ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу **Бєгуна Василя Васильовича**
«МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ НА ОСНОВІ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сьогодні в Україні і за рубежем спостерігається стрімкий розвиток та впровадження у практику передових інформаційних технологій, систем накопичення і обробки даних та експертних оцінок у всіх напрямах діяльності, включаючи системи управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу. Для обробки експериментальних і статистичних даних, експертних оцінок, розв'язання задач математичного моделювання досліджуваних процесів, формування оцінок прогнозів та альтернативних рішень все більше застосовуються сучасні інформаційні технології на основі статистично-ймовірнісних методів, оптимізаційних процедур і методів інтелектуального аналізу даних (ІАД) в задачах моделювання можливих ризиків з використанням можливостей мережі Інтернет. Сукупне використання інформаційних технологій, математичних моделей альтернативних структур і методів згаданих класів надає можливість дослідникам будувати високорозвинені сучасні системи аналізу даних та експертних оцінок на високому інтелектуальному рівні. Системи такого типу здобувають все більше поширення завдяки наявності зростаючих можливостей стосовно впровадження у практику нових удосконалених методів взаємодії з середовищем Інтернет та потенціальними користувачами. При цьому виконується обробка даних різних структур, математичне моделювання складних об'єктів різної природи, формуються альтернативні управлінські рішення (керуючі впливи) з використанням множин відповідних кількісних критеріїв якості, які забезпечують можливість контролю обчислювальних процедур на всіх етапах обробки даних, генерування, прийняття та реалізації рішень.

Тематика роботи пов'язана із розробкою інформаційних технологій для спеціалізованих систем у сфері управління техногенною безпекою. Такі системи повинні забезпечувати контроль якості даних, адекватності математичних моделей, якості оцінок прогнозів та керуючих впливів, що формуються на їх основі. Тобто завдяки використанню кількох множин

ІПММС АН України
Вх. № 2
«13» 03 2020р.

критеріїв якості кожний етап функціонування системи керування знаходиться під спеціальним контролем інформаційної системи. Завдяки такому підходу досягається висока якість остаточного результату, тобто існує можливість вибирати кращу з можливих альтернатив.

Розробка та практична реалізація систем управління техногенною безпекою ускладнюється стохастичністю досліджуваних процесів, різноманітністю та великими об'ємами інформації і експертних оцінок. Це системи управління ієрархічного типу (два-три рівні ієрархії) з множинами горизонтальних та вертикальних зв'язків, які повинні враховувати невизначеності статистичного, структурного та параметричного типів, що зустрічаються при розв'язанні задач моделювання, прогнозування та управління техногенною безпекою.

Тематика дисертаційної роботи пов'язана із розробкою спеціальних інформаційних технологій для спеціалізованих систем управління техногенною безпекою з використанням ймовірнісно-статистичних моделей, теорії графів, експертних оцінок та принципів людського фактору і ергономіки. Очевидно, що ця тематика є надзвичайно актуальною на сьогодні для України і для багатьох інших країн світу. Так, відомо, що такі провідні корпорації світу як Mitsubishi, Toyota, Ford Motor Company, Nippon Electric, Intel Corporation, Royal Philips та багато інших вкладають величезні кошти у створення нових лабораторій з розробки та дослідження методологічних основ інформаційної технології безпеки з метою підвищення якості управління процесами, пов'язаними з техногенною безпекою. Актуальність обраної автором теми обумовлюється також недостатньою теоретичною розробленістю цього питання в Україні та відсутністю сучасних засобів автоматизованого аналізу даних у цій прикладній сфері діяльності.

Автор дисертаційної роботи справедливо зазначає, що серед широкого спектру задач, які потребують свого нагального вирішення, не розробленими залишаються також задачі, що стосуються застосування сучасних методів обробки даних та експертних оцінок, обґрунтування вибору і створення нових моделей, методів та інформаційних технологій управління техногенною безпекою. Ефективне вирішення цих завдань передбачає розробку та обґрунтування положень статистичної теорії систем управління випадковими процесами, створення нових математичних моделей, які враховують невизначеності стохастичного типу, розробки та впровадження систем управління процесами, пов'язаними з техногенною безпекою з використанням сучасних інформаційних технологій і характеру взаємодії різноманітних факторів впливу на безпеку.

Аналіз вітчизняної і зарубіжної літератури, виконаний автором дослідження, виразно вказує на те, що на сьогодні існуючі результати ще не адаптовано для розв'язання задач ефективного управління техногенною безпекою. Це стосується, у першу чергу, вирішення завдань, які трудно формалізуються, об'єктів високої розмірності, а також коли статистичні дані часто недостатньо повні та отримуються в умовах наявності невизначеностей структурного, статистичного і параметричного характеру. Таким чином, виникає необхідність у виконанні подальших досліджень, спрямованих на цільове використання значної кількості існуючих та розробки спеціалізованих моделей, методів та інформаційних технологій управління складними процесами і системами у сфері безпеки життєдіяльності і техногенної безпеки.

Зміст дисертаційної роботи

У першому розділі – "Аналіз розвитку технологій управління безпекою. Визначення невирішених проблем" – здійснено аналіз предметної області та досліджень, виконаний вченими та фахівцями в галузі побудови систем управління безпекою. Надано критичний аналіз основних типів математичних моделей керованих процесів і технологій, що використовуються при побудові систем управління безпекою. Показано тенденцію до уніфікації технологій оцінювання безпеки шляхом створення типових моделей і метрик з використанням сучасних інформаційних технологій.

Другий розділ – "Розробка методологічних основ вибору парадигми та стратегії управління безпекою" – присвячено побудові моделі парадигм безпеки та визначенню інформаційних ознак стадій розвитку безпеки. Класифіковано п'ять можливих стратегій контролю безпеки. Для оцінювання ефективності стратегій управління безпекою запропоновано оцінювати величину, обернено пропорційну величині ймовірності прийняття неправильних рішень. Також оцінено ймовірності помилок управління безпекою.

У третьому розділі – "Обгрунтування вибору формального апарату моделювання інформаційних процесів управління безпекою)" – доведена можливість управління ризиком об'єкта і запропоновано практичні алгоритми управління на основі ймовірнісних структурно-логічних моделей. Визначено множину показників безпеки з метою моніторингу рівня культури безпеки на прикладі АЕС. Запропоновано алгоритм розрахунку рівня культури безпеки на основі спостережень відповідних індикаторів. Також запропоновано метод розрахунку вагових коефіцієнтів і процедуру їх

нормування. Набув подальшого розвитку метод визначення ознак спостережень.

У четвертому розділі – "Розробка методологічних основ синтезу типових адаптивних імовірнісних структурно-логічних моделей потенційно небезпечних об'єктів" – сформульовано принципи типізації ймовірнісних структурно-логічних моделей, які базуються на створених шаблонах. Введено поняття типової моделі як узагальненої ймовірнісної структурно-логічної моделі. На основі аналізу процесу моделювання складної системи доведена практична можливість визначення поточного рівня ризику потенційно небезпечного об'єкта з невеликими витратами часу й ресурсів. Також автор сформулював пропозиції стосовно розробки програмного забезпечення.

У п'ятому розділі – "Розробка методологічних основ оптимізації державного контролю на основі інформаційної технології безпеки" – сформульовано і розв'язано задачу оптимізації зовнішнього державного контролю ризику на основі ймовірнісних структурно-логічних моделей. Показано, що на основі аналізу цих моделей для об'єктів регіону можлива оптимізація територіального ризику ля населення регіону. Встановлено можливості реалізації методу оцінювання ризику небезпечних подій, що можуть виникати в потенційно небезпечних об'єктах під час експлуатації. Запропоновано перелік, призначення та зміст нових методик, які потребують розробки і впровадження у галузях виробництва з метою впровадження цифрового управління.

У шостому розділі – "Розробка концепції освітньої інформаційної складової інформаційної технології безпеки" – подано результати розробки сучасної методології підготовки фахівців з безпеки життєдіяльності та техногенної безпеки. Встановлено, що зміст дисциплін з безпеки необхідно стандартизувати на основі відповідності позитивній світовій практиці. Це дозволить зменшити ризики аварій на потенційно небезпечних об'єктах за рахунок удосконалення навчальних програм. Також запропонована нова концепція освіти з безпеки.

Необхідно зазначити, що дисертаційне дослідження виконано за планами науково-дослідних робіт відповідно до завдань держбюджетних тем МОН України.

На нашу думку потрібно віддати належне автору дослідження В. В. Бєгуну у тому, що він уперше застосував комплекс методів аналізу даних, експертних оцінок та синтезу систем керування, більшість яких взято із статистичної теорії оптимального адаптивного керування та сучасної теорії

інформаційних систем для розв'язання завдань оптимального управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна одержаних автором результатів дослідження не викликає сумніву:

1) вперше розроблено методологічні основи інформаційної технології безпеки, яка використовує ймовірнісне структурно-логічне моделювання небезпечних об'єктів із розробкою та побудовою типових моделей та, на відміну від існуючих, вирішує проблему адаптивного управління техногенною безпекою на рівні об'єкта, регіону та держави, враховує фактори техногенного та природного походження, враховує вплив людського чинника, дозволяє виконувати числове оцінювання абсолютного значення величини ризику в автоматизованому режимі з розробкою рекомендації щодо його зниження шляхом виділення найбільш небезпечних сполучень подій та визначення їх внеску у величину загального ризику, розраховувати невизначеність отриманих оцінок;

2) набув подальшого розвитку метод моделювання інформаційних потоків, який передбачає використання функціональної схеми трирівневого перетворення інформації моніторингу, вказані вхідні та вихідні потоки інформації, які мають бути відповідно на об'єктовому, регіональному та державному рівнях, що на відміну від аналогів передбачає використання числового значення ризику як управляючого параметру та надає можливість більш гнучкого управління у порівнянні з якісними оцінками ризику;

3) вперше розроблена концепція типової ймовірнісної структурно-логічної моделі (ЙСЛМ), яка будується за принципами надлишковості параметрів та максимальної комплектації характерної для даної галузі, що дозволило реалізувати спрощену процедуру адаптації типової ЙСЛМ до об'єкту (ПНО) на основі вибору опцій та комплектації об'єкту та на відміну від аналогів придатна для застосування до широкого класу ПНО з отриманням кількісних оцінок ризику;

4) набув розвитку метод побудови моделей визначення поточного ризику об'єктів, який на відміну від аналогів базується на використанні принципу заздалегідь створеної ЙСЛМ ПНО та контролю діагностичних параметрів ПНО з урахуванням старіння обладнання на основі методу лінійної інтерполяції даних інтенсивності відмов елементів обладнання, зміни у підготовці персоналу враховуються на основі періодичного контролю рівня компетенцій персоналу;

5) набули подальшого розвитку концептуальні вимоги до системи сучасної освіти з безпеки життєдіяльності та техногенної безпеки за рахунок розробки концепцій, навчальних програм, вимог до компетентності фахівців вищої освіти з безпеки та осіб, що пройшли навчання, що на відміну від аналогів передбачає аналіз помилок персоналу під час експлуатації ПНО та своєчасне відповідне корегування навчальних програм;

6) вперше створено концепцію універсальної методики оцінки рівня культури безпеки, яка для визначення зважуючих коефіцієнтів використовує результати попередньо проведеного ймовірнісного аналізу безпеки ПНО, на відміну від існуючих, придатна для аналізу безпеки будь-якого ПНО, використовує задокументовані величини вимірюваних показників стану експлуатації та безпеки ПНО;

7) набули розвитку стратегії управління техногенною безпекою за рахунок класифікації на основі досвіду та світової практики 5 типів стратегій управління рівнем безпеки, розробки методу оцінки ефективності управління в рамках класифікованих стратегій шляхом оцінки ймовірності прийняття неправильних управлінських рішень, яка пропорційна величині ризику потенційних збитків, що, на відміну від аналогічних досліджень, дало змогу отримати кількісну міру ефективності класифікованих стратегій та провести докладний аналіз інформаційних потоків в рамках класифікованих стратегій;

8) набув подальшого розвитку метод визначення критеріїв моніторингу елементів систем ПНО, що на відміну від існуючих аналогів придатний для широкого класу ПНО та використовує для критеріїв моніторингу розраховані у процесі ймовірнісного аналізу безпеки ПНО величини значимості відносно небажаного кінцевого стану з наданням пріоритету моніторингу систем, які мають найбільшу значимість, що дозволяє значно скоротити час перевірок;

9) вперше доведено та підтверджено експериментальними даними, що управління безпекою на основі парадигми ризик орієнтованого підходу та парадигми культури безпеки характеризується меншими помилками при прийнятті управлінських рішень, що стало обґрунтуванням вибору методології моделювання процесів управління безпекою на основі оцінки ризиків;

10) набули подальшого розвитку методи розрахунку характеристик небажаних подій пов'язаних з помилками людини-оператора за рахунок обґрунтування використання для цих цілей методу THERP та методу дерева рішень, що на відміну від аналогів передбачає врахування індивідуальних та ментальних особливостей персоналу ПНО, що дозволяє отримати дані

придатні для використання в інших моделях інформаційної технології безпеки;

– набули розвитку методи ймовірнісного аналізу безпеки за рахунок розробки моделі взаємного впливу аварій на ПНО та впливу небезпечних природних явищ через їх врахування як вихідних подій ймовірнісного аналізу безпеки для конкретного ПНО, що на відміну від аналогів передбачає використання числових значень імовірності вихідних подій та надає можливість отримання числових значень ризику відповідно на об'єктовому, регіональному та державному рівнях.

Обгрунтованість і достовірність наукових висновків

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується коректним застосуванням теоретичних положень із різних напрямів сучасної науки, що стосуються методів ймовірнісно-статистичного аналізу даних, оптимального керування, результатами обчислювальних експериментів, логічним поданням і доказовістю результатів, отриманих у роботі, а також їх практичним застосуванням, що підтверджується актами впровадження і реалізації отриманих наукових результатів.

Методологічне і теоретичне обґрунтування вихідних положень, використання комплексу взаємодоповнюючих методів дослідження, адекватних його меті та завданням, аналіз експериментального матеріалу, а також позитивні результати дослідження забезпечили вірогідність і надійність його результатів.

Практична цінність дисертаційної роботи

Розроблені у дисертаційному дослідженні методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу доведені до практичної реалізації у вигляді рекомендацій щодо створення програмних продуктів та їх використання для проведення оцінок ризику конкретних об'єктів.

Робота є початком етапу впровадження ІТБ в управління техногенною й промисловою безпекою в Україні, надає систематизований алгоритм переходу управління безпекою на парадигму більш високого рівня.

Запропоноване автором рішення щодо визначення ризику в усіх сферах безпеки на основі створення для галузей виробництв типових ЙСЛМ надає можливості практичного вирішення завдань управління безпекою ПНО за рахунок можливості адаптації типових ЙСЛМ до конкретних об'єктів шляхом включення-відключення окремих піддерев або ланцюгів (графів).

Аналіз фактичного стану конкретного ПНО та стану підготовки персоналу на основі створених типових ЙСЛМ дозволяє розробляти заходи щодо запобігання небезпек. Створені таким чином типові ЙСЛМ значно (у рази) зменшують вартість робіт з аналізу безпеки ПНО та роблять проведення цих робіт доступним навіть для невеликих ПНО.

Розроблені у дисертаційному дослідженні теоретичні і практичні задачі впровадження ІТБ в управління безпекою розглянуті на Президії НАН України та включені у довгостроковий план наукової роботи НАНУ, впроваджені у науково-дослідну діяльність Інституту проблем математичних машин і систем НАНУ. Розроблений у дисертаційному дослідженні методологічний та формальний апарат використано ТОВ «Ризикон» для розробки програмного забезпечення, призначеного для оцінки ризиків від ПНО, і використовується там також для навчання персоналу. Розроблені у дисертаційному дослідженні методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу впроваджено у діяльність ДП НАЕК «Енергоатом»; департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС; Інституту державного управління у сфері цивільного захисту ДСНС; Державної установи «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці» Державної служби України з питань праці; кафедри моделювання складних систем факультету комп'ютерних наук та кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка; кафедри атомних електричних станцій і інженерної теплофізики теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; кафедри АЕС Навчально-наукового інституту енергетики і комп'ютерно-інтегрованих систем управління Одеського національного політехнічного університету; при підготовці Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. №37-р «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» та Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 березня 2015 р. № 419-р «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015–2020 роки».

Повнота викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи у публікаціях

Результати дослідження В.В. Бєгуна пройшли широку апробацію: він виступив з доповідями на десятках міжнародних та всеукраїнських науково-

практичних конференціях та семінарах у наукових провідних закладах за тематикою дослідження.

Вивчення дисертації та праць здобувача дає можливість зробити висновок про те, що основні результати дисертаційного дослідження з достатньою повнотою викладено у 72 публікаціях, у тому числі 1 підручник, виданий українською та російською мовами та 2 навчальні посібники, затверджені МОН України; трьохмовний глосарій з культури безпеки; 26 статей у наукових фахових виданнях ДАК України та 3 статті у закордонних профільних журналах, серед яких 9 статей одноосібних; 23 тез наукових конференцій; 15 статей науково-методичного плану у наукових виданнях з безпеки та освіти.

Оцінка мови та оформлення дисертації і автореферату

Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 259-и найменувань; вона містить 63 рисунки і 10 таблиць. Повний обсяг роботи – 336 сторінок, обсяг основного тексту – 279 сторінок. У додатках наведено документи, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи. Робота написана грамотно, логічно, тексту притаманна цілісність та зв'язність викладення. Науково-технічна термінологія дисертаційної роботи є загальновизнаною.

Результати наукових досліджень, за якими добувач захистив кандидатську дисертацію, не виносяться на захист докторської дисертації.

Зміст автореферату є ідентичним змісту основних положень дисертації.

Зауваження до дисертаційної роботи

До дисертації та автореферату є зауваження, які можуть скласти основу для дискусії; до них можна віднести таке:

1. Вважаю, що для моделювання процесів, пов'язаних з техногенною безпекою доцільно застосувати сучасні інтелектуальні методи аналізу даних та підтримки прийняття управлінських рішень (наприклад, байєсівські мережі, нечітку логіку і т. ін.).

2. У роботі автор не завжди чітко говорить, які конкретно типи моделей представлені (побудовані): лінійні чи нелінійні; моделі стаціонарних чи нестаціонарних процесів. Звідси виходить недостатньо чітка постановка задач управління.

3. На стор. 91 подано назву параграфа: «Математична постановка задачі», але не уточнюється про яку задачу йде мова. Вважаю, що було б правильніше назвати цей параграф так: «Вербально-математична постановка

задач моделювання досліджуваних процесів», оскільки представлена постановка задачі є комплексною, тобто для множини задач.

4. У роботі недостатньо уваги приділено застосуванню методів прогнозування небезпечних подій та надзвичайних ситуацій. Разом з тим виникає запитання: яким чином реалізується керування без прогнозування?

5. Оскільки процеси, що аналізуються в роботі, протікають в умовах наявності ймовірнісних, статистичних і параметричних невизначеностей, то бажано докладніше зупинитись на ідентифікації цих невизначеностей, поясненні їх природи та методів опису і врахування у процесі синтезу управлінських впливів.

6. На стор. 94 сказано: «Для оцінки невизначеності …», але не сказано якої саме невизначеності. Крім того, правильно потрібно говорити «Для *оцінювання* невизначеності».

7. Для досягнення вищої якості оптимального керування доцільно застосовувати альтернативні методи оптимізації і вибирати ті, які забезпечують високоякісні результати з меншими обчислювальними витратами.

8. Бажано докладніше описати множину статистичних критеріїв якості, які використано при обробці даних та для синтезу і аналізу систем керування. Наприклад, незрозуміло, яким чином оцінюється адекватність запропонованих моделей. Відомо, що належна критеріальна база забезпечує високу якість проміжних та остаточних результатів обчислень.

9. Автор приділив недостатньо уваги необхідності застосування у поданому дослідженні методології системного аналізу, яка сприяє структурованості, логіці представлення, розумінню суті поставлених задач і ефективності створених систем управління, які пропонуються автором.

10. Робота перенасичена скороченнями, що утруднює сприйняття тексту та отриманих результатів; а скорочення «СМБ» немає у переліку скорочень.

11. У роботі зустрічаються незначні помилки стилістичного характеру. Наприклад, слово «оцінка» часто вживається як дієслово, хоча фактично це результат оцінювання, тобто іменник. Словосполучення «стандартних розподілів» (стор. 350) некоректне. Чому вибрані розподіли ймовірностей стали *стандартними*?

Очевидно, що зазначені недоліки є наслідком високої складності розглянутої предметної області дослідження, яка знаходиться на етапі інтенсивного розвитку, та великого об’єму виконаних досліджень.

Зазначу, що вказані зауваження не знижують цінності дисертаційної роботи в цілому, її науково-теоретичного та практичного значення.

Загальні висновки по роботі

Дисертаційна робота Бєгуна Василя Васильовича є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати аналізу функціонування складних систем, математичного моделювання та синтезу систем управління процесами у сфері безпеки життєдіяльності; вона повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. Результати дослідження мають значні перспективи для їх подальшого розвитку.

За актуальністю теми, а також внеском у сучасну науку, ступенем новизни й обґрунтованості отриманих наукових і практичних результатів дисертаційна робота Бєгуна Василя Васильовича повністю відповідає вимогам пп. 9, 10 і 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старший науковий співробітник" щодо докторських дисертацій, а здобувач заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології.

Офіційний опонент:

професор кафедри математичних методів
системного аналізу Інституту прикладного
системного аналізу Національного технічного
університету України "КПІ ім. І. Сікорського",
доктор технічних наук, професор _____ П. І. Бідюк

«12» березня 2020 р.

Підпис гр. Бідюк П.
ЗАСВІДЧУЮ
відділ кадрів, діловодства,
аспірантури і докторантури
Підпис пр-ис