

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДМІТРІЄВ Олег Миколайович

УДК 65.012:656

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ
РІШЕНЬ ПРИ СИТУАЦІЙНОМУ АНАЛІЗІ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Черкаси – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Льотній академії Національного авіаційного університету
Міністерство освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Тристан Андрій Вікторович,
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, начальник управління наукового центру Повітряних Сил

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кучук Георгій Анатолійович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри обчислювальної техніки та програмування;

доктор технічних наук, професор
Субач Ігор Юрійович,
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, завідувач спеціальної кафедри №5.

доктор технічних наук професор
Барабаш Олег Володимирович,
Державний університет телекомунікацій, м. Київ, завідувач кафедри вищої математики.

Захист відбудеться " 17 " вересня 2020 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04 у Черкаському державному технологічному університеті за адресою: 18000, Черкаси, бульвар Шевченка, 460.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18000, Черкаси, бульвар Шевченка, 460.

Автореферат розісланий « 13 » серпня 2020р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент



Ю.Ю. Бондаренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вивчення досвіду розвитку та удосконалення системи авіаційних перевезень провідних авіаперевізників розвинених країн світу свідчить про стрімкий розвиток цього сегменту ринку. Прогноз ІСАО передбачає щорічне зростання міжнародних регулярних пасажирських перевезень на рівні 5,5%. Данні Євроконтролю свідчать про зростання інтенсивності повітряного руху в Європі щорічно в середньому на 2,5% і до 2021 року очікується зростання обсягу польотів згідно інструментальних правил польотів (IFR) до 11,2 млн.

Динаміка розвитку ринку авіаперевезень України, порівняно зі світовими тенденціями, є ще більш стрімкою. Так, починаючи з 2016 року, кількість пасажирів, які скористались послугами українських авіакомпаній, зростала щороку в середньому на чверть. Поступово, за три роки, обсяги пасажирських перевезень збільшилися майже вдвічі, порівняно з показником 2015 року, та більш як у півтора рази перевищили рівень "докризисного" 2013 року. В 2018 році Україна вперше увійшла до топ-20 країн світу за новими авіарейсами, а приріст обсягу авіаперевезень пасажирів за 2018 рік склав 18,7%. Державним підприємством обслуговування повітряного руху (ОПР) "Украерорух" за 2018 рік обслуговано 300,9 тисяч польотів проти 254 тисяч за 2017 рік. Зросла кількість обслуговуваних польотів, виконаних літаками та вертольотами авіакомпаній України (на 9,7%) та іноземними авіакомпаніями (на 23,9%).

Зважаючи на сучасні темпи розвитку галузі авіаперевезень, постійної уваги потребують питання вдосконалення організації обслуговування повітряного руху із забезпеченням необхідного рівня безпеки для всіх суб'єктів процесу. Вирішення низки нагальних питань управління повітряним рухом показує, що в сучасних умовах першочергового вдосконалення потребують процеси інформаційного забезпечення прийняття рішень посадовими особами в пунктах управління повітряним рухом.

Проблема забезпечення заданих значень показників оперативності та обґрунтованості прийняття рішень операторами автоматизованої системи керування повітряним рухом АС КПр на всіх етапах управління та у всіх її ланках постає все більш гостро.

До однієї з головних інформаційних задач, що вирішується особами, які приймають рішення (ОПрР), в АС КПр є оцінка ситуацій обстановки (СО), що складаються, у зоні відповідальності органу управління. Даний процес засновано на аналізі інформаційної моделі обстановки, що подається за допомогою відповідних комплексів технічних засобів (КТЗ), які входять до складу АС КПр.

Діяльність ОПР з оцінки обстановки характеризується суттєвою невизначеністю та динамічністю змін повітряної обстановки, обмеженими часовими рамками на підготовку вироблення та прийняття рішення при великих обсягах вихідної інформації, що підлягає аналізу та обробці.

Ситуаційний аналіз обстановки в зоні відповідальності органу управління АС КПр проводиться ОПР на основі інформації у складі інформаційної моделі (ІМ), що автоматично відображається на робочих місцях та на засобах відображення інформації колективного користування (ЗВІ КК). ІМ є необхідною та обов'язковою

складовою частиною системи інформаційного забезпечення (СІЗ) процесів прийняття рішень. Отже, при розробці ІМ необхідно врахувати особливості інтелектуальної діяльності ОПР при вирішенні завдань ситуаційного аналізу обстановки. Під інформаційною моделлю обстановки розуміємо організоване відповідно до певної системи правил відображення відомостей (даних) про політ повітряних суден, об'єктів інфраструктури, метеорологічну, орнітологічну, завадову та інші види обстановки, що є необхідними для виконання функцій, покладених на оператора АС КПП.

Очевидно, що вдосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПР при ситуаційному аналізі обстановки та оцінці дій суб'єктів системи ОПР є системним завданням. Так, з одного боку, потребують удосконалення способи автоматизованої обробки й аналізу інформації про СО для інформаційної підтримки прийняття рішень, пов'язаних з оцінкою дій повітряних суден (ПС) (розпізнаванням можливості виникнення потенційно-конфліктних ситуацій (ПКС), оцінки напрямку можливого розвитку подій, тощо). З іншого боку, необхідні синтез і інтерпретація ІМ, що реалізує управління відображенням інформаційних ознак залежно від зміни ситуації обстановки, дій ПС і етапів прийняття рішень ОПР. Однак реалізація даного підходу можлива лише за умови апріорного вивчення діяльності ОПР, їх інформаційних потреб, а також можливостей щодо обробки інформації. Це, в свою чергу, призводить до необхідності перегляду вимог до відбору та підготовки ОПР, що дозволить узгодити підходи щодо створення удосконаленої СІЗ і можливостей ОПР щодо роботи в зміненому інформаційному оточенні. Відокремлене розв'язання кожного з завдань не призведе до значної зміни ефективності інформаційного забезпечення діяльності ОПР. Основні категорії та терміни, що використано при дослідженнях, наведено в Додатку В.

Ситуаційний аналіз обстановки та оцінка дій повітряних суден у зоні відповідальності органу управління АС КПП – складне багатокомпонентне завдання. Воно включає обробку інформації про повітряну, наземну, завадову, метеорологічну, орнітологічну та інші види обстановки, а також підготовку рекомендацій щодо вибору варіанту необхідних дій. При цьому на засобах візуалізації відображається весь обсяг інформації, доступний в АС КПП. Відбір, аналіз і обробка інформації для прийняття рішень на різних етапах оцінки СО покладено на ОПР. Рішення таких завдань в умовах невизначеності і динаміки зміни повітряної обстановки при обмежених можливостях людини з обробки, аналізу і відбору інформації призводять до зниження оперативності, адекватності та обґрунтованості прийняття рішень. Це вимагає формалізації знань ОПР для ефективного їх використання при вирішенні даних завдань у комплексах засобів автоматизації. Знання про процес вирішення цих завдань і отримані результати є інформаційною основою для синтезу й інтерпретації інформаційної моделі підтримки процесу прийняття рішень ОПР щодо оцінки СО і вибору необхідного варіанта дій.

У роботі категорія інтелектуальна технологія розглядається як інтелектуальна інформаційна технологія, під якою слід розуміти прийоми, способи і методи виконання функцій збору, зберігання, обробки, передачі і використання знань.

Проблеми побудови систем управління динамічними об'єктами і процесами, в тому числі з елементами штучного інтелекту (ШІ), активно досліджувалися вітчизняними та зарубіжними дослідниками, наукові школи та напрями очолювали та очолюють В.М. Глушков, А.Н. Борисов, Б.М. Герасимов, Д.А. Поспелов, З.В. Попов, В.М. Вагін, С.А. Козлов, І.Б. Сіроджа, В.П. Кирилов, В.П. Гладун, А.А. Рось, О.О. Таран, J. Robinson, L.A. Zadeh, R.R. Yager, D. Dubois, A. Kauffman, E.H. Mamdani, M. Mizumoto, M. Sugeno, S. J. Russell, P. Norvig та інші.

В існуючих АС КПр рішення зазначених завдань у поданій постановці не реалізоване. Це призводить до недостатньої оперативності оцінки ситуацій обстановки. При цьому існуючі ІМ не задовольняють ергономічним вимогам щодо відображення інформації, не в повній мірі відповідають специфіці діяльності ОПР, а також не в достатньому ступені забезпечують інформаційну підтримку прийняття рішень з оцінки СО і вибору необхідного варіанту дій. Це визначає протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів ситуаційного аналізу обстановки і вимогами щодо оперативності, обґрунтованості та повноти її оцінки ОПР в центрах ОПР.

Розробка перспективних АС КПр вимагає створення нових методів синтезу адекватних ІМ, які забезпечать максимальну сумісність з ергономічними вимогами щодо форми і структури подання інформації про СО і врахують особливості вирішення завдань зазначеного класу. Під адекватністю ІМ слід розуміти подання інформації відповідно до установленого у нормативних документах порядку прийняття рішень ОПР з урахуванням часових рамок для підготовки та ухвалення управлінських рішень та доведення їх до виконавців.

У свою чергу, використання нових підходів до розробки ІМ вимагає проведення додаткових досліджень з розподілу завдань оцінки обстановки між комплексами технічних засобів АС КПр та ОПР, розробки методів формалізації знань для автоматизації вирішення завдань оцінки ситуацій обстановки для підвищення оперативності їх вирішення.

Це визначає проблему **в рамках усунення суперечності** для підвищення оперативності ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, в центрах ОПР.

Таким чином, **актуальність теми** дисертаційної роботи полягає у вирішенні наукової проблеми підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, за рахунок вдосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження виконані в межах науково-дослідних робіт, що проводилися за планами наукової та науково-технічної діяльності в Львівській академії Національного авіаційного університету: номер РК 0112U002683 “Розробка та впровадження віддаленої самостійної підтримки авіадиспетчерів на базі інтелектуальних тренажерів”, номер ДР 0111U001980 “Розробка інформаційного та програмного забезпечення електронних засобів навчання операторів авіаційних систем”, номер ДР 0118U001610 “Моделювання адаптивної професійної підготовки диспетчерів повітряного руху”, номер ДР 0112U002683 “Розробка та впровадження системи віддаленої тренажерної підготовки авіадиспетчерів на базі інтелектуальних

процедурних тренажерів”, а також тісно пов’язані зі "Стратегічним планом розвитку авіаційного транспорту на період до 2020 року".

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є підвищення оперативності, обґрунтованості та повноти врахування факторів прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в центрах організації повітряного руху.

Для досягнення мети дослідження були сформульовані і вирішені такі взаємопов’язані часткові завдання:

1) обґрунтувати необхідність вдосконалення системи інформаційного забезпечення прийняття рішень операторами при ситуаційному аналізі повітряної обстановки за рахунок автоматизації рішення інтелектуальних завдань і розробки адаптивних ІМ;

2) розробити метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який врахує когнітивні аспекти процесів обробки інформації при підготовці прийняття рішень та підвищить описові можливості моделі;

3) розробити метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки, що дозволить формалізувати процеси за допомогою нечіткої комбінованої моделі знань і дозволить підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів;

4) розробити метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, що дозволить підвищити адекватність відображення повітряної обстановки;

5) розробити метод синтезу інформаційних елементів та управління ними при відображенні даних у різних умовах функціонування інформаційної моделі;

6) розробити модель оцінки оператора системи обслуговування повітряного руху для синтезу комплексної моделі еталону оператора, який дозволить формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками;

7) оцінити ефективність розроблених моделей і методів, дослідити їх вплив на оперативність, повноту та адекватність прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки.

Об’єкт дослідження: процеси аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення в центрах організації повітряного руху.

Предмет дослідження: методи ситуаційного аналізу повітряної обстановки.

Методи дослідження. Теорія і методи системного аналізу, теорія управління, теорія графів і прийняття рішень, методи штучного інтелекту, методи математичного моделювання, теорія обробки нечіткої інформації і нечітких множин, інженерна психологія, ергономіка.

Наукова новизна одержаних результатів:

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що застосування нових ідей, моделей і методів з дослідження діяльності операторів системи обслуговування повітряного руху та їх інформаційного забезпечення дозволило вирішити актуальну наукову проблему підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, за рахунок вдосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень.

1. Вперше розроблена проекційна багаторівнева модель діяльності операторів, що враховує особливості їх когнітивної поведінки в процесі зміни умов управління

повітряними суднами.

2. Одержав подальший розвиток метод синтезу проєкційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який відрізняється від відомих доповненням автоматного підходу до побудови подібних моделей когнітивними аспектами процесів обробки інформації при прийнятті рішень операторами, що дозволяє підвищити описові можливості моделі.

3. Одержав подальший розвиток метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки, який відрізняється від відомих формалізацією процесів нечіткою комбінованою моделлю знань, що дозволяє підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів.

4. Вперше запропоновано метод проєктування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, який базується на удосконаленій функціональній мережевій моделі, що дозволяє підвищити повноту відображення повітряної обстановки.

5. Удосконалено метод синтезу інформаційних елементів та управління ними при відображенні даних для різних умов функціонування, який відрізняється від відомих врахуванням властивостей елементів відповідно до процесів обробки інформації оператором, що дозволяє підвищити оперативність ситуаційного аналізу.

6. Отримав подальший розвиток метод відбору оператора системи обслуговування повітряного руху, який відрізняється від відомих врахуванням психологічних аспектів діяльності оператора для синтезу комплексної моделі його еталона, що дозволяє формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками.

7. Отримала подальший розвиток інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки, яка на відміну від існуючих, ґрунтується на процедурах інтелектуальної обробки даних, синтезу інформаційних моделей, що дозволяє підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень з оцінки повітряної обстановки операторами.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Запропонований метод побудови моделі діяльності оператора може бути використаний при:

- проєктуванні АСУ з використанням методу поетапного моделювання;
- оптимізації режимів роботи операторів і розробці рекомендацій щодо вдосконалення існуючих систем управління ергатичного типу;
- проведення експериментальних досліджень для отримання інформації з метою обґрунтування вимог до оператора;
- забезпечення тренувань операторів у період розробки нових комплексів і систем або при модернізації існуючих;
- обґрунтуванні вимог до комплексу технічних засобів АС КПП, складу та структури підсистеми інформаційного забезпечення.

2. Запропоновані в роботі інтелектуальні моделі і методи обробки та підготовки вихідних даних для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КПП можуть бути використані при:

- розробці алгоритмів розпізнавання ситуації обстановки, що складається, відбору та управління параметрами відображення інформаційних ознак при

інтерпретації ІМ, що забезпечує інформаційну підтримку процесу вироблення рішень ОПР, скорочення часу аналізу ІМ на 12-23% і підвищує повноту врахування значущих чинників;

- інтегруванні алгоритмів, розроблених на основі запропонованих моделей і методів, в перспективні АС КПП.

3. Розроблений метод синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень дозволить:

- розробляти структуру пристроїв відображення автоматизованих робочих місць, відповідних до інтелектуальної вирішальної діяльності оператора;

- формувати й управляти інформаційними моделями в АС КПП на основі розпізнавання зміни обстановки і функціональної діяльності оператора.

4. Розроблені методи і процедури відбору операторів підвищують ефективність проведення процедури їх професійного відбору.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені: в тренажерному центрі автоматизованої системи керування "Юлія" Харківського регіонального структурного підрозділу Укрерорух; при підготовці персоналу центрів ОПР в/ч А4465; при удосконаленні СППР в/ч А4608; при оптимізації процесів проектування АСУ в/ч А4608, що підтверджено відповідними актами реалізації.

Особистий внесок здобувача.

Отримані наукові результати і наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи були сформульовані та вирішені автором самостійно. Окремі етапи дослідження були проведені в співпраці. Результати цих досліджень відображено у відповідних публікаціях у співавторстві. Ступінь особистого внеску автора в цих публікаціях можна оцінити так:

у роботі [2] розроблено площинну ієрархічну модель діяльності оператора, яка дозволяє чітко визначити структуру діяльності, виділити основні матеріальні та нематеріальні сторони діяльності, що в підсумку дозволяє підвищити точність та адекватність побудови моделі діяльності особи, що приймає рішення;

у роботі [3] визначені напрями розробки та вдосконалення інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління інформаційною підтримкою прийняття рішень, запропоновано класифікацію ситуацій обстановки та розроблено метод вирішення завдання розпізнавання ситуацій;

у роботі [4] запропоновано апарат формалізації знань щодо оцінки ступеня небезпеки ситуації повітряної обстановки на основі методу обробки результатів експертизи, який дозволяє здійснити перехід до бінарних відношень строгої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги, що в підсумку дозволяє враховувати найбільш визначальні чинники ситуації обстановки при підготовці прийняття рішення;

у роботі [5] запропоновано структуру моделі для дослідження діяльності оператора та наведено результати досліджень щодо розподілу витрат часу на виконання функціональних дій пов'язаних з аналізом інформаційних моделей у різних умовах обстановки;

у роботі [6] запропоновано апарат формалізації знань про об'єкти, зв'язки та цілі процесу управління, який спирається на комбіновану модель формалізації знань, що дозволяє використати переваги апарату системи цільових настанов та

апарату обчислення предикатів першого порядку та дозволяє подати формалізовані описи складових, що входять до процесу оцінки ситуацій обстановки;

у роботі [7] запропоновано комплекс моделей та систему для керування ними, що дозволяє проводити повний цикл моделювання роботи алгоритму систем повітряного судна на заданому етапі його польоту;

у роботі [8] запропоновано метод розрахунку аеродинамічних характеристик, який сприяє визначенню основних льотних характеристик безпілотних літальних апаратів при обмеженнях на вхідні дані, що дозволяє прогнозувати інформаційні параметри повітряної обстановки у зоні відповідальності органу управління при дефіциті даних;

у роботі [9] запропоновано метод моделювання, що дозволяє проводити оптимізацію конструкції модернізованих і перспективних літальних апаратів та є основою математичного моделювання радіолокаційних характеристик літальних апаратів різних типів при заданих просторових і часово-частотних параметрах сигналів зондування для розв'язання прикладних задач з оцінювання ситуацій повітряної обстановки;

у роботі [10] пропонуються методи побудови графів неповних рішень та нові підходи для їх реалізації в перспективних комп'ютеризованих системах керування повітряним рухом;

у роботі [11] проведено аналіз ефективності оцінки цілісності інтегрованої супутникової системи та функціонування інерціальної навігаційної системи з використанням розробленого комплексу програм імітаційного моделювання, що дозволяє відслідковувати повітряні судна в центрах організації повітряного руху на різних етапах польоту;

у роботі [12] розроблено метод проектування і синтезу інформаційних моделей для інформаційної підтримки прийняття рішень з оцінки обстановки, який враховує етапи діяльності та специфіку завдань, що вирішуються операторами в системах керування повітряним рухом;

у роботі [13] приводиться метод відбору комплексу психодіагностичних методик для завдань професійного відбору і підготовки фахівців складних ергатичних системах, що дозволяє автоматизувати процес профвідбору працівників-професіоналів необхідної спеціалізації для АС КПП;

у роботі [14] запропоновано підхід до використання інформаційних систем при обслуговуванні авіаційної техніки, що передбачає під час експлуатації авіаційної техніки виконувати комплекс робіт з підтримки і відновлення її виправданого стану, та запропоновано вирішувати задачі реєстрації з використанням ІТ-рішень;

у роботі [15] запропонований метод формалізації процесу формування ознак для інформаційної моделі, що передбачає класифікацію та перерозподіл інформаційних ознак за ступенем їх важливості відповідно до ситуації, що складається в поточний момент часу;

у роботі [16] розроблено математичну модель психологічного портрету фахівця для професійного відбору за спеціальністю авіадиспетчера автоматизованих систем керування повітряним рухом, що дозволяє комплексувати точки зору на еталон фахівця як з боку експертів-фахівців предметної галузі, так і з боку

експертів-психологів, що входять до складу групи профвідбору;

у роботі [17] наведено структуру методу адаптивного управління інформаційною моделлю, що дозволяє оптимізувати процес відбору та подання необхідних інформаційних і допоміжних ознак оператору для своєчасного реагування на виникнення та розвиток потенційно-конфліктних ситуацій;

у роботі [18] розроблено метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки, що дозволяє оцінити характеристики інформаційних моделей на етапі їх ергономічного проектування та визначити кількість інформаційних елементів в одній програмі відображення з урахуванням мінімізації часу пошуку заданих елементів;

у роботі [19] пропонується структура, зміст та послідовність етапів методу адаптивного управління параметрами відображення інформаційної моделі повітряної обстановки залежно від складності ситуації, що дозволяє модифікувати базову інформаційну модель та розподілити її між відповідними засобами відображення інформації;

у роботі [20] досліджено проблему формування інформаційної моделі складної повітряної обстановки в оперативному мисленні операторів, запропоновано алгоритм пошуку оптимальної кольорової гами елементів інформаційної моделі відображення повітряної обстановки, а також проаналізовано вибір колірною кодування інформації, який обмежений оцінкою контрастності та яскравості кольорів елементів даних;

у роботі [21] представлені результати розробки інструментів для моделювання сценарію на основі формальних граматики, доведено, що візуальне зображення сценарію у вигляді деякої моделі автомата можна оцінити як надзвичайно привабливе для подальшого багатоагентного моделювання його виконання;

у роботі [22] розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки, що дозволяє враховувати відмінності у складі інформації про ситуацію обстановки від різнотипних джерел при багатоетапній обробці вхідних даних та в підсумку сприяє підвищенню оперативності та обґрунтованості прийняття рішень.

Апробації матеріалів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи апробовані: на IV міжнар. наук.-техніч. конф., м. Полтава, 5-6 листоп. 2015 р. Полтава, 2015; на IV міжнар. наук.-практич. конф., м. Кіровоград, 26-27 листоп. 2015 р. Кіровоград, 2015; IV міжнар. наук.-техніч. конф., м. Київ, 11-12 квіт. 2016 р. Київ, 2016; на міжнар. наук.-практич. конф. Inżynieria i technologia. Priorytetowe obszary badawcze: od teorii do praktyki, м. Варшава, 30-31 трав. 2016 р. Варшава, 2016; на XI міжнар. наук.-практич. конф., м. Київ, 18 жовт. 2015 р. Київ, 2015; на наук.-техніч. конф. молодих учених. Актуальні проблеми інформаційних технологій, м. Київ, 20-21 лист. 2018 р. Київ, 2018; на VII міжнар. наук.-практич. конф. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем, м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018; на VII міжнар. наук.-техніч. конф. Проблеми інформатизації, м. Черкаси, 13-15 листоп. 2019 р. Харків, 2019; на VIII міжнар. наук.-техніч. конф. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління, м. Баку, 11-12 квіт. 2019 р. Харків, 2019; на міжнар. наук.-техніч. конф.

Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ, м. Львів, 16-17 трав. 2019 р. Львів, 2019; на міжнар. наук.-практич. конф. Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку, м. Харків, 15 берез. 2019 р. Харків, 2019; XV міжнар. наук. конф. Новітні технології – для захисту повітряного простору, м. Харків, 10-11 квіт. 2019 р. Харків, 2019; VIII Всеукр. наук.-практич. конф. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів, м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019.

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано у 55 наукових працях, у тому числі – 22 статтях, що входять до переліку видань, дозволених МОН України для публікацій результатів досліджень з технічних наук, 2 монографіях, 29 – у матеріалах Міжнародних та 2 – Всеукраїнських конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаної літератури, 8 додатків. Робота містить 447 сторінок, у тому числі 352 сторінки основного тексту, 87 рисунків і 36 таблиць, 216 найменувань використаних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовано мету і визначено основні завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, подано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів із вказівкою відомостей про впровадження результатів роботи, описано особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів роботи і про публікації, а також структуру роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз системи інформаційного забезпечення процесу ситуаційного аналізу повітряної обстановки.

Одним з основоположних завдань в автоматизованих системах керування повітряним рухом є розробка заходів, що спрямовані на беззаперечне та якісне виконання ОПР функціональних обов'язків із забезпечення безпеки польотів у відповідальному районі управління повітряним рухом. Вирішення завдань у процесі управління здійснюється за імовірними діями повітряних суден і варіантів дій ОПР диспетчерського пункту.

У таких складних умовах, як показали дослідження, виникає суперечність між постійно зростаючими вимогами до оперативності та якості управління в АС КПр і можливостями їх досягнення в рамках існуючих підходів. Розв'язання цього протиріччя можливе за рахунок підвищення рівня автоматизації процесів збору, обробки, подання і передачі інформації на всіх етапах управління.

За цих обставин реалізація функцій прийняття управлінських рішень на пряму залежить від якості системи інформаційного забезпечення, що є обов'язковою складовою АС КПр.

Для найбільш повного використання можливостей інформаційної системи (ІС) у процесі вирішення завдань ОПР, окрім оцінки відповідності часткових ІМ поставленим завданням і можливості операторів з її обробки, на базі ІМ загальної

ситуації обстановки будується концептуальна модель (КМ) предметної області, яка найбільш адекватно відповідає характеру діяльності операторів та характеру її етапам прийняття рішень.

Ефективність прийняття рішень за результатами оцінки обстановки можна характеризувати оперативністю і достовірністю. У даному випадку під оперативністю розуміється можливість ОПрР оцінювати обстановку за час не більше заданого, що характеризується часом цієї оцінки T_{oO} . Достовірна оцінка (D_{oO}) – це оцінка обстановки, що не викликає сумнівів, надійна.

Таким чином, ефективність оцінки обстановки (F_{oO}) – векторний показник, основними складовими якого є:

$$F_{oO} = f(T_{oO}, D_{oO}). \quad (1)$$

Показник оперативності T_{oO} можна оцінити, використовуючи вираз:

$$T_{oO} = f(\bar{t}_{ш}, \bar{t}_p, \bar{t}_{пр}, P_{бo}, P_b, K_{iM}), \quad (2)$$

де $P_{бo}$ – ймовірність безпомилкової оцінки обстановки ОПрР; P_b – ймовірність виправлення помилок у процесі оцінки обстановки; $\bar{t}_{ш}$, \bar{t}_p , $\bar{t}_{пр}$ – час пошуку необхідної інформації, час видачі управляючих розпоряджень, час підготовки прийняття рішення відповідно; K_{iM} – комплексний показник, що характеризує релевантність ІМ до завдань, які вирішуються, та до ергономічних властивостей подання інформації. Даний показник передбачає врахування як текстової, так і звукової інформації (сповіщення, перемови, звернення уваги) в певних ситуаціях обстановки.

Залежність T_{oO} від $P_{бo}$ і P_b пояснюється тим, що виникнення помилок і їх виявлення призводить до додаткових витрат часу на оцінку обстановки.

Під оперативністю розумітимемо властивість системи виконувати свої функції за час, який є в розпорядженні ПУ. Наявність такої властивості, зазвичай, характеризується необхідним часом на виконання завдань оцінки обстановки при відомому часі виконання функціональних задач в АС КПр.

Показник оперативності – це ймовірність того, що завдання оцінки обстановки буде вирішено за час, який забезпечить реалізацію прийнятих рішень і можливість видачі відповідних директив та розпоряджень з ОПр.

Формально показник оперативності можна задати як:

$$K_{oП} = P(\bar{t}_{потр} < t_{наяв}) = 1 - \exp^{-\frac{t_{наяв}}{\bar{t}_{потр}}}; \quad (3)$$

де $t_{наяв}$ – час, який є в наявності у ОПрР для оцінки обстановки; $\bar{t}_{потр} = M^*(T_p)$.

На рис. 1 представлені значення мінімального і максимального часу для вирішення завдання оцінки обстановки. Графік 1 – для великої інтенсивності польотів у складних умовах. Графік 2 відповідає випадку для низької та близької до середньої інтенсивності польотів в умовах наближених до нормальних. Графік 3 відповідає прогнозованому рівню оперативності, який може бути досягнутий за умови максимально можливого врахування всіх інформаційних ознак при удосконаленні СІЗ.

Обґрунтованість прийняття рішень при оцінці обстановки може бути охарактеризована повнотою представлення даних про обстановку, точністю і повнотою подання в ІМ інформаційних ознак з урахуванням їх важливості і

відповідно до етапів діяльності ОПРР. Для оцінки обґрунтованості прийняття рішень використовується показник виду:

$$R = 1 - \sum_{j=1}^4 \beta_j \cdot \sum_{i \in q_j} a_i, \quad (4)$$

де β_j – відносне середнє значення похибки, що вноситься у відображення обстановки внаслідок неточного (узагальненого) врахування чинників; a_i – вага важливості врахування в моделі обстановки i -ої інформаційної ознаки у відносних одиницях; q_j – множина інформаційних ознак, що враховуються в інформаційній моделі j -им способом узагальнення.

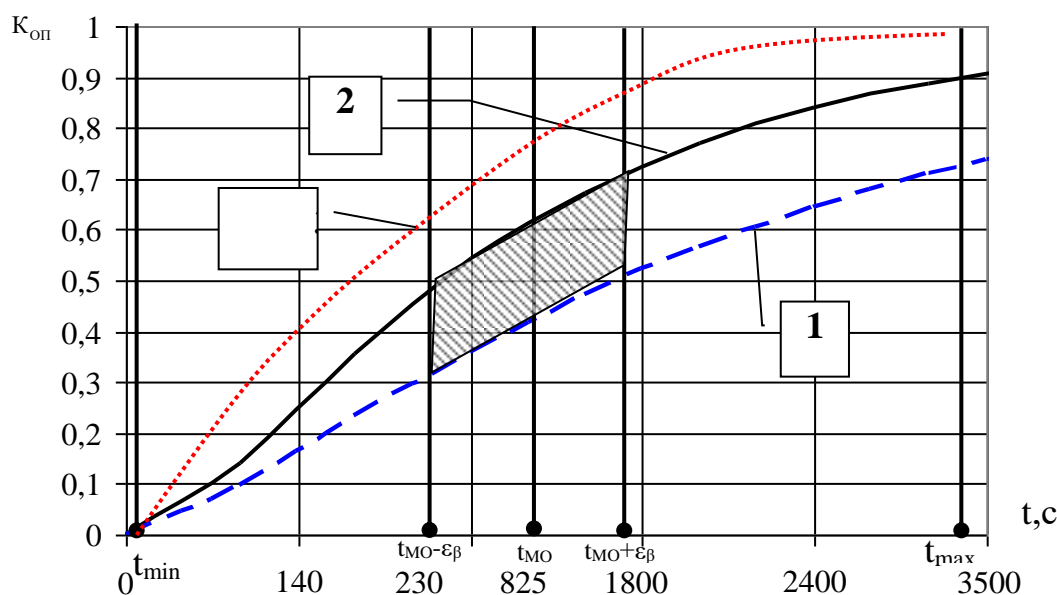


Рисунок 1- Графік залежності оперативності оцінки обстановки від витрат часу в різних умовах

З проведеного аналізу існуючої системи інформаційного забезпечення АС КІР визначено низку недоліків, що впливають на ефективність роботи ОПРР. До головних з них відносяться: значні часові витрати операторів на отримання додаткової інформації, що відображається в складі ІМ; негативний вплив на процес діяльності операторів інформаційних елементів з низькою інформативністю та таких, що не відповідають характеру діяльності оператора при оцінці обстановки; невідповідність способу відображення інформації в ІМ особливостям обробки інформації ОПРР; недостатній обсяг і склад даних ситуацій обстановки для відбору елементів і формування ІМ, а також низька ефективність управління параметрами відображення інформації на ЗВІ.

У другому розділі обґрунтовані основні напрямки дослідження. Проведено постановку завдання дослідження, наведено обґрунтування вибору напрямку та загальна методика проведення досліджень. У результаті отримано логічну структуру та зв'язок методів та моделей, запропонованих для розробки: метод синтезу проєкційної багаторівневої моделі діяльності операторів; метод проєктування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху;

метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки; метод синтезу інформаційних елементів та управління ними; модель оцінки оператора АС КПр.

У **третьому розділі** наведено метод розробки моделі діяльності операторів у процесі прийняття рішень щодо управління складними системами або об'єктами.

Так, на ранніх етапах проектування діяльності оператора доцільним є застосування математичних моделей та методів. За їх допомогою в загальному вигляді оцінюється місце ОПрР в системах людина-машина (СЛМ), розраховуються основні показники діяльності оператора, пред'являються вимоги до технічних пристроїв СЛМ. У міру деталізації проекту здійснюється більш повне дослідження діяльності оператора за допомогою імітаційної моделі. Для отримання деяких вихідних даних може проводитися лабораторний експеримент частинного характеру. На більш пізніх етапах проектування проводиться комплексне експериментальне лабораторне дослідження. В ході випробувань і експлуатації СЛМ ці дослідження можуть проводитися в ще більш повному обсязі. Детальніше розглянемо існуючі методи моделювання діяльності оператора (осіб, що приймають рішення) АС КПр.

Діяльність оператора в системі управління включає такі основні етапи: сприйняття інформації про об'єкти; переробку інформації; формування концептуальної моделі; аналіз концептуальної моделі; адаптацію і модифікацію концептуальної моделі; прийняття рішення про необхідні дії; виконавчі дії.

Час оцінки обстановки t_{OBO} залежить від часу пошуку інформації $t_{\text{ин}}$ та часу виконання допоміжних дій $t_{\text{в}}$:

$$t_{\text{OBO}} = t_{\text{ин}} + t_{\text{в}}. \quad (5)$$

Час інформаційного пошуку є складною функцією ряду аргументів:

$$t_{\text{ин}} = f(N, p_a, \text{ПФ}), \quad (6)$$

де N – обсяг інформаційного поля (загальне об'єктів); p_a – апіорна ймовірність успіху на 1-му кроці пошуку; $p_a = \frac{M}{N}$, де M – кількість об'єктів, що відшукуються та володіють заданими ознаками; ПФ – психологічні фактори, які залежать від організації засобів відображення і роботи ОПрР з ними (яскравість зображення B , контрастність K , кутові розміри поля Θ і знаків \mathcal{Z} , тактика пошуку T тощо).

Аргументи останньої групи можуть вважатися постійними для системи, яка розглядається. Відповідно необхідно визначити залежність часу $t_{\text{ин}}$ від таких аргументів:

$$t_{\text{ин}} = \phi(N, p_a) = \phi(N, M). \quad (7)$$

При обробці інформації, яка представлена на ЗВІ, час, який витрачається на одну фіксацію погляду на об'єкті, майже не залежить від того, цільовий чи фоновий об'єкт фіксується оком. Залежно від умов сприйняття час фіксації погляду складає $t_{\text{ф}} = 0,025, \dots, 0,65$ с і більше.

Досвід розробки моделей діяльності операторів дає підстави для формування удосконаленого підходу щодо моделювання діяльності оператора АС КПр.

Структурі діяльності оператора притаманна деяка невизначеність у

послідовності етапів переробки інформації та вироблення рішень. Тому структура діяльності оператора не може розглядатися як алгоритм його діяльності. Вона відображає тільки основні етапи, без визначення їх конкретної послідовності, та зазначає результати, які мають бути одержані після виконання кожного з них.

Виділення в діяльності оператора деяких відокремлених етапів (структурних елементів) дозволяє розділити його діяльність на "шари" або "площини", що відповідають особливостям діяльності оператора і характеризується певними операціями, що виконуються оператором.

Таким чином, операції діяльності можна поділити на операції, пов'язані зі сприйняттям інформації, взаємодією із КТЗ тощо. Тоді модель діяльності можна представити у вигляді площинної ієрархічної моделі, як це показано на рис. 2.

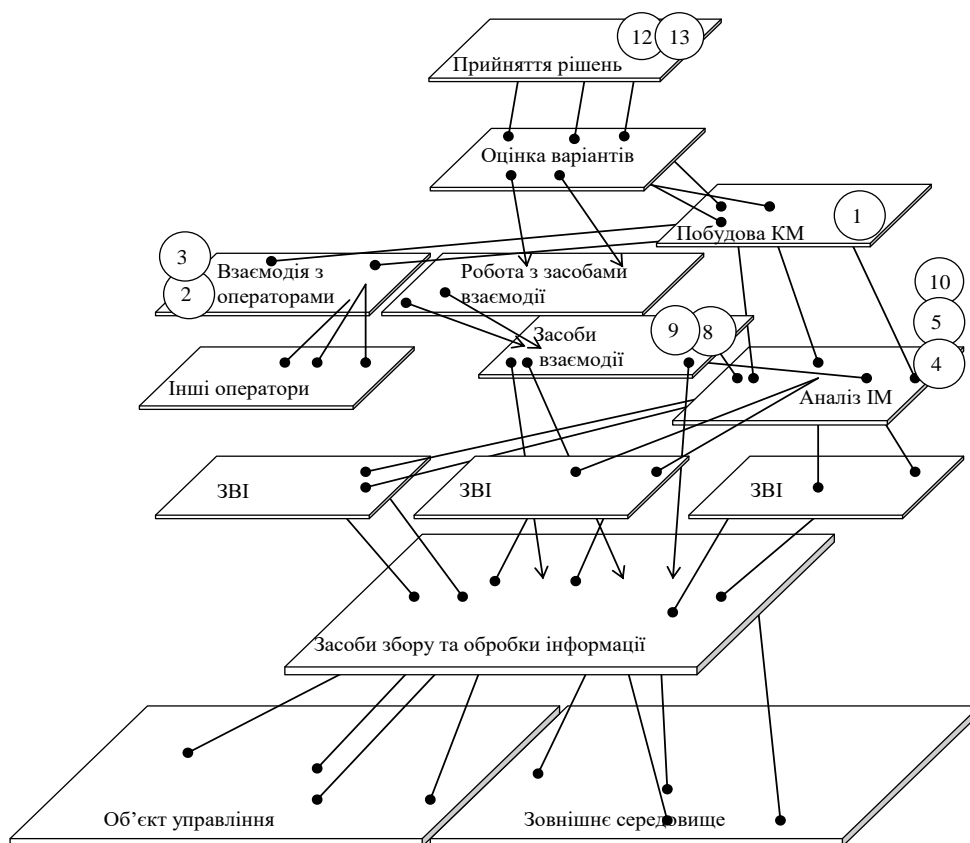


Рисунок 2 – Варіант площинної ієрархічної моделі діяльності оператора

Аналіз діяльності оператора з використанням площинної ієрархічної моделі дозволяє більш точно визначити структуру діяльності оператора, виділити основні матеріальні (об'єкти управління, засоби відображення інформації, елементи керування тощо), а також нематеріальні (інтелектуальні, вольові, емоційні) сторони діяльності оператора. При цьому основні однотипні дії оператора виділяються в рамках єдиної площини і можуть бути піддані вивченню самостійно і відособлено і при подальшому уточненні характеристик діяльності знову можуть включатися в розроблювану модель.

Для перевірки адекватності розробленої моделі проведений експеримент, в ході якого 72 випробовуваних вирішували завдання оцінки метеообстановки. Вирішення цього ж завдання було проведено з використанням розробленої моделі.

Результати проведеного експерименту наведені на рис. 3

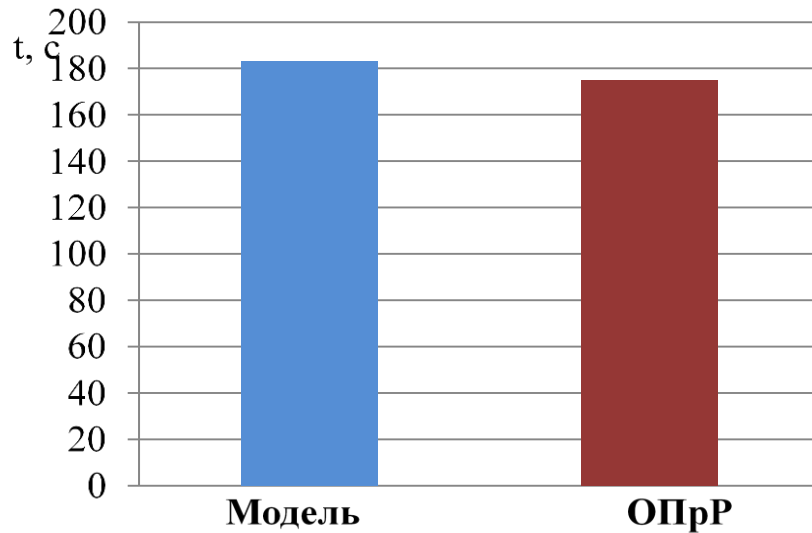


Рисунок 3 – Результати вирішення завдання ОПрР та розробленою моделлю

Таким чином, на підставі отриманих даних з'являється можливість подати структуру методу розробки моделі діяльності операторів у системі керування повітряним рухом в процесі прийняття рішень з управління складними системами або об'єктами (рис. 4).

Отриманий результат дозволяє стверджувати, що розроблена модель діяльності осіб, що приймають рішення, адекватна і може бути використана при проведенні досліджень і проектуванні інформаційного забезпечення прийняття рішень ОПрР.

У четвертому розділі наведено інтелектуальні моделі і методи ситуаційного аналізу обстановки для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КПр.

Підходи і методи вирішення завдань оцінки обстановки, незважаючи на зміну принципів побудови інформаційно-управляючих комплексів (ІУК) і використання нових інформаційних технологій, не змінилися. Не змінилися ні принципова структура системи інформаційного забезпечення оцінки обстановки, ні розподіл завдань, пов'язаних з оцінкою обстановки між ІУК і людиною-оператором.

Основною метою розпізнавання ситуацій, що склалися у повітряному просторі є побудова ефективних обчислювальних моделей і методів формалізованих описів ситуацій обстановки для віднесення їх до певних класів заданого алфавіту. При встановленні відповідності між класами, заданими на множині можливих рішень і множині розпізнаних СО, автоматизація процедур розпізнавання стає основним ключовим елементом підвищення рівня автоматизації прийняття рішень ОПрР в АС КПр.

До часткових завдань оцінки СО, які необхідно автоматизувати на новому якісному рівні з використанням сучасних досягнень в галузі інформаційних технологій (ІТ) та за допомогою розроблюваного апарату формалізації, належать: 1. Об'єднання різномірних даних, що надходять від джерел інформації. 2. Виявлення типу СО, що склалася, в межах зони відповідальності органу КПр. 3. Класифікація

СО в повітряному просторі за ступенем небезпеки. 4. Проведення розпізнавання ступеня небезпеки СО і отримання кількісних оцінок, які характеризують їх. 5. Виявлення додаткових інформаційних ознак з наявних даних.

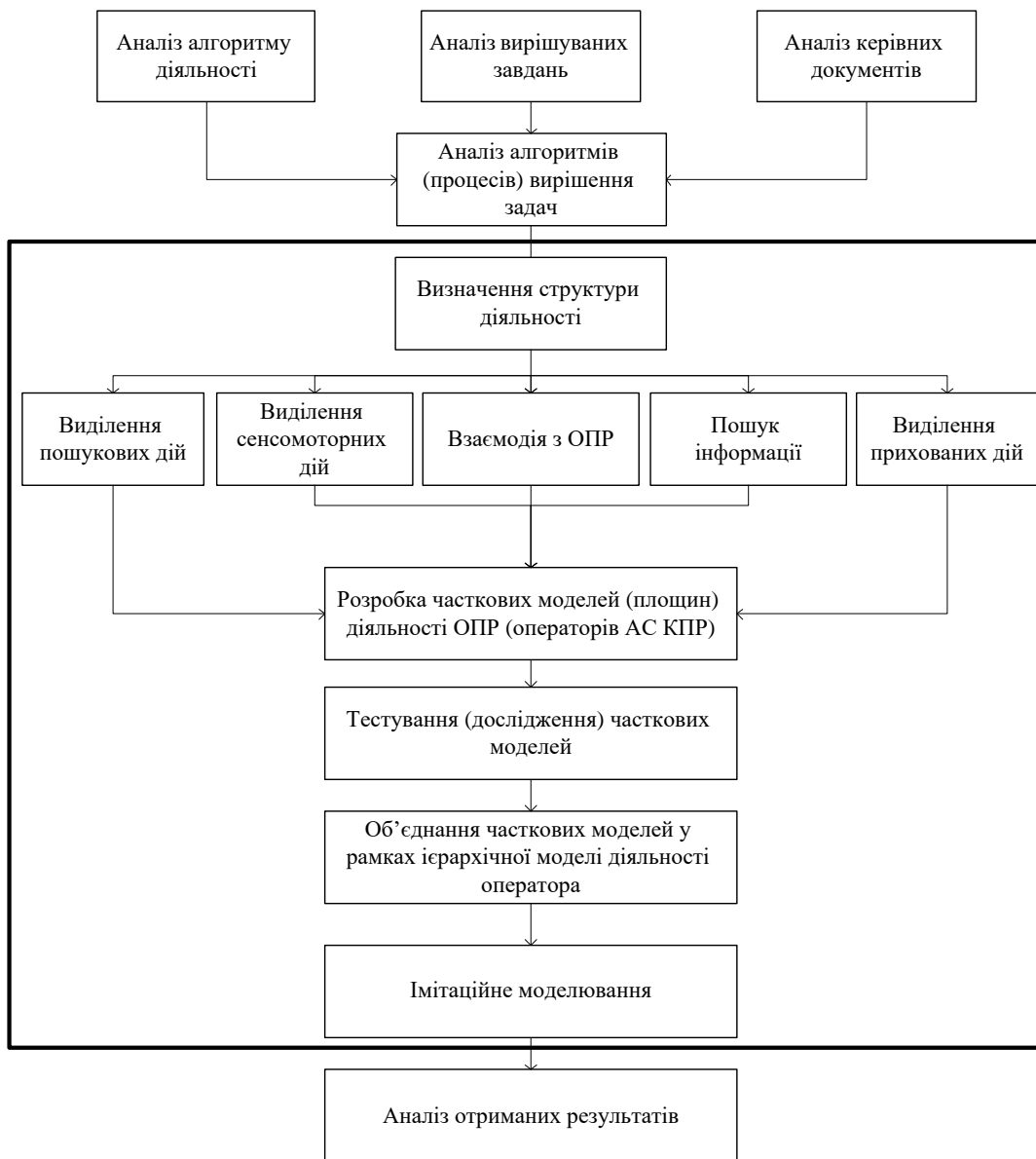


Рисунок 4 – Структура методу розробки моделі діяльності операторів пунктів керування повітряним рухом у процесі прийняття рішень з управління складними системами або об'єктами

Розробка апарату формалізованого подання знань про СО передбачає врахування логіко-аналітичного характеру завдань прийняття рішень ОПР та особливостей діяльності людини-оператора. Для ПО, що досліджується, найбільш доцільним є вибір комбінованих моделей формалізації знань, заснованих на використанні структури цільових настанов (СЦН) та обчислення предикатів (ОП) першого порядку. СЦН задається кортежем вигляду:

$$T_{\text{по}}^{\text{сцу}} = \langle W^{\text{сцу}}, M^{\text{сцу}} \rangle \quad (8)$$

де $T_{\text{по}}^{\text{сцу}}$ – формалізована теорія ПО, що побудована з використанням СЦН; $W^{\text{сцу}}$ –

множина цілей (станів) процесу управління; M^{chy} – множина відношень між елементами множини W^{chy} .

Формалізація відношень між поточними даними, які надходять від джерел інформації, і апріорними даними проведена з використанням положень і вимог керівних документів з організації та керування повітряним рухом.

Згідно з правилами використання повітряного простору над територією України складено логіко-лінгвістичні описи ситуацій руху повітряних об'єктів у межах зони відповідальності АС КПП.

Опис 1. Якщо повітряне судно рухається відповідно до поданих заявок на політ (згідно розкладу) з дотриманням встановлених порядку і правил використання повітряного простору, то дана ситуація характеризується як штатна (S_0).

Опис 2. Якщо повітряний об'єкт рухається без заявки на політ (поза розкладом) або порушує встановлений порядок (правила) використання повітряного простору, то дана ситуація характеризується як нештатна (S_1).

Для штатної (S_0) і позаштатної (S_1) ситуацій вони можуть бути представлені у такому вигляді:

$$\begin{aligned} & \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_k \right) \wedge \left(H_j^n \in \Delta H_3 \right) \wedge \left(V_j^n \in \Delta V_3 \right) \wedge \left(\psi_j^n \in \Delta \psi_3 \right) \wedge \left(t_j^n \in \Delta t_3 \right) \wedge \\ & \wedge \left(N_{zj} = N_{zпл} \right) \wedge \left(K_j = K_3 \right) \wedge \left(\text{ПрПСП}_j = 0 \right) \vee \left(\text{ПрПКС}_j = 0 \right) \vee \\ & \vee \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \vee \left(\text{ПрКС}_j = 0 \right) \Rightarrow S_0; \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \notin Z_k \right) \wedge \left(H_j^n \notin \Delta H_3 \right) \wedge \left(V_j^n \notin \Delta V_3 \right) \wedge \left(\psi_j^n \notin \Delta \psi_3 \right) \wedge \left(t_j^n \notin \Delta t_3 \right) \wedge \\ & \wedge \left(N_{zj} \neq N_{zпл} \right) \wedge \left(K_j \neq K_3 \right) \wedge \left(\text{ПрПСП}_j = 1 \right) \vee \left(\text{ПрПКС}_{i,j} = 1 \right) \vee \\ & \vee \left(\text{Пр}Z_3 = 1 \right) \vee \left(\text{ПрКС} = 1 \right) \Rightarrow S_1. \end{aligned} \quad (10)$$

Множина часткових випадків віднесення СО по j -му повітряному судну до класу нештатної ситуації може бути подана такою системою логічних виразів:

$$\begin{aligned} & \left(N_{zj} \neq N_{zпл} \right) \wedge \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_p \right) \wedge \left(\{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \in Z_T \wedge \left(\Gamma\Pi_j = 1 \right) \right) \wedge \\ & \wedge \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \Rightarrow S_{10-12}; \\ & \left(N_{zj} \neq N_{zпл} \right) \wedge \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_T \right) \wedge \left(\{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \in Z_{\Pi} \wedge \left(\Gamma\Pi_j = 1 \right) \right) \wedge \\ & \wedge \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \Rightarrow S_{13-15}; \\ & \left(N_{zj} = N_{zпл} \right) \wedge \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \notin Z_K \right) \wedge \left(H_j^n \in \Delta H_3 \right) \wedge \left(t_j^n \notin \Delta t_3 \right) \wedge \\ & \wedge \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \wedge \left(V_j^n \notin \Delta V_3 \right) \wedge \left(\psi_j^n \notin \Delta \psi_3 \right) \wedge \left(K_j \neq K_3 \right) \Rightarrow S_{16-17}. \end{aligned} \quad (11)$$

На підставі отриманих виразів з'являється можливість побудови СЦН для розпізнавання ситуацій обстановки для різних умов (рис. 5).

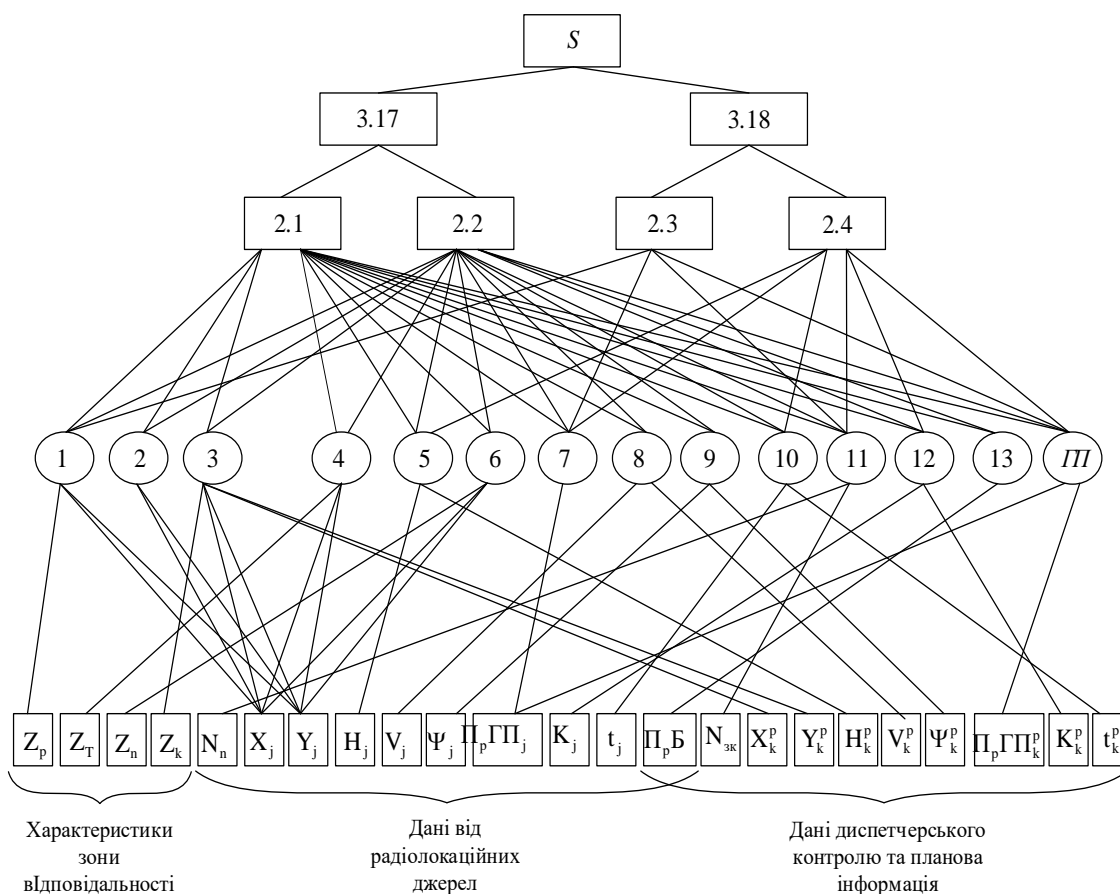


Рисунок 5 – СЦН для розпізнавання СО, що складається в зоні відповідальності АС КПП

Отримані співвідношення дозволяють формалізувати знання про процес оцінки ситуацій обстановки. У результаті можна отримати СЦН, що дозволяє вирішити завдання визначення конкретної СО, що відповідає поточному моменту часу.

Структуру запропонованого методу наведено на рис. 6

У п'ятому розділі наведено метод ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки в інтересах підтримки прийняття рішень операторами АС КПП.

Діяльність осіб, що приймають рішення, в диспетчерській службі керування повітряним рухом відбувається в умовах, які дуже часто характеризуються складністю та високою динамічністю зміни умов обстановки. Об'єкти управління мають нечітко визначені просторові та часові характеристики; чинники, які впливають на формування управлінських рішень, характеризуються неоднозначністю та розмитістю. Тому одним з найбільш важливих завдань функціональної діяльності операторів АС КПП є своєчасна та адекватна оцінка обстановки, що утворюється в зоні їх відповідальності.

Розв'язання завдань з оцінки обстановки залежить від якості системи інформаційного забезпечення діяльності ОПРР, а досягнення необхідних значень показників ефективності функціонування АС КПП неможливе без синтезу ІМ обстановки необхідної якості.

Підвищення повноти та оперативності подання інформації слід розглядати, як людино-машинну систему з визначеними цілями, що є адаптивною до змін умов

функціонування.

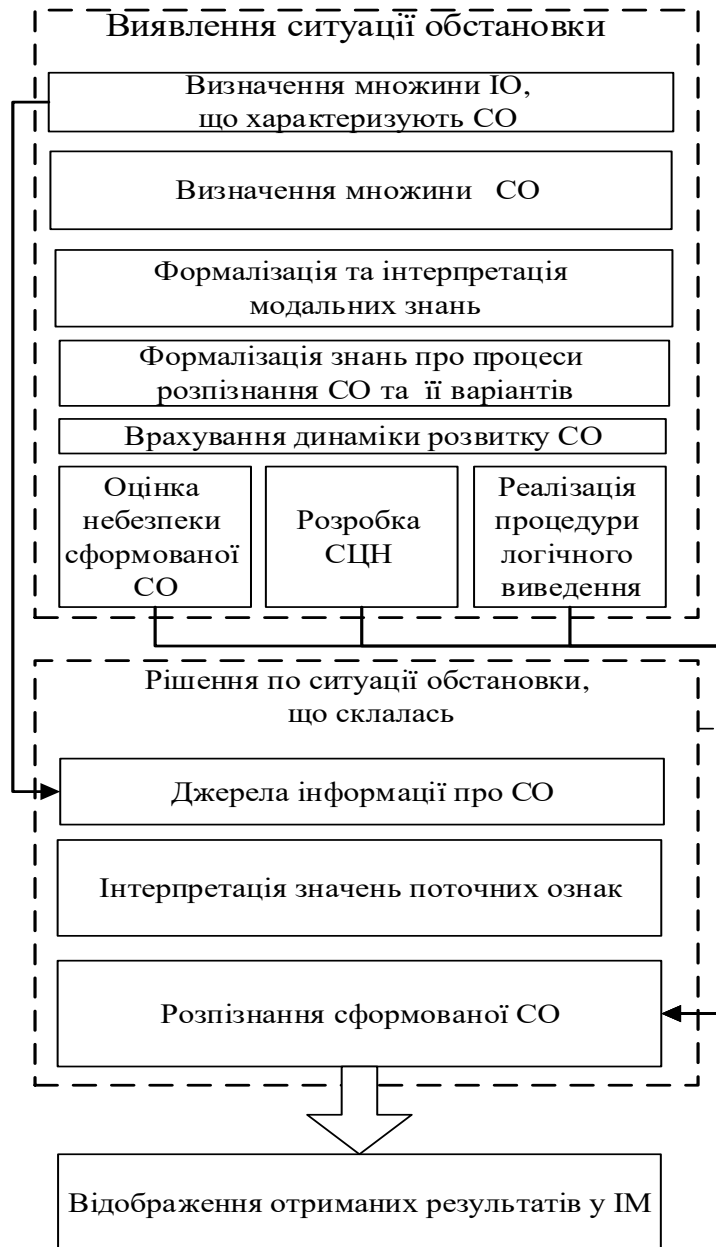


Рисунок 6 – Структура методу формалізації знань з ситуаційного аналізу обстановки для інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР в АС КПр

Невідповідність існуючої системи ІМ принципам наочності та оптимального кодування інформації для подання в ІМ потребує перегляду алфавіту для кодування та розробки нових форм подання інформації, в першу чергу, для таких понять як "напрямок польоту", "коридор", "ешелон" тощо, інформація про які в ІМ в явному виді не відображається.

Реалізація запропонованого методу ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки має виявити та задовольнити інформаційні потреби ОПР у процесі оцінки СО та покласти їх в основу методу синтезу інформаційної моделі, що є основою інформаційної підтримки прийняття рішень в АС КПр, особливо за умов невизначеності, складності та високої динаміки змін чинників, що впливають на прийняття управлінських рішень.

На рис. 7 наведено запропоновану структуру та послідовність етапів розробки методу проектування та синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень людиною-оператором в АС КПрР.

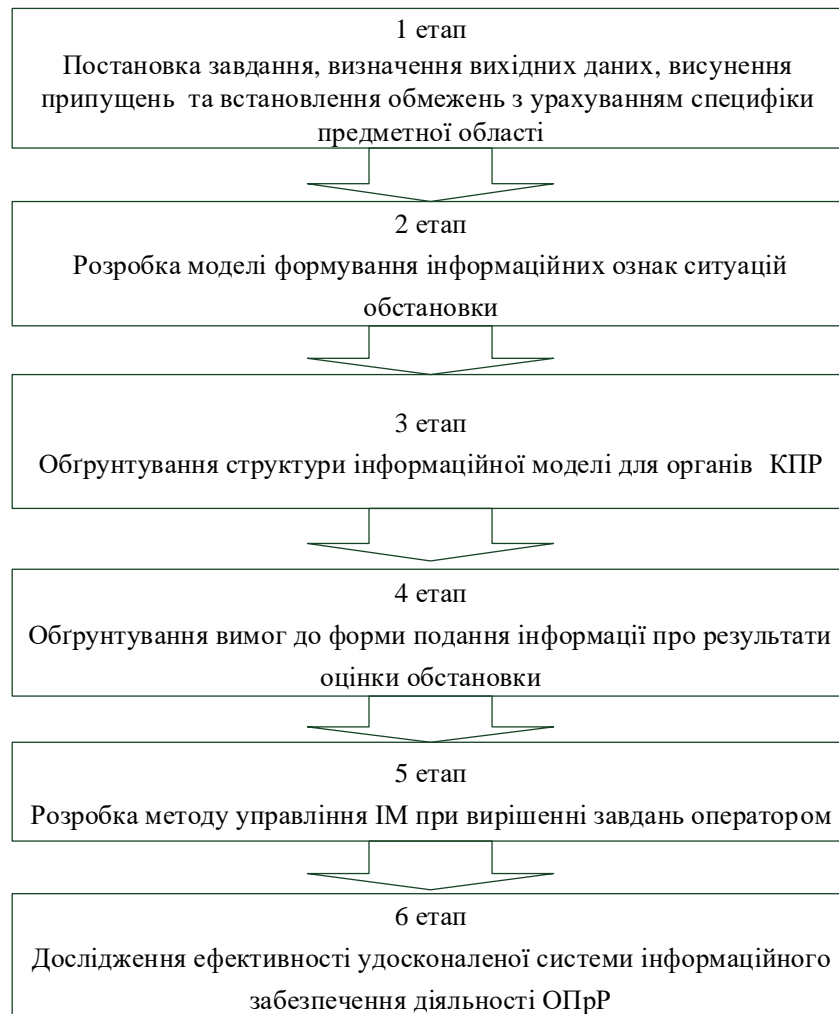


Рисунок 7 – Структура методу ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки для підтримки прийняття рішень в АС КПрР

Побудова ІМ починається з відбору об'єктів, подій, процесів, інформація про які повинна складати її зміст. Цей зміст має відображати специфіку завдань, що вирішуються ОПРР. Тому слід провести аналіз можливих станів СО, виділити інформаційні ознаки, що їх характеризують, і сформулювати ІО, що підлягають відображенню. Обстановка в зоні відповідальності органу КПрР характеризується множиною станів, кожному з яких притаманні цілком певні властивості. Інформація про властивості задається у вигляді відповідних інформаційних ознак ω_j ($j = (1, n)$). При цьому сукупності інформаційних ознак утворюють масиви:

$$\bigcup_j \omega_j = \Omega. \quad (12)$$

Рішення завдання розпізнавання ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу КПрР, розглянуті в четвертому розділі даної роботи. Отримані результати використовуються для вирішення завдання формування інформаційних ознак ситуацій обстановки.

Кожній ситуації C_i відповідає цілком визначена множина інформаційних ознак Ω , які отримують в результаті обробки вихідної інформації про обстановку, що складається. Множину Ω_i можна визначити таким чином:

$$\bigcup_i C_i = CO, \quad \bigcup_{\omega_j \in C_i} \omega_j = \Omega_i, \quad \Omega_i \in \Omega. \quad (13)$$

Всі ІО можна розділити на прямі і непрямі. Серед даних ІО можна виділити цілепокладаючі інформаційні ознаки ($\omega_j^{\text{ІП}}$), тобто ті, що характеризують найбільш суттєві властивості ситуації, за якими судять про її належність до певного класу і групи. Для кожної ситуації C_i можна виділити множину $\Omega_i^{\text{ІП}}$ інформаційних ознак $\omega_j^{\text{ІП}}$:

$$\bigcup_{\omega_j^{\text{ІП}} \in C_i} \omega_j^{\text{ІП}} = \Omega_i^{\text{ІП}}, \quad \Omega_i^{\text{ІП}} \in \Omega_i. \quad (14)$$

Для кожної з ситуацій C_i в масиві вихідних інформаційних ознак Ω є у наявності ситуаційно необхідні $\Omega_i^{\text{СН}}$ додаткові ІО, які характеризують C_i в деталях і відображають ті чи інші їх особливості. Для C_i можна виділити множину $\Omega_i^{\text{СН}}$ інформаційних ознак $\omega_j^{\text{СН}}$:

$$\bigcup_{\omega_j^{\text{СН}} \in C_i} \omega_j^{\text{СН}} = \Omega_i^{\text{СН}}, \quad \Omega_i^{\text{СН}} \in \Omega_i. \quad (15)$$

Для ефективного вирішення конкретних часткових завдань оцінки СО не завжди достатньо інформації, що є в наявності у вихідному масиві $\Omega_i^{\text{СН}}$. Тому при ергономічному проектуванні ІМ та їх фрагментів, окрім визначення масиву інформаційних ознак $\Omega_i^{\text{СН}}$, слід також визначити множину інформаційних ознак, яких не вистачає та які необхідно відібрати для вирішення відповідного завдання. Ці ознаки формуються на основі обробки вихідної інформації.

Такі інформаційні ознаки матимуть назву відбіркові та будуть позначені як $\omega_j^{\text{В}}$. Після цього з'являється можливість сформуванню відповідний масив відбіркових ознак $\Omega_i^{\text{В}}$:

$$\bigcup_{\omega_j^{\text{В}} \in C_i} \omega_j^{\text{В}} = \Omega_i^{\text{В}}, \quad \Omega_j^{\text{В}} \notin \Omega_i. \quad (16)$$

З урахуванням $\Omega_i^{\text{В}}$ і $\Omega_i^{\text{ІП}}$ вихідний масив інформаційних ознак Ω_i , які характеризують ситуацію C_i і призначені для формування її інформаційної моделі, перетворюється таким чином:

$$\Omega_i \cup \Omega_i^{\text{В}} = \Omega_i^{\text{ІП}} \cup \Omega_i^{\text{СН}} = \Omega_i. \quad (17)$$

Для формування ІМ оцінки СО необхідно враховувати перелік завдань, що вирішуються ОПР у кожній СО, яка складається в зоні відповідальності органу КТР.

Множина Z всіх завдань оцінки СО представляється як:

$$\bigcup_m z_m = Z. \quad (18)$$

Тоді множину завдань оцінки обстановки в різних ситуаціях k_n можна представити:

$$\bigcup_{z_m \in k_n} z_m = Z_n, \quad Z_n \in Z. \quad (19)$$

Проведений аналіз завдань оцінки обстановки дозволяє визначити множину Ψ необхідних ІО $\Psi_g^{z_m}$ для вирішення завдань z_m :

$$\bigcup_{\psi_g \in Z_m} \psi_g = \Psi_g^{z_m}, \quad \Psi_g^{z_m} \in \Psi. \quad (20)$$

Також слід обов'язково врахувати можливість виникнення такої ситуації, що $\Psi_g^{z_m}$ включатиме ІО з множин $\Omega_n^{\text{ЦП}}, \Omega_n^{\text{СН}}, \Omega_n^{\text{В}}$:

$$\Omega_n^{\text{ЦП}} \cup \Omega_n^{\text{СН}} \cup \Omega_n^{\text{В}} \rightarrow \Psi_g^{z_m}. \quad (21)$$

Це визначає необхідність пошуку (отримання) додаткової інформації при проектуванні ІМ.

Таким чином, можливо формальне завдання процедур відбору необхідних ІО для формування ІМ, що забезпечують інформаційну підтримку процесу вирішення завдань оцінки СО ОПРР. Послідовність етапів та процедур методу формування інформаційних ознак наведена на рис. 8.



Рисунок 8 – Метод формування інформаційних ознак інформаційної моделі ситуації обстановки

Отримані результати дозволяють представити структуру методу проектування і синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеної обстановки, яка динамічно змінюється, що представлено на рис. 9.

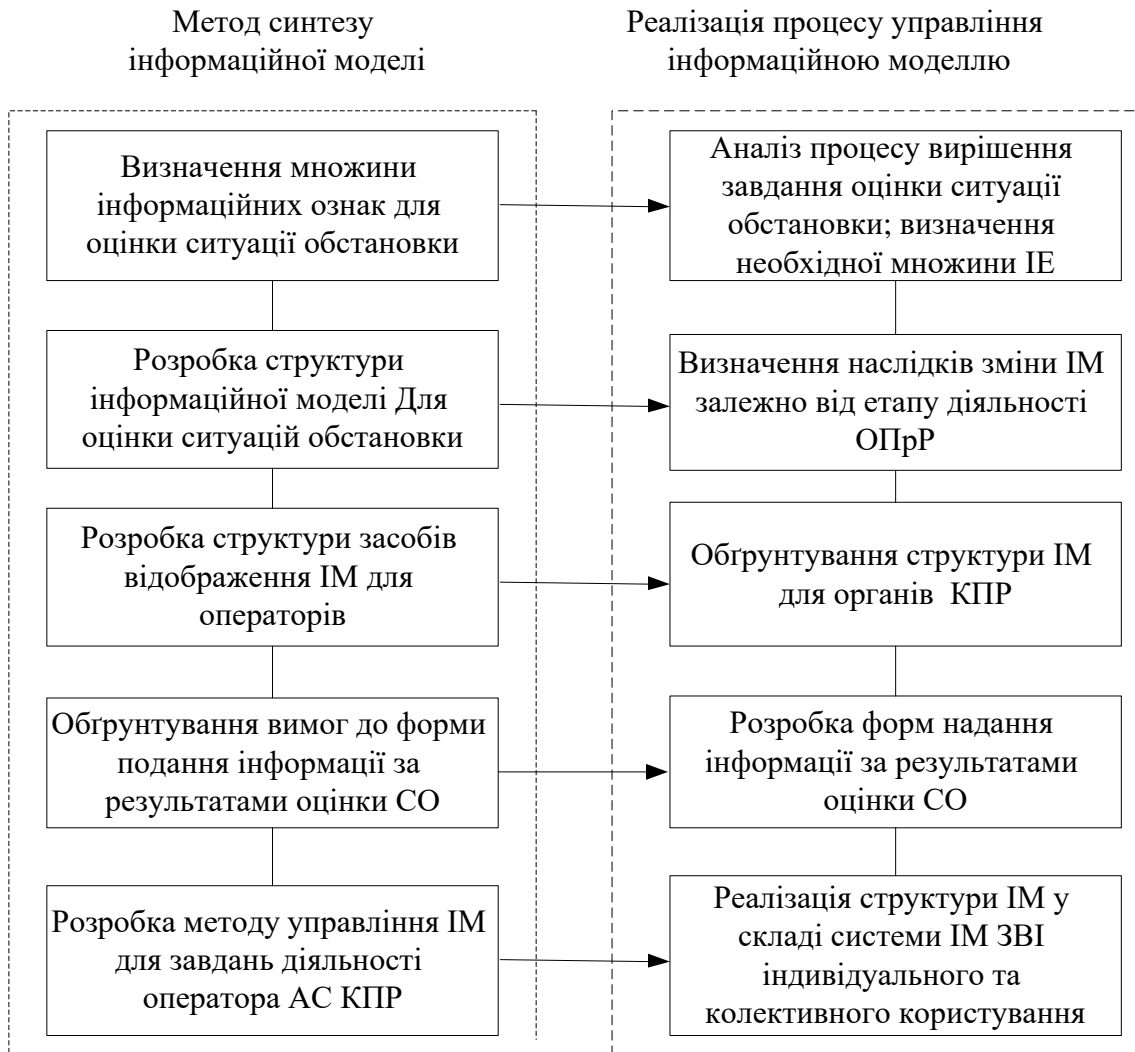


Рисунок 9 – Структура методу проектування і синтезу інформаційних моделей для інформаційної підтримки прийняття рішень з оцінки обстановки

У шостому розділі розроблено методи і процедури відбору операторів АС КПр під час використання інтелектуальних СППР.

Професійний відбір доцільно розглядати у вигляді інтегрованої області знань, що базується на базових положеннях психофізіології, математики, теорії управління, медицини, теорії прийняття рішень тощо. Психофізіологічний відбір враховує конкретні функціональні стани людини-оператора: ступінь його стомлюваності і працездатності, схильності до стресогенних факторів, здатності ефективно функціонувати в умовах ризику, цілодобового несення чергування, інформаційної невизначеності тощо. Відбору повинні піддаватися особи, які визнані за станом здоров'я придатними до підготовки або виконання обов'язків операторів АС КПр.

Застосування існуючих моделей фахівця обмежене в процесі професійного відбору. Досить добре математично описані моделі не розглядають фахівця

всебічно. Моделі, які розглядають особистість з усіх боків, складно формалізуються, що ускладнює процес професійного відбору та створення систем його автоматизованої підтримки. Використання існуючих моделей для побудови еталона фахівця не дозволяє провести декомпозицію властивостей і представляти моделі більш наочно. Комплексний підхід до оцінки профпридатності фахівця передбачає, з одного боку, вивчення тієї професії, на яку проводиться відбір, а, з іншого, психологічне вивчення особистості претендентів. Тому основою алгоритмів і процедури побудови еталону фахівця доцільно покласти метод двох портретів. Проведений аналіз особливостей професії дозволяє підійти до психологічного вивчення особистості людини-оператора АС КПрР.

Професіограма будь-якого фахівця може бути описана за допомогою сукупності кортежів, $\langle d_{q1}^1, d_{q2}^1, \dots, d_{q1}^1 \rangle$, $\langle d_{q1}^2, d_{q2}^2, \dots, d_{qu}^2 \rangle$, $\langle d_{q1}^3, d_{q2}^3, \dots, d_{qa}^3 \rangle$, $\langle b_{q1}, b_{q2}, \dots, b_{qk} \rangle$, $\langle t_{q1}, t_{q2}, \dots, t_{qn} \rangle$, $\langle s_{q1}, s_{q2}, \dots, s_{qm} \rangle$, $\langle v_{q1}, v_{q2}, \dots, v_{qr} \rangle$ або одним складовим кортежем

$$\left\langle d_{q1}^1, d_{q2}^1, \dots, d_{q1}^1, d_{q1}^2, d_{q2}^2, \dots, d_{qu}^2, d_{q1}^3, d_{q2}^3, \dots, d_{qa}^3, b_{q1}, b_{q2}, \dots, b_{qk}, t_{q1}, \right. \\ \left. t_{q2}, \dots, t_{qn}, s_{q1}, s_{q2}, \dots, s_{qm}, v_{q1}, v_{q2}, \dots, v_{qr} \right\rangle,$$

де $D_1 = \{d_{q1}^1, d_{q2}^1, \dots, d_{q1}^1\}$ – множина вимог, що пред'являються до фахівця в галузі знань; $D_2 = \{d_{q1}^2, d_{q2}^2, \dots, d_{qu}^2\}$ – множина вимог, що пред'являються до фахівця в області спеціальних знань; $D_3 = \{d_{q1}^3, d_{q2}^3, \dots, d_{qa}^3\}$ – множина вимог щодо інтелектуальних здібностей людини-оператора; $V = \{b_{q1}, b_{q2}, \dots, b_{qk}\}$ – множина психофізіологічних властивостей, що висуваються до ОПрР, для ефективного виконання заданих функцій; $T = \{t_{q1}, t_{q2}, \dots, t_{qn}\}$ – множина вимог, що пред'являються до людини-оператора в технічній підготовці; $S = \{s_{q1}, s_{q2}, \dots, s_{qm}\}$ – множина вимог, що пред'являються до людини-оператора, в області соціальних відносин; $V = \{v_{q1}, v_{q2}, \dots, v_{qr}\}$ – множина психологічних властивостей, якими повинен володіти фахівець для ефективного виконання заданих функцій.

З урахуванням зазначеного модель фахівця можна представити у вигляді такої ієрархічної структури (рис. 10).

Запропонована багаторівнева модель дає можливість провести декомпозицію властивостей фахівця за допомогою окремих характеристик.

А портрет фахівця для будь-якого фаху може бути описано так:

$\langle b_1, b_2, \dots, b_1 \rangle$ та $\langle c_1, c_2, \dots, c_1 \rangle$ – для рівня замовника;

$\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle$ та $\langle x_1, x_2, \dots, x_k \rangle$ – для рівня психолога;

де $V = \{b_1, b_2, \dots, b_1\}$ – множина властивостей, що описують психологічний портрет фахівця; $C = \{c_1, c_2, \dots, c_1\}$ – множина вагових коефіцієнтів властивостей; $X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$ – множина характеристик, що описують усю множину V ;

$X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$ – відповідні вагові коефіцієнти характеристик.

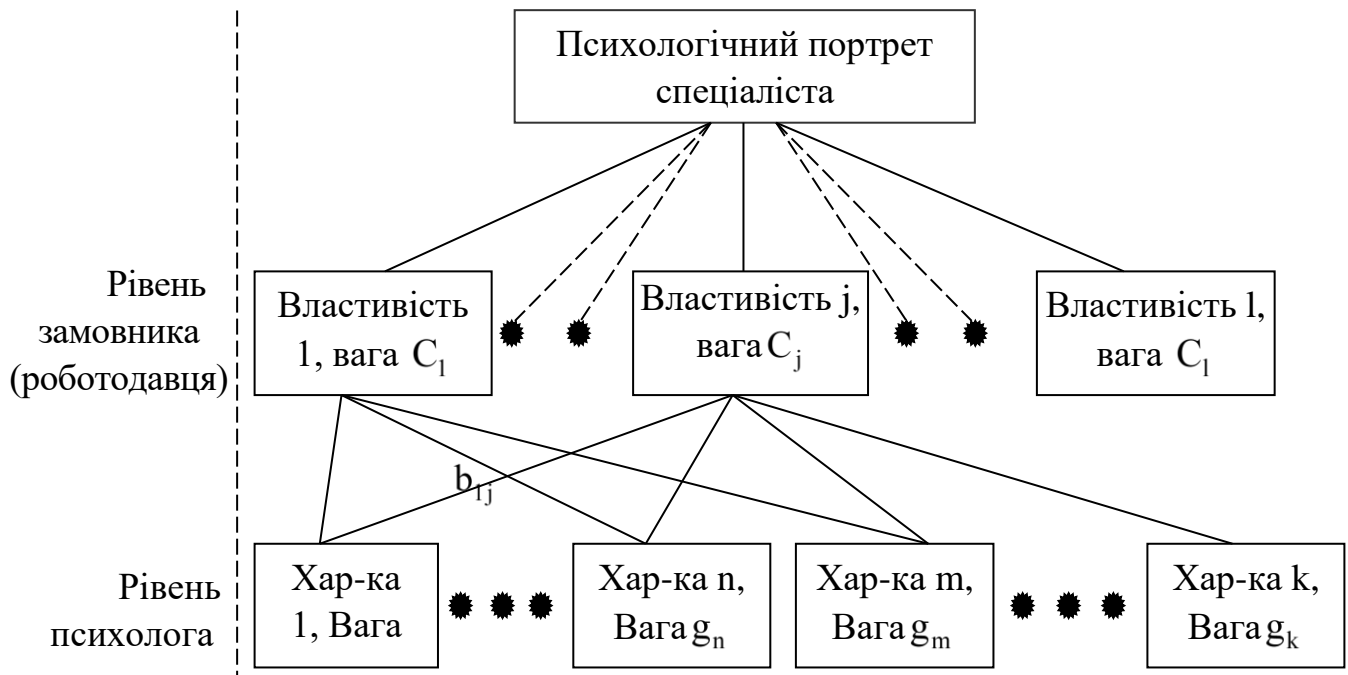


Рисунок 10 – Багаторівнева модель психологічного портрета спеціаліста

У загальному вигляді модель фахівця можна подати так:

$$СЦ = \langle V, C, X, G \rangle. \quad (22)$$

Наведена модель дозволяє наочно представляти психологічний портрет фахівця при роботі з експертами над побудовою еталонного портрета фахівця за допомогою методу експертних оцінок, а також дозволяє досить легко автоматизувати побудову еталона спеціальності.

При підготовці до діагностики особливу увагу слід звернути на підбір низки психодіагностичних методик. Саме вона є інструментом для отримання вихідних і узагальнених характеристик для групи, що обстежується. Для постановки ряду завдань оптимального вибору психодіагностичних методик необхідна формалізація подання про дані методики.

Нехай базова множина $\Omega = \bigcup_{i=1}^n \omega_i$ є множиною всіх можливих психологічних (психофізіологічних) властивостей, якими може володіти окремий індивідуум. Кожна з цих властивостей, в свою чергу, характеризується деякими кортежем окремих характеристик:

$$\omega_i \Rightarrow b_i = \langle b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ik_i} \rangle. \quad (23)$$

Нехай $V = \bigcup_{i=1}^n b_i$ – множина всіх можливих психологічних характеристик, елементами якої є окремі компоненти вищевказаних кортежів. Позначимо ці

компоненти (часткові характеристики) через c_j . Тоді виконується співвідношення

$$V = \bigcup_{j=1}^N c_j, \text{ де } N - \text{ загальна кількість різних характеристик.}$$

Для перевірки ступеня прояву кожної з психологічних характеристик є можливим використання різних психодіагностичних методик, що дозволяють з певною мірою точності визначити ступінь їх вираженості у індивідуума.

При розгляді питання використані такі позначення:

T^{c_j} – множина психодіагностичних методик, які можуть перевіряти ступінь прояву характеристики c_j ; T^{b_i} – множина психодіагностичних методик, які можуть перевіряти ступінь прояву властивості; $T_C = \bigcup_{j=1}^N T^{c_j}$ – множина всіх можливих психодіагностичних методик, які можуть перевіряти окремі характеристики; $T_b = \bigcup_{i=1}^n T^{b_i}$ – множина всіх можливих методик, які можуть перевіряти окремі властивості.

Зроблено припущення, що існує деяка психодіагностична методика t . Як $C_t = \{c_{t1}, c_{t2}, \dots, c_{tk_t}\}$ позначається множина характеристик, а як $B_t = \{b_{t1}, b_{t2}, \dots, b_{tn_t}\}$ – множина властивостей, які можуть бути перевірені за допомогою даної методики. Тоді психодіагностична методика повністю описується або двома окремими кортежами виду $\langle c_{t1}, c_{t2}, \dots, c_{tk_t} \rangle$ і $\langle b_{t1}, b_{t2}, \dots, b_{tn_t} \rangle$, або одним загальним кортежем $\langle c_{t1}, c_{t2}, \dots, c_{tk_t}, b_{t1}, b_{t2}, \dots, b_{tn_t} \rangle$, де k_t – кількість характеристик, які можуть бути перевірені за допомогою методики t , а n_t – кількість властивостей, які можуть бути перевірені за допомогою психодіагностичної методики t .

Для оцінки якості психодіагностичної методики введемо ще одну характеристику. Вона визначає ймовірність точного визначення за допомогою методики тієї чи іншої властивості або сукупності властивостей. При цьому нова характеристика є постійною і розраховується як функція, що залежить від коефіцієнтів валідності і надійності

$$p = V \times N, \quad (24)$$

де V – коефіцієнт прогностичної або поточної валідності; N – коефіцієнт надійності даної методики. Вибір виду коефіцієнта валідності визначається з урахуванням мети професійного відбору.

Тоді узагальнена структурна модель психодіагностичної методики набуває такого вигляду:

$$M_t = \langle C_t, B_t, N_t, V_{c_t}, V_{b_t}, R_t \rangle, \quad (25)$$

де $C_t = \{c_{t1}, c_{t2}, \dots, c_{tk_t}\}$ – множина характеристик, які можуть бути перевірені за допомогою даної психодіагностичної методики t ; k_t – кількість характеристик, які можуть бути перевірені за допомогою психодіагностичної методики t ;

$B_t = \{b_{t1}, b_{t2}, \dots, b_{tn_t}\}$ – множина властивостей, які можуть бути перевірені за допомогою даної методики; n_t – кількість властивостей, які можуть бути перевірені за допомогою психодіагностичної методики t ; $\bar{V}_{c_t} = (V(c_{t1}), V(c_{t2}), \dots, V(c_{tk_t}))$ – вектор коефіцієнтів валідності за кожною з характеристик, що перевіряється за допомогою психодіагностичної методики t ; $\bar{V}_{B_t} = (V(b_{t1}), V(b_{t2}), \dots, V(b_{tn_t}))$ – вектор коефіцієнтів валідності за кожною з властивостей, що перевіряється за допомогою психодіагностичної методики; N_t – коефіцієнт надійності психодіагностичної методики t ; $R_t = (r_1(t), r_2(t), \dots, r_k(t))$ – вектор ресурсів, необхідних для проведення психодіагностичної методики t .

Нехай для складання деякого психологічного портрета A необхідно знати деякий набір психологічних властивостей $B(A)$, що залежать, у свою чергу, від комплексу характеристик $C(A)$. Послідовність відповідей $A \rightarrow B(A) \rightarrow C(A)$ визначається на основі сучасних психологічних знань. При цьому на основі знань про одні й ті ж самі характеристики можуть бути отримані оцінки різних властивостей з урахуванням різного ступеня значимості характеристик, що входять у ці властивості. Це свідчить про те, що відображення $A \rightarrow B(A) \rightarrow C(A)$ не є взаємно однозначними.

Сформулюємо завдання безумовної оптимізації

$$\min_{\bar{t}, C(A) \subset C_t} r_i(\bar{t}) \text{ для різних } i = 1, 2, \dots, k, \quad (26)$$

і умовної оптимізації вибору низки психодіагностичних методик

$$\min_{\bar{t}, C(A) \subset C_t} r_i(\bar{t}) : r_1(\bar{t}) \leq r_1, \dots, r_k(\bar{t}) \leq r_k, \text{ для різних } i = 1, 2, \dots, k. \quad (27)$$

Розроблені моделі і сформульовані оптимізаційні завдання є основою для розробки алгоритмів і процедури вибору психодіагностичних методик для перевірки ступеня вираженості психологічних або психофізіологічних властивостей фахівця.

У результаті складено узагальнений алгоритм вибору психодіагностичної методики для перевірки ступеня вираженості конкретної властивості X_i (рис. 11).

У цьому розділі проведена оцінка ефективності розроблених методів ситуаційного аналізу повітряної обстановки операторами АС КІР.

Інформаційна технологія з урахуванням особливостей розглянутої предметної області має на меті забезпечити підтримку функціонування інформаційно-управляючої системи, що є однією з головних складових АС КІР. При цьому має бути враховано особливості побудови як організаційної та функціональної структури системи ОПР в цілому, так і особливості реалізації математичних, програмних, технічних та інформаційних засобів в АСУ.

Подальшим етапом на основі розроблених інтелектуальних моделей та методів ситуаційного аналізу обстановки в центрах обслуговування повітряного руху передбачається розробка структури прикладної ІТ, що дозволить здійснити її реалізацію в АС КІР. Пропонується така реалізація варіанту інформаційної технології підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної

обстановки (рис. 12).

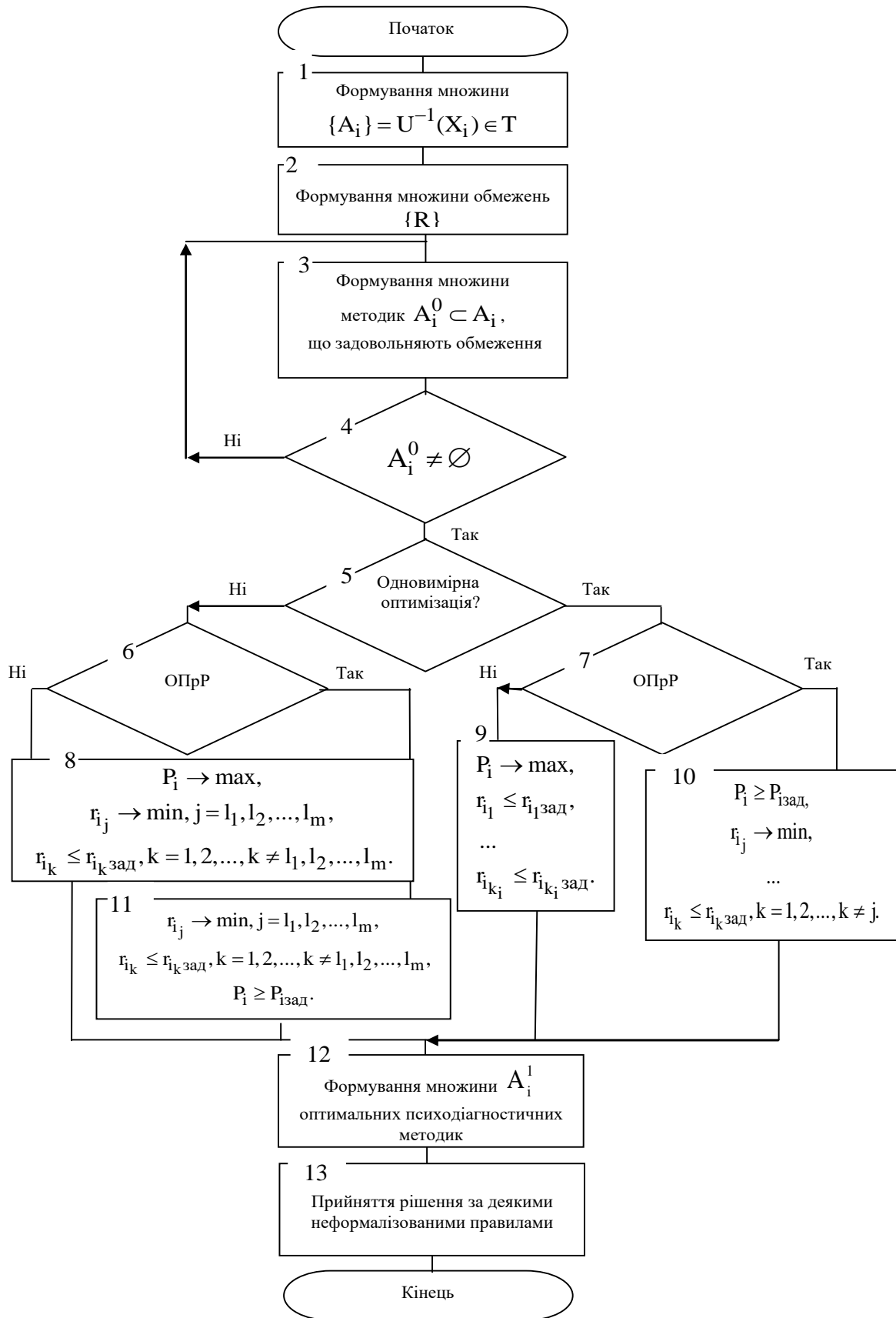


Рисунок 11 – Блок-схема алгоритму вибору діагностичної методики для властивості

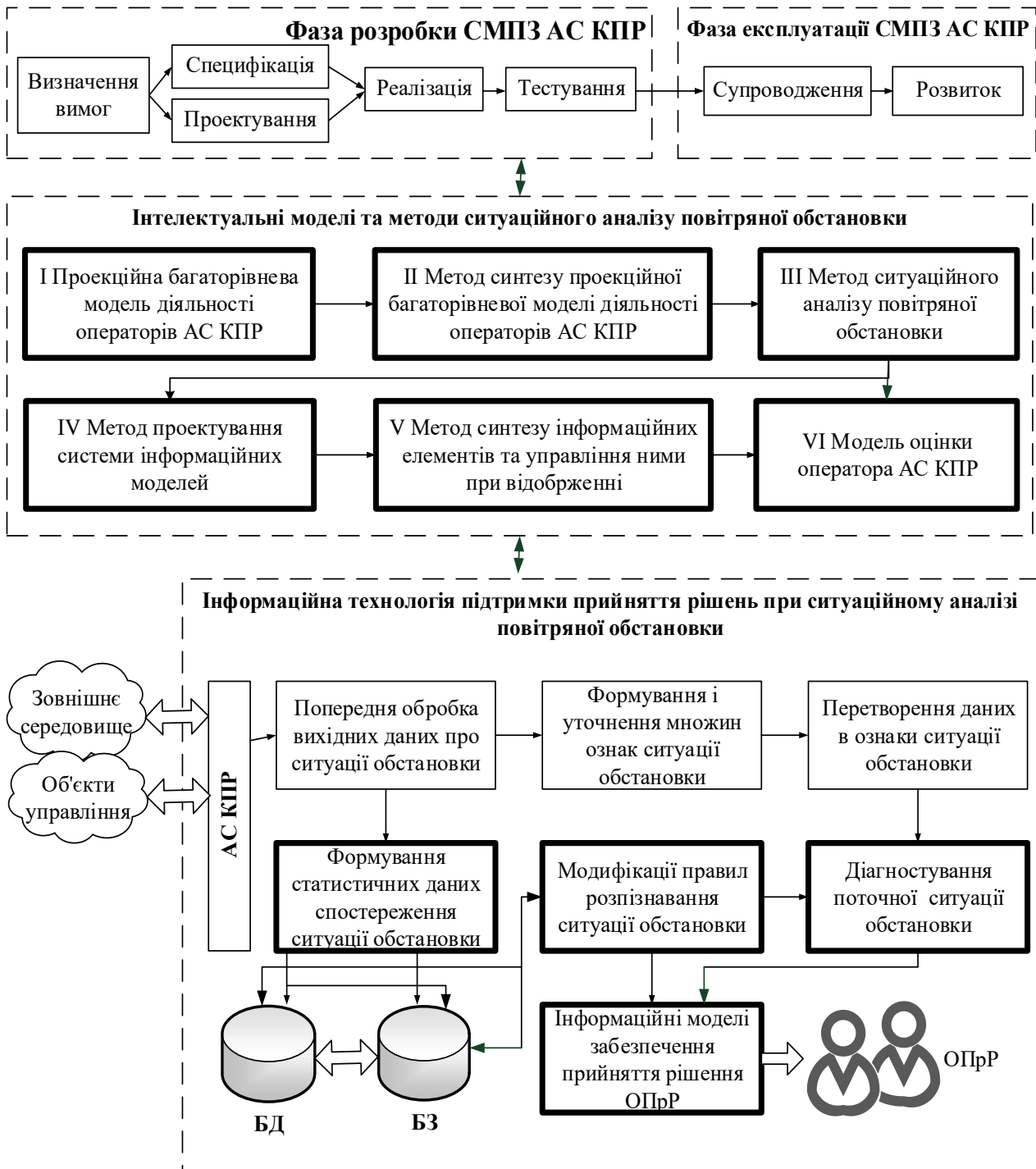


Рисунок 12 – Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки

Оцінимо ефективність діяльності ОПР в умовах запропонованих змін у системі інформаційного забезпечення.

Досліджено показники розв'язання найбільш типових трьох завдань з оцінки ситуацій обстановки особами, що приймають рішення в центрах ОПР. Отримані значення показників наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Кількісні значення проведеного експерименту по рішенню завдань оцінки обстановки

Завдання з оцінки обстановки	Час рішення завдання при використанні	
	існуючої СІЗ $\bar{t}_{\text{спр}}, \text{с}$	запропонованої СІЗ $\bar{t}_{\text{спр}}, \text{с}$
Визначення кількості ПС в районі відповідальності центру ОПр	45,47	21,38
Оцінка параметрів траєкторій польоту ПС	81,54	32,87
Визначення характеристик ситуацій обстановки	283,46	116,78

На графіках (рис. 13) наведено значення коефіцієнту оперативності оцінки обстановки при використанні існуючих методів (крива 1) з аналізу значень, якої зрозуміло, що вона не дозволяє досягти потрібної оперативності (крива 3). Аналіз значення коефіцієнту оперативності оцінки обстановки при використанні розроблених методів (крива 2) свідчить про можливість досягнення і перевищення значень потрібної оперативності.

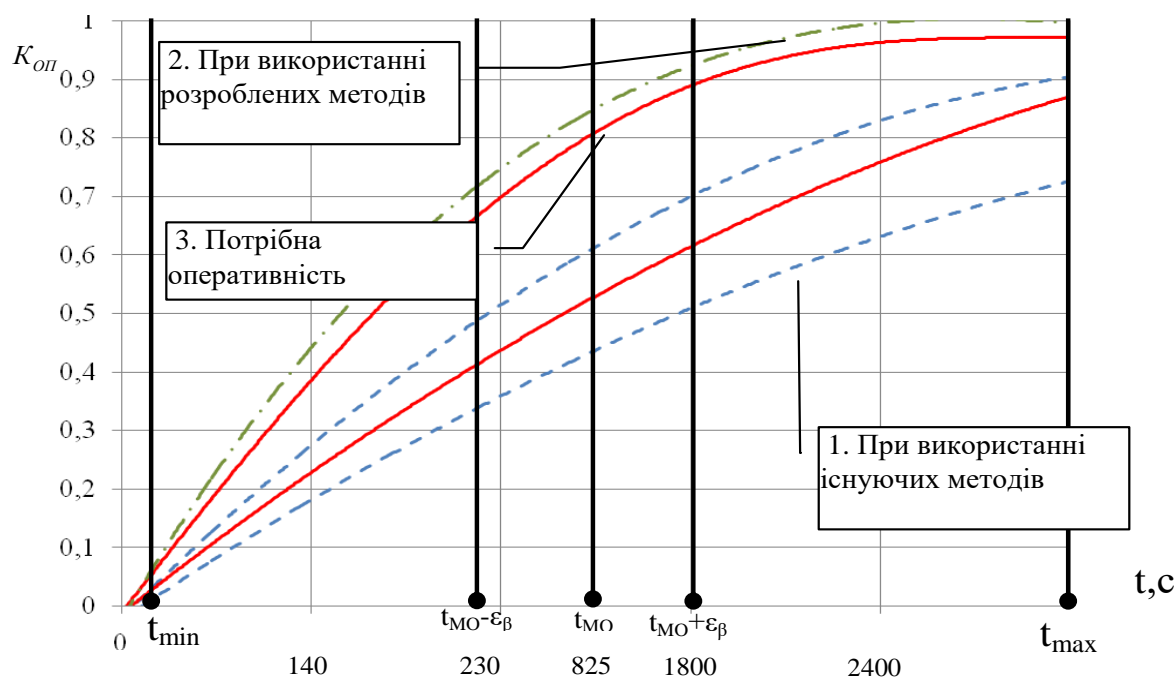


Рисунок 13 – Оперативність оцінки обстановки при використанні розроблених методів

Значення показника оперативності $K_{оп}$ оцінки обстановки ОПрР за час $I_\beta = (8,56; 14,51)$ на основі існуючих методів визначено в розділі 1 (рис. 1.7). При використанні запропонованих методів $K_{оп} = (0,41; 0,72) \dots (0,69; 0,92)$; для $\tau = t_{MO}$ становить $K_{оп} = 0,53 \dots 0,84$.

Для оцінки ступеня обґрунтованості прийняття рішень з оцінки обстановки операторами АС КІР отримано значення показників, наведених на рис. 14.

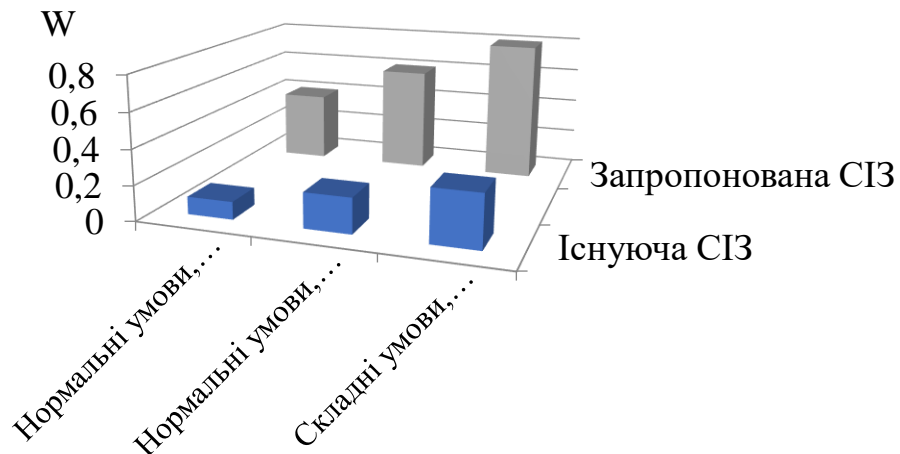


Рисунок 14 – Значення показника ступеня обґрунтованості прийняття рішень залежно від складності умов ситуації обстановки та інтенсивності польотів в районі відповідальності центру обслуговування повітряного руху

Результати порівняльного аналізу свідчать про збільшення узагальненого показника ефективності інформаційної моделі з 0,05 до 0,29 для нормальних умов та низької інтенсивності польотів та з 0,25 до 0,78 для складних умови та великої інтенсивності польотів.

Таким чином, запропоновані в роботі методи дозволили збільшити ступінь очікуваної повноти інформації для відображення у відповідній ІМ, що використовується для підготовки прийняття рішення з оцінки ситуації обстановки, яка складається в поточний час.

ВИСНОВКИ

1. Обстановка в зоні відповідальності центрів ОПР характеризується напруженістю, динамічністю, певним ступенем невизначеності і необхідністю врахування великої кількості факторів при прийнятті рішень на управління повітряними суднами та іншими об'єктами управління для забезпечення нормативних вимог щодо функціонування центрів ОПР.

Для вирішення завдань оцінки ситуацій обстановки залучається велика кількість диспетчерів і витрачається до 41% часу на прийняття рішень. Відповідно, знижується ймовірність прийняття своєчасних рішень.

2. Процес вирішення низки завдань оцінки ситуацій обстановки не автоматизований. Це вимагає від ОПРР запам'ятовування великого обсягу інформації і підвищує інформаційне навантаження на операторів. Крім того, оперативність вирішення завдань оцінки СО знижується за рахунок значних витрат часу на уточнення даних, пошук необхідної додаткової інформації та введення її в АРМ.

Оператори АС КПП вирішують проблему шляхом неавтоматизованої обробки інформації про параметри, що характеризують ситуацію обстановки та стан об'єктів управління. Це призводить до великих витрат часу, суттєвих затримок і виникнення помилок в оцінці інформації, що в підсумку сприяє прийняттю невірних управлінських рішень.

3. У процесі управління інформаційною моделлю отримана інформація відображається згідно заздалегідь визначених програм, що знижує її інформативність і не відповідає умовам ситуації обстановки, що склалася.

Оперативність вирішення завдань оцінки СО може бути підвищена на 15-25% за рахунок зниження часу на відображення необхідної інформації. Забезпечення необхідної оперативності прийняття рішень з оцінки СО особою, що приймає рішення, досягається розробкою наступних методів:

- моделювання діяльності ОПР з модифікації системи інформаційного забезпечення;

- формалізації знань про процеси оцінки ситуацій повітряної обстановки;

- оцінки дій повітряних суден з урахуванням сучасних загроз і викликів;

- синтезу ІМ відповідно визначеної СО і етапів її оцінки;

- відбору та підготовки операторів АС КПП з урахуванням особливостей їх діяльності;

- структурування ІМ, що відповідає етапам оцінки ситуацій обстановки і формам подання інформації відповідно до особливостей обробки інформації операторами в АС КПП.

4. Інформаційне забезпечення діяльності оператора при оцінці обстановки характеризується низкою недоліків:

- недостатньо повне врахування специфіки діяльності оператора при проектуванні системи інформаційних моделей, у тому числі і АРМ;

- відсутність узгодження ергономічних властивостей інформаційних моделей з властивостями оператора;

- недостатня автоматизація процесів управління відображенням інформації;

- застарілі інформаційні технології.

5. Як основний показник при оцінці діяльності оператора прийнято ймовірність правильного вирішення завдань управління за заданий час.

6. Вперше розроблена проекційна багаторівнева модель діяльності операторів, що враховує особливості їх когнітивної поведінки в процесі зміни умов управління повітряними суднами.

7. Одержав подальший розвиток метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який відрізняється від відомих доповненням автоматного підходу до побудови подібних моделей когнітивними аспектами процесів обробки інформації при прийнятті рішень операторами, що дозволяє підвищити описові можливості моделі.

Запропонований метод побудови моделі діяльності оператора може бути використаний при:

- забезпеченні проектування складних АСУ з використанням методу поетапного моделювання, обґрунтуванні вимог до комплексу засобів автоматизації,

складу та структури підсистеми інформаційного забезпечення;

- оптимізації режимів роботи операторів і розробці рекомендацій щодо вдосконалення існуючих систем управління ергатичного типу, а також отриманні порівняльних оцінок ефективності діяльності оператора при використанні різних типів і конфігурацій засобів взаємодії;

- обґрунтуванні вимог до оператора;

- забезпеченні тренувань операторів у період розробки комплексів і систем або при модернізації існуючих комплексів і систем.

8. Одержав подальший розвиток метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки, що відрізняється від відомих формалізацією процесів нечіткою комбінованою моделлю знань, що дозволяє підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів.

Метод дозволяє враховувати:

- різнорідність, неточність і неповноту вихідної інформації про повітряну обстановку;

- задані часові рамки вирішення завдань;

- використання якісних оцінок особами, що приймають рішення;

- подання і інтерпретацію модальних знань про оцінку СО.

9. У системі інформаційного забезпечення центрів ОПР не повною мірою враховані основні принципи розробки ІМ. Результатом цього є значні витрати часу на пошук необхідної інформації в ІМ та її подальше декодування.

10. Визначено інформаційні потреби ОПР у процесі оцінки ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу керування ПР, та які покладено в основу розробки методу синтезу ІМ. Він забезпечує інформаційну підтримку процесу прийняття рішень в умовах динамічних змін та недостатньої визначеності повітряної обстановки.

11. Розроблено структуру пристроїв відображення інформації індивідуального користування, що відповідає інтелектуальній вирішальній діяльності особи, яка приймає рішення.

12. Вперше запропоновано метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, який базується на удосконаленій функціональній мережевій моделі, що дозволяє підвищити адекватність відображення повітряної обстановки.

13. Обґрунтовано функціональну ієрархічну структуру подання інформаційних ознак, адекватну етапам прийняття рішень в центрах ОПР, що найбільш повно відповідає діяльності ОПР при вирішенні даних завдань і забезпечує високі адаптивні властивості розробленої ІМ до динаміки змін обстановки.

14. Вперше запропоновано інтелектуальний метод управління ІМ, заснований на використанні функціональної мережевої моделі, що дозволило забезпечити відображення інформації, відповідної до поточної ситуації, а також завданням, які вирішуються оператором та особливостям обробки інформації оператором.

Обґрунтовано і розроблено форми подання інформації про результати вирішення завдань розпізнавання, які відповідають оперативному способу мислення

і підтримують вирішальний характер діяльності ОПРР при оцінці СО.

15. Запропонована модель психологічного портрета оператора, що представлена у вигляді ієрархічної структури, верхній рівень якої відображає бачення замовника і містить необхідні властивості і їх коефіцієнти значущості, а нижній є сукупністю характеристик, що впливають на відповідні властивості й вагові значення. Новизна моделі полягає у комплексуванні точок зору на еталон фахівця як з боку замовника, так і з боку психологів. При цьому значимість елементів верхнього рівня виходить від експертів (замовників) для кожного портрета, в той час як ваги взаємозв'язків характеристик і певної якості є постійними, і можуть бути отримані від експертів-психологів заздалегідь. Комплексна оцінка ваг (значущості) отримана за допомогою методу аналізу ієрархії з урахуванням значущості (ваг) експертів.

Розроблено узагальнений алгоритм процесу професійного відбору, що дозволяє його структурувати, і проведено детальний опис алгоритмів виконання його основних стадій.

16. Розроблено узагальнену модель психодіагностичної методики і структурну модель низки психодіагностичних методик, що відрізняються від відомих формалізованим поданням і урахуванням вектору ресурсів, необхідних для реалізації методики. Запропонований підхід дозволив вперше сформулювати завдання вибору низки психодіагностичних методик як задачу оптимізації. Розроблений комплекс алгоритмів дозволив формалізувати всі етапи вибору оптимальної низки методик діагностики.

17. Запропоновано структуру спеціального програмного забезпечення АРМ, що дозволяє реалізувати розроблені алгоритми для автоматизованої оцінки ситуацій обстановки і відображення отриманої інформації.

18. Використання для подання інформації інтуїтивно зрозумілих структурних елементів ситуацій обстановки не призводить до зміни порядку проведення її оцінки, а також складу і зміни органів управління АРМ.

19. Використання засобів автоматизації при оцінці СО зменшує витрати часу на роботу з виклику додаткової інформації і введення команд з модифікації ІМ в ЕОМ. Це дозволяє підвищити оперативність оцінки СО на 12-23%.

20. Синтез нової ІМ дозволив підвищити ступінь її повноти на 15-21% і відповідність інформації етапам оцінки СО, що найбільш точно відповідає характеру функціональної діяльності ОПРР при прийнятті рішень з оцінки СО за рахунок збільшення кількості врахованих чинників і розробки форм їх подання, що відповідають характеру діяльності ОПРР.

Таким чином, сукупність отриманих в дисертації нових наукових результатів і оцінка ефективності їх використання дозволяють вважати сформульовану наукову проблему підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, за рахунок вдосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень – вирішеною, а поставлену мету – підвищення оперативності, обґрунтованості та повноти врахування факторів прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в центрах обслуговування повітряного руху – досягнутою.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Дмитриев О. Н. Особенности математического моделирования процессов организации движения беспилотных летательных аппаратов. *Зв'язок*. Київ, 2015. № 6(118). – С. 42–45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zvjazok_2015_6_17.
2. Павленко М. А., Шило С. Г., Дмитриев О. М. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2018. Вип. 4(50). С. 17–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.
3. Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитриев О. М. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2018. Вип. 5(51). С. 24–28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.
4. Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитриев О. М. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2018. Вип. 6(52). С. 25–29. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.
5. Dmitriiev O., Borozenec I., Shilo S., Kalimulin T. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system. *Сучасні інформаційні системи*. Харків, 2018. Вип. 2(3). С. 30–35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.
6. Шило С. Г., Дмитриев О. М., Новікова І. В. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. Київ, 2018. № 3(33). С. 93–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2018_3_17.
7. Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inneration Navigation Systems. *Proceedings of the National Aviation University*. Kyiv, 2018. Vol. 76(3). P. 29–36. doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.76.13153>.
8. Dmytriiev O., Zhyvytskyi M., Elizarov O. P., Syomin O. A., Sushko V. G. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vichicle. *Новітні технології*. Kyiv, 2018. Vol. 2(6). P. 166–179. doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.
9. Herasimov S., Belevshchuk Y., Ryapolov I., Tymochko O., Pavlenko M., Dmitriiev O., Zhyvytskyi M., Goncharenko N. Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2018. Vol. 6, № 9(96). P. 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.152740>.
10. Semeniuta M., Sherman Z., Dmitriiev O. Incomplete tournaments and magic types of labeling. *Control Systems and Computers*. Kyiv, 2018. Вип. 5(277). P. 13–24. doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.05.013>.
11. Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. Evaluation of the Effectiveness of

the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System. *Global Journal of Researches in Engineering: Electrical and Electronics Engineering*. Framingham, 2019. Vol 19(1). P. 33–39. URL: <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1911>.

12. Borozenec I., Dmitriyev O., Melnichuk M., Pavlenko M., Shcherbak G., Shylo S. Method development of the information models' design and synthesis for infocommunication systems of air traffic control. *Сучасні інформаційні системи*. Харків, 2019. Вип. 3(3). С. 37–42. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.3.05>.

13. Dmitriyev O., Melnichuk M., Khmelevskiy S., Shcherbak G., Shylo S. Method of psychodiagnostic tools' determination for professional selection and training of specialists in complex ergatic systems. *Збірник наукових праць ХНУПС*. Харків, 2019. Вип. 3(61). С. 53–62. doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.61.08>.

14. Nesterenko K., Rahulin S., Syroizhka I., Dmitriyev O., Zhivitsky N., Sharabaiko A. The application of information technologies during maintenance to ensure the reliability of the operation of aviation equipment. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2019. Вип. 1(53). С. 129–132. doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.1.129>.

15. Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2019. Вип. 2(54). С. 22–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2019_2_7.

16. Щербак Г. В., Шило С. Г., Дмитрієв О. М., Мельничук М. Г., Руденко В. М. Метод побудови моделі психологічного портрету оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. *Системи озброєння і військова техніка*. Харків, 2019. Вип. 2(58). С. 143–151. doi: <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.58.17>.

17. Щербак Г. В., Борозенець І. О., Шило С. Г., Дмитрієв О. М., Кукобко С. В. Алгоритм адаптивного масштабування інформаційної моделі відображення повітряної обстановки. *Системи обробки інформації*. Харків, 2019. Вип. 3 (158). С. 27–35. doi: <https://doi.org/10.30748/soi.2019.158.03>.

18. Pavlenko M., Petrushenko M., Shylo S., Borozenec I., Dmitriyev O. Method of projective and synthesis of information models for assessment of the situation in automated systems of air traffic control. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2019. Вип. 4(56), С. 3–7. doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

19. Dmitriyev O., Shcherbak G., Borozenec I., Shylo S., Melnichuk M., Herashchenko M. Method of adaptive control of the information model's display parameters depending on the complexity of the air situation. *Сучасні інформаційні системи*. Харків, 2020. Вип. 3(4). С. 5–11. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.4.01>.

20. Dmitriyev O., Melnichuk M., Tymochko O., Romaniuk A. The color coding algorithm of complex air traffic information model for operator's efficiency. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*. Харків, 2019. Вип. 4(37). P. 44–49. doi: <https://doi.org/10.30748/nitps.2019.37.06>.

21. Milov O., Yevseiev S., Vlasov A., Herasimov S., Dmitriiev O. et al. Development of scenario modeling of conflict tools in a security system based on formal grammars. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkiv, 2019. Vol. 6, № 9(102). P. 53–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184274>.

22. Павленко М. А., Шило С. Г., Дмитрієв О. М. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в центрах обслуговування повітряного руху. *Зв'язок*. Київ, 2019. Вип. 5(141). С. 3–7. doi: <http://doi.org/10.31673/2412-9070.2019.050712>.

23. Методи та моделі підвищення ефективності використання повітряного простору: монографія / М. Г. Живицький та ін. Кропивницький : ПП "Ексклюзив-Систем", 2018. 120 с.

24. Інформаційне забезпечення діяльності осіб, що приймають рішення в автоматизованих системах управління повітряним рухом: монографія / І. О. Борозенець та ін. Кропивницький : ПП "Ексклюзив-Систем", 2019. 150 с.

25. Дмитрієв О. М., Живицький М. Г. Разработка элементов бортовой интеллектуальной системы с использованием нейронных сетей. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. IV міжнар. наук.-техніч. конф., м. Полтава, 5-6 листоп. 2015 р. Полтава, 2015. С. 14.

26. Дмитрієв О. М., Живицький М. Г. Методы прогнозирования ошибочных компетенций пилота на основе "дерева факторов опасности". Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. IV міжнар. наук.-техніч. конф., м. Полтава, 5-6 листоп. 2015 р. Полтава, 2015. С. 15.

27. Дмитрієв О. М., Буран Т. Р. Определение допустимых значений параметров критических профилей сдвига ветра путем декомпозиции. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. IV міжнар. наук.-практич. конф., м. Кіровоград, 26-27 листоп. 2015 р. Кіровоград, 2015. С. 68–71.

28. Дмитрієв О. М. Методика розрахунку аеродинамічних характеристик безпілотного літального апарату при обмеженій вихідній інформації. Проблеми інформатизації : тези доп. IV міжнар. наук.-техніч. конф., м. Київ, 11-12 квіт. 2016 р. Київ, 2016. С. 33.

29. Дмитриев О. Н., Келлер И. К. Выбор стратегии прохождения первоначальной летной подготовки на территории Украины. *Inżynieria i technologia. Priorytetowe obszary badawcze: od teorii do praktyki* : тези доп. міжнар. наук.-практич. конф., м. Варшава, 30-31 трав. 2016 р. Варшава, 2016. С. 114–117.

30. Дмитрієв О. М., Семітковська Т. О., Шаповал Е. М. Анализ методов оптимизации парка воздушных судов. Інформація, аналіз, прогноз – стратегічні важелі ефективного державного управління : матеріали доп. XI міжнар. наук.-практич. конф., м. Київ, 18 жовт. 2015 р. Київ, 2015. С. 254–257.

31. Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Формалізація знань про ситуації обстановки в системі підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом. Актуальні проблеми інформаційних технологій : тези доп. наук.-техніч. конф. молодих учених, м. Київ, 20-21 лист. 2018 р. Київ, 2015. С. 50–51.

32. Дмитрієв О. М., Люкманов А. Р. Адаптація авіаційного законодавства

України для безпечного використання польотів БПЛА. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 25.

33. Дмитрієв О. М., Іващишин В. І. Разработка учебной системы принятия решений в полете для пилотов высокоавтоматизированных воздушных судов. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 43.

34. Дмитрієв О. М., Келлер І. К. Регресійна модель оптимізації складу повітряного парку авіакомпанії. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 49.

35. Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. Analysis of ways to increase the reliability of complex of satellite and inertial navigation system. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 68–71.

36. Дмитрієв О. М., Трошин М. С. Розрахунок крила літака класу SEP(L), що використовується для підготовки пілотів за програмою LAPL(A). Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 105.

37. Дмитрієв О. М., Залевський М. А. Вдосконалення організаційної структури управління авіакомпанії. Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем: тези доп. VII міжнар. наук.-практич. конф., м. Кропивницький, 22-23 листоп. 2018 р. Кропивницький, 2018. С. 120.

38. Борозенець І. О., Шило С. Г., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Вдосконалення інформаційної моделі обстановки в автоматизованій системі управління повітряним рухом. Проблеми інформатизації : тези доп. VII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Черкаси, 13-15 листоп. 2019 р. Харків, 2019. С. 39.

39. Шило С. Г., Щербак Г. В., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Експериментальне дослідження ефективності тренування операторів системи управління повітряним рухом. Проблеми інформатизації: тези доп. VII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Черкаси, 13-15 листоп. 2019 р. Харків, 2019. С. 44.

40. Щербак Г. В., Шило С. Г., Дмитрієв О. М., Чепела С.П., Мельничук М.Г. Математична модель психологічного еталона оператора АСУ повітряним рухом. Проблеми інформатизації : тези доп. VII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Черкаси, 13-15 листоп. 2019 р. Харків, 2019. С. 45.

41. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Діяльність оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : матеріали доп. VIII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Баку, 11-12 квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 64.

42. Павленко М. А., Шило С. Г., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Метод формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій в автоматизованій системі управління повітряним рухом. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : матеріали доп. VIII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Баку, 11-12 квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 64.

43. Шило С. Г., Щербак Г. В., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Метод синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : матеріали доп. VIII міжнар. наук.-техніч. конф., м. Баку, 11-12 квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 66.

44. Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Формалізація знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки в автоматизованій системі управління повітряним рухом. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ : збір. тез доп. міжнар. наук.-техніч. конф., м. Львів, 16-17 трав. 2019 р. Львів, 2019. С. 247–248.

45. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Дослідження моделі функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку : збір. тез доп. міжнар. наук.-практич. конф., м. Харків, 15 берез. 2019 р. Харків, 2019. С. 26.

46. Павленко М. А., Шило С. Г., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Метод формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки особою, що приймає рішення в автоматизованій системі управління повітряним рухом. Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку: збір. тез доп. міжнар. наук.-практич. конф., м. Харків, 15 берез. 2019 р. Харків, 2019. С. 26–27.

47. Шило С. Г., Щербак Г. В., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом. Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку: збір. тез доп. міжнар. наук.-практич. конф., м. Харків, 15 берез. 2019 р. Харків, 2019. С. 27.

48. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Підходи до розробки моделі функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. Новітні технології – для захисту повітряного простору: тези доп. XV міжнар. наук. конф., м. Харків, 10-11 квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 305.

49. Павленко М. А., Шило С. Г., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Метод формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки особою, що приймає рішення в автоматизованій системі управління повітряним рухом. Новітні технології – для захисту повітряного простору: тези доп. XV міжнар. наук. конф., м. Харків, 10-11 квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 309.

50. Шило С. Г., Щербак Г. В., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом. Новітні технології – для захисту повітряного простору: тези доп. XV міжнар. наук. конф., м. Харків, 10-11

квіт. 2019 р. Харків, 2019. С. 310.

51. Борозенець І. О., Шило С. Г., Дмитрієв О. М. Модель психологічного портрету оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів : збір. тез доп. VIII Всеукр. наук.-практич. конф., м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 40–41.

52. Тімочко О. І., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Розробка апарата формалізації інформаційних моделей повітряної обстановки. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів : збір. тез доп. VIII Всеукр. наук.-практич. конф., м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 213.

53. Тімочко О. І., Щербак Г. В., Дмитрієв О. М. Підхід до управління відображенням інформаційних моделей складної повітряної обстановки. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів : збір. тез доп. VIII Всеукр. наук.-практич. конф., м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 214.

54. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Підхід до подання знань про ситуації обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів : збір. тез доп. VIII Всеукр. наук.-практич. конф., м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 233.

55. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Розробка моделі функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів : збір. тез доп. VIII Всеукр. наук.-практич. конф., м. Харків, 31 жовт. 2019 р. Харків, 2019. С. 234.

Анотація

Дмитрієв О.М. Інформаційна технологія та методи підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, 2020.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми, пов'язаної з необхідністю підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, за рахунок вдосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в такому:

1. Вперше розроблена проєкційна багаторівнева модель діяльності операторів, що враховує особливості їх когнітивної поведінки в процесі зміни умов управління повітряними суднами.

2. Одержав подальший розвиток метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, що відрізняється від відомих доповненням автоматного підходу до побудови подібних моделей когнітивними аспектами процесів обробки інформації при прийнятті рішень операторами та дозволяє підвищити описові можливості моделі.

3. Одержав подальший розвиток метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки, який відрізняється від відомих формалізацією процесів нечіткою комбінованою моделлю знань, що дозволяє підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів.

4. Вперше запропоновано метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, який базується на удосконаленій функціональній мережевій моделі, що дозволяє підвищити повноту відображення повітряної обстановки.

5. Удосконалено метод синтезу інформаційних елементів та управління ними при відображенні даних для різних умов функціонування, який відрізняється від відомих врахуванням властивостей елементів відповідно до процесів обробки інформації оператором, що дозволяє підвищити оперативність ситуаційного аналізу.

6. Отримав подальший розвиток метод відбору оператора системи обслуговування повітряного руху, який відрізняється від відомих врахуванням його психологічних аспектів діяльності для синтезу комплексної моделі еталона оператора, що дозволяє формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками.

7. Отримала подальший розвиток інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки, яка, на відміну від існуючих, ґрунтується на процедурах інтелектуальної обробки даних, синтезу інформаційних моделей, що дозволяє підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень з оцінки повітряної обстановки операторами.

Ключові слова: оператор центру обслуговування повітряного руху, система інформаційного забезпечення, інформаційна модель, формалізований опис, управління відображенням.

Аннотація

Дмитриев О. Н. Информационная технология и методы поддержки принятия решений при ситуационном анализе воздушной обстановки. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. - Летная академия Национального авиационного университета, Кропивницкий, 2020.

Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы, связанной с необходимостью повышения оперативности проведения ситуационного анализа воздушной обстановки лицами, принимающими решения, за счет усовершенствования информационных технологий поддержки принятия решений.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Впервые разработана проекционная многоуровневая модель деятельности

операторов, учитывающая особенности их когнитивного поведения в процессе изменения условий управления воздушными судами.

2. Получил дальнейшее развитие метод синтеза проекционной многоуровневой модели деятельности операторов, отличающийся от известных дополнением автоматного подхода к построению подобных моделей когнитивными аспектами процессов обработки информации при принятии решений операторами, что позволяет повысить описательные возможности модели.

3. Получил дальнейшее развитие метод ситуационного анализа воздушной обстановки, который отличается от известных формализацией процессов нечеткой комбинированной моделью знаний, что позволяет повысить полноту и обоснованность полученных результатов.

4. Впервые предложен метод проектирования системы информационных моделей для центров обслуживания воздушного движения, основанный на усовершенствованной функциональной сетевой модели, позволяющей повысить полноту отражения воздушной обстановки.

5. Усовершенствован метод синтеза информационных элементов и управления ими при отображении данных для различных условий функционирования, который отличается от известных учетом свойств элементов в соответствии с процессами обработки информации оператором, что позволяет повысить оперативность ситуационного анализа.

6. Получил дальнейшее развитие метод отбора оператора системы обслуживания воздушного движения, который отличается от известных учетом психологических аспектов деятельности оператора для синтеза комплексной модели его эталона, что позволяет формализовать процесс подготовки, оценки и отбора операторов с нужными характеристиками.

7. Получила дальнейшее развитие информационная технология поддержки принятия решений при ситуационном анализе воздушной обстановки, которая, в отличие от существующих, основывается на процедурах интеллектуальной обработки данных, синтеза информационных моделей, что позволяет повысить оперативность и обоснованность принятия решений при оценке воздушной обстановки операторами.

Ключевые слова: оператор центра обслуживания воздушного движения, система информационного обеспечения, информационная модель, формализованное описание, управление отображением.

ANNOTATION

Dmitriiev O.M. Information technology and methods of supporting decision making in airplane situation analysis. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a Doctor of Science Degree in Specialty y 05.13.06 – Information Technology. – Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi, 2020.

The dissertation is devoted to solving the urgent scientific problem related to the need to increase the efficiency of situational analysis of the air situation by decision

makers by improving information technologies for decision support.

The scientific novelty of the dissertation results is following:

1. For the first time a projection multilevel model of the activity of operators was developed, taking into account the peculiarities of their cognitive behavior in the process of changing the conditions of aircraft management.

2. The method of synthesis of the projection multilevel model of activity of operators, which differs from the known addition of the automatic approach to the construction of such models by the cognitive aspects of information processing processes in decision-making by the operators, allows to further develop the descriptive capabilities of the model.

3. The method of situational analysis of the air situation, which differs from the well-known formalization of processes by a fuzzy combined model of knowledge, which allows to increase the completeness and validity of the obtained results, has been further developed.

4. For the first time, a method of designing an information model system for air traffic service centers is proposed, based on an advanced functional network model, which allows to increase the completeness of the air environment display.

5. The method of synthesizing information elements and managing them in displaying data for different operating conditions has been improved, which differs from the known properties of elements in accordance with the processes of information processing by the operator, which allows to increase the efficiency of situational analysis.

6. The method of selection of the operator of the air traffic service system, which differs from the known taking into account its psychological aspects of activity for the synthesis of a complex model of the operator standard, which allows to formalize the process of training, evaluation and selection of operators with the required characteristics, was further developed.

7. Information technology for decision support in situational analysis of the air situation has been further developed, as opposed to the existing ones based on the procedures of intellectual data processing, synthesis of information models, which allows to increase the efficiency and validity of decision making in the assessment of air situation by operators.

The practical significance of the results obtained is as follows:

1. The proposed method of constructing a model of operator's activity can be used in:

- design of automatic control system using the step-by-step modeling method;
- optimization of modes of operation of operators and development of recommendations for improvement of existing control systems of ergatic type;
- conducting experimental studies to obtain information in order to justify the requirements for the operator;
- providing training for operators during the development of new complexes and systems or during the modernization of existing ones;
- substantiation of requirements for the complex of technical equipment of the AU UPS, composition and structure of the information subsystem.

2. Intellectual models and methods of processing and preparation of the initial data for management of the process of information support of decision-making by the operator

of the UPR system can be used at:

- development of algorithms for recognition of the situation in the situation, the selection and management of parameters of displaying information features in the interpretation of the information model, providing information support for the process of decision making OPRR, which reduces the time of analysis of MI by 12-21% and increases the completeness of accounting for significant factors;

- integration of algorithms, developed on the basis of the proposed models and methods, into perspective URPs.

3. The developed method of synthesis of information models for decision support will allow:

- to develop the structure of the devices of display of the automated workplaces, corresponding to the intellectual decisive activity of the operator.

- to form and manage information models in the UPS system based on the recognition of changes in the situation and functional activity of the operator.

4. The developed methods and procedures for the selection of operators increase the efficiency of the procedure of their professional selection.

The analysis of the subject area shows that the situational analysis of the situation in the area of responsibility of the air traffic organization centers is carried out by the operators on the basis of information in the information model, which is automatically displayed at workplaces and on the means of displaying information of collective use. The information model is a necessary and mandatory part of the information support system for decision-making processes.

The informational model of the situation offered to the decision-maker is often not fully consistent with the specifics of his or her activity. The decision-making tasks of decision-making in the conditions of uncertainty and dynamics of change of air situation at the limited possibilities of the person for processing, analysis and selection of information lead to decrease of efficiency, adequacy and validity of decision-making. This requires formalization of operator knowledge to effectively use them in solving these problems in complexes of automation tools.

Knowledge about the process of solving these problems and the results obtained is an informational basis for the synthesis and interpretation of the information model to support the decision-making process to assess the situation and the choice of action. With the current level of automation of the information support system to support decision making, there is a contradiction between the limited capabilities of existing situational analysis methods and the requirements for completeness and validity of its assessment by decision makers.

Therefore, it is undoubtedly urgent to solve the problem of increasing the efficiency of situational analysis of the air situation by decision makers through the use of intellectual technologies.

Taking into account the shortcomings of the existing system of information support of decision-making preparation processes in the centers of air traffic organization, the ways of increasing the efficiency, validity and completeness of accounting of factors of decision-making were determined.

In the first stage, the state of the existing system of information support for the activity of the operators was investigated and possible ways of improving the quality of

data presentation of the situation were identified by automating the solution of intellectual problems and the development of adaptive information models.

In the second stage the method of synthesis of projection multilevel model of activity of operators is developed which takes into account the cognitive aspects of information processing processes in the preparation of decision making.

In the third stage, a method of situational analysis of the air environment is developed, which allows us to formalize processes using a fuzzy combined knowledge model.

In the fourth stage, a method of designing an information model system for air traffic service centers was developed.

In the fifth stage, a method of synthesizing information elements and managing them when displaying data in different conditions of functioning of the information model is developed.

In the sixth stage the model of estimation of the operator of the air traffic service system for synthesis of the complex model of the operator's standard is developed

At the seventh stage, information technology was developed to intellectually support decision-making by air traffic service centers on the assessment of the air situation and to investigate the effectiveness of the developed models and methods, to investigate their impact on the promptness, completeness and adequacy of decision making in situational analysis of the air situation.

Keywords: air traffic service center operator, information support system, information model, formalized description, display management.