номер державної реєстрації №0116U001518); «Децентралізоване оптимальне керування взаємопов'язаними процесами гірничого виробництва на основі динамічної просторово-часової моделі» (номер державної реєстрації №0116U001519); "Методи і програмно-технічні комплекси контролю і управління якістю залізрудної сировини при видобутку і переробці" (номер державної реєстрації №0120U102310).

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційних досліджень полягає в наступному.

Знайшла подальший розвиток математична модель інкорпорації та обробки онтологій професійної галузі подання знань і методів корекції параметрів режимів енергосистеми в програмному комплексі підтримки рішень для автоматизації процесів антикризового диспетчерського керування енергосистемою. Відмінність цієї математичної моделі від відомих існуючих полягає в тому, що бази знань онтологій не розглядаються незалежно одна від одної, а реалізується взаємна відповідність еволюційного успадкування рівнів концептів і методів їх обробки. Ці методи роблять можливим об'єднати єдину теоретико-множинну модель знань для всіх онтологічних рівнів з дотриманням положень подібності. Такий підхід дозволяє автоматизувати проектування і застосування баз знань диспетчерського керування електротехнічним обладнанням та режимами його роботи в кризових ситуаціях.

Вперше запропоновано метод інтеграції онтологій в модель експлуатації експертної системи для підтримки рішень під час оперативних перемикачів в схемі мережі, керуванні генеруючої потужності, регулювання напруги, коригування навантаження споживачів в процесі антикризового диспетчерського керування. Цей метод полягає в узагальненні формальної системи еволюційної теоретико-множинної моделі базових концептів і їх взаємозв'язків на будь-яких рівнях онтологій. Такий підхід дозволяє сформувати еволюційний розвиток формально-лінгвістичних моделей рівнів онтологій. Операції обробки знань виносяться за рамки інтелектуальної системи, що дозволяє створювати динамічні ланцюги логічного висновку в інтелектуальних системах для автоматизації прийняття рішень.

Вперше запропоновано метод використання професійних концептів з відповідних рівнів ієрархії онтологій диспетчерського керування режимами енергосистеми щодо контролю і корекції режиму енергосистеми і оперативних перемикачів з урахуванням невизначеності. Вказаний метод полягає в тому, що використовуються єдині формальні операції логічних висновків по відношенню до концептів всіх онтологічних рівнів бази знань та здійснюється урахування невизначеності структур знань в рамках однієї автоматизованої інтелектуальної системи антикризового диспетчерського керування режимами енергосистеми. Це дозволяє оперативно використовувати всі форми онтологій; враховувати поточний стан енергосистеми при автоматизації; здійснювати локалізацію та ліквідацію наслідків аварії в ній.

Вперше запропоновано метод інтегрування структури професійної інформації (про ліквідації аварій, оперативних перемикачів, веденні переговорів, організації ремонтів) в дескриптори формальних мов рівнів еволюції онтологій подання знань. Цей метод полягає в тому, що дані контексту вводяться додатковим компонентом формальної мови рівнів подання онтологій. Контекстний корпус застосовується в еволюційному узагальненні рівнів бази знань, що дозволяє реалізувати кластеризацію тезауруса за ознаками технологічних порушень в енергосистемі і способів їх ліквідації. Це дозволить забезпечити автоматизацію інтерпретації і застосувати положення нормативної документації антикризового диспетчерського керування енергосистемою в межах контекстного кластера.

Удосконалено метод подання і використання інформації про антикризові диспетчерські заходи щодо контролю параметрів та корекції режиму енергосистеми, інваріантної по відношенню до специфіки завдань керування. Вказаний метод відрізняється тим, що базується на побудові еволюційної ієрархії онтологій і метаправил. Застосування цього методу дозволить реалізувати єдину спадкову структуру формальних систем знань і на цій основі побудувати універсальні комплекси автоматизації антикризового диспетчерського керування енергосистемою та реалізувати автоматизований аналіз причин аварій і відмов у роботі обладнання.

Вперше запропоновано метод впровадження математичного та програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень в середовище автоматизованої системи диспетчерського керування енергосистемою гірничо-металургійного комплексу. В основу цього методу покладено тригерну модель, методи ядра системи прийняття рішень та зв'язок з каналами передачі даних оперативного комплексу. Такий підхід дозволив не вимагаючи формальної підготовки інформації застосовувати різні форми декларативних і функціональних диспетчерських знань. Це в свою чергу дало можливість забезпечити автоматизацію антикризового диспетчерського керування і дозволило в нормальному режимі роботи знизити витрати диспетчерської зміни.

Отримала подальший розвиток модель інкорпорації в професійній онтології режимних характеристик чутливості до керування багатокомпонентних об'єктів енергосистеми. яка відрізняється тим, що комплекси числових коефіцієнтів регресійних і статистичних оцінок режимів енергосистеми і відповідних їм керуючих впливів додаються в базу знань, як повноцінні лінгвістичні компоненти. Це дає можливість автоматизувати індукційні висновки на основі реєстрації відхилень робочих струмів, напруг або частоти в системі, спрацьовувань засобів релейного захисту і протиаварійної автоматики. А це в свою чергу дозволить підвищити ступінь автоматизації системи антикризового диспетчерського керування, і тим самим забезпечить приріст надійності виконання оперативних дій при ліквідації аварій.

Отримав подальший розвиток метод оцінки ефективності системи підтримки рішень. А саме, вперше запропоновані наступні показники. Перший — показник оцінки абсолютної ефективності професійного онтологічного тезаурусу у вигляді різниці накопичень тезаурусу робочого лінгвістичного корпусу і загального, або професійного. Другий — показник відносної ефективності у вигляді відношення показника оцінки

абсолютної ефективності до об'єму робочого лінгвістичного корпусу. Третій — показник інтегральної ефективності у вигляді відношення кутів нахилу апроксимуючих регресій змін загального тезауруса і тезауруса професійних аббревіатур і сленгу. Запропонований новий метод до оцінки економічної ефективності дозволяє визначити інтегральну оцінку ефективності програмно-технічних засобів і диспетчерського персоналу.

Практична цінність роботи полягає у тому, що на підставі проведених теоретичних досліджень реалізована інтелектуальна система автоматизації процесів антикризового диспетчерського керування енергосистемами гірничо-металургійного комплексу. Отримані практичні результати дисертаційних досліджень застосовуються в роботі наступних підприємств. ДП «Кривбаспроект» використовує результати роботи для оцінки чутливості параметрів функціонування обладнання до керуючих впливів та оцінки надійності диспетчерського керування електричними системами гірничорудних підприємств. ТОВ «НВК Криворіжелектромонтаж» використовує для єдиної форми подання інформації про енергетичне обладнання, прогнозування аварійних ситуації в енергооб'єктах, що дозволяє ідентифікувати параметри режимів електричних мереж та планувати протиаварійні дії диспетчерського персоналу. Результати дисертації використовуються при викладанні лекцій, проведенні практичних і лабораторних робіт, підготовці курсових і дипломних робіт для студентів спеціальностей 151 — Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 449 сторінках, 286 сторінок основного тексту, та складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел з 389 найменувань та додатків. Робота містить 100 рисунків і 31 таблицю.

У вступі дано загальну характеристику дисертаційної роботи, розкрито суть та стан наукової проблеми дослідження, обґрунтовано актуальність теми. Чітко сформульована наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

В першому розділі, який представлено на 48 сторінках тексту, проведено аналіз організаційно-технічної структури електроенергетичного комплексу України. Доведено, що електроенергетичні системи вимагають інтелектуалізації оперативного диспетчерського керування. Показано, що оперативно-диспетчерське керування в сучасних складних умовах вимагає глибокої модернізації.

В другому розділі, який представлено на 40 сторінках тексту, досліджено структурно-логічні моделі і методи еволюції інкорпорації професійних онтологій рівнів подання знань оперативного керування режимами енергосистем. При розробці таких моделей були використані методи системного аналізу, та систематизації, теорії штучного інтелекту і експертних систем, формальних систем і формальних мов та теорія графів. На основі проведеного аналізу поширених форм подання знань відібрані притаманні для побудови структурно-логічних моделей інкорпорації онтологій структури, а саме: атомарні висловлювання, факти, семантичні мережі, продукційні мережі, метазнання.

В третьому розділі, який представлено на 50 сторінках тексту, виконано дослідження по уніфікації професійних онтологій диспетчерського керування в умовах невизначеності. Для керування рівнями подання знань за допомогою метаправил пропонується розглядати структуру знань у вигляді моделі сигнального лінійного орграфа. З цих позицій розроблені математичні моделі інтерпретації ієрархії онтологій. При розробці математичних моделей і методів уніфікації онтологій в умовах невизначеності було використано методи теорії графів, теорії штучного інтелекту, теорії імовірності, математичний апарат нечіткої логіки та нечітких множин. Запропонований метод дозволив синтезувати динамічні ланцюжки логічного висновку в інтелектуальних системах антикризового диспетчерського керування енергосистемою в умовах невизначеності, і на основі цього автоматизувати прийняття рішень, яке базується на концептах лінгвістичного корпусу інструкцій щодо запобігання і ліквідації аварій.

В четвертому розділі, який представлено на 60 сторінках тексту, виконано розробку імітаційної моделі програмних контролерів і методів алгоритмізації функціонування комплексу системи підтримки прийняття рішень. Для розробки моделей і методів реактивного функціонування комплексу системи підтримки прийняття рішень використовувалися методи теорії формальних систем і формальних мов, теорії штучного інтелекту і експертних систем, методи алгоритмізації, методи комп'ютерного моделювання, теорії електричних мереж. Розроблений метод дозволяє реалізувати кластеризацію тезауруса за ознаками технологічних порушень в енергосистемі і способів їх ліквідації, алгоритмізацію процедур обробки онтологій бази знань, застосовувати єдину спадкову структуру операцій обробки знань і на цій основі будувати універсальні комплекси автоматизації антикризового диспетчерського керування енергосистемою, реалізувати автоматизований аналіз причин аварій і відмов у роботі обладнання.

В п'ятому розділі, який представлено на 53 сторінках тексту, розроблено метод функціонування тригерної моделі інформаційного та програмного забезпечення ядра системи підтримки прийняття рішень, впровадження математичного та програмного забезпечення системи підтримки прийняття рішень в середовище АСДК енергосистемою гірничо-металургійного комплексу. Розроблений метод забезпечує функціонування програмної системи і автоматизацію антикризового диспетчерського керування. Метод функціонування тригерної моделі дозволяє в нормальному режимі експлуатації знизити трудові і вартісні витрати диспетчерської зміни.

В шостому розділі, який представлено на 44 сторінках тексту, удосконалено метод оцінки технічної і економічної ефективності системи підтримки рішень, що використовує три показника ефективності професійного тезауруса – показник оцінки абсолютної ефективності професійного онтологічного тезауруса; показник відносної ефективності; показник інтегральної ефективності. Запропоновано нову схему керування режимами енергосистеми, до якої включена розроблена інтелектуальна система підтримки рішень,

У висновках наведено основні результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, які вирішують важливу науково-технічну проблему за рахунок створення моделей, методів, інформаційного та програмного забезпечення інтелектуальних автоматизованих систем керування для аварійного регулювання режимів енергосистем гірничо-металургійного комплексу. Це дозволить забезпечити стійку і безпечну роботу шляхом зміни структури об'єктів системи і параметрів функціонування технічних засобів і підвищити надійність прийняття рішень диспетчерського персоналу, що знизить збитки енергосистеми в кризовій ситуації.

У додатках наведено розрахункові дані, що містять лінгвістичний корпус області диспетчерського протиаварійного управління режимами енергосистем, які використовуються для побудови та оцінки ефективності бази знань професійних онтологій.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій. Наукові положення, результати досліджень, висновки та рекомендації достатньо обґрунтовані та доведені на відповідних науковому та методичних рівнях. Достовірність отриманих результатів підтверджується комп'ютерним моделюванням, порівнянням з експериментальними даними та збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

Повнота викладу результатів дисертаційних досліджень в опублікованих працях. Основні результати роботи доповідались та обговорювались більш ніж на двадцяти науково-технічних конференціях з 1991 по 2021 р.р. У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на регіональному науковому семінарі Придніпровського наукового центру НАН України секції «Сучасні проблеми управління та моделювання складних систем» (25.11.2020) та науковому семінарі кафедри автоматизації, комп'ютерних наук і технологій факультету інформаційних технологій Криворізького національного університету (25.02.2021).

Результати проведених наукових досліджень повністю відображені в 60 друкованих працях, з них 1 монографія, 21 стаття у наукових фахових виданнях України та іншої держави (у тому числі 4 статті у виданнях, які індексуються в міжнародній наукометричній базі SCOPUS і Web of Science), 1 стаття – у закордонному науковому виданні, 24 – публікації у збірниках тез наукових конференцій, 12 наукових праць, які додатково відображають наукові результати дослідження. Новизна основних положень дисертації підтверджена 1 патентом України на корисну модель. Аналіз внеску дисертанта в публікаціях з питань, висвітлених у дисертації, показав, що внесок Котова І. А. є визначальним.

Разом з тим щодо дисертації є деякі **зауваження**, зокрема:

1. В роботі стор. 32 розділ «Вступ», де вказано на зв'язок дисертаційного дослідження з науковими програмами, планами, темами не вказано в якості кого здобувач приймав участь в зазначених роботах за номерами держреєстрації 0115U003180, 0116U001518, 0116U001519, 0120U102310.

2. В роботі стор. 34 розділ «Вступ» вказано «... динамічний перехід від однієї форми представлення знань до іншої шляхом уведення відповідних обмежень.», але потрібно було б вказати характер цих обмежень.

3. В авторефераті на стор. 6, та роботі стор. 42 в підрозділі «Публікації» вказано «...4 статті у виданнях, які індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus і Web of Science», але це не повний перелік. Матеріали роботи представлено в шести виданнях, які індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus і Web of Science. Це праці 2, 3, 4, 5, 42, 43, які представлено в авторефераті на стор. 36, та 40.

4. В першому розділі зроблено абсолютно правильний висновок, що базовою платформою системи штучного інтелекту є система подання експертних знань. А для розробки системи підтримки прийняття рішень необхідно вирішити проблему уніфікованої розробки баз знань. Але нічого не вказано про експертів від яких можна брати знання, більш того хто може бути експертом, які для цього висуваються вимоги. Скоріш за все може статись ситуація, коли структуру бази знань розроблено, але її наповнювати буде нічим. Така ситуація потребує пояснення.

5. В другому розділі доведено що запропоновані математичні моделі інкорпорації та обробки онтологій професійній галузі подання знань і методів корекції параметрів режимів інваріантні по відношенню до предметних областей. В такому випадку навіщо було розробляти формальні моделі онтологій, які утворюють еволюційну архітектуру, а не застосувати відомі.

6. В третьому розділі розроблено основні концепції і формально-лінгвістичні моделі фазифікації подання еволюції інкорпорації онтологій усіх рівнів в умовах невизначеності семантичних концептів. Зазначено, що всі отримані формально-лінгвістичні моделі нечіткості концептів відповідають структурам форм репрезентації знань, але не наведена модель за якою можна оцінити ймовірність достовірності і несуперечливості отриманих знань. Такі оцінки дуже важливі при експлуатації експертної системи для підтримки рішень під час оперативних перемикань, керуванні видачею генеруючої потужності, регулюванні напруги, коригуванні навантаження споживачів в процесі антикризового диспетчерського управління.

7. В четвертому розділі переконливо доведено, що запропонована архітектура подання і обробки знань відображає типову композицію інтелектуальної системи. Метаправила одночасно є частиною бази знань і тригерами зовнішніх подій по відношенню до неї. Але доцільніше було би використати для зовнішніх подій моделі кінцевих автоматів.

8. Загальне зауваження. Робота дуже перевантажена цікавим науковим матеріалом, вона може виконувати функцію довідника. Достатньо велика кількість публікацій за темою роботи дозволяє на певний матеріал робити посилання, а в розділах приводити тільки наукові результати. Вважаю, що для аналізу ефективності керування такою складною системою було б доцільно вести критерій оптимального керування та навести приклади величини керуючих та збурюючих впливів. У роботі зустрічаються стилістичні неточності та некоректні позначення параметрів.

Однак, наведені зауваження не зменшують наукову цінність виконаної дисертантом роботи, а носять характер рекомендацій для подальшої наукової діяльності. Відмічені у тексті зауваження не знижують переваг та високої оцінки роботи.

ВИСНОВОК

В цілому дисертаційна робота Котова І.А. на ступень доктора наук є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності дозволили вирішити важливу науково-технічну проблему, яка полягає в розробці моделей, методів, інформаційного та програмного забезпечення інтелектуальних автоматизованих систем керування для аварійного регулювання режимів енергосистем гірничо-металургійного комплексу, за рахунок забезпечення стійкої і безпечної роботи шляхом зміни структури об'єктів системи і параметрів функціонування технічних засобів.

Отримані наукові результати дисертаційного дослідження є частиною нових знань, що зазначені в формулі спеціальності, а дисертаційна робота Котова І. А. "Автоматизація процесів антикризового диспетчерського керування енергосистемами гірничо-металургійного комплексу на основі еволюційної інкорпорації професійних онтологій" відповідає напрямкам досліджень, які наведено в паспорті спеціальності 05.13.07 – Автоматизація процесів керування.

Дисертаційна робота за обсягом, кількістю публікацій, зробленими висновками та рекомендаціями, а також практичним значенням відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою КМУ від 24 липня 2013 року № 567, а її автор Котов Ігор Анатолійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – "Автоматизація процесів керування".

Завідувач кафедри
комп'ютерних технологій автоматизації
Державного університету «Одеська політехніка»,
д-р. техн. наук, професор

М.В. Максимов

Вчений секретар
Ради Державного університету
«Одеська політехніка»

В.І. Шевчук

Big
учасник
06.12.2021
Тиханський МП