

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕМНІКОВ Володимир Олександрович 

УДК 004.89

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЮ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ**

Спеціальність 05.13.06 – «Інформаційні технології»

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Козловський Валерій Валерійович,
Національний авіаційний університет,
перший проректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
заслужений діяч науки і техніки України
Міхайленко Віктор Мефодійович,
Київський національний університет будівництва
та архітектури,
завідувач кафедри інформаційних технологій
проектування та прикладної математики

доктор технічних наук, професор
Бідюк Петро Іванович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського»,
професор кафедри математичних методів
системного аналізу

доктор технічних наук, доцент
Корж Роман Орестович,
Національний університет «Львівська
політехніка»,
проректор з науково-педагогічної роботи

Захист відбудеться «19» грудня 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.062.01 при Національному авіаційному університеті за адресою: 03058, м. Київ, пр. Космонавта Комарова, 1, корпус 11, ауд. 111.

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці Національного авіаційного університету за адресою: 03058, м. Київ, пр. Космонавта Комарова, 1.

Автореферат розісланий «19» листопада 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
канд. техн. наук

Т. О. Охріменко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Безпека польотів (БП) в значній мірі залежить від людського фактора (ЛФ), який проявляється у вигляді помилок пілотів повітряних суден та авіадиспетчерів, що можуть бути обумовлені їх знаходженням у неналежному функціональному стані (ФС) та недостатнім професіоналізмом (рівнем знань, навичок і вмінь).

Про необхідність рішення проблеми зниження впливу ЛФ на БП свідчить широке використання Міжнародною організацією цивільної авіації ІКАО моделі SHELL (Software-Hardware-Environment-Liveware) й зосередження на цьому уваги в багатьох документах ІКАО, таких як Doc 8984, Doc 9422, Doc 9683, Doc 9859, Doc 9966, Додатки 1 і 19 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію та інші. Зокрема, документи ІКАО фіксують велику важливість підвищення якості контролю та управління функціональністю (спроможністю виконувати функціональні обов'язки на належному рівні) авіадиспетчерів з боку осіб, які приймають управлінські рішення (ОПР) протягом усієї виробничої діяльності авіадиспетчерів, в процесі проведення різних контрольних заходів. Але його неможливо досягти без надання ОПР інформаційної підтримки при прийнятті управлінських рішень – як в процесі проведення превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів, так і безпосередньо в процесі виконання ними функціональних обов'язків протягом робочої зміни.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій (ІТ) існує об'єктивне протиріччя між, з одного боку, наявністю великої кількості показників ФС і рівня професіоналізму, які необхідно контролювати, значною кількістю факторів, що впливають на ФС (в тому числі, випадкових), залученням до оцінювання різних складових ФС і рівня професіоналізму під час проведення контрольних заходів великої кількості експертів – фахівців у різних галузях медицини та техніки, а з іншого боку – відсутністю інструментарію, який би допомагав ОПР якісно та ефективно оцінювати та контролювати ФС і рівень професіоналізму авіадиспетчерів, обирати кращих з наявних кандидатів на зайняття вакантних посад, відстежувати та прогнозувати змінення ФС авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності.

Необхідність розв'язання зазначеного протиріччя вимагає розробки нових моделей, методів та ІТ, які б дозволили проводити збір, обробку, аналіз та прогнозування змінень показників ФС (в першу чергу, такої його складової, як психофізіологічний стан) та рівня професіоналізму авіадиспетчерів на різних стадіях їхньої виробничої діяльності, при проведенні різних контрольних заходів. Їх розробка повинна бути заснована на використанні нових підходів до опису предметної області, застосуванні сучасного апарату обчислювального інтелекту, розробки нового алгоритмічного та програмного забезпечення.

Питання розробки ІТ, моделей, методів, алгоритмів, схем тощо, які охоплюють широке коло математичних та прикладних проблем інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень (ІППР), в тому числі, для підвищення ефективності контролю та управління функціональністю

авіаційного персоналу з метою зниження впливу ЛФ на БП, висвітлені у роботах зарубіжних та вітчизняних авторів: С. А. Айвазяна, Р. Белмана, В. Л. Волковича, Б. М. Герасимова, В. А. Глотова, Л. Ф. Гуляницького, В. І. Іваненко, М. Г. Загоруйка, Л. Заде, Д. Канемана, Р. Л. Кіні, В. В. Козловського, О. Є. Литвиненка, О. В. Лотова, Д. М. Менделя, Л. М. Мистецького, В. С. Михалевича, Б. Г. Міркіна, В. М. Михайленка, В. Д. Ногіна, О. І. Орлова, С. А. Орловського, В. В. Павельєва, Н. Д. Панкратової, Д. А. Поспелова, Х. Райфа, Т. Сааті, Г. Саймона, Н. В. Семенової, І. В. Сергієнка, П. Словіка, Є. В. Снитюка, В. Л. Стефанюка, А. Тверські та інших.

Зважаючи, що комплексне дослідження питань застосування ІТ для зниження впливу ЛФ на БП на теренах України перебуває на початковій стадії, основна увага при проведенні дисертаційного дослідження приділялась розробленню нових моделей, методів та ІТ, застосування яких дозволяє підвищити якість контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності.

Значно ускладнює вирішення поставлених завдань наявність істотного впливу на ФС авіадиспетчерів великої кількості зовнішніх і внутрішніх небезпечних факторів (часто таких, що мають випадковий характер), невизначеність та неоднозначність багатьох термінологічних та інших питань проблемної області, недостатня інформаційна забезпеченість осіб, що приймають управлінські рішення.

Отже, актуальною науково-прикладною проблемою є розробка методів інформаційної підтримки прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів шляхом створення методологічних основ контролю показників їх ФС і рівня професіоналізму протягом усієї виробничої діяльності в умовах невизначеності впливу на ФС зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів з метою зниження впливу людського фактора на БП.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, виконувалося відповідно до державних програм та планів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт Національного космічного агентства України, Служби безпеки України, Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. Обраний у роботі напрям досліджень тісно пов'язаний з рядом науково-дослідних робіт, виконаних у Національному авіаційному університеті, у реалізації яких автор брав участь в якості керівника або відповідального виконавця. Отримані результати дисертаційної роботи відображені у звітах з таких НДР: «Створення методики та апаратно-програмної бази для моніторингу в польових умовах засобів захисту мовної інформації», шифр «140» (2004-2007рр.); «Методи та засоби технічного захисту інформації в сучасних умовах», шифр «59/14-02-02» (2008-2012рр.); «Системи контролю доступу за біометричними ознаками людини», шифр «23/14.01.04» (2013-2017рр.); «Інформаційна та авіаційна безпека об'єктів критичної інфраструктури», шифр «35/14.01.04» (з 2019 р.; номер держреєстрації 0119U102297).

Результати дисертаційної роботи пропонується використовувати в науково-дослідних організаціях, авіапідприємствах та Міністерстві інфраструктури України під час побудови ефективних систем управління БП.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення безпеки польотів шляхом створення методологічних основ контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати існуючі шляхи зниження впливу ЛФ на БП, сучасне методичне та інформаційне забезпечення контролю показників та управління ФС авіадиспетчерів та обґрунтувати вибір напряму досліджень щодо розробки моделей, методів та ІТ контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу на ФС зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів.

2. Запропонувати концепцію забезпечення ІППР ОПР при здійсненні контролю показників й управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів.

3. Розробити метод ІППР, впровадження якого дозволить забезпечити інформаційну підтримку ОПР в прийнятті рішень щодо відповідності показників функціональності авіадиспетчерів нормативним вимогам під час різних контрольних заходів.

4. Розробити процедуру контролю показників й управління ФС і рівнем професіоналізму, яка дозволить здійснювати превентивне управління функціональністю авіадиспетчерів.

5. Розробити модель та метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів, впровадження яких дозволить забезпечити ІППР ОПР при здійсненні внутрішньозмінного контролю показників ФС та управління ФС і діями авіадиспетчерів протягом робочої зміни при випадкових зовнішніх впливах і зміненнях працездатності авіадиспетчерів.

6. Розробити способи підвищення якості контролю психофізіологічного стану (ПФС) та за діями авіадиспетчерів протягом робочої зміни.

7. Розробити інформаційну технологію забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР з використанням розроблених моделей і методів контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів на різних стадіях їхньої виробничої діяльності.

8. Для впровадження розроблених моделей, методів та ІТ розробити програмні засоби підсистем інформаційної системи ІППР ОПР з управління функціональністю авіадиспетчерів.

9. Провести експериментальні дослідження з метою перевірки адекватності розроблених моделей та достовірності отриманих результатів.

Об'єктом дослідження є процеси отримання, обробки та аналізу інформації для здійснення інформаційної підтримки прийняття раціональних управлінських рішень.

Предметом дослідження є моделі та методи інформаційної підтримки прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів протягом усієї

їхньої виробничої діяльності в умовах невизначеності впливу на ФС зовнішніх і внутрішніх небезпечних факторів.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались такі методи: методи теорій прийняття рішень – для вирішення задач інформаційної підтримки прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів; методи обчислювального інтелекту, перцептивних обчислень та експертного аналізу – для проведення оцінювання показників ФС та професіоналізму авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів; методи теорії графів – для побудови графових ієрархічних моделей для проведення оцінювання показників ФС авіадиспетчерів; методи теорії розпізнавання образів та інформаційних систем – для побудови систем інформаційної підтримки прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів. Експериментальні дослідження та перевірка на практиці проводилися з використанням сучасних методик в умовах діючого аеропорту із застосуванням сучасної комп'ютерної техніки. Достовірність висновків і результатів, доказовість рекомендацій дослідження підкріплюються використанням достовірних вихідних даних, а також експертним аналізом, проведеним на ряді українських підприємств авіаційної галузі.

Наукова новизна одержаних результатів. Результати досліджень формують новий науковий напрямок інформаційно-аналітичного супроводу процесу контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів протягом усієї професійної діяльності, який засновано на застосуванні розроблених методів та ІТ контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів на різних стадіях виробничої діяльності.

В дисертаційній роботі вперше вирішується проблема надання ОПР інформаційної підтримки при прийнятті управлінських рішень на основі методів вербального експертного оцінювання показників ФС та професіоналізму авіадиспетчерів з використанням лінгвістичних змінних та вдосконалення методик проведення контролю ФС авіадиспетчерів на основі аналізу їх психофізіологічного стану.

Наукову новизну становлять такі основні результати:

- *вперше 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, що дає можливість підвищити обґрунтованість прийняття ОПР управлінських рішень і на більш ранніх стадіях виробничої діяльності авіадиспетчерів виявити осіб, які мають недостатній фізіологічний та/або психологічний ресурс і потребують проведення з ними коригувальних заходів;

- *вперше розроблено* 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 і рівнем професіоналізму авіадиспетчерів;

- *вперше розроблено* 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, що дає можливість проводити їх ранжирування та класифікацію в процесі превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів;

- *вперше розроблено* модель та метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів протягом робочої зміни, які на основі забезпечення ІППР за рахунок послідовно проведених оцінювання показників стану серцево-судинної системи (ССС) 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;

- *вперше розроблено* 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 (СІППоР) протягом робочої зміни при забезпеченні відсотка правильної аутентифікації і визначення ФС вище 98% і дає можливість проводити внутрішньозмінний голосовий контроль емоційного стану (ЕМС) авіадиспетчерів і контроль їхнього доступу до інформаційних ресурсів в режимі реального часу;

- *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.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в процесі виконання дисертаційних досліджень моделі, методи та ІТ управління доведені до практичної реалізації в інформаційно-аналітичних системах інформаційної підтримки прийняття рішень для використання в процесі управління функціональністю авіадиспетчерів. Розроблене методичне забезпечення управління функціональністю є науково-методичною основою для розробки відповідних методик, алгоритмів та програмних продуктів.

Тема дисертаційної роботи безпосередньо пов'язана з виконанням концепції розвитку безпеки авіації в Україні.

Отримані наукові результати є методологічною базою для розробки та впровадження ефективних засобів контролю показників та управління функціональністю у вигляді програмних та програмно-апаратних модулів.

Практичне значення полягає у такому:

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

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

3. Застосування методу ІППР в процесі контролю показників ФС авіадиспетчерів впродовж всієї виробничої діяльності, а також моніторингу їх ПФС протягом робочої зміни, дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення про необхідність проведення коригувальних заходів.

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

5. 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.

6. Застосування методу отримання агрегованої оцінки дозволяє вдосконалити методику професійного добору і надає інструмент для його проведення.

7. Застосування розробленої методики проведення занять на тренажерах дозволяє отримати додаткову інформацію, необхідну для розрахунку ймовірності знаходження авіадиспетчерів протягом зміни в певному стані.

8. Застосування розробленої структури бази даних авіадиспетчерів та методу отримання агрегованої оцінки дозволяє розробити базу даних для відстеження змінень рівня здатності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки.

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

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи, що виносяться до захисту, отримані здобувачем самостійно. Автору особисто належать усі наукові й практичні результати роботи. У наукових роботах, написаних у співавторстві, автору належать:

постановка задач; [3, 4, 6, 8, 13-17, 27, 29, 32, 35, 37-41, 45, 46] – розробка моделей і методів інформаційної підтримки прийняття рішень; [1, 2, 5, 18, 20, 29, 36] – розробка й реалізація моделей і методів превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів; [8, 9, 13-17, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 30, 31, 33, 34, 37, 38, 42-44] – розробка й реалізація моделей і методів оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на науково-технічних конференціях та семінарах, серед яких: Міжнародна науково-технічна конференція "АВІА" (м.Київ, 2000, 2001, 2002, 2004, 2006, 2011, 2015, 2017, 2019), II Міжнародний конгрес "Розвиток інформаційного суспільства в Україні" (м. Київ, 2001), Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальний аналіз інформації" (м. Київ, 2005, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017), Науково-практична конференція "Інтегровані інформаційні технології та системи" (м.Київ, 2005), Науково-практична конференція "Захист в інформаційно-комунікаційних системах" (м. Київ, 2006, 2008, 2009, 2010), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та безпека в управлінні» (м. Ялта, 2006, 2007, м. Євпаторія, 2008, м. Кореїз, 2009, м. Одеса, 2010, м. Севастополь, 2011, 2012, 2013), Міжнародна науково-практична конференція "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси" (м. Київ, 2008, 2009, 2010), Міжнародна науково-технічна конференція "Комп'ютерні системи та мережеві технології" (м. Київ, 2009, 2013), Всесвітній конгрес «Авіація у ХХІ столітті. Безпека в авіації та космічні технології» (м. Київ, 2010, 2012, 2018), Науково-технічна конференція «Безпека інформаційних технологій» (м. Київ, 2011), Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології» (м. Київ, 2014), Міжнародна науково-технічна конференція «Захист інформації і безпека інформаційних систем» (м. Львів: 2014, 2015), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія» (м. Івано-Франківськ, 2015, 2016, 2017), Scientific and Professional Conference "Advances in the natural sciences and engineering-2015" (м. Будапешт, Угорщина, 2015), Міжнародна наукова конференція "Ukraine – Bulgaria –European Union: Contemporary State and Perspectives" (м. Варна, Болгарія, 2015, 2016, 2018), Scientific and Professional Conference "Natural, Mathematical and Technical sciences" (м.Будапешт, Угорщина, 2015, 2017), Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання забезпечення кібербезпеки та захисту інформації» (м. Київ, 2015, 2016, 2017), Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології науки та освіти: Європейські стандарти» (м. Познань, Польща, 2017), Міжнародна наукова конференція «Actual Problems of Science and Education» (м.Будапешт, Угорщина, 2018), 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (м. Київ, 2018), 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (м. Київ, 2018), 7th World Conference of Soft Computing (Baku, Azerbaijan, 2018), XVIII International

Conference on Data Science and Intelligent Analysis of Information (м. Київ, 2018), 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (м. Київ, 2018), IEEE International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (м. Харків, 2018).

Публікації за темою дисертації. Основні положення дисертації опубліковано 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 [1] і 4 у неперіодичних [2-5] виданнях), 29 наукових статей у закордонних [6-9] і вітчизняних [10-34] 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 [36-39] та вітчизняних [40-46] конференціях.

Структура та обсяг роботи. 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, 40 рисунків і 16 таблиць. Список використаних джерел містить 214 найменувань. Загальний обсяг дисертаційної роботи – 332 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **анотації та вступі** представлена загальна характеристика дисертаційної роботи, обґрунтована актуальність теми, визначено мету та завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження. Відзначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації та впровадження. Визначено особистий внесок здобувача, наведено відомості про публікації, структуру та об'єм дисертації, ключові слова.

У **першому розділі** проведено аналіз наукової літератури за темою дисертаційної роботи, зокрема, виконано загальний аналіз проблем, пов'язаних з контролем показників ФС і рівня професіоналізму та прийняттям рішень з управління функціональністю осіб, які, у відповідності до «Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі» Міністерства охорони здоров'я України, пройшли профвідбір, у першу чергу, авіадиспетчерів.

Відзначається, що БП у значній мірі визначається якістю роботи авіадиспетчерів, яка, в свою чергу, залежить від їх ФС (стану здоров'я та психологічного стану) і професіоналізму (рівня знань та досвіду), а також тим, чи знаходиться на робочому місці та людина, яка має право там знаходитися. Повинні здійснюватися та постійно удосконалюватися методики проведення контролю та управління ФС, рівнем знань авіадиспетчерів та доступом зазначених осіб до інформаційних ресурсів, які вони використовують в процесі своєї роботи, з боку ОПР; причому контроль та управління ФС треба здійснювати протягом усієї виробничої діяльності авіадиспетчерів.

На рис. 1 наведена функціональна схема проведення контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів.

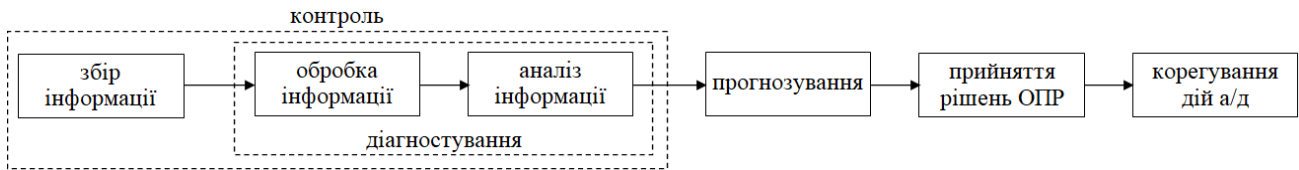


Рис. 1. Функціональна схема проведення контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів

Наведено результати аналізу нормативних документів та літературних джерел відносно засад побудови ІППР ОПР для проведення ними оцінювання, контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів:

- проаналізовані основні фактори, які впливають на якість управління повітряним рухом (УПР) співробітниками служби управління рухом (командно-диспетчерського пункту);

- відзначена особлива роль ОПР в забезпеченні ФС та високої якості УПР авіадиспетчерами;

- проаналізовані існуючі підходи до управління повітряним рухом і ФС авіадиспетчерів та обґрунтовано вибір напрямку досліджень щодо розробки методів та ІТ контролю показників й управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу зовнішніх і внутрішніх небезпечних факторів;

- проаналізовано сучасне методичне та інформаційне забезпечення контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів;

- визначені особливості проблемної області, що ускладнюють вирішення завдань, поставлених в дисертаційній роботі, та визначають основні напрямки дисертаційних досліджень з управління функціональністю авіадиспетчерів.

Аналіз проблемної області проводився з урахуванням положень таких нормативних документів ІКАО та України: Дос 8973, Дос 8984, Дос 9422, Дос 9683, Дос 9808, Дос 9859, Дос 9966, Дос 30, Додатки 1, 17 і 19 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію та Повітряний Кодекс України.

Як показав аналіз проблем, які ускладнюють приймання ОПР управлінських рішень, в значній мірі вони обумовлені невизначеністю впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на ФС авіадиспетчерів, неоднозначністю та неповнотою інформації, якою користується ОПР при прийнятті рішень.

На основі проведеного аналізу стану проблематики обґрунтовано основні задачі дослідження, розв'язання яких необхідне для досягнення мети, що поставлена в дисертаційній роботі.

Другий розділ присвячений розробці загальних питань побудови методів та ІТ для проведення контрольних заходів та управління функціональністю авіадиспетчерів:

- проведено адаптацію моделі SHELL для рішення поставлених задач;

- представлено узагальнену структуру забезпечення ІППР ОПР та управління функціональністю авіадиспетчерів;

- представлено розроблену концепцію надання ОПР ІППР з управління функціональністю авіадиспетчерів;

- для втілення указаної концепції розроблено модель і метод ІППР;

- запропоновано процедури проведення перманентного контролю показників ФС авіадиспетчерів та прогнозування змінень їхнього ПФС.

Узагальнена схема інформаційних зв'язків процесу прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів як суб'єктів предметної галузі наведена на рис. 2.

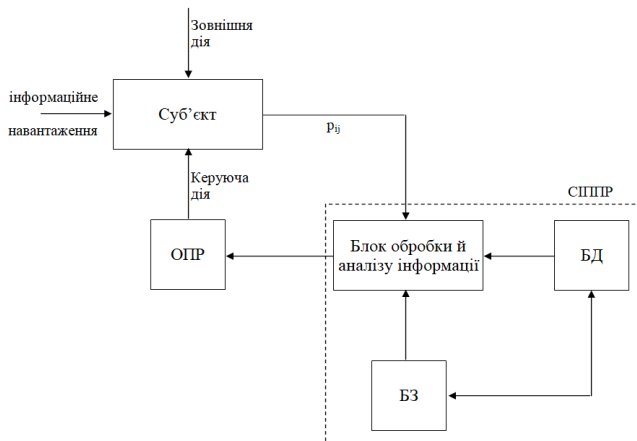


Рис. 2. Узагальнена схема інформаційних зв'язків процесу прийняття рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів

Основою концепції надання ОПР інформаційної підтримки при прийнятті ними рішень з управління функціональністю авіадиспетчерів є такі положення:

1. ІППР ОПР заснована на результатах прогнозування змінень ФС авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності.

2. Для здійснення контролю функціональності авіадиспетчерів на різних стадіях контролю, під час різних контрольних заходів створюється єдиний простір показників функціональності суб'єкта.

3. Функціонування системи ІППР на різних стадіях контролю функціональності авіадиспетчерів здійснюється на базі єдиного алгоритму дій над інформацією, що містить збір, обробку інформації й етап підготовки інформації для передачі ОПР, що включає аналіз інформації та прогнозування змінень ФС суб'єктів.

4. ФС і рівень професіоналізму авіадиспетчерів визначаються як вектори значень їх показників, в якості яких використовуються узагальнені показники функціональності авіадиспетчерів, а також окремі показники, що характеризують стан здоров'я, психологічний стан та рівень знань суб'єктів.

Для оцінювання ФС та рівня професіоналізму при проведенні професійного добору, періодичного та передзмінного контролю використовуються такі узагальнені показники:

- агрегована оцінка ФС/рівня професіоналізму, яка розраховується та представляється у вигляді лінгвістичної змінної або нечіткого інтервалу;

- показники стану регуляторних систем організму людини (стану серцево-судинної системи людини (ССС)) – показник активності регуляторних систем організму людини (ПАРС) та індекс напруженості Баєвського ІН.

Для оцінювання ФС протягом робочої зміни використовуються ІН Баєвського (показник стану СССР) і параметри мовних сигналів (в тому числі – система параметрів, розроблена в процесі дисертаційних досліджень).

5. ІППР надається ОПР під час проведення:

- «стаціонарного» контролю, метою якого є визначення здатності і готовності суб'єктів виконувати функціональні обов'язки при прийомі на роботу, періодичному та передзмінному контролі;
- перманентного контролю, метою якого є неперервне відстеження показників суб'єктів для прогнозування можливого виходу показників за межі встановлених значень;
- внутрішньозмінного контролю, метою якого є контроль ФС й аутентифікація суб'єктів під час виконання ними функціональних обов'язків.

Дані, отримані за результатами «стаціонарного» та перманентного контролю, призначені для проведення превентивного, а дані, отримані в процесі внутрішньозмінного контролю, – оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів.

На рис. 3 наведена узагальнена схема ІППР з управління функціональністю авіадиспетчерів в умовах впливу на суб'єкт зовнішніх та внутрішніх факторів випадкового характеру з урахуванням моделі SHELL для таких трьох типів контрольних заходів:

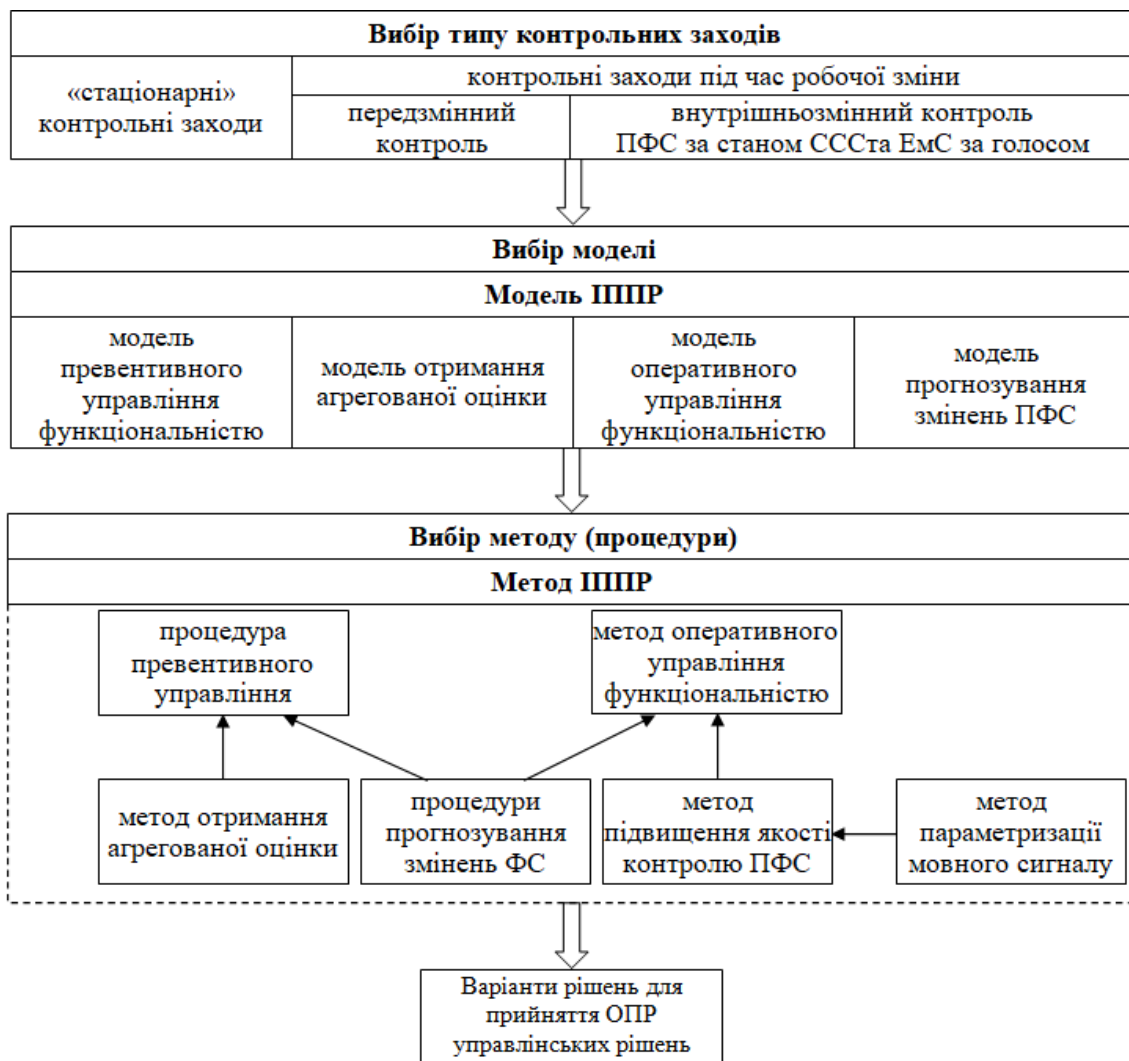


Рис. 3. Узагальнена схема ІППР з управління функціональністю авіадиспетчерів

- 1) контроль здатності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки (під час прийому на роботу, періодичного контролю та занять на тренажерах);
- 2) контроль готовності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки (під час передзмінного контролю);
- 3) внутрішньозмінний контроль.

Основою узагальненої схеми ІППР є послідовне проведення вибору типу контрольних заходів, моделі та методу (процедури), розробленого із застосуванням вибраної моделі, та представлення ОПР варіантів рішення. Розроблену концепцію втілює модель процесу ІППР ОПР, що записана в ER-нотації (рис. 4).

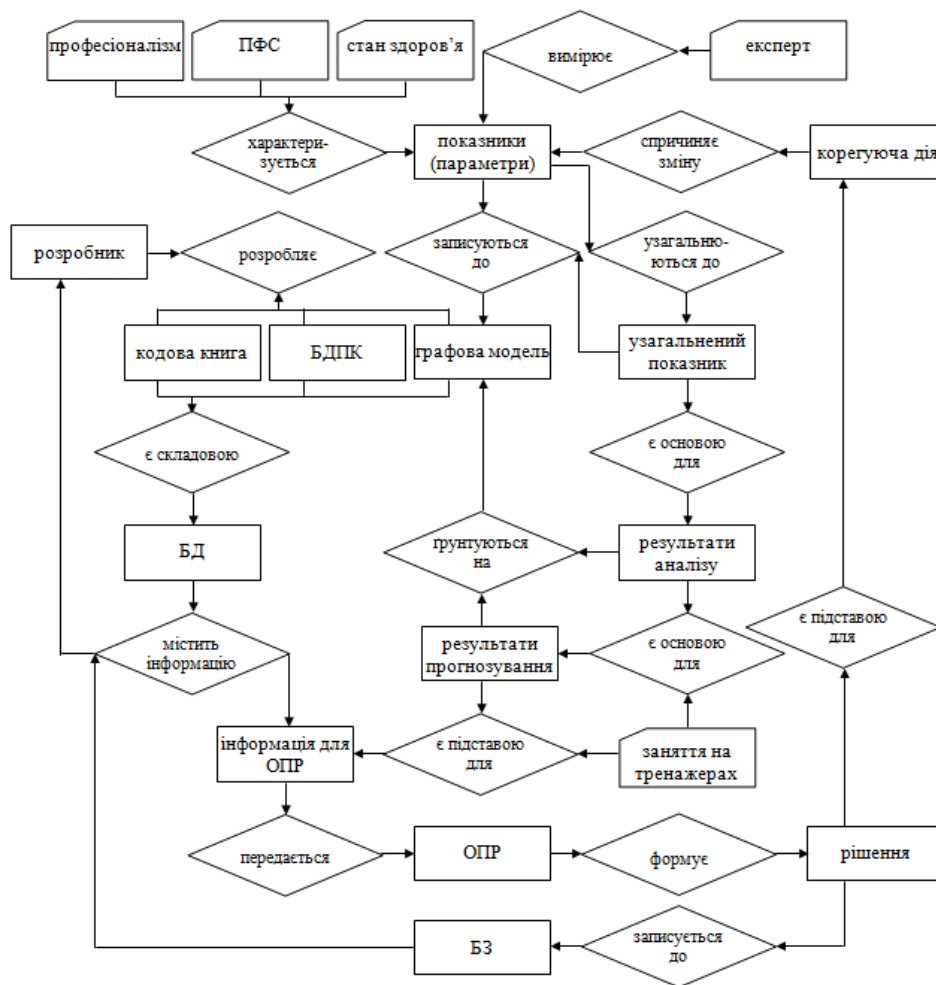


Рис. 4. Модель процесу ІППР ОПР, що записана в ER-нотації

На основі моделі рис. 4 розроблено метод ІППР, який включає вісім етапів:

Етап 1. Отримання показників (в тому числі, біометричних) від профільних експертів або шляхом сканування часових залежностей (мовних сигналів та електрокардіограм).

Етап 2. Формування масиву даних для визначення ФС і рівня знань (професіоналізму) авіадиспетчерів та проведення аутентифікації.

Множина показників ФС, які контролюються в процесі превентивного та оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів, формується на

основі показників стану здоров'я та психофізіологічних показників стану людини, наведених у нормативних документах ІКАО та «Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі».

Значення показників, отриманих у результаті проведення звітних заходів (вимірювань, попередньої обробки сигналів та параметризації в процесі розпізнавання образів тощо), запишемо як p_{ij} , де i – це номер відповідного заходу, а j – номер показника у сформованому масиві.

Тоді усі показники однієї особи, отримані під час одного заходу можна записати як вектор-стовбчик значень показників \overline{p}_{ij} :

$$\overline{p}_{ij} = \begin{pmatrix} p_{i1} \\ p_{i2} \\ \dots \\ p_{ik} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де k – кількість знятих показників.

Етап 3. Розробка бази даних (БД), до складу якої входить база даних перманентного контролю (БДПК).

Етап 4. Виявлення показників ФС, рівня професіоналізму, параметрів мовних сигналів тощо, які мають визначальний вплив на показники функціональності.

Етап 5. Знаходження узагальнених показників ФС та рівня професіоналізму, що включає визначення ваг, побудову графової моделі, розрахунок агрегованої оцінки (для деяких видів контролю) із застосуванням методу отримання агрегованої оцінки.

Для отримання узагальненого показника з урахуванням ваг кожному з показників ставиться у відповідність своя вага b_j :

$$\left(\begin{array}{c|c} p_{i1} & b_1 \\ \vdots & \vdots \\ p_{ik} & b_k \end{array} \right). \quad (2)$$

Тоді отримання узагальненого показника A_i можна записати так:

$$\left(\begin{array}{c|c} p_{i1} & b_1 \\ \vdots & \vdots \\ p_{ik} & b_k \end{array} \right) \rightarrow A_i, \quad (3)$$

де « \rightarrow » – операція узагальнення.

Етап 6. Підготовка та аналіз даних для прогнозування змінень ФС та рівня професіоналізму авіадиспетчерів.

Вектор-рядок даних, необхідних для розрахунку тенденцій змінень окремих або узагальнених показників, можна записати:

- для окремих показників:

$$\overline{p}_j = (p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nj}); \quad (4)$$

- для узагальнених показників:

$$\overline{A} = (A_1, A_2, \dots, A_n), \quad (5)$$

де n – кількість контрольних заходів.

Увесь масив показників людини, отриманий під час усіх заходів, запишемо у вигляді матриці показників P :

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1k} & \cdots & p_{nk} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

За допомогою вектора-стовбчика ваг \bar{b} та операції узагальнення « \rightarrow » матрицю показників P можна перетворити на вищенаведений вектор-рядок \bar{A} . Таким чином:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} p_{11} & \cdots & p_{n1} & b_1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ p_{1k} & \cdots & p_{nk} & b_k \end{array} \right) \rightarrow \bar{A} = (A_1, A_2, \dots, A_n). \quad (7)$$

Етап 7. Прогнозування змінень ФС та рівня професіоналізму авіадиспетчерів з використанням розробленої БДПК.

Етап 8. Формування пропозицій для ОПР (включає ранжування та класифікацію) за результатами прогнозування змінень ФС і рівня професіоналізму.

Наведені дії здійснюються (з різними особливостями застосування) при проведенні таких контрольних заходів (функціональна схема методу ІППР, яка відображає послідовність проведення контрольних заходів, що проводяться протягом виробничої діяльності авіадиспетчерів, наведена на рис. 5): прийом на роботу та періодичний контроль, за результатами яких виявляється здатність

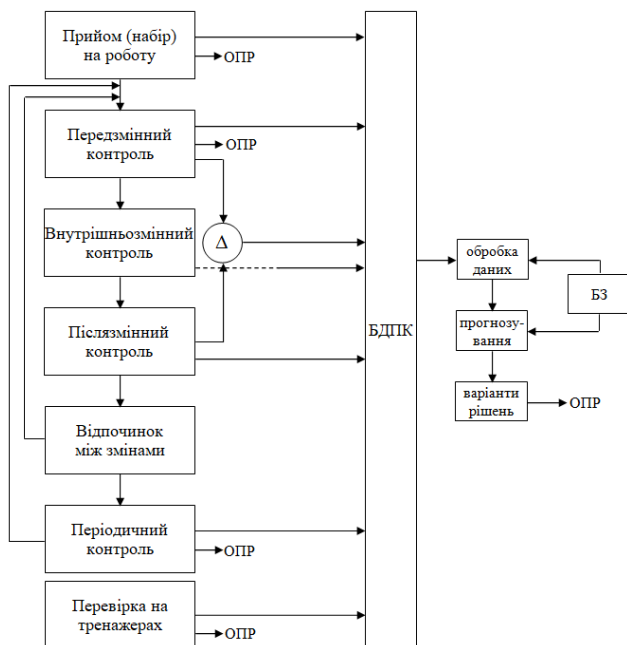


Рис. 5. Функціональна схема методу ІППР

особи виконувати функціональні обов'язки, передзмінний контроль, за результатами якого виявляється готовність авіадиспетчера виконувати функціональні обов'язки протягом робочої зміни, а також внутрішньозмінний та післязмінний контроль.

Застосування спеціально розробленої БДПК, відображеної на рис. 5, дає можливість проведення перманентного контролю ФС і рівня професіоналізму протягом усієї виробничої діяльності авіадиспетчерів, а також проведення аутентифікації та визначення емоційного стану авіадиспетчера при здійсненні внутрішньозмінного контролю.

Одним з основних етапів ІППР в процесі і превентивного, і оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів є прогнозування змінень їхнього функціонального (психофізіологічного) стану.

На різних стадіях контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів прогнозування змінень ФС здійснюється на основі виявлення та аналізу тенденцій змінення окремих та узагальнених показників (в тому числі, показників ПФС людини ПАРС й ІН) й аналізу ймовірності переходу авіадиспетчерів з одного стану до інших (з використанням результатів контролю показників їхнього ПФС під час занять на тренажерах).

Нижче представлена розроблена процедура прогнозування змінень ПФС під час проведення внутрішньозмінного контролю. Змінення ПФС авіадиспетчера під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів описано в рамках складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори», яка є втіленням однієї з сутностей моделі SHELL. Авіадиспетчер під час виконання функціональних обов'язків може перебувати у деякій кількості визначених станів. Під дією зовнішніх та внутрішніх факторів авіадиспетчер може переходити з початкового стану, що визначений під час перемінного контролю, в інші стани.

Припустимо, що всі потоки подій, що переводять систему з одного стану в інший, є пуасоновськими – тоді процес, що протікає в системі, буде марківським.

Процедура прогнозування змінень ПФС авіадиспетчерів протягом робочої зміни складається з чотирьох етапів:

Етап 1. Визначення можливих станів складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори».

Визначення можливих станів ПФС авіадиспетчерів і, як наслідок, станів складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори» покладається на експертів з психофізіології, які формують перелік станів у залежності від потреб ОПР. Стани мають бути взаємовиключними та охоплювати увесь спектр змінень ПФС людини під час робочої зміни. Сума ймовірностей знаходження авіадиспетчера у кожному з цих станів дорівнює одиниці: $\sum_{i=0}^n P_i(t) = 1$.

Етап 2. Розрахунок ймовірностей переходу системи зі стану в стан.

Розрахунок ймовірностей переходу складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори» зі стану в стан базується на даних, отриманих під час регулярних тематичних занять на тренажерах та звітних перевірок психологічного та психофізіологічного стану особи медичними комісіями. Регулярні заняття на тренажерах мають включати завдання на реакцію авіадиспетчера як на стресові ситуації, так і на великі масиви інформаційного навантаження. Після виникнення кожної змодельованої стресової ситуації має фіксуватися перехід особи в інший ПФС або відсутність такого переходу. Частота змінення стану на великій вибірці тренувань вважається ймовірністю переходу особи зі стану в стан. Даний висновок може бути скореговано на підставі проведеної медичною комісією перевірки психологічного та психофізіологічного стану особи.

Етап 3. Створення графових моделей системи.

В якості моделі складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори» пропонується графова модель, що описує систему через її можливі стани і переходи з одного стану в інший.

Позначимо через A_i деякий стан системи, а через $P_i(t)$ – ймовірність того, що в момент часу t система знаходиться в стані A_i ($i=0,1, 2, \dots n$).

Для будь-якого моменту часу t сума ймовірностей станів дорівнює одиниці (умова нормування), тобто $\sum_{i=0}^n P_i(t) = 1$. Це обумовлено тим, що події, які полягають в тому, що в момент часу t система знаходиться в станах A_1, A_2, \dots, A_n , є несумісними і утворюють повну групу подій.

Етап 4. Визначення ймовірності знаходження системи у заданому стані як функції часу.

Крок 1. Складання системи диференціальних рівнянь Колмогорова.

Ланцюг ймовірнісних подій змінення станів складної системи «авіадиспетчер – зовнішні та внутрішні фактори» являє собою марківський процес, який описується системою диференціальних рівнянь Колмогорова щодо ймовірностей $P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t)$. Завдання полягає в тому, щоб визначити ймовірності $P_0(t), P_1(t), \dots, P_n(t)$ знаходження системи в тому чи іншому стані як функції часу.

При складанні системи диференціальних рівнянь Колмогорова зручно скористатися розміченим графом станів і правилом Колмогорова.

Крок 2. Розв'язання системи диференціальних рівнянь Колмогорова.

Ймовірності знаходження об'єкта в тому чи іншому стані описуються диференціальними рівняннями Колмогорова:

$$\begin{aligned} \frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{12}P_1 + \lambda_{31}P_3; \\ \frac{dP_2}{dt} &= -(\lambda_{23} + \lambda_{24})P_2 + \lambda_{12}P_1; \\ \frac{dP_3}{dt} &= -\lambda_{32}P_3 + \lambda_{23}P_2 + \lambda_{43}P_4; \\ \frac{dP_4}{dt} &= -\lambda_{43}P_4 + \lambda_{24}P_2. \end{aligned} \quad (8)$$

Для розв'язання представленої системи диференціальних рівнянь слід зробити деякі зауваження:

1. Початкові умови можна представити у вигляді: при $t = 0$ $P_0 = 1, P_i = 0$.

2. Чисельний розв'язок системи диференціальних рівнянь Колмогорова можливий за умови достатньої інформації про ймовірність переходу λ_j і μ_j зі стану в стан.

Розв'язками наведеної системи диференціальних рівнянь є функції залежності ймовірності знаходження авіадиспетчера у стані A_k від часу: $P_k(t)$.

Для будь-якого t можна знайти основні характеристики випадкової величини: дисперсію D_k і середньоквадратичне відхилення σ_k . Щоб визначити ці характеристики, треба знати інтенсивності потоків подій, що переводять авіадиспетчера зі стану в стан. Оскільки інтенсивності λ_{ij} та μ_{ij} нам відомі, то дисперсія визначається так:

$$D_k(t) = P_k(t)(1 - P_k(t)). \quad (9)$$

Знаючи дисперсію D_k , можна знайти середньоквадратичне відхилення стану A_k :

$$\sigma_k(t) = \sqrt{D_k(t)}. \quad (10)$$

Знаючи середньоквадратичне відхилення й дисперсію стану, можна оцінювати і можливості різноманітних станів системи в цілому, наприклад, ймовірність знаходження авіадиспетчера в певному незадовільному стані.

У третьому розділі наведені моделі, функціональні схеми, процедура та метод, на основі яких проводиться превентивне управління функціональністю авіадиспетчерів, зокрема, модель і процедура превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів та модель і метод отримання агрегованої оцінки.

Функціональна схема превентивного управління ФС авіадиспетчерів наведена на рис. 6.

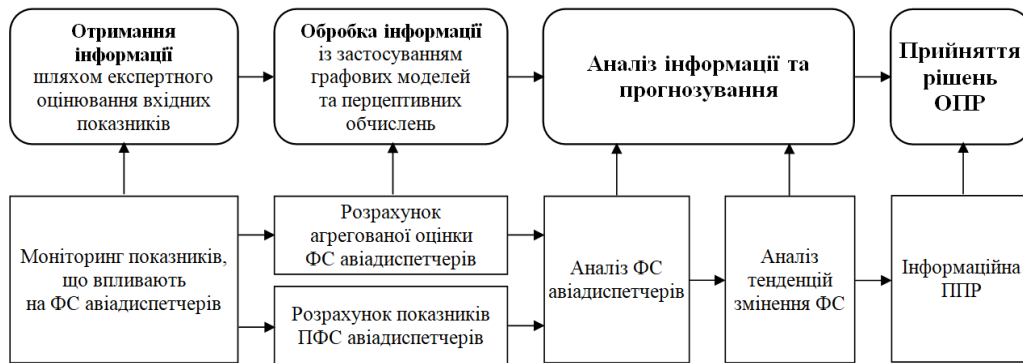


Рис. 6. Функціональна схема превентивного управління ФС авіадиспетчерів

Процедура превентивного управління ФС авіадиспетчерів включає п'ять етапів.

Етап 1. Отримання від експертів вихідної інформації про стан різних показників стану здоров'я авіадиспетчера, психофізіологічних показників тощо.

В процесі виконання етапу здійснюється моніторинг показників, що впливають на ФС (вхідних показників).

Етап 2. Обробка інформації.

В процесі виконання етапу здійснюється розрахунок узагальнених показників, що характеризують ФС (агрегованої оцінки ФС та показників ПФС).

На рис. 7 наведена функціональна схема процесу обробки інформації із застосуванням графової моделі. У відповідності до «Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі» Міністерства охорони здоров'я України, при прийомі на роботу осіб, робота яких пов'язана з нервово-емоційним напруженням (саме до цієї категорії відносяться авіадиспетчери) повинні перевірятися такі психофізіологічні показники: сенсомоторні реакції, увага, швидкість переключення уваги, пам'ять зорова та слухова, стійкість до впливу стресів, втому, здатність приймати рішення та дії в екстремальних умовах.

Етап 3. Аналіз інформації.

Аналіз узагальнених показників ФС (агрегованих показників, ПАРС та ІН) з метою виявлення негативних тенденцій їх змінення (з застосуванням БДПК).

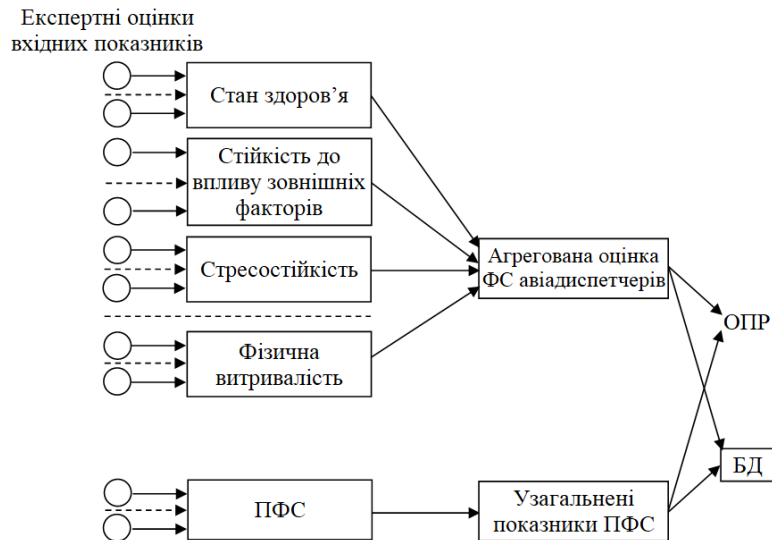


Рис. 7. Функціональна схема процесу обробки інформації

Етап 4. Прогнозування змінень ФС при дії зовнішніх та внутрішніх факторів.

Етап 5. Прийняття ОПР управлінських рішень по виконанню коригувальних дій.

Для отримання агрегованої оцінки показників ФС авіадиспетчерів розроблено метод, який складається з дев'яти етапів.

Етап 1. Отримання показників від профільних експертів.

При цьому експерти можуть оцінювати якість показників, що характеризують стан здоров'я, психологічний та фізичний стан авіадиспетчерів у вигляді чисельних значень, інтервалів або лінгвістичних змінних. При застосуванні розробленого методу здійснюється переведення значень показників до єдиного формату.

Етап 2. Узагальнення інформації, отриманої від кількох експертів по кожному з вхідних показників з використанням методів експертного аналізу.

Етап 3. Формування масиву даних для визначення ФС і рівня знань (професіоналізму) авіадиспетчерів.

На цьому етапі здійснюється групування (систематизація) даних по формату їх представлення експертами.

Етап 4. Кодування значень кожного з показників.

Подолати невизначеності опису предметної області, пов'язані з суб'єктивним людським мисленням, і отримати кількісну оцінку в форматі, зрозумілому для людини, дозволяє застосування нечітких множин.

В результаті виконання етапу одержуємо значення всіх вхідних змінних системи нечіткого виведення, тобто множини $V = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$. У загальному випадку кожне $a_i \in X_i$, де X_i – універсум лінгвістичної змінної β_i . Ці значення можуть бути отримані зовнішнім по відношенню до системи нечіткого виведення способом. Далі розглядається кожна з підумов вигляду " $\beta_i \in \alpha$ "

системи нечіткого виведення, де α' – деякий терм з відомою функцією приналежності $\mu(x)$. При цьому значення a_i використовується як аргумент, тим самим знаходиться кількісне значення $\beta_i' = \mu(a_i)$. Це значення і є результатом кодування підумови " $\beta_i \in \alpha$ ".

Етап 5. Розробка розрахункової моделі.

У відповідності до розробленого методу в якості моделі використовується графова модель (рис. 8).

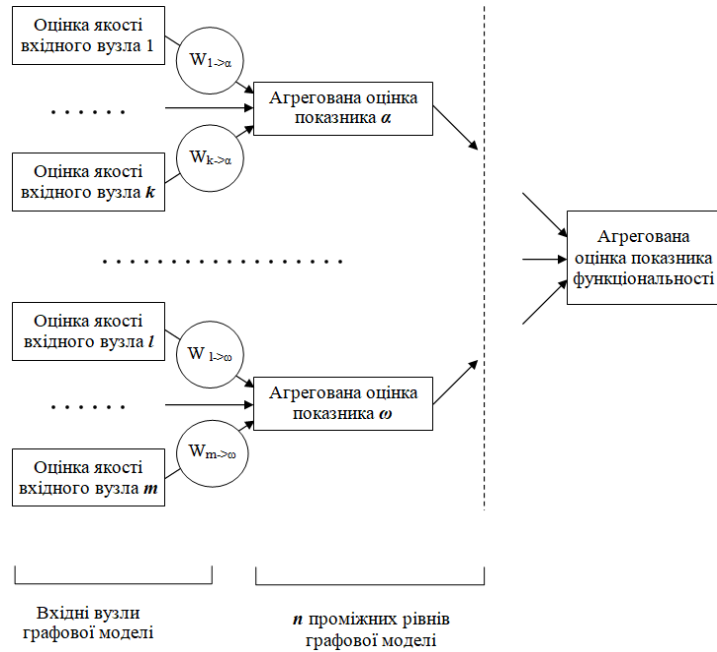


Рис. 8. Графова модель отримання агрегованої оцінки

Етап 6. Розрахунок ваги сполучних дуг для кожного вхідного вузла графової моделі.

Етап 7. Розрахунок проміжних агрегованих оцінок.

У випадку, коли вхідні вузли представляються лінгвістичними змінними, розрахунок проводиться з використанням перцептивних обчислень (перцептивного комп'ютера). Функціональна схема застосування перцептивних обчислень при проведенні оцінювання представлена на рис. 9.

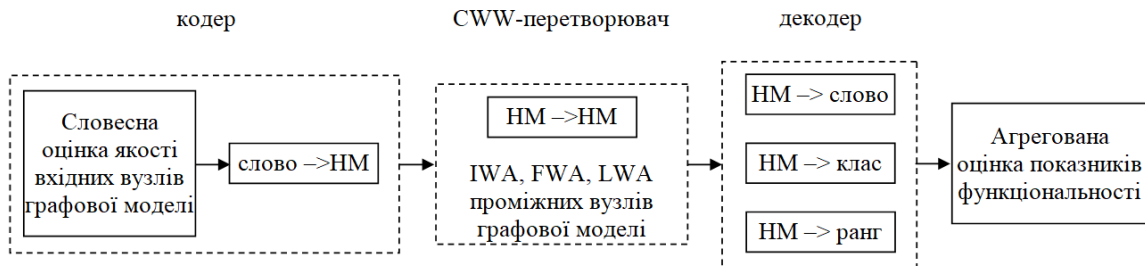


Рис. 9. Функціональна схема застосування перцептивних обчислень при проведенні оцінювання

На цьому етапі розрахунок агрегованих оцінок для певного рівня ієрархічної графової моделі здійснюється за правилом визначення зваженого середнього.

У разі подання показника і ваги сполучних дуг у вигляді інтервалів $[a_i, b_i]$ та $[c_i, d_i]$ ($i = 1, \dots, n$) розраховується інтервальне зважене середнє (IWA). Воно може бути записано як

$$y_{IWA} \equiv [y_l, y_r] = \frac{\sum_{i=1}^n X_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad (11)$$

Ліву та праву межі інтервалу (11) можна розрахувати за такими формулами:

$$y_l = \frac{\sum_{i=1}^L a_i d_i + \sum_{i=L+1}^n a_i c_i}{\sum_{i=1}^L d_i + \sum_{i=L+1}^n c_i}, \quad y_r = \frac{\sum_{i=1}^R b_i c_i + \sum_{i=R+1}^n b_i d_i}{\sum_{i=1}^R c_i + \sum_{i=R+1}^n d_i}, \quad (12)$$

де $L \in [1, n-1]$ і $R \in [1, n-1]$ – точки перемикання, які можуть бути знайдені, наприклад, з використанням вдосконалених алгоритмів Карника-Менделя.

Якщо критерії X_i та ваги сполучених дуг W_i моделюються з застосуванням нечітких множин типу 1, розраховуємо нечітке середньозважене значення FWA, яке може бути обчислено з використанням теореми розкладання α -cut, згідно з якою кожна нечітка множина A може бути предсталена як $A = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \alpha A$, де $\mu_{\alpha A}(x) = \alpha \cdot \mu_A(x)$, а $\alpha A = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha\} \in \alpha$ -cut A .

Обчислювати FWA пропонується у такій послідовності:

1. Для кожного $\alpha \in \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ обчислюються α -cuts X_i та W_i .
2. Для кожного $\alpha \in \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$ обчислюється ${}^\alpha Y_{FWA} = [{}^\alpha y_l, {}^\alpha y_r]$ як IWA відповідних α -cuts.
3. Для отримання Y_{FWA} сполучаються всі $({}^\alpha y_l, \alpha)$ та $({}^\alpha y_r, \alpha)$.

Етап 8. Декодування.

Розглядається кожна з вихідних лінгвістичних змінних $w_j \in W$ і нечітка множина, що відноситься до неї. Результат декодування для вихідної лінгвістичної змінної w_j визначається у вигляді кількісного значення $y_j \in R$. Етап декодування вважається закінченим, коли для кожної з вихідних лінгвістичних змінних будуть визначені підсумкові кількісні значення в формі деякого дійсного числа, тобто у вигляді y_1, y_2, \dots, y_s , де s – загальна кількість вихідних лінгвістичних змінних в базі правил системи нечіткого виведення.

Для виконання чисельних розрахунків на етапі декодування доцільно використовувати метод лівого модального значення. В такому випадку ліве модальне значення розраховується за формулою

$$y = \min(x_m), \quad (13)$$

де x_m – модальне значення (мода) нечіткої множини відповідної вихідної змінної після акумуляції. Іншими словами, значення вихідної змінної визначається як мода нечіткої множини для відповідної вихідної змінної або найменша з мод (найлівіша), якщо нечітка множина має кілька модальних значень.

У загальному випадку вихід перцептивного комп'ютера може бути представлений у вигляді одного з варіантів: слова, найбільш схожого на вихід

CWW-перетворювача, класу, до якого належить вихід CWW-перетворювача, рангу конкуруючих альтернатив або числа (тоді процес декодування стає процесом дефазифікації).

Етап 9. Отримання загальної агрегованої оцінки на основі LWA.

У **четвертому розділі** представлені моделі, методи та процедури, розроблені для ІППР ОПР протягом робочої зміни. Основними складовими ІППР є оперативне управління ПФС авіадиспетчерів та їх аутентифікація.

В основу управління ПФС покладено розподіл ПФС на два види:

1. Стани стомлення, сонливості, тривоги, зв'язані з роботою регуляторних систем організму людини, якими вона управляти не може. В якості показника цих станів пропонується використовувати стан ССС людини.

2. Емоційні стани, не зв'язані з роботою регуляторних систем організму людини; цими станами людина може управляти. Як показник ЕМС людини в процесі аналізу ЕМС авіадиспетчерів пропонується використовувати їх голос (параметри мовного сигналу, що сканується в процесі аудіообміну між авіадиспетчером та пілотом).

У розділі представлені:

- метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів протягом робочої зміни;

- метод підвищення якості контролю ПФС авіадиспетчерів;

- метод параметризації мовного сигналу.

Метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів протягом робочої зміни дозволяє здійснювати оперативне адаптивне управління ПФС авіадиспетчерів при випадкових зовнішніх впливах і неконтрольованих зміненнях їхньої працездатності та аутентифікацію авіадиспетчерів за голосом й райдужною оболонкою ока. Метод полягає у послідовному оцінюванні показників стану ССС та параметрів мовних сигналів, отриманих під час сеансів аудіозв'язку між авіадиспетчерами і пілотами, діагностуванні та прогнозуванні змінень ПФС авіадиспетчерів. За результатами аналізу та прогнозування ОПР приймає рішення відносно необхідності здійснення коригувальних заходів.

Оперативне управління ПФС авіадиспетчерів здійснюється у такій послідовності:

Етап 1. Оцінювання стану ССС з використанням портативного електрокардіографа.

Результатом етапу є розрахунок індексу напруженості Баєвського ІН, за значеннями якого фіксується стан ССС.

Етап 2. За значенням ІН Баєвського здійснюється діагностування ступеню стомлення авіадиспетчера.

Етап 3. Прогнозування змінень ступеню стомлення в процесі подальшого виконання авіадиспетчером функціональних обов'язків.

Етап 4. Прогнозування ймовірності знаходження авіадиспетчера в певному стані на основі результатів занять на тренажерах.

Етап 5. За результатами прогнозування на етапах 3 та 4 ОПР приймає рішення відносно необхідності прийняття коригуючих заходів.

Етап 6. Моніторинг ПФС авіадиспетчера за голосом з метою визначення його ЕмС та уточнення ступеня стомлення.

Етап полягає в скануванні мовних сигналів, які промовляє авіадиспетчер під час сеансу аудіозв'язку з пілотами повітряних суден.

Етап 7. Аналіз змінень параметрів мовних сигналів, отриманих на етапі 6, та діагностування за його результатами ЕмС та ступеню стомлення авіадиспетчера.

Етап 8. За результатами діагностування ЕмС та ступеню стомлення ОПР приймає рішення відносно необхідності прийняття коригуючих заходів.

Етап 9. Чергове оцінювання стану ССС (ступеня стомлення) авіадиспетчера. Повернення до етапу 1.

На рис.10 представлені функціональна схема процесу оперативного управління ФС авіадиспетчерів (рис. 10,а) і графік, що пояснює роботу СППоР (рис. 10,б). До складу СППоР входять блоки, які здійснюють обробку параметрів, що характеризують ступінь стомлення авіадиспетчера і його ЕмС, база даних БД, база знань БЗ та аналізатор, функцією якого є виявлення тенденцій змінень ступеню стомленості та ЕмС авіадиспетчера.

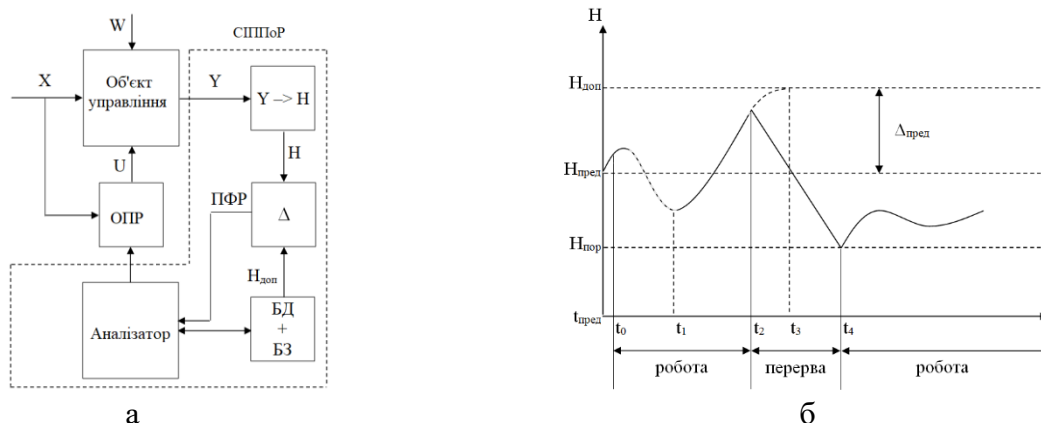


Рис. 10. Функціональна схема процесу оперативного управління ФС авіадиспетчерів (а) і графік, що пояснює роботу СППоР (б)

Основними елементами функціональної схеми є об'єкт управління (авіадиспетчер) та ОПР, що керує роботою авіадиспетчера через керуючі впливи U . Авіадиспетчер, що є об'єктом управління, протягом робочої зміни піддається впливу регулярних інформаційних та фізичних навантажень (вхідних впливів X , які можуть бути позначені своїми кількісними параметрами), а також випадковим неконтрольованим впливам (стресовим навантаженням тощо) W . Під дією зазначених навантажень авіадиспетчер може перебувати в одному з регламентованих станів («норма», станах різного ступеня стомлення, сонливості, тривоги, певному ЕмС). Вихідними даними об'єкта управління Y є параметри, що характеризують ПФС авіадиспетчера протягом робочої зміни.

Наявність змінень внутрішнього ПФС авіадиспетчера обумовлює актуальність розробки моделі оперативного управління його функціональністю, яка враховує ці змінення. Розроблена модель представлена кортежем M та має вигляд:

$$\begin{aligned} M &= \{X, A_x, Y, B_y, S, T, \alpha, \beta\}; \\ Y &= f(X, U, W), \end{aligned} \quad (14)$$

де X – множина значень вхідних параметрів; A_x – простір функцій, що описують вхідні впливи; Y – множина значень вихідних параметрів; B_y – простір функцій, що описують змінення в часі значень вихідних параметрів, S – множина значень змінних параметрів, що характеризують ФС людини, T – впорядкована множина моментів часу, α – функція, що характеризує залежність елементів множини станів людини від вхідних параметрів (інформаційного та фізичного навантажень) і вихідних даних, отриманих під час передзмінного медичного та психофізіологічного контролю авіадиспетчерів; β – вихідна функція, яка характеризує залежність елементів множини Y від значень вхідних параметрів і внутрішнього стану людини; U та W – параметри, що характеризують відповідно керуючу дію ОПР та вплив зовнішніх факторів на авіадиспетчера.

Як і при проведенні передзмінного психофізіологічного контролю, пропонується в якості вихідних параметрів $y(t)$ протягом робочої зміни використовувати характеристики (параметри) стану ССС. На основі цих характеристик визначається узагальнений показник H , що розраховується в індексах напруженості Баєвського ІН.

Значення $h(t)$ порівнюються з прийнятними (допустимими) значеннями, які регламентуються нормативними документами для різних умов роботи авіадиспетчерів, розраховуються для кожного авіадиспетчера індивідуально і представляються у базі даних. Відхилення значень параметрів $h(t)$ від допустимих значень розглядається як критерій працездатності, який дозволяє оцінити можливості особи виконувати професійні обов'язки. В якості такого критерію пропонується, так само, як і на попередніх етапах контролю, використовувати показник «психофізіологічний ресурс (ПФР)».

Завданням ОПР є підтримання необхідного для успішного виконання професійних обов'язків рівня працездатності людини, тобто такого функціонального (психофізіологічного) стану, щоб вона була здатна виконувати професійні обов'язки. В процесі управління ОПР використовують інформацію з бази знань. Рішення проблеми ефективного управління працездатністю людини як об'єкта управління з боку ОПР знаходиться в області управління її станом і полягає в підвищенні якості керуючих впливів U .

Під час передзмінного контролю визначається значення $H_{пред}$, яке, природно, не повинно перевищувати встановленого допустимого значення. В іншому випадку лікар, який здійснює передзмінний контроль, фіксує неготовність авіадиспетчера виконувати функціональні обов'язки. Різниця між значенням $H_{пред}$ і допустимим значенням $H_{дон}$ розглядається як ПФР авіадиспетчера $\Delta_{пред}$ на момент початку зміни.

Починаючи з моменту виконання авіадиспетчером функціональних обов'язків t_0 , СІППоР відстежує змінення ПФР до тих пір, поки система не зафіксує наявність постійного – протягом встановленого проміжку часу – зниження ПФР. Якщо процес зниження ПФР триває (на рис.10,б це проміжок часу від моменту часу t_1 до моменту часу t_2), СІППоР, після досягнення встановленого значення ПФР, подає сигнал ОПР про доцільність відсторонення авіадиспетчера від роботи для відпочинку. Якщо процес зниження ПФР не зупинити, то в момент часу t_3 ПФР досягне (згідно з прогнозом) значення $H_{дон}$.

Передбачається, що за час відпочинку значення ПФР буде підвищуватися і в якийсь момент часу t_4 досягне граничного значення $H_{нор}$, що дасть підставу ОПР знову допустити авіадиспетчера до виконання функціональних обов'язків.

Підвищити якість внутрішньозмінного контролю стану стомлення та ЕмС авіадиспетчерів пропонується на основі застосування метода підвищення якості контролю ПФС авіадиспетчерів, що базується на аналізі мовних сигналів, отриманих під час аудіозв'язку авіадиспетчера з пілотами повітряних суден.

Внутрішньозмінний голосовий контроль за діями авіадиспетчерів (визначення ПФС та аутентифікацію) пропонується, у відповідності до теорії розпізнавання образів, проводити у такій послідовності:

Етап 1. Сканування та дискретизація мовного сигналу.

Етап 2. Попередній («швидкий») контроль ПФС авіадиспетчера.

Етап 3. Попередня обробка мовного сигналу.

Задача дій на цьому етапі полягає в одержанні мовних фрагментів, серед яких будуть виявлені «ключові» мовні фрагменти, за параметрами яких в подальшому будуть проводитися визначення ПФС та аутентифікація.

Попередню обробку мовного сигналу пропонується проводити в такій послідовності: сегментація мовного сигналу на мовні фрагменти – «посилення» високих частот – накладення віконної функції – нормалізація за часом – шумоочищення отриманого сигналу.

Крок 1. Сегментація мовного сигналу на мовні фрагменти.

Сегментацію пропонується проводити з застосуванням вейвлет-перетворювань на основі виявлення міжфонемних меж, на яких сигнал зазнає значних змінень одночасно на багатьох масштабах дослідження і, відповідно, характеризується зростанням вейвлет-коефіцієнтів для багатьох рівнів деталізації (на стаціонарних ділянках фонем вейвлет-коефіцієнти виявляються згрупованими поблизу певних масштабів).

Істотним є вибір вейвлетного базису, який повинен дозволяти описувати стаціонарний мовний сигнал з порівняно малим числом ненульових коефіцієнтів. Доцільно для вирішення поставленого завдання в якості вейвлет-базису використовувати вейвлети Хаара-5 або Добеши-6.

Крок 2. «Посилення» високих частот мовних фрагментів.

Необхідність «посилення» високих частот обумовлена необхідністю вирівняти спектр мовних фрагментів у зв'язку з тим, що вокалізовані ділянки мови характеризуються спектром, що різко спадає.

Крок 3. Модуль накладання віконної функції.

Віконна функція вибиралася, виходячи з динамічного діапазону сигналу, так, щоб рівень бічних пелюсток спектра віконної функції був менше динамічного діапазону сигналу.

Рівні бічних пелюсток вікон Ханна і Хемминга дорівнюють -31,5 дБ та -42 дБ відповідно. Обидва варіанти є задовільними і дають приблизно однакові результати. У підсумку перевага була віддана вікну Ханна, тому що воно має дещо більшу роздільну здатність:

$$\omega(n) = 0.5 \left(1 - \cos \left(2\pi \frac{n}{N} \right) \right), \quad 0 \leq n \leq N, \quad (15)$$

де n – номер відліку, N – загальна кількість відліків.

Крок 4. Нормалізація мовних фрагментів за часом.

Нестабільність темпу мови авіадиспетчера, викликана впливом таких факторів, як інтонація, акцент та ін., породжує відмінності за тривалістю реалізацій мовних сигналів, а також їх окремих складових. Для коректного зіставлення мовних образів необхідно проводити їх вирівнювання по часу проголошення (довжині).

Для нормалізації мовних сигналів за часом пропонується застосовувати метод DTW.

Крок 5. Шумоочищення мовних фрагментів.

Шумоочищення, як і сегментацію мовного сигналу на мовні фрагменти, пропонується проводити із застосуванням вейвлетів, що дає можливість уніфікувати роботу модулів СІППоР.

Етап 4. Виявлення «ключових» мовних фрагментів.

Основною задачею етапу є пошук – на основі розпізнавання мовних фрагментів – та вилучення «ключових» фрагментів з мовних фрагментів, отриманих в результаті сегментації неперервної мови на етапі попередньої обробки сигналів.

Етап 4 складається з двох підетапів, на яких виявлення «ключових» мовних фрагментів здійснюється на основі пофонемного (підетап 4.1) та короткочасного (підетап 4.2) аналізу.

За виявленими «ключовими» мовними фрагментами на наступних етапах проводяться визначення ПФС авіадиспетчерів (на етапі 5) та розпізнавання (аутифікація) контрольованих осіб (на етапі 6).

Особливістю аналізу є проведення класифікації мовних фрагментів та контрольованих осіб на етапах 4.2 та 6 з застосуванням ШНМ, що дозволило в значній мірі уніфікувати СІППоР. Обидві ШНМ мають практично однакову топологію і архітектуру (зокрема, в обох підсистемах як ШНМ застосовані багат шарові перцептрони з одним прихованим шаром).

Етап 5. Визначення ПФС авіадиспетчерів.

Визначати ПФС пропонується за «ключовими» мовними фрагментами, виділеними підсистемою виявлення «ключових» мовних фрагментів.

В процесі виконання етапу сигнал проходить три основних підетапа – параметризацію, класифікацію та прийняття рішення.

Етап 6. Розпізнавання (аутифікація) осіб, що контролюються.

Як і визначення ПФС розпізнавання осіб здійснюється за «ключовими» мовними фрагментами. Основними підетапами цього етапу також є параметризація, класифікація мовного сигналу та прийняття рішення.

В процесі дисертаційного дослідження було розроблено метод параметризації мовного сигналу. В якості параметрів мовних сигналів при параметризації пропонується використовувати амплітуди спектральних складових, отриманих в результаті обробки нових сигналів, складених з пофреймово визначених ККЛП.

Метод параметризації мовного сигналу включає п'ять етапів.

Етап 1. Розбиття «ключового» мовного фрагменту на фрейми.

Сегментація (розбиття) «ключових» мовних фрагментів на фрейми при малій тривалості фрейму (20...40 мс) дає можливість розглядати мовний сигнал на кожному фреймі як однорідну функцію, що необхідно для отримання хорошої спектральної картини. Довжина фрейма в значній мірі визначається частотою дискретизації. На основі результатів проведеного аналізу довжина фреймів вибиралася рівною 240 відлікам при кроці, рівному 160 відлікам, та частоті дискретизації 12 кГц.

Етап 2. Розрахунок коефіцієнтів лінійного передбачення (КЛП) на кожному фреймі.

КЛП розраховуються таким чином, щоб помилка в сенсі найменших квадратів була мінімальна для заданого порядку передбачення p .

Етап 3. Розрахунок кепстральних коефіцієнтів на кожному фреймі.

На кожному фреймі розраховуються кепстральні коефіцієнти. Розрахунок проводиться на основі КЛП, тому в результаті розрахунку одержуємо так звані кепстральні коефіцієнти лінійного передбачення (ККЛП).

Визначення ККЛП за КЛП проводимо за формулою:

$$c(n) = \begin{cases} 0, n < 0 \\ \log_e(A), n = 0 \\ a_n + \sum_{k=1}^{n-1} \left(\frac{k}{n}\right) c(k) a_{n-k}, 0 < n < p \\ \sum_{k=n-p}^{n-1} \left(\frac{k}{n}\right) c(k) a_{n-k}, n > p \end{cases}, \quad (16)$$

де a_i – коефіцієнти лінійного передбачення, $c(i)$ – кепстральні коефіцієнти, p – порядок лінійного передбачення, n – номер кепстрального коефіцієнта, A – помилка лінійного передбачення.

Наведена формула рекурсивна, що дозволяє згенерувати бажане число коефіцієнтів для параметризації. Їх якість безпосередньо залежить від кількості КЛП. В результаті досліджень було виявлено, що інформативними для проведення аутентифікації є перші 12-20 кепстральних коефіцієнтів.

Кількісними показниками якості параметризації можуть служити коефіцієнти кореляції кепстральних коефіцієнтів відповідних фреймів мовних фрагментів, сказаних одним диктором.

Етап 4. Формування масиву нових сигналів.

Нова система параметрів побудована на основі комплексного розгляду модулів параметризації і класифікації в разі побудови модуля класифікації на основі штучних нейронних мереж (ШНМ). Застосування розробленої системи параметрів дозволило підвищити об'єктивність проведення класифікації, значно скоротити розміри векторів параметрів.

Масив нових сигналів формується так: перший сигнал являє собою залежність від номера фрейма послідовно розташованих на відстані, що дорівнює довжині фрейму, значень перших ККЛП, другий сигнал – відповідно значень других ККЛП тощо. Пофреймово одержані ККЛП записуються у вигляді матриці C_{nm} , де c_{ij} – j -ий ККЛП i -го фрейму, n – кількість фреймів, m – кількість ККЛП в кожному фреймі. Далі необхідно транспонувати матрицю C_{nm} . Тоді кожний стовпчик матриці C_{nm}^T буде новим сигналом, що складається з ККЛП. У результаті матриця кепстральних коефіцієнтів C_{nm} перетворюється в одновимірний вектор (рис. 11).

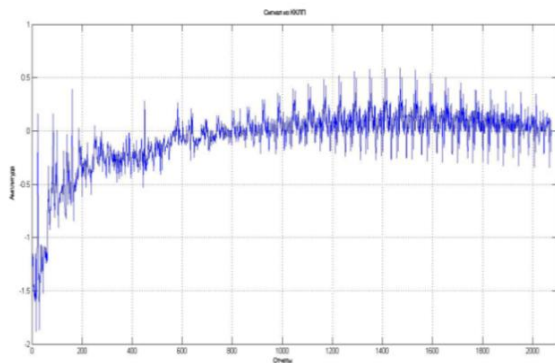


Рис. 11. Сигнал, складений з ККЛП (по осі абсцис – відліки нового сигналу, по осі ординат – амплітуда сигналу)

інформативною є низькочастотна частина (сторона) спектрограми. Найбільше ж інформативним, як показало тестування, є перший стовпчик спектрограми (він відповідає частоті, значенням якої є величина, зворотна тривалості вихідного мовного сигналу). Тому в якості параметрів мовних сигналів при проведенні аутентифікації (параметризації «ключових» мовних сигналів) пропонується вибирати амплітуди складових, що відповідають першому стовпчику спектрограм.

У п'ятому розділі представлені:

- ІТ забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР, яка є основою побудови систем інформаційної підтримки прийняття рішень (СІПР);
- архітектурні та програмні засоби, які забезпечили можливість впровадження розроблених моделей, методів та ІТ;
- структура БД і фреймова модель БЗ;

Етап 5. Визначення параметрів мовного фрагменту.

До кожного з нових сигналів застосовується швидке перетворення Фур'є.

Результатом виконання етапа є спектрограма, що являє собою залежність амплітуди спектральних складових від частоти і номера ККЛП.

Спектрограма має велику розмірність, але не всі її частини є однаково інформативними. Більш

- методики проведення контролю показників ФС авіадиспетчерів, проведення занять на тренажерах і професійного добору, застосування яких дозволило на практиці реалізувати результати досліджень;

- результати практичної реалізації розроблених методів контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів, які стали основою для побудови інформаційної системи (СІППР), призначеної для забезпечення ІППР ОПР з управління функціональністю авіадиспетчерів.

Розроблено структуру та елементний базис СІППР, яка є зручним інструментом реалізації запропонованих моделей і методів, що дозволило скоротити час на розробку логіки інтерфейсу, логіки додатків та логіки доступу до серверу БЗ. Структурна схема розробленої СІППР представлена на рис. 12.

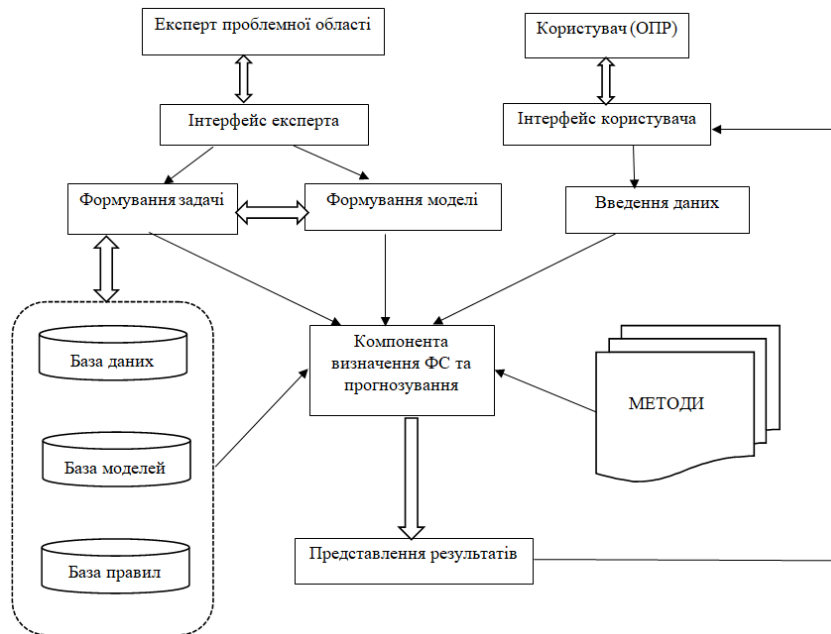


Рис. 12. Структурна схема СІППР

Архітектура СІППР наведена на рис. 13.

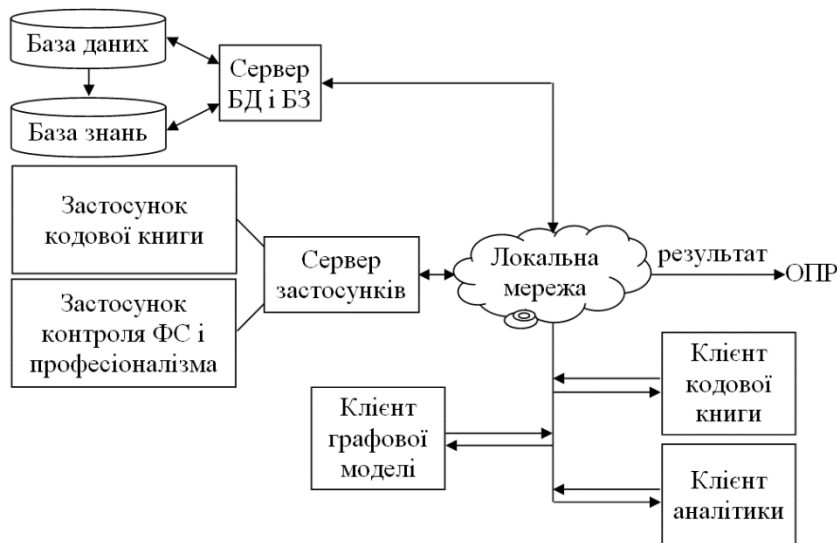


Рис. 13. Архітектура запропонованої ІС для управління ФС авіадиспетчерів (СІППР)

ІС має клієнт-серверну архітектуру з такими елементами: три тонких клієнти, що надають доступ певним типам користувачів цієї ІС до сервера застосунків (прикладних програм); сервер застосунків (прикладних програм), на якому (серед інших) розміщені два застосунки (прикладні програми), які мають вирішальне значення для розв'язання завдань, що стоять перед клієнтами; база даних, в якій зберігаються всі дані, що описують параметри відповідної моделі, а також результати всіх виконаних розрахунків; сервер бази знань для полегшення роботи бази даних та локальна мережа, через яку обмінюються всі дані. БЗ створюється на основі розроблених методів контролю показників й управління ФС авіадиспетчерів.

БД включає такі складові: БД, розроблені для застосування методів, і БДПК.

Для підвищення ефективності контролю за зміненням ПФС (ступеня стомлення та ЕмС) авіадиспетчерів, що здійснюється ОПР, в процесі оперативного управління розроблена СППоР, яка подає сигнал в одному з двох випадків: авіадиспетчер знаходиться в неналежному ПФС (значне стомлення, сонливість, збуджений або, навпаки, депресивний ЕмС) та на певному робочому місці знаходиться не та людина, яка має там перебувати (порушення виявляється в процесі аутентифікації контрольованої особи).

Узагальнена структурна схема розробленої СППоР наведена на рис. 14.

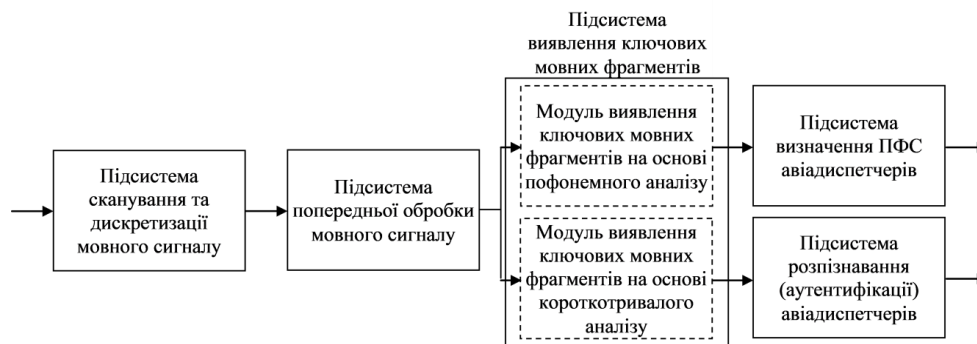


Рис. 14. Узагальнена структурна схема СППоР

Також у розділі наведені приклади роботи програмного продукту, який реалізує вищенаведені методи і моделі превентивного та оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів та результати експериментальних досліджень в області визначення психофізіологічного (емоційного) стану людини.

У додатках представлені приклади розрахунків, проведених за розробленими методиками для конкретних вхідних даних, та фрагменти програмного коду реалізованих підсистем СППР.

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень було розроблено методологічні основи здійснення контролю показників та управління ФС і рівнем професіоналізму авіадиспетчерів з метою зниження впливу людського фактора на БП. При цьому основними результатами досліджень є такі:

1. В результаті проведеного аналізу нормативних документів ІКАО та літературних джерел було встановлено, що недоліки існуючого стану БП спричинені недостатньою увагою до проявів ЛФ. Аналіз показав, що знизити вплив ЛФ на БП можна за рахунок підвищення якості контролю й управління ФС і рівнем професіоналізму авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності з боку осіб, що приймають управлінські рішення щодо здатності та готовності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки. Аналіз сучасних розробок методичного та інформаційного забезпечення контролю показників й управління ФС авіадиспетчерів в умовах невизначеності впливу на ФС зовнішніх та внутрішніх небезпечних факторів показав, що ефективним напрямком досліджень і розробок в галузі ІППР ОПР, є застосування методів вербального експертного оцінювання показників з використанням лінгвістичних змінних, перцептивних обчислень та вдосконалення методик проведення контролю психофізіологічного стану людини.

2. Розроблено концепцію забезпечення ІППР ОПР в умовах невизначеності впливу зовнішніх та внутрішніх факторів на функціональність авіадиспетчерів, яка на основі створення єдиного інформаційного простору показників функціональності, а також проведення перманентного контролю ФС та рівня професіоналізму авіадиспетчерів дозволила проводити контроль показників та управляти функціональністю авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності та забезпечити проведення ОПР ефективних коригувальних заходів на якомога більш ранніх стадіях виробничої діяльності авіадиспетчерів.

3. 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, 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, що дає можливість підвищити обґрунтованість прийняття ОПР управлінських рішень і на більш ранніх стадіях виробничої діяльності авіадиспетчерів виявити осіб, які мають недостатній фізіологічний та/або психологічний ресурс і потребують проведення з ними коригувальних заходів.

4. Розроблено процедуру превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів, яка включає послідовно проведені моніторинг показників та факторів, що впливають на ФС і рівень професіоналізму, розрахунок узагальнених показників ФС і рівня професіоналізму з використанням розробленого методу отримання агрегованої оцінки, аналізу ФС і рівня професіоналізму та прогнозування їх змінень з використанням розроблених моделі превентивного управління функціональністю авіадиспетчерів та бази даних перманентного контролю. Застосування розробленої процедури дозволяє

виявити осіб, які мають недостатній фізіологічний та/або психологічний ресурс та рівень знань, для запобігання потрапляння їх на робочі місця.

5. Розроблено модель отримання агрегованої оцінки ФС і рівня професіоналізму, яка на основі застосування графових моделей, перцептивних обчислень, дозволила отримати узагальнену оцінку ФС і рівня професіоналізму для здійснення превентивного управління ФС і рівнем професіоналізму авіадиспетчерів.

6. Розроблено метод отримання агрегованої оцінки ФС і рівня професіоналізму, який, з застосуванням графових моделей, перцептивних обчислень, дозволив отримати узагальнену оцінку ФС і рівня професіоналізму авіадиспетчерів для здійснення превентивного управління ФС і рівнем професіоналізму авіадиспетчерів.

7. Розроблено процедуру прогнозування ФС авіадиспетчерів на стадії превентивного управління, яка дозволила своєчасно виявляти негативні тенденції змінення показників ФС і, таким чином, дала можливість на більш ранніх стадіях виробничої діяльності виявити осіб, які втратили здатність виконувати функціональні обов'язки.

8. Розроблено модель та метод оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів, які на основі забезпечення ПППР дозволили підвищити якість внутрішньозмінного контролю показників ФС та оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів протягом робочої зміни при випадкових зовнішніх впливах і зміненнях працездатності авіадиспетчерів.

9. Удосконалено процедуру прогнозування змінень ПФС авіадиспетчерів протягом робочої зміни, яка на основі застосування апарату марківських ланцюгів і диференціальних рівнянь Колмогорова дозволила попереджати перехід особи до небажаного функціонального стану.

10. Розроблено метод підвищення якості контролю ПФС авіадиспетчерів на стадії оперативного управління функціональністю авіадиспетчерів, який на основі застосування розробленої системи параметрів мовних сигналів та обґрунтованого вибору їх значень дозволив підвищити швидкодію СППОР ОПР при забезпеченні відсотка правильної аутентифікації і визначення ФС вище 98% і дав можливість проводити внутрішньозмінний голосовий контроль ЕМС авіадиспетчерів і контроль їхнього доступу до інформаційних ресурсів в режимі реального часу.

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

12. З використанням розроблених моделей і методів контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів на різних стадіях їхньої виробничої діяльності розроблено інформаційну технологію забезпечення інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР, яка є основою побудови СППР.

13. Запропоновані архітектурні та програмні засоби, які забезпечили можливість впровадження розроблених моделей, методів та ІТ і стали основою для побудови підсистем інформаційної системи, призначеної для забезпечення ІППР ОПР з управління функціональністю авіадиспетчерів.

14. Розроблено методики проведення контролю показників ФС авіадиспетчерів, проведення занять на тренажерах і професійного добору, застосування яких дозволило на практиці реалізувати результати досліджень.

15. Проведені експериментальні комп'ютерні й імітаційні дослідження підтвердили адекватність розроблених моделей та достовірність результатів, наведених у дисертаційній роботі.

16. Зазначені результати впроваджені в діяльність міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни), Головного центру спеціального контролю Національного космічного агентства України, Національного авіаційного університету та Київського національного університету будівництва і архітектури.

При виконанні дисертаційних досліджень особлива увага була приділена розробці нових методів та інформаційної технології контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів, застосування яких дає можливість з науково-теоретичної та інформаційно-технологічної сторін підійти до вирішення задачі зниження впливу людського фактора на БП.

За результатами роботи проведені експериментальні моделювання і апробація розроблених методів на практичних задачах.

Достовірність результатів та висновків забезпечується коректним використанням у дисертаційній роботі сучасних теорій обчислювального інтелекту, прийняття рішень, експертного аналізу, перцептивних обчислень, графів, розпізнавання образів, інформаційних систем і доведеними математичними твердженнями та результатами практичного застосування.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Tavrov D., Temnikova O., Temnikov V. Perceptual Computing Based Method for Assessing Functional State of Aviation Enterprise Employees // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Volume 836 (Recent Developments in Data Science and Intelligent Analysis of Information). – Springer, 2019. – P.61-70 (Scopus)

2. Temnikov V., Pavlenko P., Temnikov A., Temnikova O. The Methodology of Increasing the Functional Safety of Aviation Enterprises // *14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, TCSET 2018 – Proceedings*. – P.187-191 (Scopus)

3. Pavlenko P., Tavrov D., Temnikov V., Zavgorodniy S., Temnikov A. The Method of Expert Evaluation of Airports Aviation Security Using Perceptual Calculations // *Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT 2018)*. – P.432-436 (Scopus)

4. Tavrov D., Temnikova O., Temnikov V., Kozlovskyi V., Temnikov A. *Architecture of Computing With Words Based Information Technology for Proactive*

Aviation Security Control // Proceedings of 2018 IEEE First International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC). – IEEE Catalog Number: CFP18SUA-CDR ISBN: 978-1-5386-7195-5. – P.72-79 (Scopus)

5. Temnikov V., Kozlovskiy V., Temnikov A., Tavrov D., Temnikova O. Methods for Improving the Quality of the Functional State Control of Aviation Enterprises Employees // 2018 International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PIC S&T'2018). Conference Proceedings – IEEE Catalog Number: CFP18PIA-PRT ISBN: 978-1-5386-6609-8. – P.145-152 (Scopus)

6. Temnikov V.A., Temnikova E.L. Methods and models for increasing the level of aviation security of airports // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – 2018. – Issue 157. – VI(17). – P.70-73

7. Темников В.А. Моделирование процесса управления уровнем авиационной безопасности аэропортов // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – 2017. – Issue 148. – V(16). – P.41-43

8. Temnikov V.A., Peteichuk A.V. The concept of construction an automatic system for ATC emotional condition monitoring // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – 2015. – Issue 54. – III(6). – P.52-54

9. Temnikov V.A., Peteichuk A.V. The efficiency improvement of the permanent voice control over the ATC actions // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – 2015. – Issue 73. – III(8). – P.82-84

10. Темников В.А. Метод повышения эффективности работы системы поддержки принятия решений по управлению информационной безопасностью авиатранспортных предприятий // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип.6(46). – С.206-209

11. Темников В.А. Информационная технология построения систем поддержки принятия оперативных решений в диспетчерских службах аэропортов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип.5(45). – С.108-110

12. Темніков В.О. Принципи побудови систем прийняття рішень в процесі управління інформаційною безпекою // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип.4(44). – С.119-121

13. Темніков В.О., Петейчук О.В. Система голосового розпізнавання операторів при використанні встановленої фразеології // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2011. – №4(53). – С. 201-204

14. Подгорный Е.И., Рябова Л.В., Темников В.А. Способ повышения быстродействия системы контроля доступа по радужной оболочке глаза // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Науково-технічний збірник. – 2014. – №2(28). – С.88-92

15. Темников В.А., Темникова Е.Л. Концепции построения голосовых систем контроля доступа к информационным ресурсам для различных условий применения // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи

захисту інформації в Україні. Науково-технічний збірник. – 2015. – №1(29). – С.102-107

16. Темников В.А., Конфорович И.В., Темникова Е.Л. Построение голосовой системы аутентификации диспетчеров с повышенными быстродействием и достоверностью работы // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Науково-технічний збірник. – 2015. – №2(30). – С.63-67

17. Темников В.А., Темникова Е.Л. Концепции построения голосовых систем контроля доступа к информационным ресурсам для различных условий применения // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. Науково-технічний збірник. – Київ. – 2015. – №1(29). – С.102-107

18. Темников В.А., Темникова Е.Л. Метод экспертного оценивания функционального состояния кандидатов на занятие вакантных должностей // Вісник Інженерної Академії України. – 2018. – №2. – С.259-262

19. Темников В.А., Темникова Е.Л., Темников А.В. Адаптивное управление психофизиологическим состоянием авиадиспетчеров в течение рабочей смены // Вісник Інженерної Академії України. – 2018. – №3. – С.126-129

20. Темніков В.О., Темнікова О.Л. Підвищення ефективності контролю функціонального стану співробітників служб авіапідприємств // Вісник Інженерної Академії України. – 2018. – №4. – С.13-16

21. Темников В.А., Конфорович И.В., Петейчук А.В. Контроль доступа авиадиспетчеров к информационным ресурсам по голосу // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – №15(204). – Ч.1. – С.199-203

22. Темников В.А., Темникова Е.Л., Конфорович И.В. Выбор параметров системы аутентификации человека по голосу // Інформаційна безпека. – 2012. – №2(8). – С.151-157

23. Темников В.А. Принципы проведения автоматического внутрисменного контроля доступа операторов к ресурсам информационных систем // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №8(179). – Ч.1. – С.184-190

24. Темников В.А., Шарий Т.В., Темникова Е.Л., Конфорович И.В. Голосовая аутентификация операторов, использующих в процессе работы нормативно установленную фразеологию // Інформаційна безпека. – 2011. – №1(5). – С.125-130

25. Темников В.А., Темникова Е.Л. Параметризация автоматического контроля доступа операторов к ресурсам информационных систем по голосу // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №9 (151). – Ч.1. – 2010. – С.143-148

26. Темников В.А. Мониторинг психофизиологического состояния операторов при контроле доступа к ресурсам информационных систем // Захист інформації. Збірник наукових праць. – К.: НАУ, 2010. – Вып.17. – С.3-6

27. Темников В.А., Темникова Е.Л. Определение психофизиологического состояния оператора в системе автоматического внутрисменного мониторинга по голосу // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – №6 (136). – Ч.1. – 2009. – С.294-297
28. Темников В.А. Повышение эффективности работы системы контроля доступа путем учета функционального состояния операторов и диспетчеров // Захист інформації. Збірник наукових праць. – Вып.16. – К.: НАУ, 2009. – С.200-203
29. Темников В.А., Семко В.В. Построение системы определения психофизиологического состояния личности для профессиональной диагностики // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - №8 (126). – Ч.1. – 2008. – С.195-200
30. Темников В.А., Пономаренко Л.В. Алгоритм текстонезависимого распознавания человека по голосу в задаче контроля и управления доступом // Захист інформації. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. – К.: НАУ, 2008. – С.71-76
31. Темников В.А., Пономаренко Л.В. Параметризация речевого сигнала при распознавании личности по голосу // Захист інформації. Збірник наукових праць. – Вып.15. – К.: НАУ, 2008. – С.167-172
32. Темников В.А., Семко В.В., Темникова Е.Л. Система обеспечения безопасности на социально-экономических и информационных объектах с учетом психофизического состояния людей // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - №5 (111). – Ч.1. – 2007. – С.119-122
33. Темников В.А., Пономаренко Л.В. Система распознавания личности как основа повышения эффективности систем контроля и управления доступом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - №9(103). – Ч.1. – 2006. – С.64-69
34. Темников В.А., Пономаренко Л.В. Повышение эффективности систем контроля и управления доступом, построенных на основе автоматизированного распознавания личности // Захист інформації. Збірник наукових праць. – Вып.13. – Київ: НАУ. – 2006. – С.19-23
35. Темников В.А., Семко В.В. Применение технологий телемедицины для повышения безопасности транспортного сообщения // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2007. – Т.5, №3. – С.303-306
36. Tavrov D., Temnikova O.L., Temnikov V. Method for Proactive Quality Control of Aviation Security of Airports Using Inverse Interval Weighted Average // Proceedings of 7th World Conference of Soft Computing (7thWConSC'18) (Baku, Azerbaijan, May 29-31, 2018). – 5 p.
37. Темников В.А., Темникова Е.Л. Повышение достоверности работы голосовых систем контроля доступа диспетчеров к информационным ресурсам // Международна научна конференция "Ukraine – Bulgaria –European Union: contemporary state and perspectives". Сборник с доклади, т.1. – Варна: Издательство «Наука и икономика», 2016. – Р.242-247

38. Темников В.А., Темникова Е.Л. Построение голосовых систем контроля доступа для различных областей применения // Международна научна конференция "Ukraine – Bulgaria –European Union: contemporary state and perspectives". Сборник с доклади, т.2. – Варна – Херсон: Издателство «Наука и икономика», 2015. – P.279-283

39. Temnikov V.A., Temnikova E.L. Principles of constructing information support systems for making managerial decisions in air transport enterprises // Международная научно-практическая конференция «Современные технологии науки и образования: Европейские стандарты». Сборник материалов конференции, т.1. – Херсон-Познань: Издательство ЧП Вышесмирский, 2017. – С.42-45

40. Temnikov V.A., Temnikov A.V. Modeling of information systems to support management decision-making // Proceedings of the 14th International Conference of Science and Technology “AVIA-2019”. – К.: NAU, 2019. – P.2.19-2.21

41. Temnikov V.A., Temnikov A.V. Building information systems for decision support in airport control services // Proceedings of the 13th International Conference of Science and Technology “AVIA-2017”. – К.: NAU, 2017. – P.2.59-2.61

42. V.A. Temnikov, A.V. Peteichuk The voice operators authentication by continuous speech considering the phonemes feature characteristics // Proceedings of The Fifth world congress “Aviation in the XXI-st century”, vol.1. – К.: NAU, 2012. – P.1.7.60-1.7.62

43. Temnikov V.A., Peteychuk A.V. Organization of preshift and intrashift access control of ATC to the resources of information systems // Proceedings of The Fourth world congress “Aviation in the XXI-st century”, vol.1. – К.: NAU, 2010. – P.17.22-17.25

44. Темников В.А., Темникова Е.Л., Конфорович И.В. Параметризация нейронных сетей для голосовой аутентификации операторов // XII Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальний аналіз інформації" (IAI-2012). Збірник праць. – К.: Просвіта, 2012. – С.254-258

45. Темников В.А., Темникова Е.Л. Принципы построения систем информационной поддержки принятия решений на авиатранспортных предприятиях // XVII Міжнародна наукова конференція "Інтелектуальний аналіз інформації" (IAI-2017). Збірник праць. – К.: Просвіта, 2017. – С.222-228

46. Темніков В.О., Темніков А.В. Принципи побудови систем інформаційної підтримки прийняття рішень на авіаційних підприємствах // Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання». Матеріали конференції. – Івано-Франківськ, 2017. – С.32-35

АНОТАЦІЯ

Темніков В.О. Моделі і методи контролю та управління функціональністю авіадиспетчерів. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний авіаційний університет, Київ, 2019.

Безпека польотів (БП) в значній мірі залежить від людського фактора, який проявляється у вигляді помилок пілотів повітряних суден та авіадиспетчерів, що можуть бути обумовлені їх знаходженням у неналежному функціональному стані (ФС) та недостатнім професіоналізмом.

Дисертація присвячена розробці нових моделей, методів та інформаційної технології інформаційної підтримки прийняття рішень (ІППР), застосування яких дозволяє підвищити якість контролю показників та управління функціональністю авіадиспетчерів з боку осіб, що приймають управлінські рішення (ОПР), протягом усієї їхньої виробничої діяльності, підвищити ефективність коригуючих дій, які вживають ОПР. Значно ускладнює вирішення поставлених завдань наявність істотного впливу на ФС авіадиспетчерів великої кількості зовнішніх і внутрішніх небезпечних факторів (часто таких, що мають випадковий характер), невизначеність та неоднозначність багатьох термінологічних та інших питань проблемної області, недостатня інформаційна забезпеченість ОПР.

Результати досліджень формують новий науковий напрямок ІППР ОПР щодо коригуючих дій по відношенню до осіб, чий психофізіологічний ресурс має тенденцію до зниження, шляхом створення методологічних основ проведення контролю показників та управління функціональністю в умовах невизначеності впливу зовнішніх і внутрішніх небезпечних факторів. В дисертаційній роботі вперше вирішується проблема забезпечення ІППР на основі методів вербального експертного оцінювання показників ФС та рівня професіоналізму авіадиспетчерів з використанням лінгвістичних змінних та вдосконалення методик проведення контролю ФС на основі аналізу психофізіологічного стану особи.

Розроблене алгоритмічне та програмне забезпечення дозволяє верифікувати запропоновані методи та моделі і провести експериментальне дослідження для підтвердження достовірності теоретичних положень та практичних розробок дисертаційного дослідження.

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

Ключові слова: людський фактор, функціональний стан, психофізіологічний стан, інформаційна підтримка прийняття рішень, особа, що приймає управлінські рішення, інформаційна технологія, інформаційна система, авіадиспетчер

АННОТАЦИЯ

Темников В.А. Модели и методы контроля и управления функциональностью авиадиспетчеров. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный авиационный университет, Киев, 2019.

Безопасность полетов (БП) в значительной степени зависит от человеческого фактора, проявляющегося в виде ошибок пилотов воздушных судов и авиадиспетчеров, которые могут быть обусловлены нахождением пилотов и авиадиспетчеров в ненадлежащем функциональном состоянии (ФС) и их недостаточным профессионализмом.

Диссертация посвящена разработке новых моделей, методов и информационной технологии информационной поддержки принятия решений (ИППР), применение которых позволяет повысить качество контроля показателей и управления функциональностью авиадиспетчеров со стороны лиц, принимающих управленческие решения (ЛПР), повысить эффективность корректирующих действий, которые осуществляют ЛПР, в частности, на более ранних стадиях отстранять от работы лиц, ФС и/или уровень профессионализма которых перестает отвечать установленным требованиям.

Результаты исследований формируют новое научное направление ИППР ЛПР касательно корректирующих действий в отношении лиц, чей психофизиологический ресурс имеет тенденцию к снижению, путем создания теоретических и методологических основ проведения контроля показателей и управления функциональностью в условиях неопределенности влияния внешних и внутренних опасных факторов. В диссертационной работе впервые решается проблема обеспечения ИППР на основе методов вербального экспертного оценивания показателей ФС и уровня профессионализма авиадиспетчеров с использованием лингвистических переменных и совершенствования методик проведения контроля ФС человека на основе анализа его психофизиологического состояния.

Разработано алгоритмическое и программное обеспечение, позволяющее верифицировать предложенные методы и модели и провести экспериментальное исследование для подтверждения достоверности теоретических положений и практических разработок диссертационного исследования.

Результаты проведенных исследований внедрены в международном аэропорту «Киев», в Главном центре специального контроля Национального космического агентства Украины, Национальном авиационном университете и Киевском национальном университете строительства и архитектуры.

Ключевые слова: человеческий фактор, функциональное состояние, психофизиологическое состояние, информационная поддержка принятия решений, лицо, принимающее управленческие решения, информационная технология, информационная система, авиадиспетчер

ABSTRACT

Temnikov V.O. Models and Methods for Monitoring and Managing the Functionality of Air Traffic Controllers. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences in the 05.13.06 - information technology. – National Aviation University, Kyiv, 2019.

Flight safety (FS) largely depends on the human factor, which manifests itself in the form of errors of aircraft pilots and air traffic controllers, which may be due to pilots and air traffic controllers in inadequate functional state (FuncS) and their lack of professionalism.

The dissertation is devoted to the development of new models, methods and information technology of information support for decision-making (ISDM), the use of which allows to improve the quality of monitoring indicators and control the functionality of air traffic controllers by management decision makers (DM), to increase the effectiveness of corrective actions that are carried out by decision makers, in particular, at earlier stages to remove from work persons whose FuncS and/or level of professionalism of which ceases to meet established requirements.

Significantly complicates the solution of the tasks set is the presence of a significant influence on the FuncS of air traffic controllers of a large number of external and internal hazardous factors (often of a random nature), the uncertainty and ambiguity of many terminological and other issues of the problem area, and insufficient information security of the decision maker.

The paper analyzes the existing ways to reduce the influence of the human factor, analyzes modern methodological and information support for monitoring indicators and controlling the functionality of air traffic controllers, and proposes a concept for providing ISDM in conditions of uncertainty about the impact of external and internal hazardous factors on the FuncS. To implement the proposed concept, an ISDM method was developed, as well as models, methods and procedures for preventive and operational control of the functionality of air traffic controllers, the use of which allows for monitoring indicators and controlling the functionality of air traffic controllers throughout their entire production activity.

In addition, algorithmic and software have been developed to verify the proposed methods and models and conduct experimental research to confirm the reliability of the theoretical provisions and practical developments of the dissertation research. The research results form a new scientific direction of the ISDM regarding corrective actions in relation to persons whose psychophysiological resource tends to decrease by creating theoretical and methodological foundations for monitoring indicators and controlling functionality under conditions of the uncertainty of the influence of external and internal hazardous factors.

The dissertation is the first to solve the problem of providing ISDM based on methods of verbal expert estimation of FuncS indicators and the level of professionalism of air traffic controllers using linguistic variables and improving methods for monitoring human FuncS based on the analysis of their psychophysiological state.

The results of the research were introduced at the Kiev International Airport, at the Main Center for Special Control of the National Space Agency of Ukraine and in the educational process of the National Aviation University and Kyiv National University of Construction and Architecture.

Keywords: human factor, functional state, psychophysiological state, information support for decision making, managerial decision-maker, information technology, information system, air traffic controller