В І Д Г У К

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Бідюка Петра Івановича

на дисертаційну роботу Темнікова Володимира Олександровича

«Моделі і методи контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасні методи моделювання, оцінювання станів і прогнозування та інформаційні системи на їх основі надають можливість дослідникам розв'язувати складні задачі у різних галузях діяльності людини. Одним із напрямів таких досліджень є створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР) для аналізу стану авіадиспетчерів та управління їх діяльністю. Відомо, що над вирішенням цієї проблеми вже тривалий час працюють всесвітньо відомі компанії та університети; при цьому на такі дослідження виділяються значні кошти та матеріальні засоби. Для аналізу стану авіадиспетчерів використовуються математичні моделі та оптимізаційні процедури як класичного типу, тобто на основі регресійного аналізу, теорії ймовірностей, представлення у просторі станів, так і сучасні підходи на основі методів інтелектуального аналізу даних (ІАД). Серед методів ІАД особливо популярними є на сьогодні нейронні мережі різних типів, байєсівські мережі, дерева рішень, нечітка логіка, нейронечіткі моделі і методи та ін. Комплексне застосування цих методів дає можливість дослідникам суттєво підвищити якість отриманих результатів стосовно їх достовірності, адекватності та практичної значущості.

У процесі виконання досліджень за темою дисертаційної роботи автор використав методи теорії графів, методи обчислювального інтелекту, перцептивні обчислення та експертний аналіз, теорію розпізнавання образів та проектування сучасних інформаційних систем. Аналіз результатів дослідження свідчить про коректне використання згаданих методів автором і вибраній

Вх. 0201/2019
від 06.12.19
СВР Д26.062.01

прикладній технічній сфері, що дало йому можливість отримати ряд важливих наукових та практично значимих результатів.

Для обробки великих обсягів експериментальних і статистичних даних, експертних оцінок, розв'язання задач математичного моделювання досліджуваних процесів, формування оцінок прогнозів та прийняття коректних управлінських рішень коректно застосовано сучасні інформаційні технології на основі статистичних методів, оптимізаційних процедур і методів інтелектуального аналізу даних.

Актуальність обраної автором теми обумовлюється також недостатньою теоретичною і практичною розробленістю задач аналізу станів та управління функціональністю авіадиспетчерів в Україні, відсутністю сучасних засобів автоматизованого аналізу даних, обробки експертних оцінок і напрацювання відповідних рішень у всіх ланках диспетчерської діяльності. Деякі існуючі інструментальні рішення, які дають можливість виконувати окремі операції з обробки статистичних даних, але їх або важко налаштувати на конкретні задачі, або ж вони є занадто громіздкими. Об'єднання на засадах єдиної системної методології відомих і розроблених автором методів і моделей, створення чіткої критеріальної основи, розробка інформаційних технологій і систем підтримки прийняття управлінських рішень для контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів є надзвичайно актуальною проблемою.

У дисертаційній роботі автором визначено широкий спектр задач, які потребують коректного розв'язання, зокрема щодо розкриття невизначеностей різних типів і урахування інформаційних впливів у процесі аналізу функціональності авіадиспетчерів, задачі побудови адаптивних моделей для оцінювання станів диспетчерів. Як показано автором, для ефективного управління функціональністю авіадиспетчерів потрібні відповідні інформаційні технології й системи підтримки прийняття рішень, які дозволяли б на базі єдиної методології аналізувати різнотипні невизначеності, оцінювати пов'язані з ними ризики, в динаміці враховувати зміни у супутніх процесах. Це потребує створення нових математичних моделей, які враховують невизначеності

інформаційного, параметричного та стохастичного типу, інтеграції і узгодження моделей, побудованих на основі різних математичних методів, у єдину інформаційну технологію.

Аналіз літературних джерел, виконаний здобувачем, показує, що на сьогодні ще немає належних методів та засобів, або вони ще недостатньо адаптовані і не застосовуються у сфері управління функціональністю авіадиспетчерів з метою підвищення ефективності процесів управління з урахуванням множини факторів впливу. Таким чином, виникає необхідність у виконанні подальших досліджень, спрямованих на розробку методів і моделей оцінювання і прогнозування станів диспетчерів та управління їх функціональністю на засадах системного підходу, створення основи для підвищення ефективності відповідних управлінських рішень.

Зміст дисертаційної роботи

У першому розділі – «Огляд сучасних підходів до інформаційної підтримки прийняття рішень з контролю й управління функціональністю авіадиспетчерів» – здійснено системний аналіз основних факторів, які впливають на якість роботи управління повітряним рухом (УПР) співробітниками служби управління рухом (командно-диспетчерського пункту); – визначено особливості проблемної області, що ускладнюють вирішення завдань, поставлених в дисертаційній роботі, та визначають основні напрями дисертаційних досліджень з управління функціональністю авіадиспетчерів; – автором показано, що висока якість управління повітряним рухом може бути забезпечена лише як результат управління функціональністю авіадиспетчерів, відзначена особлива роль особи, що приймає рішення (ОПР) в забезпеченні високої якості УПР авіадиспетчерами; – відзначено, що підвищення якості управління функціональністю авіадиспетчерів неможливо досягнути без застосування ефективної інформаційної підтримки ОПР при прийнятті ними управлінських рішень.

Другий розділ – «Формалізація процесів управління функціональністю авіадиспетчерів» – присвячено створенню концепції

забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень (ІППР) ОПР в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на функціональність авіадиспетчерів, яка дала можливість виконувати контроль показників та управляти функціональністю авіадиспетчерів протягом їх виробничої діяльності та забезпечити проведення ОПР ефективних коригувальних заходів на якомога більш ранніх стадіях виробничої діяльності авіадиспетчерів. Розроблена концепція управління функціональністю авіадиспетчерів, основними складовими якої є вербальне оцінювання окремих показників функціональності та урахування динамічності функціонального стану (ФС) авіадиспетчерів.

Розроблено метод інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень, заснований на положеннях концепції забезпечення ІППР, який на основі впровадження перманентного контролю показників функціональності авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності та прогнозування змін ФС і рівня професіоналізму дозволяє забезпечити ОПР додатковою інформацією стосовно здатності та готовності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки. Розроблена технологія управління функціональністю авіадиспетчерів, основними складовими якої є такі положення: – оцінювання та аналіз ФС авіадиспетчерів; – прогнозування можливого прояву небезпечних факторів у майбутньому; – запобігання негативного впливу небезпечних факторів на ФС авіадиспетчерів.

У третьому розділі – «Превентивне управління функціональністю авіадиспетчерів» – запропоновано методи підвищення ефективності протидії загрозам, зумовленим людським фактором: – вдосконалення контролю ФС авіадиспетчерів на різних етапах їх професійної діяльності; – підвищення ефективності роботи служб, які оцінюють здатність і готовність авіадиспетчерів виконувати професійні (функціональні) обов'язки.

У результаті виконаних досліджень здійснено розробку теоретико-методологічних основ забезпечення управління ФС авіадиспетчерів. Представлено підхід, заснований на застосуванні нечітких множин і

перцептивних обчислень для вирішення одного з найважливіших етапів управління ФС авіадиспетчерів – проведення оцінювання якості ФС.

Розроблено метод контролю ФС в процесі набору та періодичного контролю авіадиспетчерів, заснований на перспективному напрямку в області теорії нечітких множин – перцептивних обчисленнях, що дозволяє ранжирувати авіадиспетчерів за рівнем їх психофізіологічного ресурсу і, таким чином, істотно підвищити ефективність виявлення гідних кандидатів на посади, від правильності дій яких залежить безпека польотів.

На основі лінгвістичного підходу розроблено модель визначення ФС авіадиспетчерів, що дозволяє проводити оцінювання якості ФС та виявлення факторів, що визначають якість ФС авіадиспетчерів.

Запропоновано процедуру превентивного управління ФС авіадиспетчерів, яка на основі розробленої моделі ФС, за рахунок застосування перцептивних обчислень та інтервальних показників при проведенні оцінювання ФС, дозволяє істотно підвищити ФС авіадиспетчерів в умовах невизначеності і неповноти інформації з урахуванням особливостей проблемної області. Створена процедура дозволяє підвищити якість визначення здатності авіадиспетчерів виконувати професійні обов'язки.

У четвертому розділі – «Оперативне управління психофізіологічним станом авіадиспетчерів» – показано, що в основу управління психофізіологічним станом (ПФС) авіадиспетчерів протягом робочої зміни можна покласти такі складові: – стани стомлення, сонливості, тривоги; – емоційні стани (ЕмС) людини. Виділені два види змін стану за швидкістю змін: повільні зміни стану і сплески збудження (сплески емоцій), які можуть призвести до різкого падіння працездатності авіадиспетчера. Запропоновано показники станів стомлення, сонливості та тривоги авіадиспетчерів та в якості показника цих станів використовується стан серцево-судинної системи людини. А як показник людини в процесі аналізу ЕмС авіадиспетчерів – їх голос (параметри мовного сигналу, що сканується в процесі аудіообміну між авіадиспетчером та членами льотних екіпажів).

Розроблено функціональну схему та метод оперативного адаптивного управління ПФС авіадиспетчерів під час робочої зміни, застосування яких дозволяє ОПР оперативно реагувати на зміни працездатності авіадиспетчерів внаслідок стомлення або погіршення ЕмС.

Представлено основні принципи проведення та етапи автоматичного голосового контролю за діями авіадиспетчерів протягом робочої зміни. Контроль полягає в моніторингу ПФС (емоційного стану, а також станів стомлення, сонливості і тривоги) авіадиспетчерів та в їх перманентній аутентифікації за голосом.

Описано процедуру проведення аутентифікації/ідентифікації авіадиспетчерів як суб'єктів ергатичних систем по неперервному (злитому) мовленню з урахуванням особливостей їх роботи, які полягають, зокрема, у використанні авіадиспетчерами в процесі виконання функціональних обов'язків нормативно встановленої фразеології.

Розглянуто основи побудови системи інформаційної підтримки прийняття оперативних рішень, що забезпечує дистанційний автоматичний контроль авіадиспетчерів в режимі реального часу в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на роботу авіадиспетчерів та нестачі інформації у ОПР з урахуванням специфіки їх роботи.

П’ятий розділ – «Практична реалізація моделей та методів інформаційної підтримки прийняття рішень» – присвячено використанню розроблених моделей і методів контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів на різних стадіях їхньої виробничої діяльності. Створено інформаційну технологію забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР, яка є основою побудови ІСППР. Запропоновано архітектурні та програмні засоби, які забезпечили можливість впровадження розроблених моделей, методів та ІТ і стали основою для побудови підсистем інформаційної системи, призначеної для забезпечення інформаційною підтримкою ОПР з управління функціональністю авіадиспетчерів.

Розроблено методики проведення контролю показників функціонального стану авіадиспетчерів, проведення занять на тренажерах і професійного добору, застосування яких дозволило на практиці реалізувати результати досліджень. Експериментальні комп'ютерні й імітаційні дослідження підтвердили адекватність розроблених моделей та достовірність результатів, наведених у дисертаційній роботі.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих автором результатів дослідження сформульована логічно, коректно, зрозуміло і не викликає сумніву.

Автором вперше запропоновано і розроблено:

– метод ІППР, який на основі впровадження перманентного контролю показників функціональності авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності, розрахунку й аналізу узагальнених показників функціональності та прогнозування змінень ФС і рівня професіоналізму з використанням показників, які мають визначальний вплив на функціональність, дозволяє забезпечити ОПР додатковою інформацією стосовно здатності та готовності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки;

– модель отримання агрегованої оцінки показників ФС і рівня професіоналізму авіадиспетчерів, яка на основі застосування графових моделей та перцептивних обчислень дозволяє отримати узагальнену оцінку ФС і рівня професіоналізму авіадиспетчерів, що дає можливість здійснювати превентивне управління ФС;

– метод отримання агрегованої оцінки показників ФС і рівня професіоналізму авіадиспетчерів, який за рахунок зниження суб'єктивності експертного оцінювання та структуризації простору показників ФС і рівня професіоналізму із застосуванням моделі отримання агрегованої оцінки дозволяє отримати узагальнену оцінку ФС і рівня професіоналізму авіадиспетчерів;

– модель і метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів протягом робочої зміни, які на основі забезпечення ІППР за

рахунок послідовно проведених оцінювання показників стану серцево-судинної системи та параметрів мовних сигналів, отриманих під час сеансів аудіозв'язку між авіадиспетчерами та пілотами, діагностування та прогнозування змінень ПФС авіадиспетчерів дозволяє підвищити якість внутрішньозмінного контролю показників ФС та оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів при випадкових зовнішніх впливах і зміненнях працездатності авіадиспетчерів;

– метод підвищення якості контролю ПФС авіадиспетчерів, який на основі застосування розробленої системи параметрів мовних сигналів та обґрунтованого вибору їх значень дозволяє підвищити швидкодію системи інформаційної підтримки прийняття оперативних рішень протягом робочої зміни при забезпеченні відсотка правильної аутентифікації і визначення функціонального стану вище 98%.

Удосконалено:

– метод параметризації мовного сигналу, який, на відміну від відомих, на основі застосування нового підходу до створення системи параметрів дозволяє зменшити кількість параметрів, які характеризують мовний сигнал, що дає можливість застосувати штучні нейронні мережі для аутентифікації та контролю ПФС авіадиспетчерів.

Обґрунтованість і достовірність наукових висновків

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується коректним застосуванням теоретичних положень та математичного апарату із різних напрямів розвитку сучасної науки: системного аналізу й інтелектуального аналізу даних; методів ідентифікації та обробки наявних невизначеностей; методів прогнозування на основі часових рядів і нечіткої логіки, а також результатами обчислювальних експериментів, логічним поданням, прозорістю та доказовістю результатів, отриманих у роботі, їх практичним застосуванням, що підтверджується актами впровадження.

Для опису процесів та методів діяльності авіадиспетчерів у роботі використано алгоритмічний підхід та відповідний інструментарій. При

проектуванні програмного комплексу застосовано підходи до побудови розподілених інформаційних систем класу «клієнт-сервер», моделювання бази даних комплексу виконано за допомогою відповідних діаграмних засобів.

Все зазначене надало можливість автору дослідження отримати нові коректні наукові результати і висновки, які відповідають високому сучасному науковому рівню.

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

Практична цінність дисертаційної роботи

Важливо відзначити велике практичне значення отриманих здобувачем результатів дослідження, яке полягає у можливості їх впровадження у конкретних системах управління рухом, службах підтримки, навчальних закладах вищої освіти та інших організаціях.

Конкретне практичне значення отриманих результатів дослідження полягає у такому:

Впровадження методів теорії обчислювального інтелекту (у першу чергу – нечітких множин та перцептивних обчислень) дало можливість підвищити якість контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів і неповноти інформації.

Застосування розробленої методики проведення контролю показників ФС авіадиспетчерів на основі впровадження контролю їхнього психофізіологічного ресурсу та психофізичного стану дозволяє покращити контроль здатності та готовності авіадиспетчерів виконувати свої функціональні обов'язки.

Застосування методу параметризації мовного сигналу за рахунок зменшення кількості його параметрів дозволяє спростити та в 2-3 рази прискорити процес контролю психофізіологічного стану авіадиспетчерів. На

основі реалізації методів контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів розроблено і впроваджено складові програмного комплексу, застосування яких забезпечує контроль показників та управління функціональністю авіадиспетчерів.

Застосування методу отримання агрегованої оцінки авіадиспетчерів дозволяє вдосконалити методику професійного добору і надає інструмент для його проведення. Застосування розробленої методики проведення занять на тренажерах дозволяє отримати додаткову інформацію, необхідну для розрахунку ймовірності знаходження авіадиспетчерів протягом зміни в певному стані.

Результати виконаних досліджень впроваджені в міжнародному аеропорту «Київ», Головному центрі спеціального контролю Національного космічного агентства України, Національному авіаційному університеті та Київському національному університеті будівництва і архітектури.

Повнота викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи у публікаціях

Результати дослідження В.О. Темнікова пройшли необхідну широку апробацію: він виступив з доповідями на багатьох міжнародних та національних науково-практичних конференціях та семінарах у провідних наукових 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 113 наукових працях (46 основних з яких наведено в авторефераті), у тому числі 5 наукових статей у міжнародних рецензованих виданнях, що входять до баз даних Scopus (1 у періодичних і 4 у неперіодичних виданнях), 29 наукових статей у закордонних і вітчизняних фахових наукових журналах, які входять до інших міжнародних наукових баз даних (Google Scholar, Scientific Indexed Service (США), Ulrichs Web Global Serials Directory, Union Of International Associations Yearbook, SCRIBD, Academic Resource Index, General Impact Factor (ЄС), Index Copernicus (Польща) тощо), а також 11

матеріалів і тез доповідей на міжнародних закордонних та вітчизняних конференціях.

Оцінка мови та оформлення дисертації і автореферату

Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків, списку використаних джерел у кінці кожного розділу основної частини дисертації і має 269 сторінок основного тексту. Список використаних джерел містить 214 найменувань. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 332 сторінки. У додатках наведено документи, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи. Робота написана грамотно, логічно, тексту притаманна цілісність, прозорість та зв'язність викладення. Науково-технічна термінологія дисертаційної роботи є сучасною та загальновизнаною.

Результати наукових досліджень, за якими здобувач 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. У дисертаційній роботі запропоновано використання різних типів моделей, побудованих, зокрема, на основі методів обчислювального інтелекту. Однак, недостатньо уваги приділено визначенню ступеня адекватності цих моделей фактичним процесам і об'єктам.

2. Використані автором диференціальні рівняння Колмогорова для оцінювання ймовірності знаходження об'єкта у певному стані потребують для знаходження розв'язків, придатних для практичного використання, значних об'ємів додаткової статистичної/експериментальної інформації. Вважаю за доцільне використати для розв'язання вказаної задачі методику моделювання на основі байєсівських мереж.

3. Для скорочення об'ємів обчислень у процедурах аналізу мовних

сигналів доцільно використати простіші за структурою моделі у формі драбинчастих фільтрів.

4. Оскільки дослідження носить системний характер, то вважаю за доцільне сформулювати за результатами виконаного дослідження такий принцип системного аналізу: комплексне застосування методів підготовки і попередньої обробки даних, адаптивно-оптимізаційних процедур побудови математичних моделей, критеріїв якості даних та результатів, методів оцінювання адекватності моделей і якості прогнозів та рішень, які приймаються на їх основі, надає можливість суттєво підвищити якість проміжних та остаточних результатів аналізу стану досліджуваних суб'єктів.

5. При виконанні досліджень автор аналізує причини появи невизначеностей, що мають місце при моделюванні і прогнозуванні стану авіадиспетчера. В роботі бажано подати методику ідентифікації та практично прийнятного способу врахування таких невизначеностей.

6. У роботі запропонована клієнт-серверна архітектура розширеної інформаційної технології, що використовується у процесі ідентифікації стану авіадиспетчера та управління ним з використанням бази знань і даних. Бажано описати відповідні механізми формування правил виведення у базі знань.

7. У роботі зустрічаються незначні описки стилістичного характеру. Наприклад, на стор. 77 необхідно замінити слово «направленних» на «спрямованих»; слово «напрямок» необхідно вживати тільки у випадках ідентифікації геометричного напрямку; на стор. 117 словосполучення «марковськіх процесів» краще замінити на «марковських процесів».

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 Темнікова Володимира Олександровича є завершеною науковою працею, в якій сформульовано нові науково обґрунтовані положення, принципи та методи, отримано практичні результати стосовно математичного моделювання, оцінювання стану та управління функціональністю авіадиспетчерів, розробки відповідного сучасного інструментарію у вигляді інформаційних технологій та систем підтримки прийняття рішень. Вона повністю відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології. Результати дослідження мають значні перспективи для їх подальшого розвитку та практичного застосування у сучасних системах контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів.

За ступенем новизни, актуальністю теми, обґрунтованістю отриманих наукових і практичних результатів, а також внеском у сучасну науку, дисертаційна робота **Темнікова Володимира Олександровича** повністю відповідає вимогам пп. 9, 10 і 12 "Порядку присудження наукових ступенів", затверджених постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 року 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 Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського», доктор технічних наук, професор П.І. Бідюк

Підпис гр. П.І. Бідюк
ЗАСВІДЧУЮ
відділ кадрів, діловодства, аспірантури і докторантури
Підпис ер-ес