

Льотна академія Національного авіаційного університету
Міністерство освіти і науки України

Черкаський державний технологічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДМІТРІЄВ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 65.012:656

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

О.М. Дмитрієв

Науковий консультант: Тристан Андрій Вікторович,
доктор технічних наук, с.н.с.

Кропивницький – 2020

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 проекційна 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, 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 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 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 одержаних результатів полягає в такому:

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

- проектуванні 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 КІР, 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.

Аналіз предметної області свідчить про те, що ситуаційний аналіз обстановки в зоні відповідальності центрів організації повітряного руху проводиться операторами на основі інформації в складі інформаційної моделі, що автоматично відображається на робочих місцях та на засобах відображення інформації колективного користування. Інформаційна модель є необхідною та обов'язковою складовою частиною системи інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень.

Інформаційна модель обстановки, яка пропонується особі, що приймає рішення, часто не повною мірою відповідає специфіці його діяльності. Рішення завдань підготовки прийняття рішень 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 оператора для ефективного їх використання при вирішенні даних завдань у комплексах засобів автоматизації (КЗА).

Знання про процес вирішення цих завдань і отримані результати є інформаційною основою для синтезу й інтерпретації інформаційної моделі підтримки процесу прийняття рішень щодо оцінки ситуації обстановки і вибору необхідного варіанта дій. При існуючому рівні автоматизації системи інформаційного забезпечення для підтримки прийняття рішень існує протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів ситуаційного аналізу обстановки і вимогами щодо оперативності, обґрунтованості та повноти її оцінки ОПР в центрах обслуговування повітряного руху (ОПР).

Тому безсумнівно актуальною є необхідність вирішення проблеми підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення, за рахунок вдосконалення інформаційних технологій підтримки прийняття рішень.

Беручи до уваги досліджені недоліки існуючої системи інформаційного забезпечення процесів підготовки прийняття рішень в центрах організації повітряного руху, було визначено шляхи підвищення оперативності, обґрунтованості та повноти врахування факторів прийняття рішень.

На першому етапі досліджено стан існуючої системи інформаційного забезпечення діяльності операторів та виявлено можливі шляхи підвищення якості подання даних обстановки за рахунок автоматизації рішення інтелектуальних завдань і розробки адаптивних інформаційних моделей.

На другому етапі розроблено метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який враховує когнітивні аспекти процесів обробки інформації при підготовці прийнятті рішень.

На третьому етапі розроблено метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки, що дозволяє формалізувати процеси за допомогою нечіткої комбінованої моделі знань.

На четвертому етапі розроблено метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху.

На п'ятому етапі розроблено метод синтезу інформаційних елементів та управління ними при відображенні даних у різних умовах функціонування інформаційної моделі.

На шостому етапі розроблено модель оцінки оператора системи ОПР для синтезу комплексної моделі еталону оператора.

На сьомому етапі розроблено інформаційну технологію для інтелектуальної підтримки прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху з оцінки ситуацій повітряної обстановки та проведено дослідження ефективності розроблених моделей і методів, досліджено їх вплив на оперативність, повноту та адекватність прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки.

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

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати 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. Дмитрієв О. М. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом. / Павленко М. А., Шило С. Г., Дмитрієв О. М. // 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. Дмитрієв О. М. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної

підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом. / Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. // 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. Дмитрієв О. М. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом. / Павленко М. А., Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. // 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. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system. / Dmitriiev O. Borozenec I., Shilo S., Kalimulin T. // Сучасні інформаційні системи. Харків, 2018. Вип. 2(3). С. 30–35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

6. Дмитрієв О. М. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом. / Шило С. Г., Дмитрієв О. М., Новікова І. В. // 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. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inneration Navigation Systems. / Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. // 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. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vichicle. / Dmytriiev O., Zhyvytskyi M., Elizarov O. P., Syomin O. A., Sushko V. G. // Новітні технології. Київ, 2018. Vol. 2(6). P. 166–179. doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.

9. Dmitriiev O Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges. / Herasimov S.,

Belevshchuk Y., Ryapolov I., Tymochko O., Pavlenko M., Dmitriiev O., Zhyvytskyi M., Goncharenko N. // *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. Dmitriiev O. Incomplete tournaments and magic types of labeling. / Semeniuta M., Sherman Z., Dmitriiev O. // *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. Evaluation of the Effectiveness of the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System. / Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. // *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. Dmitriiev O. Method development of the information models' design and synthesis for infocommunication systems of air traffic control. / Borozenec I., Dmitriiev O., Melnichuk M., Pavlenko M., Shcherbak G., Shylo S. // *Сучасні інформаційні системи*. Харків, 2019. Вип. 3(3). С. 37–42. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.3.05>.

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

14. Dmitriiev O. The application of information technologies during maintenance to ensure the reliability of the operation of aviation equipment. / Nesterenko K., Rahulin S., Syroizhka I., Dmitriiev O., Zhivitsky N., Sharabaiko A. // *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. Дмітрієв О. М. Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій обстановки в автоматизованих системах

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

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

18. Dmitriyev O. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом. / Pavlenko M., Petrushenko M., Shylo S., Borozenec I., Dmitriyev O. // 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. Dmitriiev O. Method of adaptive control of the information model's display parameters depending on the complexity of the air situation. / Dmitriiev O., Shcherbak G., Borozenec I., Shylo S., Melnichuk M., Herashchenko M. // Сучасні інформаційні системи. Харків, 2020. Вип. 3(4). С. 5–11. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.4.01>.

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

21. Dmitriiev O. Development of scenario modeling of conflict tools in a security system based on formal grammars. / Milov O., Yevseiev S., Vlasov A., Herasimov S., Dmitriiev O. // 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. Дмітрієв О. М. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в центрах обслуговування повітряного руху. / Павленко М. А., Шило С. Г., Дмітрієв О. М. // Зв'язок. Київ, 2019. Вип. 5(141). С. 7–3. 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.

Опубліковані праці апробаційного характеру

25. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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., Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв О. М., Івацішин 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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., Дмітрієв 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., Дмітрієв 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.

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.

LIST OF CANDIDATE'S PUBLICATIONS

Scientific works, in which the main scientific results of the dissertation are published

1. Dmitriev O.N. Features of mathematical modeling of the processes of organizing the movement of unmanned aerial vehicles. // Communication. Kyiv, 2015. № 6(118). – С. 42–45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zvjazok_2015_6_17.

2. Dmitriev O.M. Model of functional activity of the operator of the automated air traffic control system. / Pavlenko M.A., Shilo S.G., Dmitriev O.M. // Control, navigation and communication systems. Poltava, 2018. VIP. 4 (50). P. 17–21. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.

3. Dmitriev O.M. Areas of development of intelligent models and methods of information processing for managing the process of information support of decision making in automated air traffic control systems. / Pavlenko M.A., Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. // Control, navigation and communication systems. Poltava, 2018. VIP. 5 (51). P. 24–28. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.

4. Dmitriev O.M. The procedure of estimating the degree of danger of the situation of the situation for the decision support system in the air traffic control

system. / Pavlenko M.A., Shilo S.G., Boroznets I.O., Dmitriev O.M. // Control, navigation and communication systems. Poltava, 2018. VIP. 6 (52). P. 25–29. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

5. Dmitriiev O. Imitation model of decision support-making based on situation assessment by operators of automated air traffic control system. / Dmitriiev O., Boroznec I., Shilo S., Kalimulin T. // Modern information systems. Kharkov, 2018. Vyp. 2 (3). P. 30–35. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

6. Dmitriev O.M. Method of formalizing knowledge about situational situation analysis for decision support system of automated air traffic control system. / Shilo S.G., Dmitriev O.M., Novikova I.V. // Modern information technologies in the field of security and defense. Kyiv, 2018. # 3 (33). P. 93–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sitsbo_2018_3_17.

7. Dmitriyev O. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inneration Navigation Systems. / Dmitriyev O., Kushnerova N., Profatilov S. // 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. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vichicle. / Dmytriiev O., Zhyvytskyi M., Elizarov O. P., Syomin O. A., Sushko V. G. // New technologies. Kyiv, 2018. Vol. 2 (6). P. 166–179. doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.

9. Dmitriiev O Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges. / Herasimov S., Belevshchuk Y., Ryapolov I., Tymochko O., Pavlenko M., Dmitriiev O., Zhyvytskyi M., Goncharenko N. // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Kharkiv, 2018. Vol. 6, No. 9 (96). P. 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.152740>.

10. Dmitriyev O. Incomplete tournaments and magic types of labeling. / Semeniuta M., Sherman Z., Dmitriyev O. // Control Systems and Computers. Kyiv, 2018. 5 (277). P. 13–24. doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.05.013>.

11. Dmitriyev O. Evaluation of the Effectiveness of the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System. / Dmitriyev O., Kushnerova N., Profatilov S. // 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. Dmitriiev O. Method of development of information models' design and synthesis for infocommunication systems of air traffic control. / Borozenec I., Dmitriiev O., Melnichuk M., Pavlenko M., Shcherbak G., Shylo S. // Modern information systems. Kharkiv, 2019. Vol. 3 (3). P. 37–42. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.3.05>.

13. Dmitriiev O. Method of psychodiagnostic tools' determination for professional selection and training of specialists in complex ergatic systems. / Dmitriiev O., Melnichuk M., Khmelevskiy S., Shcherbak G., Shylo S. // Proceedings of KhNUPS. Kharkiv, 2019. Vol. 3 (61). P. 53–62. doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.61.08>.

14. Dmitriev O. The application of information technologies during maintenance to ensure the reliability of the operation of aviation equipment. / Nesterenko K., Rahulin S., Syroizhka I., Dmitriev O., Zhivitsky N., Sharabaiko A. // Control, navigation and communication systems. Poltava, 2019. Vip. 1 (53). P. 129–132. doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.1.129>.

15. Dmitriev O.M. Method of formalization of the process of formation of information signs of situation situations in automated air traffic control systems. / Pavlenko M.A., Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. // Control, navigation and communication systems. Poltava, 2019. Vip. 2 (54). P. 22–27. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2019_2_7.

16. Dmitriev O.M. Method of constructing a model of psychological portrait of an operator of an automated air traffic control system. / Shcherbak G.V., Shilo S.G., Dmitriev O.M., Melnychuk M.G., Rudenko V.M. // Weapons systems and military equipment. Kharkiv, 2019. Vol. 2 (58). P. 14

17. Dmitriev O.M. An algorithm for adaptive scaling of an information model of air environment display. / Shcherbak G.V., Borozenets I.O., Shilo S.G., Dmitriev O.M., Kukobko S.V. // Information processing systems. Kharkiv, 2019. Vol. 3 (158). P. 27–35. doi: <https://doi.org/10.30748/soi.2019.158.03>.

18. Dmitriyev O. Method of designing and synthesis of information models for estimation of situation in automated air traffic control systems. / Pavlenko M., Petrushenko M., Shylo S., Borozenec I., Dmitriyev O. // Management, navigation and communication systems. Poltava, 2019. Vip. 4 (56), P. 3–7. doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

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

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

22. Dmitriev O.M. Information technology of decision support in situational analysis of air situation in air traffic service centers. / Pavlenko M.A., Shilo S.G., Dmitriev O.M. // Communication. Kyiv, 2019. Vol. 5 (141). P. 7–3. doi: <http://doi.org/10.31673/2412-9070.2019.050712>.

23. Methods and models for increasing the efficiency of airspace use: a monograph / M.G. Zhyvytsky and others. - Kropyvnytskyi: PE "Exclusive-Systems", 2018. 120 c.

24. Information support for the activities of decision makers in automated air traffic control systems: a monograph / I.O. Borozenets and others. - Kropyvnytskyi: PE "Exclusive-Systems", 2019. 150 c.

Published works of approbation kind

25. Dmitriev O.M., Zhivitsky M.G. Development of elements of the onboard intellectual system using neural networks. Modern directions of development of information and communication technologies and means of management: abstracts of supplement. IV International. scientific-technical Conf., Poltava, November 5-6. 2015, Poltava, 2015. P. 14.

26. Dmitriev O.M., Zhivitsky M.G. Methods of prediction of pilot erroneous competencies on the basis of the "tree of danger factors". Modern directions of development of information and communication technologies and means of management: abstracts of supplement. IV International. scientific-technical Conf., Poltava, November 5-6. 2015, Poltava, 2015. P. 15.

27. Dmitriev O.M., Buran T.R. Determination of admissible values of parameters of critical wind shear profiles by decomposition. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. IV International. scientific-practical conf., Kirovograd, November 26-27. 2015. Kirovograd, 2015. P. 68–71.

28. Dmitriev O.M. Method of calculation of aerodynamic characteristics of unmanned aerial vehicle with limited initial information. Problems of informatization: theses of add. IV International. scientific-technical conf., Kyiv, April 11-12. 2016, Kyiv, 2016. P. 33.

29. Dmitriev O.N., Keller I.K. The choice of the strategy of passing the initial flight training in the territory of Ukraine. Inżynieria and technologia. Priorytetowe

obszary badawcze: from theory to practice: these additions. international. scientific-practical conf., Warsaw, May 30-31 2016, Warsaw, 2016. P. 114–117.

30. Dmitriev O.M., Semitkovskaya T.O., Shapoval E.M. Analysis of methods of aircraft fleet optimization. Information, analysis, forecast - strategic levers of effective public administration: supplementary materials XI international. scientific-practical conf., Kyiv, 18 October. 2015, Kyiv, 2015. P. 254–257.

31. Pavlenko M.A., Shilo S.G., Boroznets I.O., Dmitriev O.M. Formalization of knowledge about the situation in the decision support system of an automated air traffic control system. Actual problems of information technologies: abstracts of supplement. scientific-technical Conf. young scientists, Kyiv, 20-21 letter. 2018, Kyiv, 2015. pp. 50–51.

32. Dmitriev O.M., Lyukmanov A.R. Adaptation of aviation legislation of Ukraine for safe use of UAV flights. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 25.

33. Dmitriev O.M., Ivashchishin V.I. Development of a training decision making system in flight for pilots of highly automated aircraft. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 43.

34. Dmitriev O.M., Keller I.K. Regression model of optimization of the airline fleet. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 49.

35. Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. Analysis of ways to increase the reliability of complex of satellite and inertial navigation system. Management of high-speed moving objects and professional training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 68–71.

36. Dmitriev O.M., Troshin M.S. Calculation of SEP (L) class aircraft wing used for LAPL (A) pilot training. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 105.

37. Dmitriev O.M., Zalevsky M.A. Improvement of organizational structure of airline management. Management of high-speed moving objects and training of operators of complex systems: abstracts of the supplement. VIII International. scientific-practical conf., Kropyvnytskyi city, November 22-23. 2018 Kropyvnytskyi, 2018. P. 120.

38. Borozenets I.O., Shilo S.G., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. Improvement of the information model of the situation in the automated air traffic control system. Problems of informatization: theses of add. VIII International. scientific-technical Conf., Cherkasy, November 13-15. 2019 Kharkiv, 2019. P. 39.

39. Shilo S.G., Shcherbak G.V., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Experimental study of training efficiency of operators of air traffic control system. Problems of informatization: theses of add. VIII International. scientific-technical Conf., Cherkasy, November 13-15. 2019 Kharkiv, 2019. P. 44.

40. Shcherbak G.V., Shilo S.G., Dmitriev O.M., Chepela S.P., Melnychuk M.G. Mathematical model of the psychological standard of the operator of air traffic control system. Problems of informatization: theses of add. VIII International. scientific-technical Conf., Cherkasy, November 13-15. 2019 Kharkiv, 2019. P. 45

41. Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Activity of the operator of the automated air traffic control system. Current trends in the development of information and communication technologies and management tools: materials supplement. VIII International. scientific-technical Conf., Baku, April 11-12. 2019 Kharkiv, 2019. P. 64.

42. Pavlenko M.A., Shilo S.G., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. Method of formalizing knowledge about the process of situation recognition in an automated air traffic control system. Current trends in the development of information and

communication technologies and management tools: materials supplement. VIII International. scientific-technical Conf., Baku, April 11-12. 2019 Kharkiv, 2019. P. 64.

43. Shilo S.G., Shcherbak G.V., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Method of synthesis of information models in automated air traffic control systems. Current trends in the development of information and communication technologies and management tools: materials supplement. VIII International. scientific-technical Conf., Baku, April 11-12. 2019, Kharkiv, 2019. P. 66.

44. Pavlenko M.A., Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Formalization of knowledge about the process of situation recognition in an automated air traffic control system. Perspectives on the Development of Weapons and Military Equipment of the Land Forces: Collection. abstracts international. scientific-technical conf., Lviv, May 16-17. 2019, Lviv, 2019. P. 247–248.

45. Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Investigation of the model of functional activity of the operator of the automated air traffic control system. The use of information technology in the preparation and activity of law enforcement: collection. abstracts international. scientific-practical conf., Kharkiv, March 15. 2019, Kharkiv, 2019. P. 26.

46. Pavlenko M.A., Shilo S.G., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. A method of formalizing knowledge about the process of recognizing situations by a person making a decision in an automated air traffic control system. The use of information technology in the preparation and activity of law enforcement: collection. abstracts international. scientific-practical conf., Kharkiv, March 15. 2019, Kharkiv, 2019. P. 26-27.

47. Shilo S.G., Shcherbak G.V., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. The substantiation of the approach to the design and synthesis of information models in automated air traffic control systems. The use of information technology in the preparation and activity of law enforcement: collection. abstracts international. scientific-practical conf., Kharkiv, March 15. 2019, Kharkiv, 2019. P. 27.

48. Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Approaches to developing a model of functional activity of an operator of an automated air traffic control system. The newest technologies - for the protection of airspace: abstracts. XV international. of sciences. conf., Kharkiv, 10-11 Apr. 2019 Kharkiv, 2019. P. 305.

49. Pavlenko M.A., Shilo S.G., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. A method of formalizing knowledge about the process of recognizing situations by a person making a decision in an automated air traffic control system. The newest technologies - for the protection of airspace: abstracts. XV international. of sciences. conf., Kharkiv, 10-11 Apr. 2019 Kharkiv, 2019. P. 309.

50. Shilo S.G., Shcherbak G.V., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Substantiation of the approach to design and synthesis of information models in automated air traffic control systems. The newest technologies - for the protection of airspace: abstracts. XV international. of sciences. conf., Kharkiv, 10-11 Apr. 2019, Kharkiv, 2019. P. 310.

51. Borozenets I.O., Shilo S.G., Dmitriev O.M. Model of psychological portrait of the operator of the automated air traffic control system. Topical issues of military service and law enforcement agencies: collection. abstracts VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf., Kharkiv, October 31. 2019, Kharkiv, 2019. pp. 40–41.

52. Timochko O.I., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. Development of the apparatus of formalization of information models of air situation. Topical issues of military service and law enforcement agencies: collection. abstracts VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf., Kharkiv, October 31. 2019 Kharkiv, 2019. P. 213.

53. Timochko O.I., Shcherbak G.V., Dmitriev O.M. Approach to control of display of information models of complex air situation. Topical issues of military service and law enforcement agencies: collection. abstracts VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf., Kharkiv, October 31. 2019 Kharkiv, 2019. P. 214.

54. Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. An approach to presenting knowledge about the situation in automated air traffic control systems. Topical

issues of military service and law enforcement agencies: collection. abstracts VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf., Kharkiv, October 31. 2019 Kharkiv, 2019. P. 233.

55. Shilo S.G., Borozenets I.O., Dmitriev O.M. Development of a model of functional activity of an operator of an automated air traffic control system. Topical issues of military service and law enforcement agencies: collection. abstracts VIII All-Ukrainian. scientific-practical conf., Kharkiv, October 31. 2019 Kharkiv, 2019. P. 234.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	35
ВСТУП.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ.....	50
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРАМИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ.....	57
1.1 Аналіз системи інформаційного забезпечення процесу ситуаційного аналізу повітряної обстановки.....	57
1.2 Аналіз методів та моделей системи інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень операторами АС КПр.....	61
1.2.1 Роль та місце системи інформаційного забезпечення діяльності операторів АС КПр.....	61
1.2.2 Аналіз впливу властивостей побудови засобів відображення інформації на процес підготовки прийняття рішення оператором АС КПр.....	67
1.3 Визначення показників ефективності діяльності операторів при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в АС КПр.....	78
1.3.1 Обґрунтування вибору показників оперативності та достовірності ситуаційного аналізу обстановки оператором в АС КПр	78
1.3.2 Дослідження розподілу витрат часу на виконання функціональних дій ОПР при ситуаційному аналізі повітряної обстановки.....	86
1.3.3 Оцінка ступеня обґрунтованості прийняття рішень.....	95
Висновки за розділом 1.....	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1.....	99

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	104
2.1. Основні напрямки дослідження.....	104
2.2. Постановка задачі дослідження.....	108
Висновки за розділом 2.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2.....	113
РОЗДІЛ 3 МЕТОД РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРІВ У ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ АБО ОБ'ЄКТАМИ.....	119
3.1 Аналіз методів моделювання діяльності оператора.....	121
3.2 Критерії ефективності для оцінки діяльності операторів АС КІР	130
3.3 Метод розробки моделі діяльності операторів АС КІР.....	138
Висновки за розділом 3.....	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3.....	163
РОЗДІЛ 4 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ СИТУАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРОМ АС КІР.....	168
4.1 Постановка завдання з розробки інтелектуальних моделей і методів інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КІР.....	170
4.2 Метод представлення знань про завдання виявлення і оцінки ситуацій обстановки в повітряному просторі.....	174
4.3 Формалізація задачі розпізнавання ситуацій обстановки в АС КІР	190
4.4 Формалізація знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки в зоні відповідальності органу керування повітряним рухом.....	201
4.5 Оцінка ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах керування повітряним рухом.....	210
Висновки за розділом 4.....	220

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4.....	222
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА МЕТОДУ СИТУАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОБСТАНОВКИ В ІНТЕРЕСАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРАМИ АС КІПР.....	231
5.1 Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах керування повітряним рухом.....	231
5.1.1 Аналіз підходів щодо формування та управління інформаційними моделями обстановки в автоматизованих системах керування повітряним рухом	231
5.1.2 Постановка завдання розробки методу ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки для підтримки прийняття рішень.	238
5.2. Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій повітряної обстановки	241
5.3 Обґрунтування структури інформаційної моделі в АС КІПР.....	252
5.4 Обґрунтування вимог до форми подання інформації про результати оцінки ситуації обстановки	258
5.5 Дослідження питань впливу перевантаження інформаційної моделі на діяльність операторів АС КІПР.....	265
5.5.1 Аналіз впливу ступеню перевантаження інформаційних моделей на ефективність діяльності оператора.....	265
5.5.2 Аналіз методів зниження негативного впливу накладення формулярів на діяльність оператора.....	269
5.5.3 Адаптивне управління відображенням при накладенні формулярів.....	272
5.6 Управління відображенням додаткової інформації.....	278
Висновки за розділом 5.....	284
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5.....	287
РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ПРОЦЕДУР ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ АС КІПР ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СПІПР....	293

6.1 Аналіз підходів до професійного відбору операторів складних ергатичних систем.....	293
6.2 Розробка структури професійного відбору, моделі фахівця і процедури побудови еталону фахівця.....	300
6.3 Модель психологічного портрета оператора.....	306
6.4 Формалізована модель психодіагностичної методики.....	313
6.5 Процедура вибору психодіагностичних методик.....	319
Висновки за розділом 6.....	323
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6.....	325
РОЗДІЛ 7 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДІВ СИТУАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ОПЕРАТОРАМИ АС КІПР.....	327
7.1. Розробка інформаційної технології для інтелектуальної підтримки прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху.....	327
7.2 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень особами, що приймають рішення	334
7.3 Оцінка оперативності прийняття рішень при використанні розроблених методів та інформаційних моделей.....	337
7.4 Оцінка технологічних властивостей отриманих методів удосконалення системи інформаційного забезпечення діяльності оператора.....	342
7.5 Дослідження економічних витрат з модифікації автоматизованого робочого місця осіб, що приймають рішення	351
Висновки за розділом 7.....	353
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 7.....	355
ВИСНОВКИ.....	360
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	366
Додаток А.....	393

Додаток Б.....	402
Додаток В.....	412
Додаток Г.....	425
Додаток Д.....	432
Додаток Е.....	433
Додаток Ж.....	442
Додаток З.....	443

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРМ	– автоматизоване робоче місце
АС КПП	– автоматизована система управління повітряним рухом
ВПП	– використання повітряного простору
ЗВІ	– засоби відображення інформації
ЗВІ КК	– засоби відображення колективного користування
ЕС	– експертна система
ІМ	– інформаційна модель
ІС	– інформаційна система
ІЕ	– інформаційний елемент
КЗА	– комплекс засобів автоматизації
КМ	– концептуальна модель
КМЗ	– категорна модель знань
КТЗ	– комплекс технічних засобів
ЛО	– людина-оператор
Об	– об'єкт
ОО	– оцінка обстановки
ОПР	– обслуговування повітряного руху
ОПрР	– особа, що приймає рішення
ПВЯ	– професійно визначальні якості
ПКС	– потенційно-конфліктна ситуація
ПО	– предметна область
ПС	– повітряне судно
ПУ	– пункт управління
РЛІ	– радіолокаційна інформація
СІЗ	– система інформаційного забезпечення
СО	– ситуація обстановки
СППР	– система підтримки прийняття рішень
СЦН	– структура цільових установок
ШІ	– штучний інтелект

ВСТУП

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 "докризового" 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 ОПрР 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 ОПрР 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 ОПрР 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 КПр.

Очевидно, що вдосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПрР 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 ОПрР. Однак реалізація даного підходу можлива лише за умови апріорного вивчення діяльності ОПрР, їх інформаційних потреб, а також можливостей щодо обробки інформації. Це, в свою чергу, призводить до необхідності перегляду вимог до відбору та підготовки ОПрР, що дозволить узгодити підходи щодо створення удосконаленої СІЗ і можливостей ОПрР щодо роботи в зміненому інформаційному оточенні. Відокремлене розв'язання кожного з завдань не призведе до значної зміни ефективності інформаційного забезпечення діяльності ОПрР. 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 ОПрР. 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 ОПрР 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 ОПРР 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 КПП 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 ОПРР, 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 ОПРР в центрах ОПР.

Розробка перспективних АС КПП 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 ОПРР 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 ОПрР, 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 Льотній 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 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.

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 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:

- проектуванні 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 КІР, 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 КПрР 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 КПрР.

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 КПрР 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 Украерорух; 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 комплекту психодіагностичних методик для завдань професійного відбору і підготовки фахівців складних ергатичних системах, що дозволяє автоматизувати процес профвідбору працівників-професіоналів необхідної спеціалізації для АС КІР;

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 гама 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
6. Оперативна інформація щодо основних показників діяльності авіаційної галузі за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>.
7. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 9 місяців 2019 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
8. Bekier M. Tipping point: The narrow path between automation acceptance and rejection in air traffic management. / M. Bekier, B.R. Molesworth, A. Williamson // Safety science. – 2012. – 50(2). – P. 259-265.
9. Human factors impacts in air traffic management / M. Rodgers, B. Kirwan. – Routledge, 2017 – 584 p.
10. Adaptive control: algorithms, analysis and applications / I.D. Landau, R. Lozano, M. M'Saad, A. Karimi – London: Springer, 2011. – 610 p.
11. Сікора Л.С. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно-вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами

/ Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Б.Л. Якимчук, Р.С. Марцишин, Ю.Г. Міюшкович // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Інформаційні системи та мережі. – 2014. – №783. – С. 204-216.

12. Åström, K. J., & Wittenmark, B. (2008). Adaptive control. Dover Publications; Second edition (December 18, 2008). – 590 p.

13. Несміян О.Ю.; Павленко, Аналіз інформаційного забезпечення та завантаженості каналів прийому інформації операторами систем АСУ. / О.Ю. Несміян, М.А. Павленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – №2. – С. 129-133.

14. Pavlenko M.A., Сценарний підхід до розробки інформаційних моделей забезпечення діяльності оператора автоматизованих систем управління. / М.А. Pavlenko, , et al. // Військово-технічний збірник. – 2014. – № 10. – С. 49-55.

15. Стасєв Ю.В. Вдосконалення інформаційного забезпечення діяльності операторів АСУ при оцінці стану об'єктів управління. / Ю.В. Стасєв, М.А. Павленко, Т.Ю. Міщенко, Л.В. Шаманська // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – №4. – С. 70-74.

16. Sridhar B. Airspace complexity and its application in air traffic management. / B. Sridhar, K.S. Sheth, S. Grabbe // In 2nd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar. – 1998. – P. 1-6.

17. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення : Системи обробки інформації. Интеллектуальные информационные технологии : чинний від 1995-01-01. Офіц. вид. К. : Держстандарт України. – 1994. – 72с.

18. Дніпропетровський РСП Запорізької служби ОПР. Робоча інструкція аеродромної диспетчерської вишки Запоріжжя. – 2013. – 91 с.

19. Рабочая инструкция диспетчера управления воздушным движением на рабочем месте TOWER Донецкого АДЦ. – 2009. – 44 с.

20. Szalma J.L. On the application of motivation theory to human factors/ergonomics: Motivational design principles for human–technology interaction / J.L. Szalma // *Human Factors*. – 2014 . – 56(8). – P. 1453-1471.

21. Prandini M. Toward air traffic complexity assessment in new generation air traffic management systems / M. Prandini, L. Piroddi, S. Puechmorel, S.L. Brázdilová // *IEEE transactions on intelligent transportation systems*. – 2011–Vol.12(3). – P. 809-818.

22. Kaber D. B Situation awareness implications of adaptive automation for information processing in an air traffic control-related task / D.B. Kaber, C.M. Perry, N. Segall, C.K. McClemon, L.J. Prinzel // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2006. – 36(5). – P. 447-462.

23. Полонский Ю.И. Подход к автоматизации процессов формирования и управления отображением информационных моделей воздушной обстановки / Ю.И. Полонский, М.А. Павленко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава, Полтавський національний технічний університет. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.

24. Полонський Ю.І. Формалізований опис процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило, М.І. Литвиненко // *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. – 2016. – № 2. – С. 115-117.

25. Павленко М.А. Интеллектуальный метод управления информационными моделями для систем управления сложными динамическими объектами / М.А. Павленко, В.Н. Руденко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, И.Ю. Хромов // *Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал*. – Луганськ, 2007. – Вип. 2(15). – С. 94-99.

26. Дмитриев О.Н. Особенности математического моделирования процессов организации движения беспилотных летательных аппаратов / О.Н. Дмитриев // *Зв'язок*. – 2015. – № 6(118). – С. 42-45. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zvjazok_2015_6_17.

27. Павленко М.А. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – Вип. 4(50). – С. 17-21. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.

28. Павленко М.А. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 5(51). – С. 24-28. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.

29. Павленко М.А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 6(52). – С. 25-29. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

30. Dmitriiev O. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system / O. Dmitriiev, I. Borozenec, S. Shilo, T. Kalimulin // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – Вип. 2(3). – С. 30-35. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

31. Шило С. Г. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом // С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв, І.В. Новікова / 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.

32. Dmitriiev O. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inneration Navigation Systems / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S.Profatilov // Proceedings of the National Aviation University. – Kyiv, 2018. – Vol. 76(3). – P. 29-36. – doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.76.13153>.

33. Dmytriiev O. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vehicle / O. Dmytriiev, M. Zhyvytskyi, O.P. Elizarov, O.A. Syomin, V.G. Sushko // Новітні технології. – Київ, 2018. – Vol. 2(6). – P. 166-179. – doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.

34. Herasimov S. Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges / S.Herasimov, Y. Belevshchuk, I. Ryapolov, O. Tymochko, M. Pavlenko, O. Dmitriiev, M. Zhyvytskyi, N. Goncharenko // 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>.

35. Semeniuta M. Incomplete tournaments and magic types of labeling / M. Semeniuta, Z. Sherman, O. Dmitriiev // Control Systems and Computers. – Київ, 2018. – Вип. 5(277). – P. 13-24. – doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.05.013>.

36. Dmitriiev O. Evaluation of the Effectiveness of the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S. Profatilov // 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>.

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

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

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

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

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

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

43. Pavlenko M. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / M. Pavlenko, M. Petrushenko, S. Shylo, I. Borozenec, O. Dmitriyev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2019. – Вип. 4(56). – С. 3-7. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

45. Dmitriiev O. The color coding algorithm of complex air traffic information model for operator's efficiency / O. Dmitriiev, M. Melnichuk, O. Tymochko, A. Romaniuk // *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>.

46. Milov O. Development of scenario modeling of conflict tools in a security system based on formal grammars / O. Milov, S. Yevseiev, A. Vlasov, S. Herasimov, O. Dmitriiev, et al. // *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>.

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

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

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРАМИ ТА ЇХ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

1.1 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 [1, 2]. Вирішення завдань у процесі управління здійснюється за імовірними діями повітряних суден і варіантів дій ОПР диспетчерського пункту.

Організація діяльності диспетчерів щодо ОПР передбачає виконання широкого кола функціональних завдань, які підлягають вирішенню на всіх рівнях управління повітряним рухом, серед яких [3, 9, 27–29]:

- диспетчерське аеродромне обслуговування, в ході якого операторами АС КІР надаються диспетчерські дозволи екіпажам, що вилітають і прилітають, а також формується та адресно видається формалізована та неформалізована інформація, що сприяє підтриманню встановленого порядку в зоні аеродрому з метою попередження зіткнень між ПС;

- здійснюване диспетчером польотно-інформаційне обслуговування, що являє собою процес, метою якого є надання консультацій та інформації щодо забезпечення безпечного та ефективного виконання польотів;

- аварійне обслуговування, спрямоване на надання всебічної допомоги ПС, що зазнають лиха;

- управління світлосигнальною системою забезпечення польотів;

- контроль за працездатністю радіотехнічних засобів в зоні аеродрому;

- забезпечення постійного візуального спостереження (у межах видимості) за всіма маневрами ПС, спецавтотранспорту та людей на льотному полі та в зоні відповідальності диспетчера, тощо.

Спроможність ефективного вирішення зазначених і ряду інших допоміжних завдань визначається можливостями як всієї системи ОПР в цілому, так і кожного диспетчера окремо.

Як свідчать результати аналізу розвитку систем обслуговування повітряного руху та сучасний досвід щодо підвищення рівня складності та інтенсивності інформаційних потоків в АС КПр, організація чергування у всіх ланках системи в сучасних умовах має такі особливості [4, 5, 30, 31]:

1. Надзвичайна динамічність, висока інтенсивність трафіку, а також великий просторовий розмах авіаційних перельотів.

2. Поява додаткових завдань, пов'язаних зі збором та обробкою інформації про ситуації, які складаються у процесі управління.

3. Суттєві обмеження в ліміті часу на прийняття управлінських рішень і напружений психофізіологічний стан ОПР у процесі функціональної діяльності.

4. Недостатня повнота та невизначеність інформації про поточну обстановку, що ускладнює її оцінку і своєчасне прийняття необхідних рішень.

У таких складних умовах, як показали дослідження [32–34], 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 [33].

Дана система забезпечує підготовку та подання варіанту дій ОПР з множини альтернативних, який є відповідно найбільш доцільним для умов ситуації обстановки, що складається [14, 19].

Аналіз досвіду експлуатації АС КПП [8, 17, 30, 32, 33] дозволив виявити ряд істотних недоліків, які значно знижують ефективність діяльності операторів:

1. Відсутність інформаційно-логічного зв'язку між моделями предметної області і завданнями, що підлягають вирішенню, та, як наслідок цього, виникнення дублювання вхідної і проміжної інформації.

2. Засоби автоматизації не в змозі забезпечити необхідну якість інформаційної підготовки прийняття рішення для:

- вироблення рекомендацій з виявлення можливих ПКС;
- вибір і уточнення комплексу дій для запобігання розвитку ПКС тощо.

3. Наявність декількох рівнів узагальнення інформації призводить до значних затримок часу її надходження до оператора. Залежно від складності обстановки ця затримка може досягати 0,5...9 хвилин [20, 21]. Таке запізнювання в отриманні інформації ускладнює оцінку ситуацій обстановки в реальному часі.

4. У системі не передбачена комплексна взаємодія всіх наявних інформаційних джерел, що не дозволяє в достатньому ступеню провести узагальнення інформації з подальшим представленням її на засоби відображення [20, 21]. Тому інформаційна модель СО виявляється неповною.

5. Для формування ІМ ситуації обстановки використовуються пристрої різних технологічних поколінь, які суттєво відрізняються за своїми можливостями, технічними характеристиками та ергономічними властивостями.

6. Інформаційна модель СО, що пред'являється ОПР, не повною мірою відображує специфіку його діяльності в процесі оцінки СО, відсутня можливість її деталізації й узагальнення, цілеспрямованого відображення необхідних фрагментів у рамках вирішуваних завдань.

7. У недостатній мірі використовуються можливості сучасних технологій для відображення статичної інформації (картфон, зони, коридори і т.п.). У зв'язку з цим відсутня можливість поєднання на ЗВІ даних про дії повітряних суден і результатів найближчого прогнозу для вироблення рекомендацій з управління ними.

8. Тривалий час, що потребується на перебудову інформаційної моделі в процесі розв'язання завдань, який може становити 2–5 хв. і більше.

9. Відсутність пояснень та коментарів стосовно запропонованого варіанту прийняття рішення ускладнює процес формування концептуальної моделі у свідомості відповідних ОПРР.

Усунення вказаних недоліків можливо здійснити шляхом перегляду існуючих підходів щодо вдосконалення системи інформаційного забезпечення оцінки СО. Тому дана проблема належить до однієї з найважливіших, які стоять перед дослідниками і розробниками засобів автоматизації в галузі ОПР та потребує вирішення таких завдань:

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

- розробити метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який враховує когнітивні аспекти процесів обробки інформації при підготовці прийнятті рішень;

- розробити метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки який дозволяє формалізувати процеси за допомогою нечіткої комбінованої моделі знань і дозволяє підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів;

- розробити метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, що дозволяє підвищити адекватність відображення повітряної обстановки;

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

- розробити модель оцінки оператора системи ОПР для синтезу комплексної моделі еталону оператора, який дозволяє формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками;

- провести оцінку ефективності розроблених моделей і методів, дослідити їх вплив на оперативність, повноту та адекватність прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки.

1.2 Аналіз методів та моделей системи інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень операторами АС КПр

1.2.1 Роль та місце системи інформаційного забезпечення діяльності операторів АС КПр

Інформаційні потоки, що циркулюють в АС КПр, формуються шляхом інформаційного об'єднання різномірних даних від підсистем зв'язку, навігації і спостереження, які є складовими системи керування повітряним рухом. Тобто сукупність систем та засобів зв'язку, навігації і спостереження забезпечують одержання користувачами інформації про повітряну, наземну, метеорологічну, орнітологічну обстановку, а також інших видів інформації, що задовольняє виконання посадовими особами функціональних обов'язків в АС КПр [11, 17, 30, 31].

Загальний вид системи інформаційного забезпечення, осіб, що приймають рішення наведено на рис. 1.1.

На рис. 1.1 прийняти такі позначення:

РЛС – радіолокаційна станція;

ЗН – засіб навігації;

ПУ – пункт управління;

ПК – пункт контролю;

КЗА – комплекс засобів автоматизації;

стрілками позначені канали зв'язку (тракти передачі даних) – КЗ.

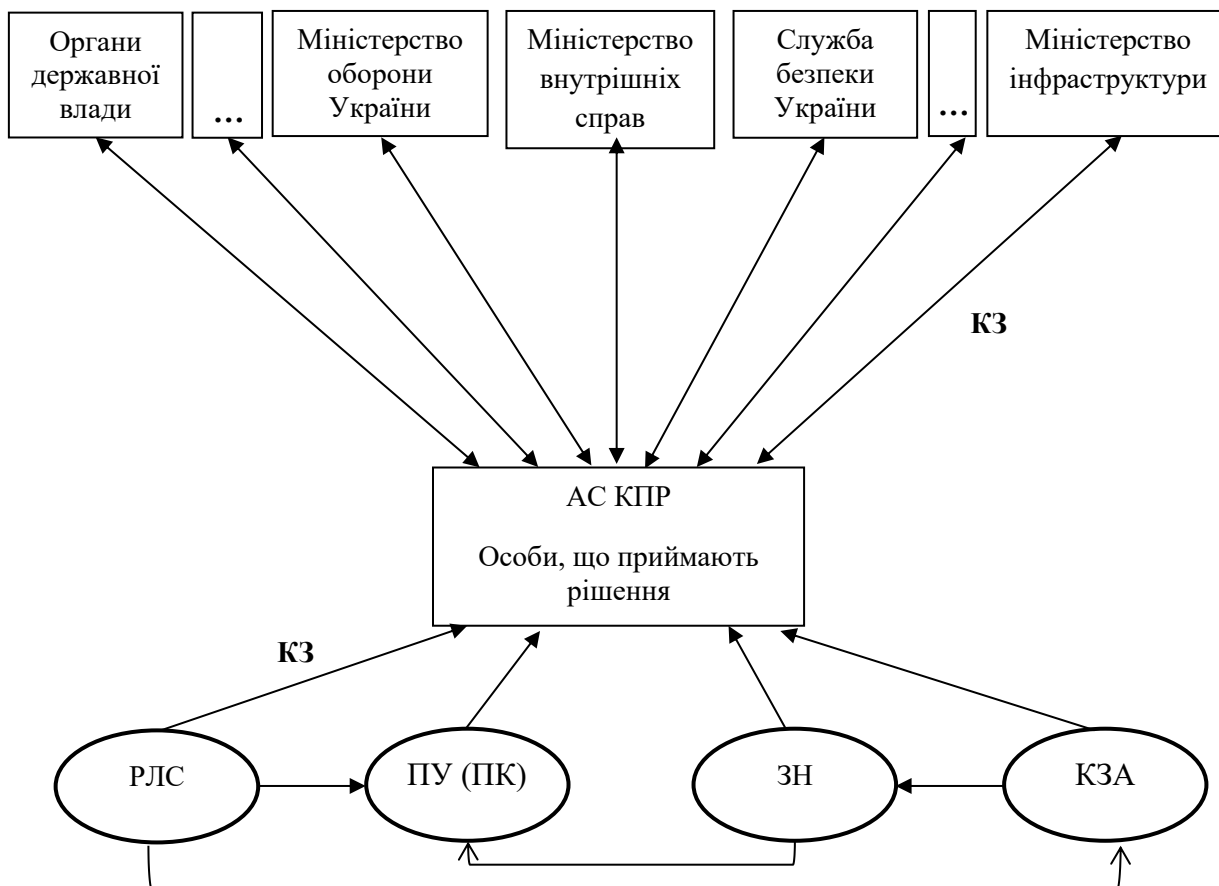


Рисунок 1.1 – Загальна схема системи інформаційного забезпечення діяльності осіб, що приймають рішення в АС КПр

Інформація, що отримується об'єктами системи, узагальнюється та видається споживачам у потрібній для них формі. При цьому об'єднання інформації може проводитись попередньо на проміжних пунктах управління (КЗА), так і після її отримання усією системою [33].

За інформацією, що відображається на засобах відображення інформації (ЗВІ) індивідуального та колективного користування, ОПРР здійснює виконання поставлених завдань, наприклад, оцінку повітряної обстановки або здійснення контролю польотів повітряних суден. Оцінка ситуацій обстановки

здійснюється на основі інформації, представленої в інформаційній моделі, створеній на ПУ за допомогою технічних засобів різного типу. При отриманні інформації від джерел здійснюється її автоматична обробка за допомогою комплексів технічних засобів (КТЗ) збору, обробки, відображення, документування та передавання інформації, які є складовими АС КПрР.

ОПрР за допомогою наявних КТЗ контролює склад інформації, яка надходить до системи залежно від завдань, які виконуються на даному етапі. У процесі оцінки обстановки з використанням системи інформаційного забезпечення ОПрР сприймає та переробляє великі обсяги різнотипних даних, які представлені за допомогою інформаційної моделі.

Для найбільш повного використання можливостей інформаційної системи (ІС) у процесі вирішення завдань ОПрР, 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 й етапам прийняття рішень [27].

У процесі виконання функціональних завдань ОПрР враховує такі особливості його роботи з інформаційною моделлю обстановки [9, 25, 33, 38]:

- співвідношення отриманих відомостей з реально можливими;
- у процесі аналізу інформації відбувається її декодування. При цьому у ряді випадків людина здатна реконструювати деякі параметри, що не отримали відображення в інформаційній моделі;
- виходячи з оперативного образу обстановки, що склалася, і досвіду ОПрР та оператори можуть передбачати зміну і, отже, появу нової інформації;
- при оцінці складної обстановки ОПрР діють, виходячи з більшої інформації ніж та, яку вони отримують від інформаційної моделі;
- на основі отриманих раніше знань і досвіду ОПрР мають у розпорядженні додаткові відомості про можливий стан повітряної обстановки і об'єкти управління порівняно з тими, які відображені в інформаційній моделі.

Дані, отримані від інформаційної моделі, разом з додатковими відомостями служать основою для формування КМ аналізованого об'єкту (ситуації обстановки), що обумовлює діяльність ОПрР. Таким чином, інформаційна модель є частиною змісту КМ і служить основою для її формування.

Враховуючи перелік завдань, що стоять перед ОПрР, складність, динамічність обстановки, широкий спектр чинників, що підлягають врахуванню, ефективне функціонування АС КПр не передбачається можливим без удосконалення та модифікації системи інформаційного забезпечення у підсумку це дозволить підвищити рівень автоматизації процесу прийняття необхідних управлінських рішень.

Аналіз діяльності операторів показав, що основний її зміст зводиться до сприйняття інформації, її аналізу та узагальнення, пошуку додаткової інформації, яка потрібна для прийняття рішень ОПрР та операторами АС КПр, оцінки різнорідних даних, що відображаються за допомогою інформаційної моделі на робочому місці.

Результати сучасних досліджень у даній області [17, 31, 41, 42] дозволяють визначити послідовність етапів підготовки та ухвалення рішень особами, що приймають рішення, у процесі вирішення завдань керування повітряним рухом.

На рис. 1.2 наведена узагальнена структурна схема процесу прийняття рішення диспетчерами центрів керування повітряним рухом.

Послідовність етапів оцінки обстановки оператором АС КПр може бути подано за допомогою такого графу (рис. 1.3).

У наведеній моделі, на відміну від існуючих, введено стани та процеси, пов'язані з урахуванням в ІМ додаткових фрагментів, що дозволяє врахувати особливості розглядаємої предметної області, а також специфіку когнітивної діяльності операторів АС КПр.

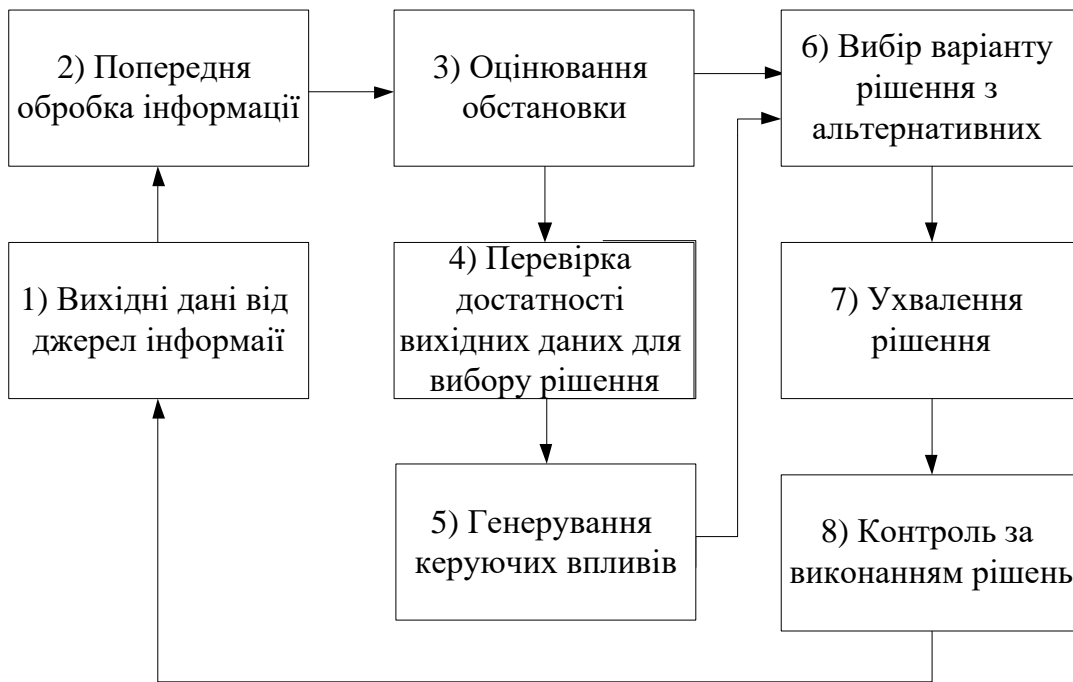


Рисунок 1.2 – Послідовність етапів підготовки прийняття рішення

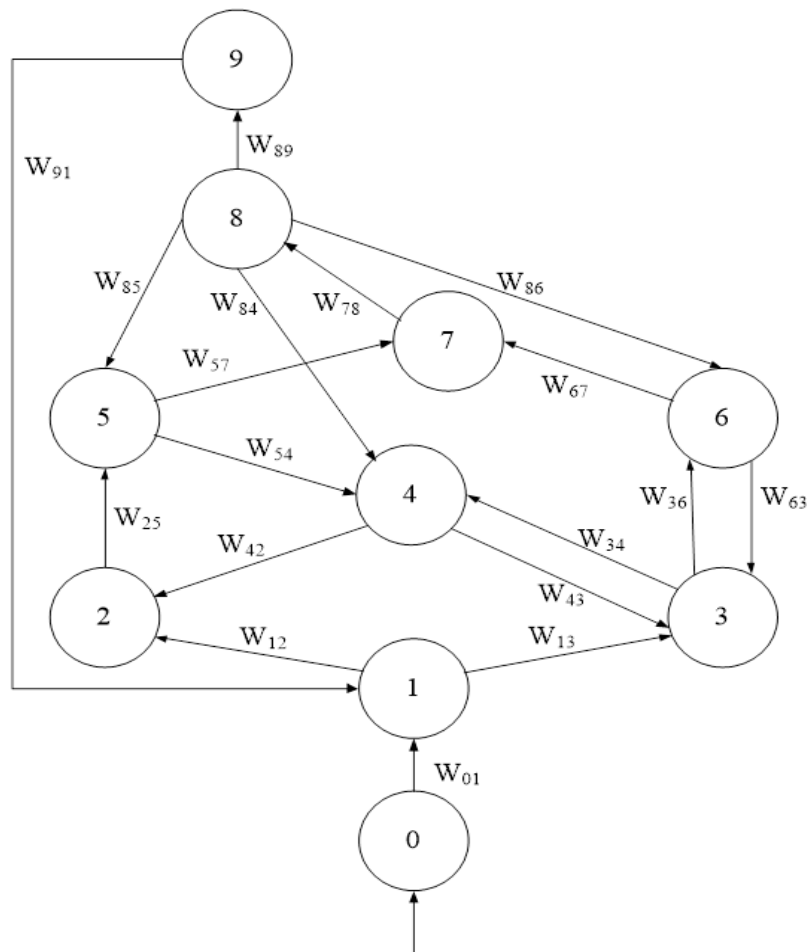


Рисунок 1.3 – Послідовність етапів оцінки обстановки оператором АС КІР

Зміст етапів оцінки обстановки представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Етапи оцінки обстановки оператором АС КПрР

0	Отримання та попередня обробка інформації про поточну обстановку різнотипними джерелами
W ₀₁	Надходження інформації від джерел
1	Інформації про поточну обстановку надійшла до КЗА
W ₁₂	Підготовка інформації для відтворення на засобах відображення колективного користування (ЗВІ КК)
W ₁₃	Підготовка інформації для відображення на автоматизованому робочому місці (АРМ)
2	ІМ для відображення на ЗВІ КК сформована
W ₂₅	Відображення інформації про поточну обстановку на ЗВІ КК
3	ІМ для відображення на ЗВІ АРМ сформована
W ₃₄	Відбір необхідних фрагментів ІМ для уточнення на АРМ ОПрР
W ₃₆	Відображення інформації про поточну обстановку на АРМ ОПрР
4	Уточнення фрагментів ІМ
W ₄₂	Корегування інформації для уточнення ІМ на ЗВІ КК
W ₄₃	Корегування інформації для уточнення ІМ на АРМ ОПрР
5	ІМ відображено на ЗВІ КК
W ₅₄	Сприйняття інформації, що відображається на ЗВІ КК
W ₅₇	Оцінка інформації, що відображається на ЗВІ КК
6	ІМ відобразилася на АРМ ОПрР
W ₆₃	Вибір інформації для відображення на АРМ ОПрР
W ₆₇	Оцінка інформації, що відображається на АРМ ОПрР
7	Інформації про поточну обстановку сприйнята ОПрР
W ₇₈	Формування концептуальної моделі обстановки ОПрР
8	Концептуальна модель про поточну обстановку сформована
У ₈₄	Запит додаткової інформації про обстановку
W ₈₅	Уточнення інформації, що відображається на ЗВІ КК
W ₈₆	Уточнення інформації, що відображається на АРМ ОПрР
W ₈₉	Прийняття рішення про стан обстановки
9	Рішення про стан поточної обстановки прийнято ОПрР
W ₉₁	Перехід до аналізу обстановки і оцінки рішення, яке прийнято

1.2.2 Аналіз впливу властивостей побудови засобів відображення інформації на процес підготовки прийняття рішення оператором АС КІР

Дослідження питання побудови комплексу ЗВІ має дати відповідь на такі практичні питання [5,17, 31, 41, 42]:

- які способи подання інформації в даних конкретних умовах максимально підвищують ефективність роботи оператора і системи в цілому?

– які засоби відображення інформації виявляються найкращими при реалізації різних способів подання інформації, та як їх будувати з урахуванням психофізіологічних вимог?

– яким чином правильно компоувати конкретні пристрої відображення?

– як зробити оцінку відповідності системи подання інформації психофізіологічним і техніко-економічним вимогам?

– як визначити реальну завантаження оператора, який повинен обслуговувати систему або її ділянку, і цілий ряд інших, не менш важливих практичних питань та інші питання подібного роду?

З цього випливає, що при побудові системи відображення інформації поряд з розробкою загальних питань її побудови значна увага має бути приділена виявленню особливостей даної конкретної системи з урахуванням специфіки предметної області.

Зазначена система відноситься до класу складних ергатичних систем з високим ступенем автоматизації і за своїми функціями є інформаційне забезпечуючою підготовку прийняття рішень. Призначенням системи є збір і обробка даних про обстановку та інформацію про неї як з вищих, так і взаємодіючих центрів ПР. Роль людини в системі полягає у прийнятті рішень у конфліктних ситуаціях, контроль за правильністю її функціонування та управлінні режимами функціонування окремих елементів, а також в її обслуговуванні.

Для визначення особливостей побудови системи відображення інформації, що забезпечує високу якість прийнятих рішень в АС КПП, слід розглянути особливості процесу їх прийняття.

Рішення завдання оператором у даній системі супроводжується активною пошуковою діяльністю. При цьому центральною ланкою в процесі діяльності є не переробка вже виявленої інформації [6, 7, 17, 31, 41, 42], а її вибір, пошук деталізація необхідних фрагментів обстановки. Характерно те, що оператор звертається до засобів відображення інформації на всіх стадіях прийняття рішення. Чим складніші часткові завдання стоять перед ним, тим більшу частину загального часу вирішення завдання він витрачає безпосередньо на роботу з пристроями відображення (рис. 1.4) [8, 17, 31, 41, 42].

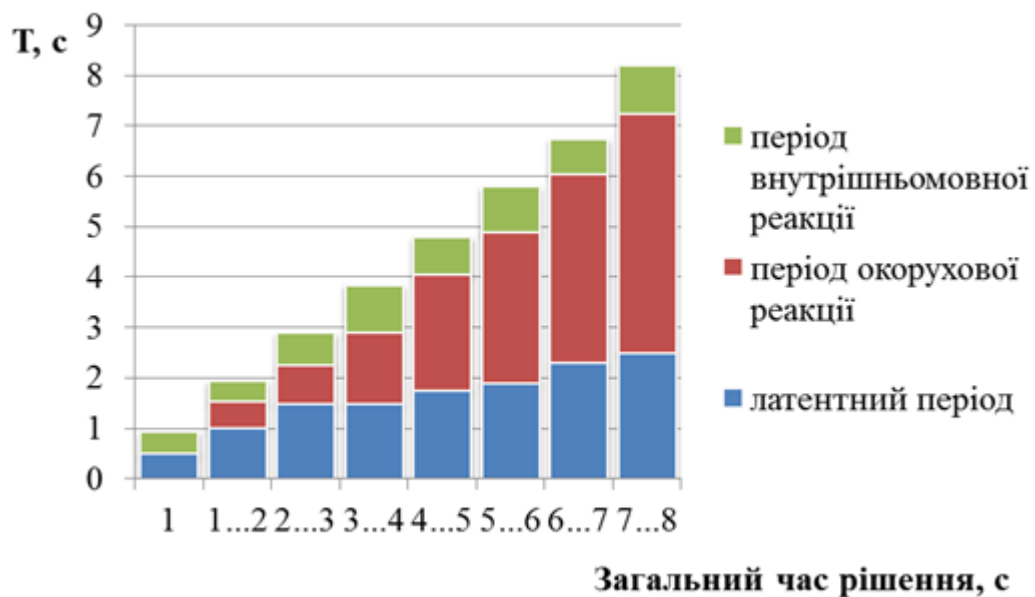


Рисунок 1.4 – Розподіл часу, витрачений на вирішення завдання оператором АС КПП

Як показують результати проведених експериментальних досліджень [7, 17, 31, 41, 42], залежно від складності ситуації і наявного часу оператор у процесі прийняття рішення враховує різний обсяг даних про обстановку. Отримані результати, які наведено в п. 1.3, та розділі 7, свідчать, що у всіх

випадках дефіцит часу, як правило, призводить до зниження якості прийнятих управлінських рішень.

Цей факт пояснюється тим, що у період підготовки рішення оператор спирається на обмежену кількість можливих варіантів рішення, що ґрунтуються на досвіді його власної попередньої практичної діяльності. Сам процес прийняття рішення в таких ситуаціях полягає у послідовному відбракуванні або прийнятті наступної з висунутих гіпотез про сутність ситуації обстановки, що складається на поточний момент часу з урахуванням даних прогнозу.

Залежно від наявного часу оператор розглядає різну кількість варіантів гіпотез. При цьому сам аналіз здійснюється з різним ступенем деталізації. В окремих випадках це може бути причиною прийняття невірної гіпотези. Більш детальний аналіз ситуації для вироблення та перевірки нової гіпотези, як правило, пов'язаний зі значними часовими витратами, що на практиці здійснити неможливо, оскільки часові ресурси діяльності завжди є обмеженими.

Цей факт свідчить про те, що склад інформації, на підставі якої приймається рішення, апріорі є невизначеним.

На думку фахівців [7, 17, 31, 41, 42], слід мати на увазі, що точний склад даних, необхідних оператору в процесі виконання завдання, може бути в кращому випадку вказаний лише після вирішення завдання і не може бути вказано до його.

Надання оператору можливості самостійно підбирати інформацію, необхідну для вирішення завдання, призводить до надмірності її на засобах відображення, але такий процес є обов'язковою умовою ефективної розумової діяльності. Пропонована зазвичай як критерій відбору інформації ознака суттєвості є змінною. Вона визначається роллю цієї інформації в реальній діяльності оператора, а не тільки ситуацією, що склалася.

Наведені особливості процесу прийняття рішення свідчать, що якість прийнятого рішення визначається достатністю (потрібною повнотою) даних,

необхідних оператору, а також часом, який є в наявності та витрачається на прийняття рішення:

$$Q = f(N_1, t_{pl}, t_1), \quad (1.1)$$

де Q – показник якості рішення 1-го завдання;

N_1 – склад даних, необхідних оператору для вирішення 1-го завдання;

t_{pl} – наявний час для вирішення 1-го завдання;

t_1 – час, що витрачається на рішення 1-го завдання.

Якщо на величини N_1 і t_1 можна істотно впливати, то величина t_1 значною мірою визначається структурою комплексу ЗВІ.

Процес прийняття рішення складається з ряду послідовних кроків, які полягають у зверненні до окремих ЗВІ для уточнення даних, прийняття проміжних рішень і зміни, в разі необхідності, плану подальших дій.

Нехай t_{ij} час, що витрачається на переміщення погляду від i -го пристрою відображення до j -го; t_{ikl} час уточнення даних, необхідних для отримання проміжного рішення на k -му кроці рішення 1-го завдання при роботі з i -м пристроєм відображення. Тоді оцінка часу виконання завдання дорівнює:

$$t_1 = \sum_n (T x_{kl}) + \sum_n (T_i x_{kl}), \quad (1.2)$$

де i, j – номер пристрою відображення;

$T = \{t_{ij}\}$, $T_i = \{t_{ikl}\}$, якщо на k -му кроці рішення виконується з використанням i -го пристрою і 0 - в іншому випадку за умови, що

$$\sum_{j=1}^n X_{ijkl} = 1,$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ikl} = 1,$$

де n – кількість пристроїв відображення.

У кожній конкретній реалізації рішення задачі величини t_{ij} і t_{ikl} приймають різні чисельні значення. Вони визначаються конкретною сукупністю об'єктивних і суб'єктивних факторів, що впливають на ці величини. Відносно того, якому закону розподілу підкоряються ці величини, усталеної думки не існує. Значна кількість авторів схиляється до думки, що найбільш відповідним є β -розподіл. Результати досліджень, наведені в [9, 17, 31, 99, 100], свідчать про добре узгодження експериментальних даних з усіченим нормальним законом розподілу.

Результати досліджень [10, 17, 31, 89, 92] показали, що експериментально отримані дані про рішення оператором значного кола завдань щодо даної системи з достатньою для практичних цілей точністю можуть бути згладжені усіченим нормальним, гамма- і бета- розподілом. У зв'язку з цим на перший план виступає не конкретна форма запису закону розподілу, а простота отримання параметрів розподілу.

З цієї точки зору найбільш прийнятним слід вважати окремий випадок бета-розподілу [23]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{12}{(t_2 - t_1)^4} (t - t_1)(t_2 - t)^2, & t_1 \leq t \leq t_2 \\ 0, & t < t_1 \text{ та } t > t_2 \end{cases}, \quad (1.3)$$

де t_1 – мінімальний час виконання операції;

t_2 – максимальний час виконання операції.

За величин t_1 і t_2 можуть бути взяті 1% і 99% квантілі відповідно.

Якісний аналіз виразу (1.3) дозволяє визначити наступні функціональні залежності

$$t_{ij} = f_1(N_1, R, h, d), \quad (1.4)$$

$$t_{ikl} = f_2(N_1, n_r, k, r), \quad (1.5)$$

$$X_{kl} = f_3(N_1, R), \quad (1.6)$$

$$\hat{X}_{kl} = f_4(N_1, R), \quad (1.7)$$

де N_1 – склад даних, необхідних оператору для прийняття рішення;

R – прийнятий варіант розподіл даних між пристроями;

N_r – кількість інформаційних елементів, відображених на кожному з пристроїв;

k – прийнятий спосіб кодування інформації;

r – прийнятий варіант розміщення елементів у межах поля пристрою відображення;

h – взаємне положення пристроїв відображення;

d – спосіб отримання інформації, відсутньої в даний момент на відображенні.

Виявлені залежності дозволяють намітити основні питання дослідження проблеми:

- вибір критерію ефективності комплексу пристроїв відображення;
- аналіз впливу найбільш суттєвих з точки зору обраного критерія параметрів, що визначають структуру системи відображення;
- розробка методики побудови системи відображення, яка враховує найважливіші чинники, що впливають на якість вирішення завдань оператором.

Інформаційні можливості комплексу ЗВІ АС КІР можуть бути розглянуті з використанням інформаційного підходу [17, 31, 88, 93].

Кількість інформації, що отримується операторами при оцінці

обстановки за інтервал часу $\tau - t$, визначається співвідношенням

$$I_p(t, \tau) = H_0(t, \tau) - H(t, \tau), \quad (1.8)$$

де $I_p(t, \tau)$ – реальна інформаційна можливість системи відображення;

$H_0(t, \tau)$ – ентропія до початку оцінки обстановки;

$H(t, \tau)$ – ентропія, що залишилася.

Потенційні можливості системи відображення досягаються тоді, коли в результаті аналізу відображуваної інформації, коли буде досягнуто повне уясування обстановки:

$$I_{\Pi}(t, \tau) = H_0(t, \tau). \quad (1.9)$$

Враховуючи, що якість функціонування системи відображення інформації може бути оцінена порівнянням можливостей реально існуючої системи з потенційно можливими, тобто тими, які можуть бути досягнені з використанням ідеальної системи, отримаємо:

$$E(t, \tau) = \frac{I_p(t, \tau)}{I_{\Pi}(t, \tau)} = \frac{H_0(t, \tau) - H(t, \tau)}{H_0(t, \tau)}. \quad (1.10)$$

Значення даного показника залежно від якості системи відображення змінюється в інтервалі $[0, 1]$. Він досить повно враховує питому вагу якості функціонування системи відображення щодо призначення системи в цілому, а також до точності роботи й якості методів та алгоритмів відображення. Запропонований підхід є досить узагальненим та не дозволяє враховувати складність, вартість, а також деякі інші показники якості системи ЗВІ. Суттєвий недолік також є складність в оцінці ентропії до і після аналізу

обстановки. Наявність зазначених недоліків в цілому ускладнює використання наведеного виразу для безпосередньої оцінки ефективності системи відображення.

Системи ЗВІ є обов'язковими складовими АС КПП та функціонально покликані забезпечити:

- подання оператору інформації тоді, коли в ній виникає необхідність;
- подання інформації в таких обсягах, що відповідають реальним можливостям оператора з її переробки і є достатніми для оцінки ситуації, прийняття правильного рішення і контролю за його виконанням;
- подання даних оператору у вигляді, що відповідає особливостям сприйняття, специфіці виконуваних оператором функцій і загальним умовам його роботи.

У більшості випадків функції оператора полягають не в управлінні складною динамічною системою взагалі, а в наданні процесу функціонування оптимального напрямку. Тобто участь оператора в рішенні загального завдання забезпечення ефективного функціонування АС КПП, а отже, і створення відповідної системи відображення інформації і управління, має давати приріст ефективності всієї системи і бути виправдано принаймні економічними міркуваннями.

Іншими словами, витрати на проектування і синтез системи відображення та її експлуатацію повинні бути не більше, ніж витрати на організацію автоматичного рішення покладених на оператора завдань при існуючому рівні розвитку використаних технологій.

Таким чином, ефективність застосування комплексу ЗВІ в АС КПП визначається, по-перше, частковими показниками якості самого комплексу (структурою інформаційного поля, способом кодування і подання інформації, надійністю, ремонтпридатністю, вартістю, габаритами тощо), по-друге, результатом використання комплексу ЗВІ в даній конкретній системі через те, що ефект від застосування одного і того ж комплексу пристроїв відображення в різних системах неоднаковий, і, по-третє, функціями, покладеними на осіб,

що приймають рішення через рівний внесок комплексу ЗВІ у виконання спільних завдань залежно від результатів вирішення окремих часткових завдань.

Отже, максимальний ефект, який може дати використання системи відображення інформації при заданому розподілі функцій вже заздалегідь визначений переліком і важливістю тих завдань, вирішення яких вимагає обов'язкової участі оператора. Ступінь реалізації цієї можливості залежить, з одного боку, від системи відображення інформації і, з іншого боку, від можливостей людини з прийому та переробки інформації. В кінцевому підсумку вона визначається можливістю своєчасного і правильного вирішення завдань, покладених на осіб, що приймають рішення.

Очевидно, що конкретна організація СІЗ може сприяти або ускладнювати прийняття рішення і, тим самим, призводити до зниження ефективності системи.

Таким чином, процес вирішення завдань залежить від множини факторів, кількісні характеристики яких зазвичай є випадковими. Тоді показником, що характеризує роботу оператора, може бути прийнята лише ймовірність своєчасного і правильного вирішення завдань. При цьому ймовірність вирішення кожного із завдань управління є функцією характеру завдання, конкретної реалізації системи відображення та можливостей оператора з прийому та переробки інформації.

Вираз для ймовірності вирішення завдань з урахуванням основних факторів має наступний вигляд:

$$P_{pj} = P_{сфj} P_{vj} P_{рсвj} (1 - P_{помj}), \quad (1.11)$$

де j – номер завдання;

P_{pj} – ймовірність рішення оператором j -го завдання управління;

$P_{сфj}$ – ймовірність справного функціонування системи відображення інформації протягом часу рішення j -го завдання;

P_{vj} – ймовірність виявлення ситуації, що потребує вирішення j -го завдання;
 $P_{рсвj}$ – ймовірність своєчасного рішення оператором j -го завдання;
 $P_{помj}$ – ймовірність отримання помилкового рішення при прийнятті рішення по j -му завданню.

Прирощення ефективності системи від участі в процесі управління операторів АС КПрР складається з прирощення ефективностей від вирішення окремих часткових завдань. Це може бути оцінене математичним сподіванням сумарного збільшення ефективності всієї системи в цілому. В ідеальних умовах збільшення ефективності системи буде визначатися співвідношенням

$$\Delta W = \sum_{j=1}^n \Delta W_j P_j \quad (1.12)$$

де ΔW – прирощення ефективності системи при виконані ОПрР покладених на неї функцій;

ΔW_j – прирощення ефективності від рішення j -го часткового завдання управління;

P_j – ймовірність виникнення j -го часткового завдання управління;

n – кількість завдань, рішення яких покладається на ОПрР.

В реальних умовах виникнення завдань j -го типу не завжди супроводжується їх своєчасним і вірним вирішенням. Тому прирощення ефективності системи управління від участі операторів буде принаймні не більше запланованого і може бути оцінено за формулою:

$$\Delta W_p = \sum_j \Delta W_j P_j P_{pj}, \quad (1.13)$$

де ΔW_p – реальне прирощення ефективності системи управління від участі операторів в управлінні.

Вираз (1.13) характеризує ефективність системи відображення інформації при вирішенні завдань управління операторами АС КПП та може бути використаний як критерій при оцінці системи відображення.

Комплекс ЗВІ повинен задовольняти також і вимогам технічного завдання за габаритами, вартістю, ремонтпридатністю, тощо. Але з огляду на те, що завданням дослідження є визначення впливу СІЗ на ефективність АС КПП, можна вважати основні технічні параметри ЗВІ незмінними. Тому за додаткове обмеження до виразу (1.13) може бути висунута лише вимога щодо вартості:

$$C_{\gamma} \leq C, \quad (\gamma = 1, 2, \dots, k), \quad (1.14)$$

де C_{γ} – реальна вартість γ -го варіанту комплексу ЗВІ;

C – задана вартість комплексу.

Необхідно зазначити складну залежність між величинами P_{vj} та $P_{рсвj}$, у виразі (1.11), що є складовими ймовірності вирішення оператором j -го часткового завдання управління. Якщо вирішення завдань в АС КПП відбувається в реальному масштабі часу і, як правило, в умовах його дефіциту, то підвищення надійності виявлення можливої критичної ситуації за рахунок збільшення тривалості аналізу обстановки призводить до відповідного зменшення часу, що залишився на прийняття рішення. Це, в свою чергу, викликає зниження ймовірності виконання j -го часткового завдання до встановленого терміну [82–84, 90, 91, 95, 98, 101–105] і збільшення ймовірності прийняття помилкового рішення.

Таким чином, для збільшення ефективності комплексу ЗВІ необхідно прагнути, по-перше, до зниження загального часу, що витрачається на прийняття рішення, і, по-друге, до скорочення часу виявлення критичних параметрів з метою збільшення часу на загальний аналіз і прийняття рішення. Отже, вибираючи найбільш доцільний з можливих варіантів побудови

комплексу ЗВІ для АС КПр, закономірним є користуватись наступним міркуванням – кращим буде той комплекс, який забезпечує мінімум часу правильного вирішення завдань управління і задовольняє обмеженням (1.14).

1.3 Визначення показників ефективності діяльності операторів при ситуаційному аналізі повітряної обстановки в АС КПр

1.3.1 Обґрунтування вибору показників оперативності та достовірності ситуаційного аналізу обстановки оператором в АС КПр

Розглядається процес діяльності ОПРР АС КПр на часовому інтервалі з моменту надходження первинної інформації про поточну обстановку до прийняття рішення щодо варіанту дій оператором. Побудова моделей діяльності ОПРР АС КПр обмежується розглядом тільки в часовій площині. Показники процесу діяльності оператора АС КПр наведено в додатку Д. Під часом реакції (T_p) ОПРР на одиничну вхідну заявку (отримання ознак зміни ситуації) розуміється інтервал часу від моменту ініціалізації в системі вхідної інформації про обстановку, яка складається на даний час до моменту підготовки прийняття рішення ОПРР щодо реагування на неї згідно функціональним обов'язкам.

Аналітичний вираз для T_p має вид:

$$T_p = T_{оз} + T_{обр} + T_{оо} + T_{реаг}, \quad (1.15)$$

де $T_{оз}$ – час отримання завдання (вихідної інформації про обстановку) та її усвідомлення відповідним органом управління (оператором);

$T_{обр}$ – час збору, обробки та узагальнення інформації про поточну обстановку від різних джерел;

$T_{оо}$ – час, необхідний ОПРР для оцінки обстановки і підготовки даних для прийняття рішення;

$T_{\text{реак}}$ – час, який витрачається ОПРР на доведення рішення, що приймається (з формулюванням конкретних завдань) підпорядкованим функціональним особам (диспетчерам, екіпажам, інженерно-технічному персоналу тощо), а також включає час на з'ясування отриманих ними завдань.

Проведений аналіз процесу діяльності операторів АС КПП свідчить, що максимальний вклад у витрати часу реакції органу управління T_p вносить інтервал часу, що потрібно на оцінку обстановки $T_{\text{оо}}$.

Дані щодо витрат часу реакції на реальні ситуації обстановки, свідчать, що витрати часу в середньому складають 55–75% від загального часу T_p залежно від ступеня складності обстановки.

На рисунку 1.5 наведено часову діаграму процесу вирішення завдань оцінки обстановки.

Особливістю процесу реакції ОПРР на вхідну заявку (рис. 1.5) є те, що операції попередньої та заключної обробки інформації (часові інтервали $T_{\text{обр,поч}}$ та $T_{\text{обр,закл}}$ відповідно), що входять до $T_{\text{обр}}$ в (1.15), виконуються паралельно з операціями оцінки обстановки і підготовки даних для ухвалення рішення ОПРР.

Для спрощення аналізу процесу, що розглядається, проведемо декомпозицію виразу (1.15) на складові.

Основну увагу при подальшому розгляді приділимо аналізу інтервалу часу $T_{\text{оо}}$, який є найбільш значимим для процесу реакції органу управління на зміну обстановки.

Ефективність прийняття рішень за результатами оцінки обстановки можна характеризувати оперативністю і достовірністю [92–96, 114–116]. У даному випадку під оперативністю розуміється можливість ОПРР оцінювати обстановку за час не більше заданого, що характеризується часом цієї оцінки $T_{\text{оо}}$. Достовірна оцінка ($D_{\text{оо}}$) – це оцінка обстановки, що не викликає сумнівів, надійна.

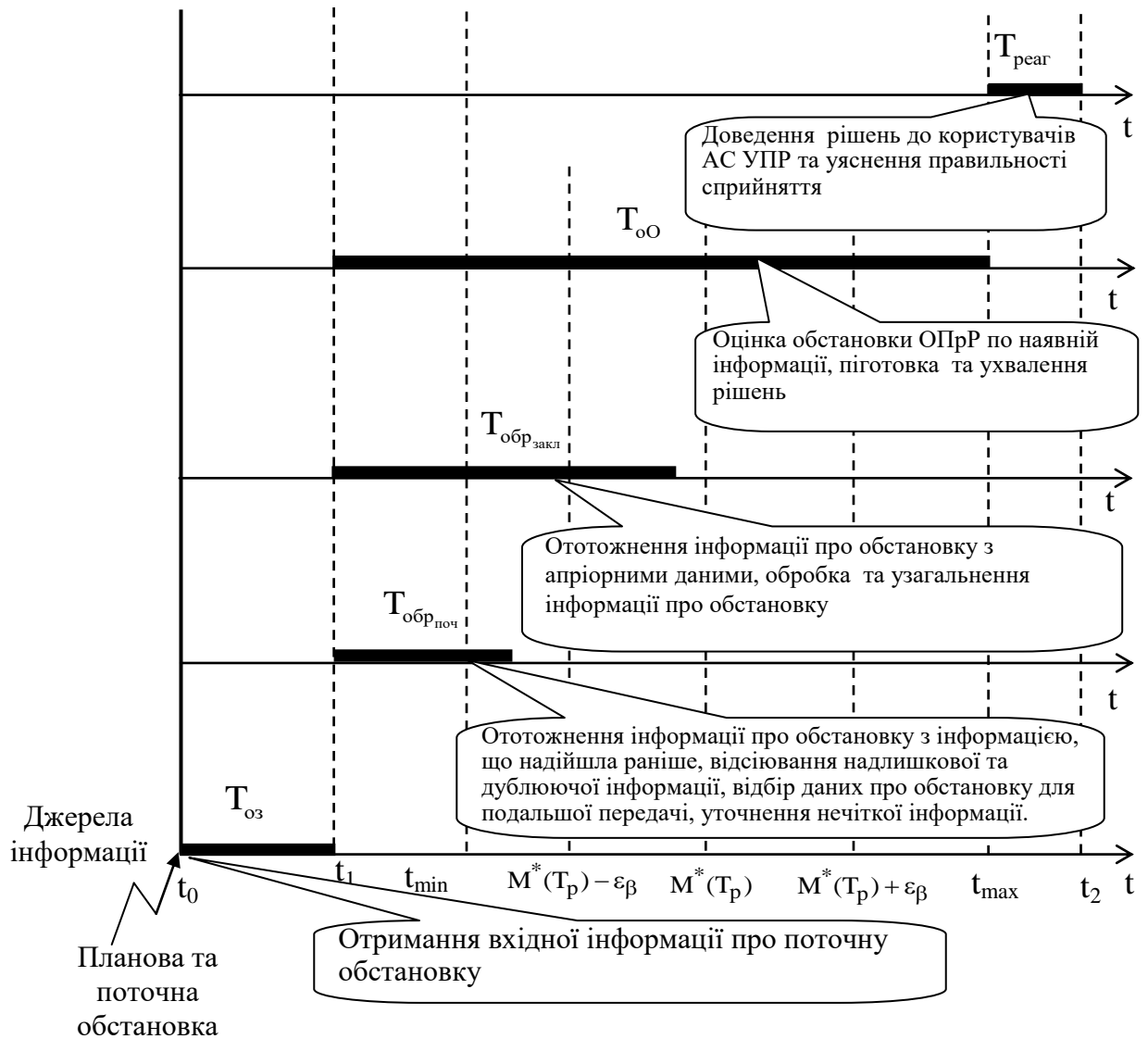


Рисунок 1.5 – Часова діаграма процесу ситуаційного аналізу повітряної обстановки

Таким чином, ефективність оцінки обстановки ($F_{оо}$) – векторний показник, основними складовими якого є [107, 108]:

$$F_{оо} = f(T_{оо}, D_{оо}). \quad (1.16)$$

Показник оперативності $T_{оо}$ можна оцінити, використовуючи вираз:

$$T_{оо} = f(\bar{t}_{ш}, \bar{t}_p, \bar{t}_{пр}, P_{бо}, P_v, K_{им}), \quad (1.17)$$

де $P_{\text{бo}}$ – ймовірність безпомилкової оцінки обстановки ОПР;

$P_{\text{в}}$ – ймовірність виправлення помилок у процесі оцінки обстановки;

$\bar{t}_{\text{ш}}, \bar{t}_{\text{р}}, \bar{t}_{\text{пр}}$ – час пошуку необхідної інформації, час видачі управляючих розпоряджень, час підготовки прийняття рішення відповідно;

$K_{\text{ім}}$ – комплексний показник, що характеризує релевантність ІМ до завдань, які вирішуються, та до ергономічних властивостей подання інформації. Даний показник передбачає врахування як текстової інформації так і звукової інформації (сповіщення, перемови, звернення уваги) в певних ситуаціях обстановки. Основні характеристики зорового сприйняття наведено в додатку Г.

Залежність $T_{\text{оo}}$ від $P_{\text{бo}}$ і $P_{\text{в}}$ 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 [108]. Наявність такої властивості зазвичай характеризується необхідним часом на виконання завдань оцінки обстановки при відомому часі виконання функціональних задач в АС КПр.

Показник оперативності – ймовірність того, що завдання оцінки обстановки буде вирішене за час, який забезпечить реалізацію прийнятих рішень і можливість видачі відповідних директив та розпоряджень з ОПР [94].

Формально показник оперативності можна задати як [107]:

$$K_{\text{оп}} = P(\bar{t}_{\text{потр}} < t_{\text{наяв}}) = 1 - \exp^{-\frac{t_{\text{наяв}}}{\bar{t}_{\text{потр}}}}; \quad (1.18)$$

де $t_{\text{наяв}}$ – час, який є в наявності у ОПР для оцінки обстановки;

$$\bar{t}_{\text{потр}} = M^*(T_{\text{р}}).$$

Найбільш об'єктивним показником якості роботи ОПР є оперативність вирішення зазначених завдань, оскільки часові характеристики та їх зміни дозволяють однозначно стверджувати про динаміку змін умов і характеристик

оцінки обстановки, дозволяють оцінити зміну часу вирішення цих завдань при зміні властивостей інформаційної моделі, характеристик роботи ОПрР і кількості виконуваних ними операцій. Таким чином, при оцінюванні якості роботи ОПрР при оцінці обстановки використовується значення K_{OP} як об'єктивного критерію, щодо якого можливо провести оцінку ефективності діяльності ОПрР [108].

На рис. 1.6 представлені значення мінімального і максимального часу для вирішення завдання оцінки обстановки.

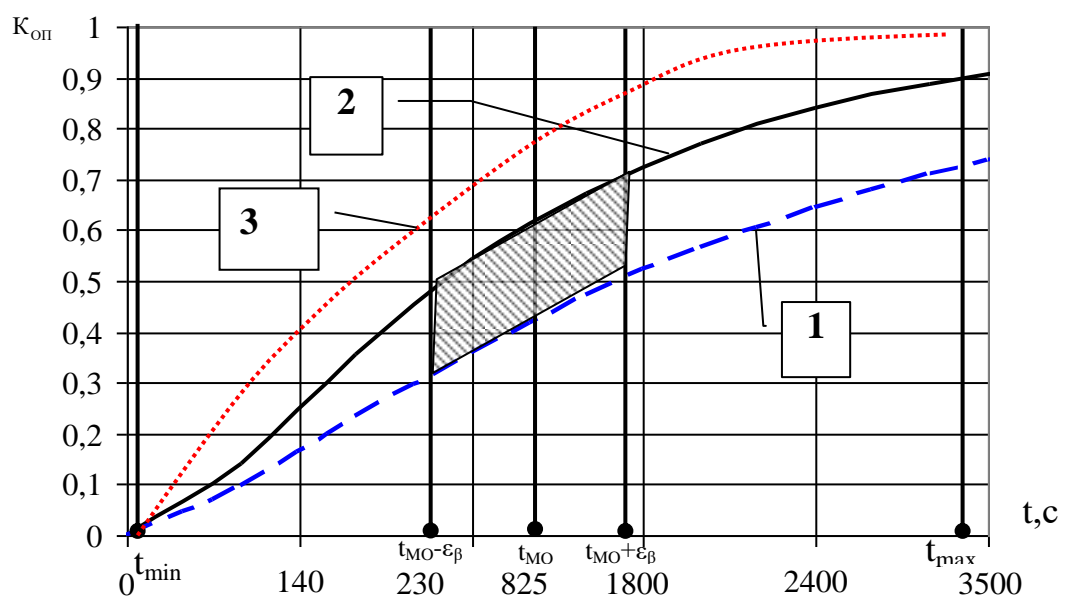


Рисунок 1.6. - Графік залежності оперативності оцінки обстановки від витрат часу в різних умовах

Графік 2 відповідає випадку оцінки обстановки для низької та близької до середньої інтенсивності польотів в умовах наближених до нормальних, графік 1 – для великої інтенсивності польотів у складних умовах. Графік 3 відповідає прогнозованому рівню оперативності, який може бути досягнутий при максимально можливому врахуванні всіх інформаційних ознак при удосконаленні СІЗ.

Оперативність K_{OP} оцінки обстановки ОПрР за час $I_{\beta} = (8,56; 14,51)$ на основі існуючих методів знаходиться в інтервалі $K_{OP} = (0,32, 0,48) \dots (0,51, 0,71)$; при цьому оперативність для $\tau = t_{MO}$ складає $K_{OP} = 0,43 (0,62)$ [94].

Стосовно питань достовірності інформаційних систем, подібних до тієї, що розглядається, використовується показник надійності. В даному випадку під надійністю системи інформаційного забезпечення оцінки обстановки розуміється її властивість зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність системи виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах експлуатації [109, 110].

Особливість оцінки надійності СІЗ порівняно з оцінкою надійності технічних пристроїв і систем пов'язана з тим, що основним її елементом є людина. Тому її властивості необхідно враховувати при визначенні показників надійності.

При оцінці надійності СІЗ, окрім ймовірності безпомилкового ($P_{\text{бo}}$), своєчасного (P_{cb}) рішення завдань ОПрР і виправлення помилок ($P_{\text{в}}$), слід враховувати ймовірність своєчасного надання йому всіх необхідних даних ($P_{\text{бр}}$):

$$D_{\text{oO}} = f(P_{\text{бo}}, P_{\text{cb}}, P_{\text{в}}, P_{\text{бр}}). \quad (1.19)$$

Тут не врахована ймовірність безвідмовної роботи технічних засобів системи і ймовірність їх відновлення. Всі складові у виразі (1.19) залежать від T_{oO} і, природно, від $K_{\text{ім}}$. Тоді вираз (1.19) можна представити так:

$$D_{\text{oO}} = f(P_{\text{бo}}, P_{\text{cb}}, P_{\text{в}}, P_{\text{бр}}, T_{\text{oO}}, K_{\text{ім}}). \quad (1.20)$$

Легко помітити, що D_{oO} і T_{oO} є багатовекторними показниками.

При оцінці надійності СІЗ, окрім своєчасного рішення завдань ОПрР, слід враховувати ймовірність своєчасного надання йому усіх необхідних даних ($P_{\text{бр}}$) від інших операторів.

Надійність системи даного класу можна оцінити за допомогою

показника, що характеризує ймовірність безвідмовного, безпомилкового і своєчасного рішення задачі (P_{oO}) [111, 112, 117].

Для оцінки даного показника може бути використано наступний вираз:

$$P_{oO} = P_{\text{бо}} P_{\text{св}} P_{\text{бр}} + P_{\text{втз}} P_{\text{бо}} P_{\text{св}} P_{\text{бр}} + (1 - P_{\text{бо}}) P_{\text{в}}. \quad (1.21)$$

де $P_{\text{бо}}$ – ймовірність безпомилкової оцінки обстановки ОПРР;

$P_{\text{св}}$ – ймовірність своєчасної оцінки обстановки ОПРР;

$P_{\text{бр}}$ – ймовірність своєчасного отримання ОПРР даних необхідних для розв'язання задачі;

$P_{\text{втз}}$ – ймовірність відновлення технічних засобів;

$P_{\text{в}}$ – ймовірність виправлення помилок оцінки обстановки.

Таким чином, система забезпечить оцінку обстановки, якщо:

1) в необхідний момент часу техніка справна, не відмовила на протязі часу оцінки обстановки, ОПРР своєчасно отримав необхідні достовірні дані, а його дії безпомилковими і своєчасними;

2) порушення функціонування техніки своєчасно відновлені, інші умови п. 1 виконані;

3) при безвідмовній роботі апаратури, припущено помилку при оцінці обстановки, але ця помилка своєчасно виправлена, а інші умови п. 1 виконані.

Відповідно до цілей дослідження доцільно проаналізувати складові $P_{\text{бо}}$, $P_{\text{св}}$, і $P_{\text{в}}$ (1.21), значення яких безпосередньо залежать від якості ІМ, що використовуються для оцінки обстановки.

Ймовірність безпомилкової оцінки обстановки ОПРР $P_{\text{бо}}$ – комплексний, багатовекторний показник, складові якого також є векторами, величина якого залежить від:

- ступеня небезпеки обстановки, яка склалася ($C_{\text{но}}$);
- рівня підготовленості і досвіду ОПРР (Π);
- значення комплексного (також багатовекторного) показника ергономічності інформаційних моделей обстановки ($E_{\text{ім}}$) і робочого місця ОПРР в цілому ($E_{\text{рм}}$);

- достовірності інформації, що надійшла до ОПрР для забезпечення оцінки обстановки (D_i);
- ступеня зайнятості ОПрР, що характеризується відповідним коефіцієнтом (K_3) [113, 114], тобто

$$P_{\text{бо}} = P_{\text{бо}}(C_{\text{но}}, \Pi, E_{\text{ім}}, E_{\text{рм}}, D_i, K_3). \quad (1.22)$$

Зосередимо основну увагу на залежності $P_{\text{бо}}$ від $E_{\text{ім}}$.

Ергономічність (ергономічний рівень) характеризує відповідність ергономічних характеристик ІМ ергономічним вимогам. Невідповідність ІМ ергономічним вимогам проявляється у збільшенні ймовірності помилок пошуку, сприйняття та оцінки інформаційних елементів моделі обстановки.

На практиці для оцінки надійності (ймовірності помилок) простих і складних дій оператора зазвичай користуються даними, отриманими експериментально. Наприклад, в [114] наведені конкретні значення надійності дій оператора. Зокрема, наведена залежність ймовірності помилок оператора ($P_{\text{пом}}$) від коефіцієнта завантаження (зайнятості) оператора $K_3 = \frac{T_3}{T_p}$, де T_3 – загальний час активних дій оператора; а T_p – тривалість чергування [113]:

$$P_{\text{пом}}(K_3) = 0,88K_3^2 - 0,52K_3 + 0,09. \quad (1.23)$$

На основі аналізу цієї залежності в [113] встановлена вимога: $0,1 < K_3 < 0,5$.

Основним показником своєчасності є ймовірність виконання завдання впродовж часу $\tau < t_{\text{зад}}$. У загальному випадку ця ймовірність складає

$$P_{\text{св}} = P\{\tau < t_3\} = \int_0^{t_3} f(\tau) d\tau, \quad (1.24)$$

де $f(\tau)$ – функція розподілу часу рішення задачі оператором.

У разі застосування окремого випадку бета-розподілу для апроксимації часових інтервалів діяльності оператора АС КПр [115], отримаємо:

$$P_{\text{св}} = \frac{12}{(t_2 - t_1)^4} C + \int_{t_1}^{t_{\text{зад}}} (\tau - t_1)(t_2 - \tau)^2 d\tau. \quad (1.25)$$

У даному випадку величина $t_{\text{зад}}$ залежить від конкретно вирішуваних завдань ОПР, що використовують інформацію про результати оцінки обстановки. Визначення її величини не входить в рамки цієї роботи.

У кінцевому підсумку вдосконалення ІМ повинне забезпечити оптимум цільової функції виду

$$F_{\text{ІМ}}^* = \text{opt}_{F \in \Omega_{\text{ІМ}}} F_{\text{ІМ}}(T_{\text{оО}}, D_{\text{оО}}, K_{\text{ІМ}}), \quad (1.26)$$

де $F_{\text{ІМ}}$ – цільова функція вдосконалення ІМ.

Дана оптимізація передбачається за рахунок підвищення $K_{\text{ІМ}}$ при виконанні вказаних вище умов для $T_{\text{оО}}, D_{\text{оО}}$.

1.3.2. Дослідження розподілу витрат часу на виконання функціональних дій ОПР при ситуаційному аналізі повітряної обстановки

Проведення натурного експерименту для отримання чисельних значень показників оперативності та достовірності оцінки обстановки в реально діючих АС КПр неможливо. Основними причинами є суттєві економічні витрати на проведення натурного експерименту і необхідність відволікання диспетчерів та інших користувачів в системі ОПР від виконання функціональних обов'язків, що є недопустимим.

Побудова аналітичної моделі діяльності осіб, що приймають рішення,

при оцінці обстановки неможлива через відсутність строгого алгоритму діяльності операторів та адекватних методів їх формалізованого опису, неможливість врахування всіх чинників, що впливають на процес його діяльності [25, 116]. У даній системі діяльність ОПРР пов'язана зі сприйняттям й аналізом ІМ обстановки та її фрагментів (про поточну повітряну обстановку, повітряні об'єкти, об'єкти аеродрому та ін.). У процесі оцінки обстановки можуть брати участь багато ОПРР, тобто враховується груповий ієрархічний характер їх діяльності та особливості діяльності операторів-управлінців і операторів-дослідників.

Отже, єдино можливим варіантом отримання статистичних даних для оцінювання значень обраних показників є використання імітаційної моделі оцінки обстановки операторами АС КПр.

Розподіл витрат часу ОПРР на обробку інформації, представленої на ЗВІ, на основі розробленої моделі діяльності оператора АС КПр для різних варіантів обстановки, наведені на рис. 1.7–1.9.

Їх аналіз показує, що найменші витрати часу досягаються за умови використання як ЗВІ КК, так і отримання інформації від інших ОПРР. Самостійна оцінка обстановки оператором збільшує витрати часу в середньому на порядок.

Це викликано особливостями обробки інформації про повітряні об'єкти, представленої у вигляді формулярів, і тривалим часом перекодування наявної інформації в оперативні образи КМ.

Скачки витрат часу при виконанні різних операцій обробки інформації пов'язані з таким. ОПРР протягом циклу вирішення завдання кілька разів повертається до виконання одних і тих же операцій, що підвищує витрати часу на виконання окремих дій. Оцінка обстановки також проводиться із залученням інших ОПРР, що залежить від ступеня складності обстановки та обсягу інформації, що характеризує складну обстановку.

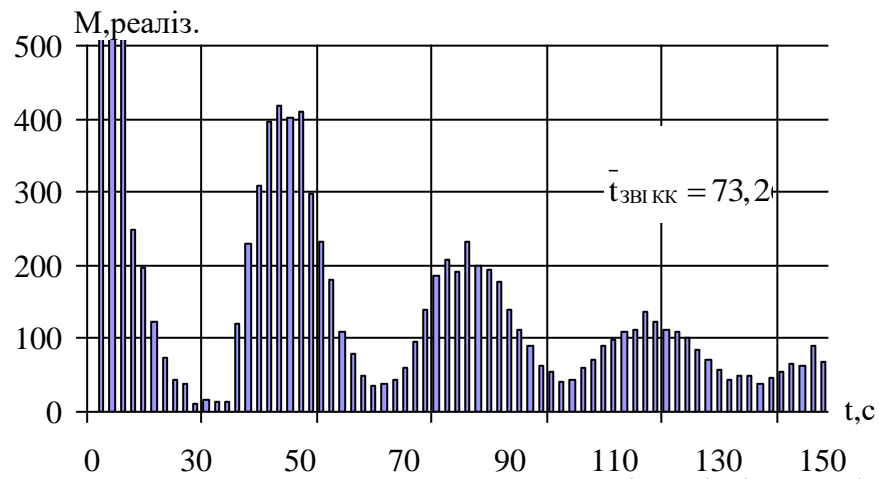


Рисунок 1.7 - Витрати часу ОПР на оцінку інформації про обстановку на ЗВІ КК

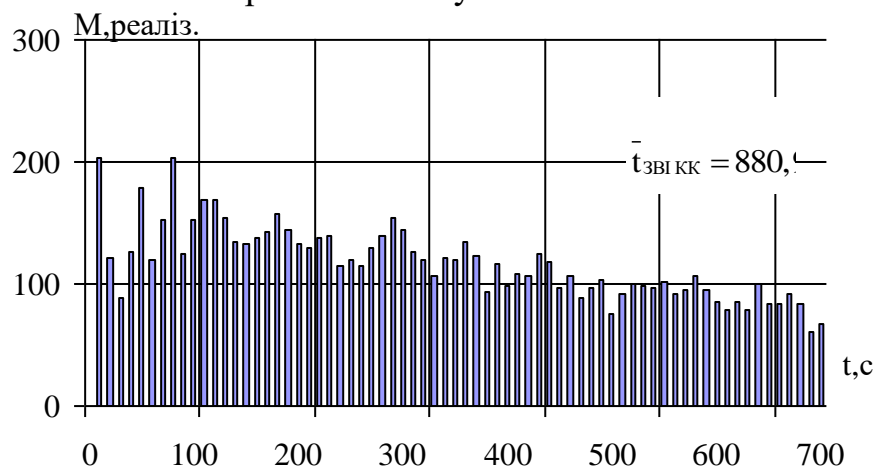


Рисунок 1.8 - Витрати часу ОПР на оцінку інформації про обстановку на ЗВІ КК у разі самостійної оцінки обстановки

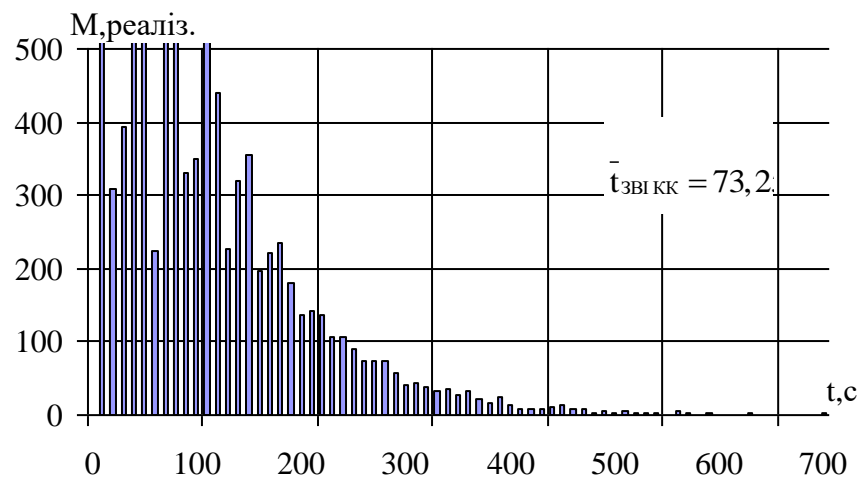


Рисунок 1.9 - Витрати часу ОПР на оцінку інформації про обстановку на ЗВІ КК у разі взаємодії з іншими ОПР

Дослідження групової діяльності ОПРР у процесі оцінки обстановки дозволило отримати наступні результати. Математичне сподівання витрат часу на роботу з ОПРР чергової зміни ($\bar{t}_{\text{ОПРР}}$) становить $\bar{t}_{\text{ОПРР}}=158,33 \dots 388,39$ с.

На графіках, наведених на рис. 1.10–1.12, показано розподіл витрат часу роботи оператора з іншими ОПРР при роботі у звичайних умовах; у нормальних умовах і низькій інтенсивності польотів; в умовах оцінки обстановки у нормальних умовах і середній інтенсивності польотів та при оцінці обстановки у складних умовах і максимальній інтенсивності польотів відповідно. Так, при оцінці обстановки у нормальних умовах і низькій інтенсивності польотів; при оцінці обстановки у нормальних умовах і середній інтенсивності польотів витрати часу залишаються практично незмінними і складають $\bar{t}_{\text{ОПРР}} \approx 158,33$ с.

Це обумовлено неможливістю проведення самостійної всебічної оцінки обстановки ОПРР і необхідністю великих витрат часу на обробку інформації і створення КМ. ОПРР здійснює велику кількість операцій декодування, виявляє структурні елементи обстановки, намагається провести обробку інформації, представленої на ЗВІ КК і той, що надходить від інших ОПРР.

При цьому з рис. 1.10 видно, що витрати часу на роботу з ЗВІ КК зменшуються з ускладненням обстановки. Отже, необхідно розподілити завдання оцінки обстановки між операторами чергової зміни з метою забезпечення запасу часу на створення КМ ОПРР.

За допомогою розробленої моделі діяльності ОПРР проведена оцінка витрат часу на оцінку інформації, представленої на ЗВІ АРМ оператора АС КІР, і на введення команд в ЕОМ. Розподіл витрат часу на оцінку обстановки з використанням АРМ і на введення команд представлений на рис. 1.13 – 1.15

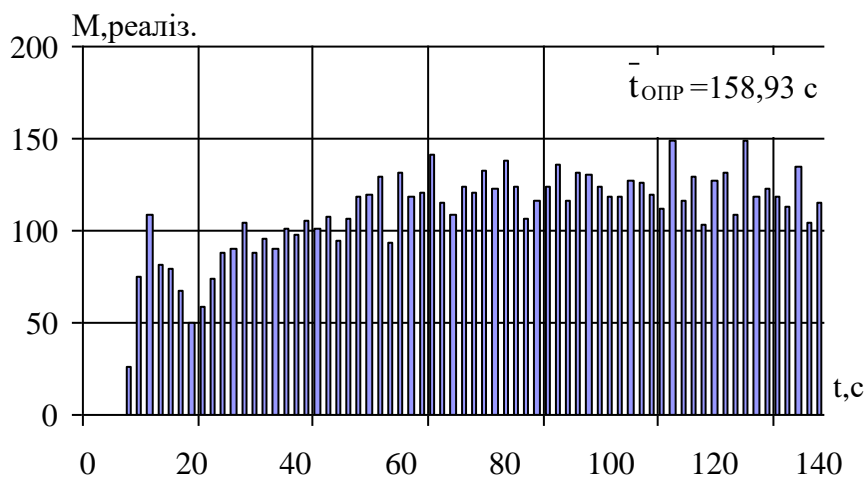


Рисунок 1.10 – Розподіл витрат часу на роботу з іншими ОПР

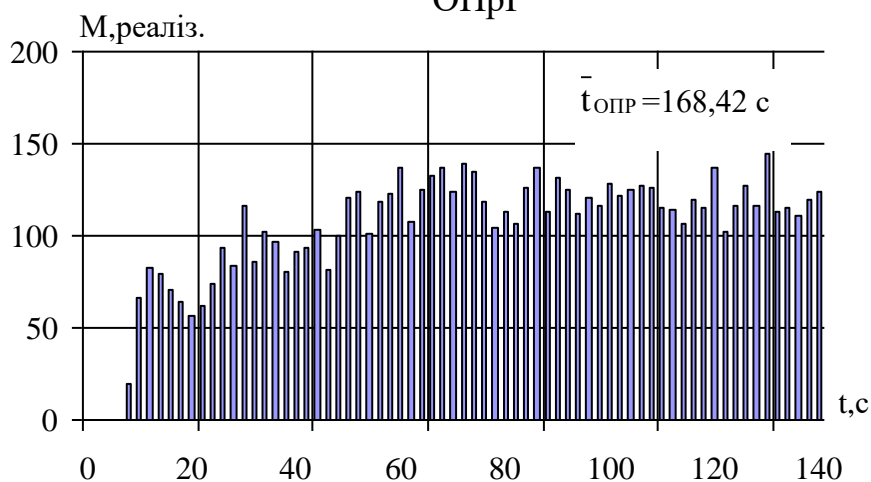


Рисунок 1.11 - Розподіл витрат часу на роботу з іншими ОПР при оцінці обстановки в простих умовах

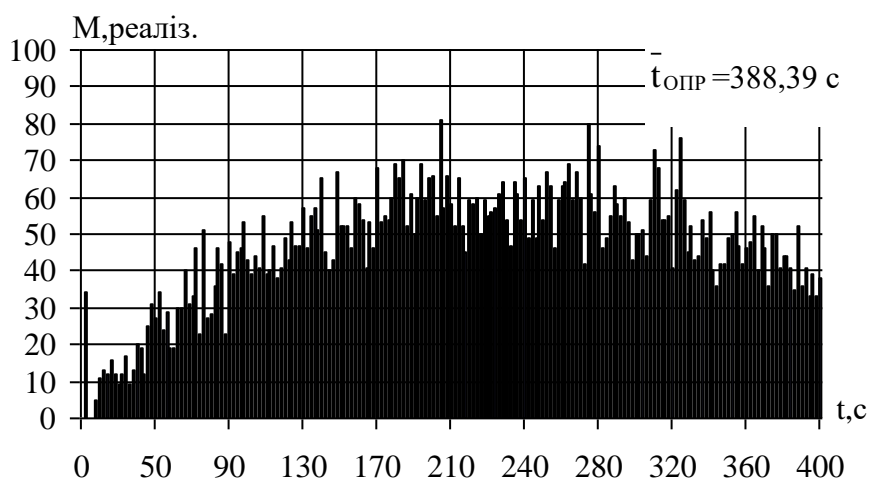


Рисунок 1.12 - Розподіл витрат часу на роботу з іншими ОПР при оцінці обстановки в складних умовах

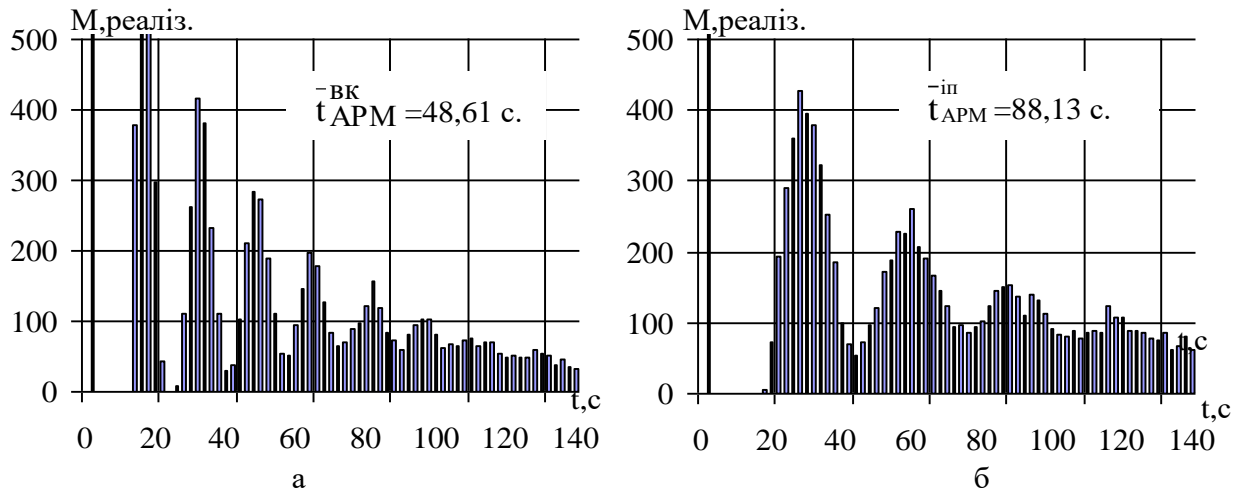


Рисунок 1.13 - Витрати часу:

а) на введення команд в ЕОМ; б) на оцінку інформації на ЗВІ АРМ

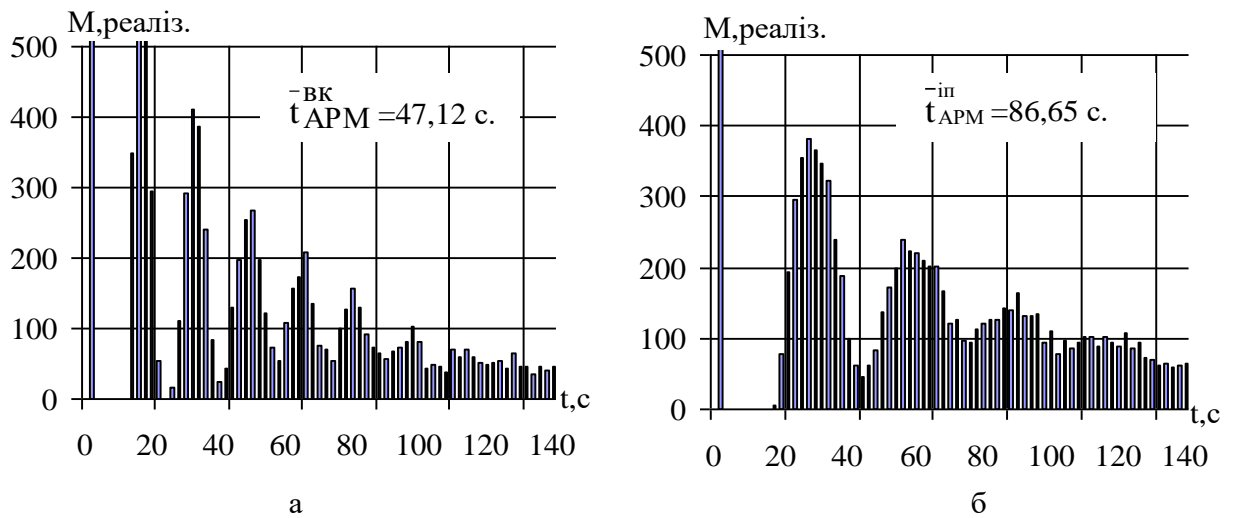


Рисунок 1.14 - Витрати часу:

а) на введення команд в ЕОМ; б) на оцінку інформації на ЗВІ АРМ

в простих умовах

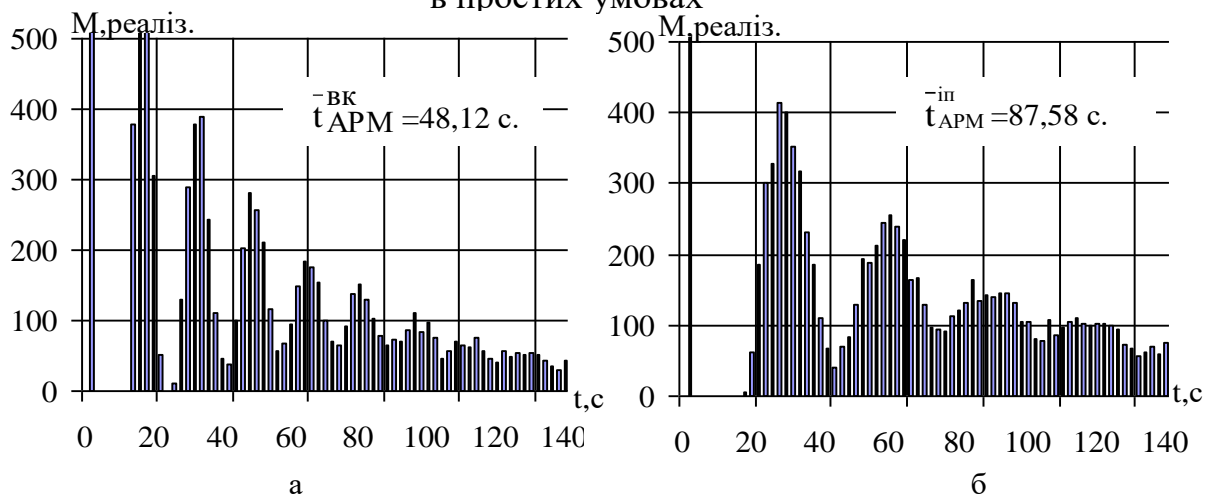


Рисунок 1.15 - Витрати часу:

а) на введення команд в ЕОМ; б) на оцінку інформації на ЗВІ АРМ

в складних умовах обстановки

Математичне сподівання часу обробки інформації про обстановку ОПРР ($\bar{t}_{АРМ}^{ip}$) склало $\bar{t}_{АРМ}^{ip} \approx 87$ с, а математичне сподівання часу введення команд і контролю правильності їх введення ($\bar{t}_{АРМ}^{BK}$) - $\bar{t}_{АРМ}^{BK} \approx 48$ с.

Очевидно, що витрати часу на роботу з ЗВІ АРМ і введення команд в ЕОМ практично не залежать від ступеня складності обстановки.

Це, в свою чергу, свідчить, що основними джерелами інформації є ЗВІ КК та інші оператори чергової зміни. АРМ використовується для вирішення допоміжних завдань оцінки обстановки.

Проведений аналіз діяльності ОПРР дозволив встановити таке. Оператор АС КПр виконує дії та операції з оцінки інформації, відображеної на ЗВІ КК і індивідуального користування; самостійно змінює параметри відображення на ЗВІ АРМ, оцінює їх результати; збирає інформацію та коригує її відображення на ЗВІ КК за допомогою інших операторів та отримує від них інформацію про обстановку, яка не відображається на ЗВІ.

При вирішенні цих завдань витрати часу склали:

- $\bar{t}_{ЗВІ КК} = 75,7 - 863,15$ с на обробку інформації, яка відображається на ЗВІ КК. (50% від загального часу на рішення даних завдань);

- 13% на роботу з аналізу інформації, яка відображається на АРМ з них: $\bar{t}_{АРМ}^{ip} \approx 87$ с (9,4% від загального часу) витрачається на аналіз інформації, $\bar{t}_{АРМ}^{BK} \approx 48$ с (4,6% від загального часу) – на введення й аналіз правильності введення команд в АРМ;

- $\bar{t}_{ОПР} = 158,33 - 388,39$ с – час на роботу з іншими операторами (37% від загального часу).

Представлені в даному розділі результати чисельних значень показників оперативності та достовірності оцінки обстановки отримано за допомогою імітаційної моделі, описаної в додатку Б.

Проведений аналіз діяльності ОПРР при оцінці поточної обстановки в зоні відповідальності пункту управління повітряними рухом за даними від системи джерел (див. рис. 1.1) оснащеному КЗА, дозволив встановити таке [23,

87]:

- ОПрР виконує дії й операції з оцінки інформації, яка відображається на ЗВІ колективного та індивідуального користування;
- ОПрР здійснює самостійні дії зі зміни параметрів відображення на ЗВІ АРМ та оцінює їх результати;
- ОПрР проводить збір інформації, її уточнення та коригування ІМ, за необхідності взаємодіє з СППР для аналізу і синтезу повідомлень на мові взаємодії про поточну обстановку, яка в явному виді не відображається на ЗВІ.

Аналіз діяльності оператора при оцінці обстановки з використанням наявних КТЗ дозволив виявити наступні недоліки існуючої системи інформаційного забезпечення, що впливають на ефективність його роботи:

- до 41% часу, витрачається ОПрР на отримання додаткової інформації від інших користувачів системи та від інформаційних елементів, поданих у СІЗ. Це обумовлено низькою інформативністю інформаційних моделей на ЗВІ, недостатнім використанням (або відсутністю взагалі) лінгвістичної компоненти у складі ІМ, що не відповідає характеру діяльності ОПрР при взаємодії з СППР АС КПр;

- значні витрати часу на корегування параметрів подання ІМ з використанням СППР АС КПр;

- необхідність проведення великої кількості операцій декодування інформації при створенні КМ, що викликано невідповідністю способів подання інформації в СІЗ особливостям обробки інформації з використанням СППР АС КПр;

- обмежене використання засобів автоматизації пунктів керування повітряним рухом для відбору різномірних ознак та формування ІМ, управління параметрами подання інформації; зміни параметрів моделей обстановки [8–10];

- з'ясування та уточнення завдань у динаміці їх виникнення. Недостатній рівень автоматизації вирішення такого класу завдань призводить до суттєвого зростання витрат часу на підготовку прийняття рішення ОПрР.

Враховуючи чинники, що впливають на процеси управління (див. п. 1.1), очевидно, що без підвищення рівня інтелектуалізації процесів керування повітряним рухом неможливо досягнення потрібної ефективності вирішення завдань згідно вимог нормативних документів [1 – 3, 18, 19, 85].

Результати проведеного експерименту показали, що існуюча система інформаційного забезпечення АС КПр не дозволяє у повному обсязі якісно виконати функціональні завдання ОПрР.

Так, математичне сподівання часу оцінки обстановки при використанні наявних комплексів технічного забезпечення дорівнює $M^*(T_p) = 230 - 1800$ с [94].

При вирішенні завдань оцінки обстановки витрати часу ОПрР розподіляються так [94]:

- на обробку інформації, відображуваної на ЗВІ КК – 113,7 – 863,15с ($\approx 50\%$ від загального часу на рішення даних завдань);

- на аналіз інформації, відображуваної на АРМ – $t_{АРМ}^{ин} \approx 91$ с (до 9 % від загального часу);

- на введення та аналіз правильності введення команд в АРМ – $t_{АРМ}^{БК} \approx 51$ с (до 5% від загального часу);

- на аналіз та уточнення поточної обстановки, узагальнення даних та підготовку прийняття рішення – 82,8 – 648,39 с (до 36% від загального часу).

Розподіл часу виконання кожної з розглянутих операцій, виконуваних ОПрР при вирішенні задачі оцінки ПО, представлено на рис. 1.8.

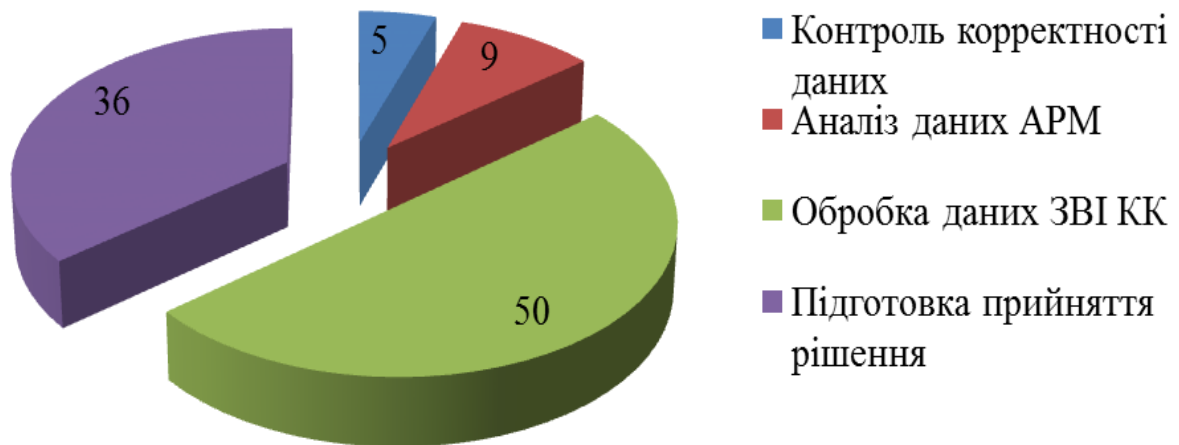


Рисунок 1.8 – Розподіл витрат часу ОПрР при оцінці обстановки для прийняття рішення

1.3.3 Оцінка ступеня обґрунтованості прийняття рішень

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 [107]:

$$R = 1 - \sum_{j=1}^4 \beta_j \cdot \sum_{i \in q_j} a_i, \quad (1.27)$$

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 в відносних одиницях;

q_j – множина інформаційних ознак, що враховуються в інформаційній моделі j -им способом узагальнення.

Показано, що $\beta_1 = 0$ при безпосередньому врахуванні значимого чинника шляхом завдання його значення, відповідного реальному процесу (умові обстановки); $\beta_2 = 0,445$ – при простому узагальненні (заміні сукупності однорідних по фізичному змісту чинників одним); $\beta_3 = 0,6$ – при функціональному узагальненні різнорідних чинників з метою відображення їх однією представницької величиною; $\beta_4 = 1$ – при непрямому врахуванні чинників [107].

Вимоги до відображення інформації визначаються прагматичним змістом інформації і точністю подання обстановки на засобах відображення.

Ступінь очікуваної повноти відображення реальної обстановки в інформаційній моделі визначається за формулою:

$$Y = \sum_{k=1}^Q \xi_k \cdot R_k \cdot P_k, \quad (1.28)$$

де ξ_k ($k = \overline{1, Q}$) – вага важливості у відносних одиницях кожного з Q параметрів обстановки, що представляються моделлю ($k=1, 2, \dots, Q$);

R_k и P_k – показники достовірності й оперативності подання даних обстановки інформаційною моделлю, що розглядається.

Як узагальнений показник ефективності інформаційної моделі для порівняння моделі з наявними та оцінки наближення за ефективністю до ідеальної моделі використано співвідношення [43]:

$$W = \frac{Y - Y_c}{1 - Y_c}, \quad (1.29)$$

де Y – показник повноти моделі, що розглядається;

Y_c – показник повноти аналога, що порівнюється з моделлю.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз процесів оцінки обстановки та підготовки прийняття рішення в АС КПрР показав, що існуючі способи та засоби подання даних що пред'являється ОПрР при ситуаційному аналізі повітряної обстановки, не повною мірою відповідають специфіці його діяльності.

Разом з основними творчими операціями ОПрР здійснює ряд допоміжних (механічних) дій, час на виконання яких складає в середньому до 30% від загального часу оцінки обстановки.

2. Процес вирішення завдань з оцінки обстановки в центрах обслуговування повітряного руху не достатньо автоматизований, і суттєва частка завдань вирішується за сумісної участі диспетчерів. Це вимагає від ОПрР запам'ятовування великої кількості результатів вирішення часткових завдань, пов'язаних з оцінкою обстановки, та підвищує інформаційне навантаження на зміну диспетчерів. Також значна частка часу витрачається на введення інформації для корегування даних, отримання додаткової інформації, що також негативно впливає на оперативність вирішення завдань з оцінки обстановки.

3. Обґрунтований векторний показник ефективності оцінки ситуації обстановки ОПрР в АС КПрР зі складовими – оперативністю і достовірністю. Цим показникам поставлені у відповідність час і ймовірність безвідмовної, безпомилкової і своєчасної оцінки обстановки. Встановлені аналітичні залежності для обчислення основних показників і їх складових.

4. З проведеного аналізу існуючої системи інформаційного забезпечення АС КПрР визначено перелік 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
8. Bekier M. Tipping point: The narrow path between automation acceptance and rejection in air traffic management. / M. Bekier, B.R. Molesworth, A. Williamson // Safety science. – 2012. – 50(2). – P. 259-265.
9. Human factors impacts in air traffic management / M. Rodgers, B. Kirwan. – Routledge, 2017 – 584 p.
10. Adaptive control: algorithms, analysis and applications / I.D. Landau, R. Lozano, , M. M'Saad, A. Karimi – London: Springer, 2011. – 610 p.
11. Сікора Л.С. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно-вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами / Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Б.Л. Якимчук, Р.С. Марцишин, Ю.Г. Міюшкович // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Інформаційні системи та мережі. – 2014. – №783. – С. 204-216.
17. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення : Системи обробки информации. Интеллектуальные информационные технологии : чинний від 1995-01-01. Офіц. вид. К. : Держстандарт України. – 1994. – 72с.

82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.

83. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.

84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.

85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

86. Якуніна І.Л. Методи аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи в особливих випадках польоту для скорочення часу прийняття рішення: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Якуніна Ірина Леонідівна. – Кропивницький, 2017. – 215 с.

87. Пальоний А.С. Метод та моделі оцінки діяльності операторів у системі управління повітряним рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 28.02.2016, затв. 23.03.2016 / Пальоний Андрій Сергійович. – Кіровоград, 2016. – 234 с.

88. Методика расчета потенциально конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения [Електронний ресурс] / Тимофеев С.Ю. // Интернет-журнал «Науковедение» Выпуск 2, март – апрель 2014. – С 1-18. Режим доступу до журн.: <https://naukovedenie.ru/PDF/104TVN214.pdf>.

89. Kontogiannis T. A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control / T. Kontogiannis, S. Malakis // Safety Science. – 2009. – Т. 47. – №. 5. – С. 693-706.

90. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

91. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

92. Alimpiev A.N. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data. / A.N. Alimpiev, P.G. Berdnik, N.A.Korolyuk, E.V. Korshets, M.A Pavlenko // Information and controlling system. – 2017 – №9(85) – p. 1729-3774. – doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.93179>.

93. Сікірда Ю.В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень диспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 22.09.2004, затв. 09.03.2004 / Сікірда Юлія Володимирівна. – К., 2004. – 184 с.

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

95. Теория интеллекта: Учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Х.: Изд-во СМИТ, 2007. – 576 с.

96. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.

97. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание: Пер. с англ. / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 864 с.

98. Possibility theory: an approach to computerized processing of uncertainty / D. Dubois, H.Prade. – Springer Science & Business Media, 2012.

99. Піліпюнок О.М. Метод підвищення якості управління повітряними суднами операторами систем навігаційного обслуговування й управління рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Піліпюнок Оксана Миколаївна. – Кропивницький, 2017. – 265 с.

100. Математические основы эргономических исследований :

монографія / П.Г. Бердник, Г.А. Кучук, Н.Г. Кучук, Д.Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.

101. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание / Д. Джарратано, Г. Райли. – Издательский дом Вильямс, 2007.

102. Павленко М.А. Разработка метода многоэтапной формализации знаний о процессе распознавания оперативно-тактических ситуаций / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, С.В. Кукобко, Ю.В. Данюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 5(103). – С. 60-64.

103. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

104. Тимочко О.І. Метод автоматизації підтримки прийняття рішень по управлінню динамічними об'єктами на основі інтелектуальних інформаційних технологій / О.І. Тимочко // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (23). – С. 166-170.

105. Королюк Н.А. Информационная поддержка принятия решений при уничтожении воздушных целей / Н.А. Королюк, М.А. Павленко, Е.А. Коршец, С.И. Симонов // Збірник наукових праць. – Севастополь: АМВС імені П.С. Нахімова, 2012. – Вип.1(9).– С. 80-85.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

107. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем : монография / В.П. Городнов. – Х.: Изд-во АВВ МВД Украины, 2008. – 384 с.

108. Городнов В.П. Модель оцінки повноти та імовірності своєчасного постачання матеріальних засобів для виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період /

В.П. Городнов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2016. – Вип. 4(49). – С. 6-17.

109. Human reliability: with human factors. Elsevier / В. Dhillon. – 2013. – 260 p.

110. Основи технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних систем АСУ авіацією та ППО ЗСУ України : навч. посіб. / І.О. Борозенець, О.В. Петров, С.Г. Шило та ін., за заг. ред. С.В. Смеляков. – Харків: ХНУПС, 2020. – 268 с.

111. Baheti R. The impact of control technology / R. Baheti, H. Gill // Cyber-physical systems. – 2011. – №12(1). – P. 161-166 .

112. Aralova N.I. Software for the Reliability Investigation of Operator Professional Activity for "Human-Machine" Systems / N.I. Aralova, O.M. Klyuchko, V.I. Mashkin, I.V. Mashkina, // Electronics and control systems. – 2017. – № (1). – P. 105-113.

113. Брусакова И.А. Математическая модель функциональной надежности автоматизированных систем управления / И.А. Брусакова, К.П. Голоскоков // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. – 2010 – № 8. – С. 48-51.

114. Справочник по надежности. Том 1/ Б.Р. Левин. – М.: Рипол Классик, 2013. – 339 с.

115. Статистические методы сетевого планирования и управления / Д.И. Голенко. – М.: «Наука», 2008. – 400 с.

116. Бодяк О.С. Метод разработки модели деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / О.С. Бодяк, М.А. Павленко, М.Ю. Гусак, С.И. Симонов // Системи обробки інформації. – Вип. 9(107). – Харків: ХУ ПС, 2012. – С. 196-200.

117. Кравченко Ю.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах / Ю.А. Кравченко, А.А. Лежебоков, Д.Ю. Запорожец // Известия Кабардино-Балкарского науч. центра РАН, 2012. – №3. – С. 52-57.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Основні напрямки дослідження

Проведений аналіз особливостей інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень ОПРР дозволив виділити фактори, що впливають на процес ситуаційного аналізу повітряної обстановки в ході підготовки та виконання ними функціональних завдань (рис. 2.1), і забезпечують оптимізацію цільової функції (1.26).



Рисунок 2.1 – Особливості процесу ситуаційного аналізу обстановки, що складається в зоні відповідальності органу управління АС КПП

До таких факторів слід віднести такі [118 – 122]:

- висока динаміка зміни повітряної обстановки;
- неточність і неповнота вихідної інформації про повітряні об'єкти;
- використання особистого (евристичного) досвіду ОПР при оцінці повітряної обстановки;
- обмежені можливості існуючих ІМ при поданні інформації;
- колективний характер прийняття рішень з оцінки обстановки;
- необхідність врахування особливостей ситуації обстановки, що складається;
- низький рівень автоматизації процесів інформаційного забезпечення операторів АС КПП;
- невідповідність ІМ ергономічним вимогам і характеру діяльності операторів.

Результати проведеного аналізу процесів прийняття рішень ОПР свідчать, що зазначені фактори недостатньо враховані при проектуванні СІЗ АС КПП. Так у роботах [123 – 128] показано основні напрямки розробки систем інформаційного забезпечення діяльності операторів АСУ, розвиток яких відбувається в рамках наступних суперечностей (рис. 2.2).

Виходячи з цього, слід зазначити, що на теперішній час намітився деякий тупик у розробці інформаційного, лінгвістичного та програмного забезпечення для АС КПП в рамках існуючої технології програмування задач. При цьому нарощування кількості програм не призводить до помітного підвищення рівня автоматизації. Тому назріла необхідність усунення протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів ситуаційного аналізу обстановки і вимогами щодо оперативності, обґрунтованості та повноти її оцінки ОПР в центрах ОПР.

Результати досліджень, що проводяться в країні і за кордоном в області розробки програмного забезпечення для вирішення подібних завдань [90–93, 95, 98], показують, що подальше підвищення рівня автоматизації можливо при використанні інтелектуальних систем обробки інформації.

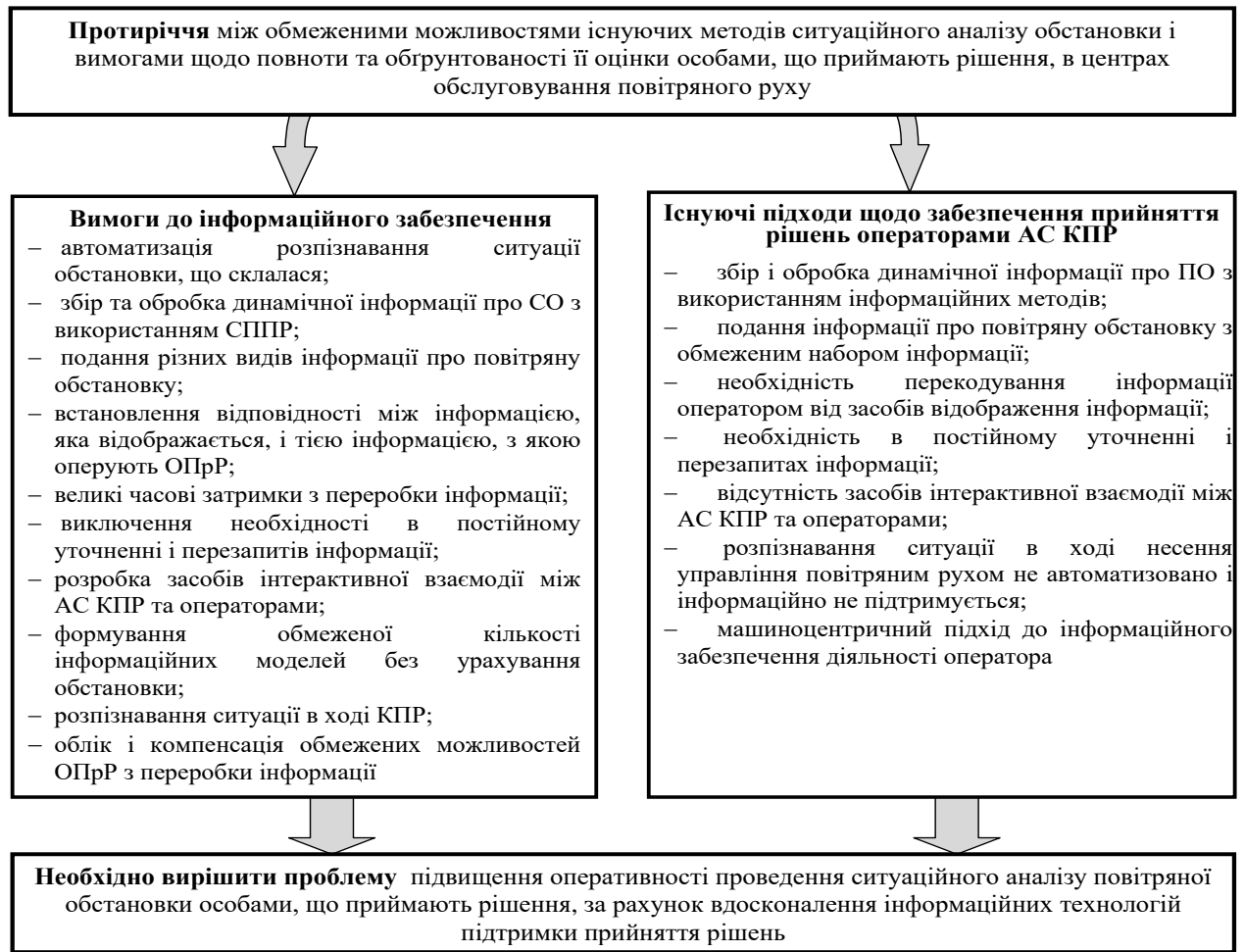


Рисунок 2.2 – Структура протиріччя

В даний час під інтелектуалізацією розуміється розвиток можливостей обчислювальних засобів в напрямку забезпечення спільного з користувачем вирішення завдань, спрощення процесу спілкування людини і ЕОМ в ході рішення, постійне розширення частки машини в спільній з людиною діяльності для вирішення важко формалізуємих завдань [90 – 103]. В рамках цієї концепції запропоновано та обґрунтовано структуру СППР [90, 93, 98].

Нерозривний зв'язок робіт в області ергономіки і штучного інтелекту пояснюється двояко. З одного боку, при створенні систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень необхідне проведення всебічного ергономічного аналізу діяльності ОПРР. З іншого боку, в ергономіці і, зокрема, в ергономічних дослідженнях і проектуванні, дуже багато процедур є евристиками того чи іншого роду, і тому їх інтелектуальна підтримка є досить доцільною.

Застосування систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень ОПрР належить до суттєвої частини робіт з автоматизації процесів управління складними ергатичними системами [90–99, 101–109].

У будь-якому випадку при застосуванні АСУ за призначенням людина незалежно від того, чи є вона рядовим оператором або ж ОПрР, грає чільну роль [122–129]. Постійне підвищення рівня автоматизації процесів управління складними технічними та ергатичними системами пред'являє різні вимоги до людини-оператора, що їх використовує. Таким чином, функції людини в різних АСУ постійно змінюються, однак її центральне положення залишається незмінним.

Вирішення питань, пов'язаних з удосконаленням інформаційного забезпечення прийняття рішень ОПрР, неможливо без використання нових підходів до отримання, обробки та подання інформації. До факторів, які забезпечують можливість вдосконалення інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень, слід віднести [130–136, 139–142]:

- відповідність ІМ до СО, яка склалася;
- відповідність ІМ і їх фрагментів до завдань, що вирішуються ОПрР;
- структура ІМ (кількість рівнів деталізації обстановки, ступінь групування і деталізації даних про різні стани СО тощо);
- відповідність ІМ принципам ергономічного проектування;
- відповідність ІМ особливостям інтелектуальної діяльності ОПрР;
- відповідність інформації, що відображається, до завдань, що вирішуються ОПрР;
- вдосконалення комунікативних функцій між ОПрР і АС КПр;
- підвищення рівня автоматизації процесів взаємодії операторів;
- відповідність ІМ до СО, що складається та конкретним завданням її оцінки;
- автоматизація процесу рішення творчих завдань – оцінка ступеня небезпеки виникнення ПКС, розпізнавання складності СО, що складаються в межах зони відповідальності органу управління АС КПр;

- вдосконалення процесів професійного відбору операторів АС КПР, їх підготовки і підтримки рівня професійних знань і навичок роботи.

Визначивши перелік основних чинників, що забезпечують можливість вдосконалення інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень на сучасному етапі, можна перейти до постановки задачі дослідження.

2.2 Постановка задачі дослідження

Питання пов'язані з розробкою методів оцінки інформації про ситуації обстановки, що складаються в повітряному просторі досить деталізовано представлені в роботах [119–142]. При цьому потребують додаткових досліджень питання, що безпосередньо не розглянуто в наведеній літературі:

- розробка методів формалізації та обробки модальних знань та їх інтерпретації з можливістю отримання чисельної оцінки їх істинності;
- розробка методів спільного використання інформаційних і когнітивних методів для ситуаційного аналізу обстановки в АС КПР;
- вдосконалення методів розпізнавання ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності відповідного органу управління АС КПР;
- розробка нових підходів до формування та управління інформаційними моделями на ЗВІ індивідуального та колективного користування, що входять до складу КТЗ АС КПР;
- розробка нових підходів до відбору і підготовки операторів АС КПР.

Таким чином, не вирішені і вимагають подальшого дослідження такі питання:

- розробка методів формалізації знань про процеси оцінки ситуацій повітряної обстановки;
- розробка методів оцінки дій повітряних суден з урахуванням сучасних загроз і викликів [2, 3];
- синтез інформаційній моделі у відповідності з визначеною СО і етапами її оцінки;

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

- розробка структури ІМ, яка відповідає етапам оцінки ситуацій обстановки, і форм подання інформації відповідно до особливостей обробки інформації операторами в АС КПП.

Реалізація цих напрямків при розробці системи інформаційного забезпечення прийняття рішень з оцінки ситуацій обстановки, що складається в зоні відповідальності органу управління АС КПП дозволить підвищити оперативність, обґрунтованість та повноту врахування факторів при підготовці прийняття рішення на різних етапах діяльності осіб, що приймають рішення. Логічний взаємозв'язок методів для вирішення обґрунтованого протиріччя представлений на рис. 2.3.

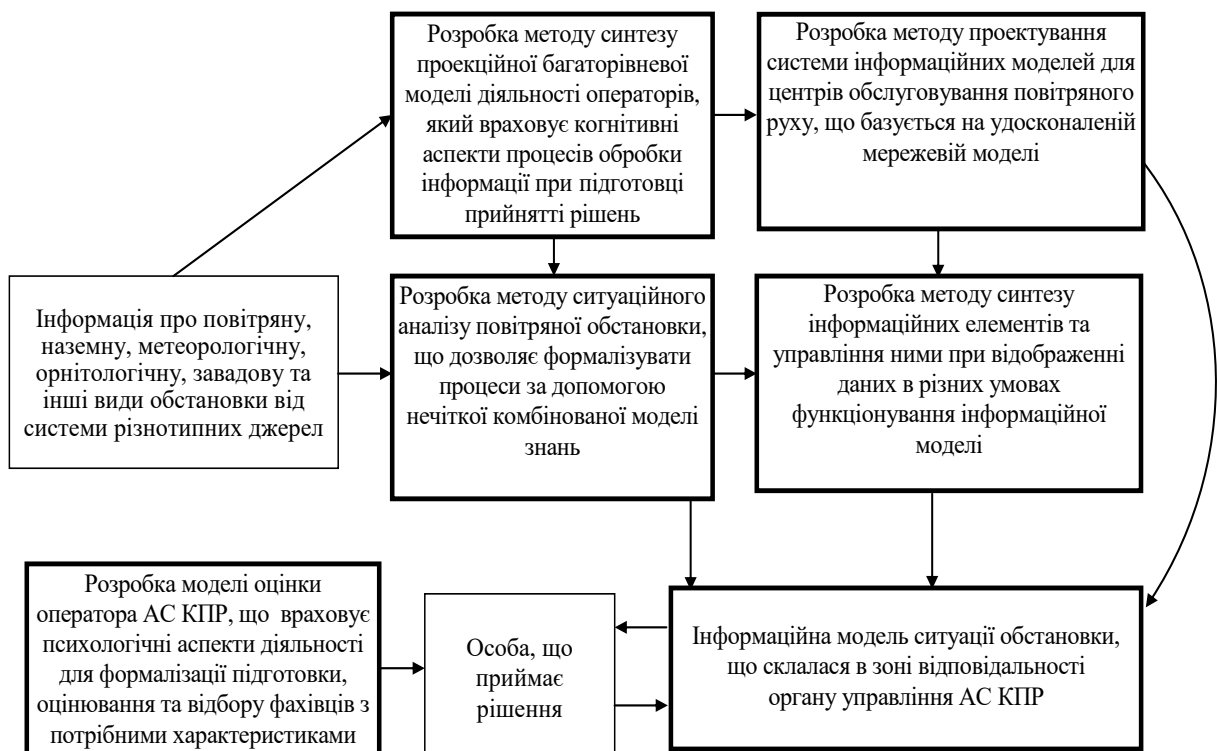


Рисунок 2.3 – Логічна структура та взаємозв'язок методів та моделей, що пропонуються в роботі

При розробці даних методів будуть використані такі обмеження і припущення:

- вихідними даними при розробці методів обробки даних про ситуацію обстановки є інформація, що надходить до центру організації повітряного руху [1, 4–7, 82–85];

- відомі характеристики і можливості інформаційних джерел щодо отримання інформації про повітряні судна та інші види обстановки;

- відомі знання про правила та порядок використання повітряного простору;

- відомі правила та порядок дій при загрозі виникнення потенційно-конфліктних ситуацій у зоні відповідальності органу управління АС КПП;- визначено основні загрози для повітряних суден у повітряному просторі;

- при розробці інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень з оцінки ситуацій обстановки враховуються обмеження можливостей людини-оператора за обсягом оброблюваної інформації, способу обробки інформації, а також групова і індивідуальна діяльність операторів АС КПП;

- враховуються можливості та обмеження зі слухового і зорового сприйняття інформації людиною-оператором [129–139].

Таким чином, спільне завдання дослідження можна сформулювати як розвиток теоретичних основ ситуаційного аналізу повітряної обстановки та прийняття рішень операторами центрів організації повітряного руху за рахунок використання інтелектуальних технологій в інтересах підвищення оперативності, обґрунтованості та повноти врахування факторів.

Для досягнення цілей дослідження в роботі вирішено наступні завдання:

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

- розроблено метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, який враховує когнітивні аспекти процесів обробки

інформації при підготовці прийнятті рішень, що дозволяє підвищити описові можливості моделі;

- розроблено метод ситуаційного аналізу повітряної обстановки що дозволяє формалізувати процеси за допомогою нечіткої комбінованої моделі знань і підвищити повноту та обґрунтованість отриманих результатів;

- розроблено метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, що дозволяє підвищити адекватність відображення повітряної обстановки;

- розроблено метод синтезу інформаційних елементів та управління ними при відображенні даних у різних умовах функціонування інформаційної моделі;

- розроблено модель оцінки оператора системи обслуговування повітряного руху для синтезу комплексної моделі еталону оператора, який дозволяє формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками;

- оцінена ефективність розроблених моделей і методів, досліджено їх вплив на оперативність, повноту та адекватність прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки.

Висновки за розділом 2

1. Результати аналізу особливостей реалізації процесу ситуаційного аналізу обстановки, що складається в зоні відповідальності органу управління АС КПР, дозволяють визначити головні фактори, що впливають на процес ситуаційного аналізу повітряної обстановки. Виходячи з них, визначено напрями вдосконалення системи інформаційного забезпечення діяльності операторів АС КПР та напрями удосконалення форм подання інформації та методів управління інформаційною моделлю.

2. Зіставлення вимог до інформаційного забезпечення процесів підготовки прийняття рішень особами, що їх приймають з існуючими підходами щодо забезпечення прийняття рішень операторами в АС КПр дозволило виявити протиріччя між обмеженими можливостями існуючих методів ситуаційного аналізу обстановки і вимогами щодо повноти та обґрунтованості її оцінки особами, що приймають рішення, в центрах обслуговування повітряного руху.

Визначено, що розв'язання протиріччя є можливим шляхом вирішення проблеми між обмеженими можливостями існуючих методів ситуаційного аналізу обстановки і вимогами щодо оперативності, обґрунтованості та повноти її оцінки ОПрР в центрах ОПР.

3. Вирішення питань, пов'язаних з удосконаленням системи інформаційного забезпечення прийняття рішень ОПрР, неможливо без використання нових підходів до отримання, обробки та подання інформації. Визначено головні фактори, що забезпечують можливість вдосконалення інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень операторами центрів організації повітряного руху.

4. Окреслено коло питань, недостатньо досліджених на сучасному етапі в предметній галузі, яка розглядається Їх перелік дозволив сформулювати часткові завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети. Також визначено вихідні положення та припущення, прийняті при розробці відповідних методів.

5. У результаті отримано логічну структуру та зв'язок методів та моделей, запропонованих для розробки: метод синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів; метод проектування 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
6. Оперативна інформація щодо основних показників діяльності авіаційної галузі за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>.
7. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 9 місяців 2019 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.
83. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.
84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.
85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного

руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

90. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

91. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

92. Alimpiev A.N. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data. / A.N. Alimpiev, P.G. Berdnik, N.A.Korolyuk, E.V. Korshets, M.A Pavlenko // Information and controlling system. – 2017 – №9(85) – p. 1729-3774. – doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.93179>.

93. Сікірда Ю.В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень диспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 07.10.2004, затв. 09.03.2004 / Сікірда Юлія Володимирівна. – К., 2004. – 184 с.

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

95. Теория интеллекта: Учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Х.: Изд-во СМИТ, 2007. – 576 с.

96. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.

97. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание: Пер. с англ. / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 864 с.

98. Possibility theory: an approach to computerized processing of uncertainty / D. Dubois, H.Prade. – Springer Science & Business Media, 2012.

99. Піліпюнок О.М. Метод підвищення якості управління повітряними суднами операторами систем навігаційного обслуговування й управління рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Піліпюнок Оксана Миколаївна. – Кропивницький, 2017. – 265 с.

100. Математические основы эргономических исследований : монография / П.Г. Бердник, Г.А. Кучук, Н.Г. Кучук, Д.Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.

101. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание / Д. Джарратано, Г. Райли. – Издательский дом Вильямс, 2007.

102. Павленко М.А. Разработка метода многоэтапной формализации знаний о процессе распознавания оперативно-тактических ситуаций / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, С.В. Кукобко, Ю.В. Данюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 5(103). – С. 60-64.

103. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

104. Тимочко О.І. Метод автоматизації підтримки прийняття рішень по управлінню динамічними об'єктами на основі інтелектуальних інформаційних технологій / О.І. Тимочко // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (23). – С. 166-170.

105. Королюк Н.А. Информационная поддержка принятия решений при уничтожении воздушных целей / Н.А. Королюк, М.А. Павленко, Е.А. Коршец, С.И. Симонов // Збірник наукових праць. – Севастополь: АМВС імені П.С. Нахімова, 2012. – Вип.1(9).– С. 80-85.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

107. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем : монография / В.П. Городнов. – Х.: Изд-во АВВ МВД Украины, 2008. – 384 с.

108. Городнов В.П. Модель оцінки повноти та імовірності своєчасного постачання матеріальних засобів для виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період / В.П. Городнов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2016. – Вип. 4(49). – С. 6-17.

109. Human reliability: with human factors. Elsevier / V. Dhillon. – 2013. – 260 p.

118. Корчунов Д.О. Багатоальтернативна модель ситуаційного аналізу повітряної обстановки. / Д.О. Корчунов, В.П. Харченко // Вісник Національного Авіаційного Університету. – Х. ХНАУ, 2007. – №12(1). – С. 104-107.

119. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М Герасимов М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

120. Павленко М.А. Підходи до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, П.Г. Берднік, М.М. Калмиков М.М., В.О. Капранов // Системи обробки інформації. – Вип. 1(68). – Харків: ХУ ПС, 2008. – С. 60-64.

121. Castillo E. Expert systems and probabilistic network models / E. Castillo, J.M. Gutierrez, A.S. Hadi // Springer Science & Business Media, New York, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2270-5>

122. Штучний інтелект : Підручник / М.М. Глибовець, О.В. Олецкий. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.

123. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. - Кіровоград: КЛІА НАУ, 2012. - 292 с.

124. Системи підтримки прийняття рішень : Навч. посіб. Для самост. вивч. дисц. / С.М. Братушка, С.М. Новак, С.О. Хайлук. – Суми: ДВНЗ "УАБС НБУ", 2010. – 265 с.

125. Теория и практика принятия управленческих решений : Учеб. пособ. изд. 2-е, перераб. и доп. / В.М. Колпаков. – К.: МАУП, 2004. – 504 с.

126. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К.: Наукова думка, 2002. – 382с.

127. Rasmussen J. Anybody a software system for ergonomic optimization / J. Rasmussen, et al. // Fifth World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, 2003. – Vol. 4. – P. 389-400.

128. Формирование представлений о мире профессий в профконсультировании / В.В. Пчелинова. – Автореф дисс. к. псих. н. – М., 2011.– 32 с.

129. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения / С.А. Багрецов, С.К. Колганов, В.М. Львов. – М.: Радио и связь, 2000. – 192 с.

130. Психологические и эргономические основы проектирования систем управления качеством обучения /В.Г. Евграфов. – СПб: ВМИРЭ, 2004. – 202 с.

131. The psychology of human-computer interaction / S. Card – CRC Press, 2017. – 463 p.

132. A mathematical method for ergonomic-based design: placement / К. Abdel-Malek, W. Yu, J. Yang, K. Nebel //International journal of industrial ergonomics. – 2004. – V. 34. – №. 5. – P. 375-394.

133. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности /Г.В. Суходольский. – Л.: ЛГУ, 1976. – 120с.

134. Інженерна психологія: підручник / Ю.Л. Трофімов. – К.: Либідь, 2002. – 264 с.

135. Имитационная модель для оценки комплексного влияния инженерно–психологических факторов на эффективность эргатической

системы. Кибернетика и вычислительная техника / В.М. Герасимов, Г.В. Ложкин, В.В. Спасенников – М.: Радио и связь 1984. – 269с.

136. Handbook of human factors and ergonomics / G.Salvendy. – John Wiley & Sons, 2012. – 1752 p.

137. Павленко М.А. Метод разработки модели деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / М.А. Павленко , О.С. Бодяк, М.Ю. Гусак, С.И. Симонов // Системи обробки інформації. – Вип. 9(107). – Харків: ХУ ПС, 2012. – С. 196-200.

138. Шило С.Г. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС / С.Г. Шило, М.В. Маляров, І.О. Борозенець // Збірник наукових праць. Проблеми надзвичайних ситуацій / – Х. : УЦЗУ, 2010. – Вип. 12. –С.194-203.

139. Karwowski W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems / W. Karwowski // Ergonomics. – 2005. – V. 48. – №. 5. – P. 436-463.

140. Метешкин К.А. Модель аналитической деятельности оператора пункта управления / К.А. Метешкин, И.А. Борозенец // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ. – 2001. – Вип. 2(12). – С. 107-112.

141. Shaykhutdinov D. Analysis and Synthesis of Algorithms of Solving Inverse Problems by Methods of Classical and Modern Automatic Control Theory / D. Shaykhutdinov, et al //Asian Journal of Information Technology. – 2016. – V. 15. – №. 9. – P. 1443-1446.

142. Львов В.М. Инженерно-психологические вопросы проектирования деятельности операторов / В.М. Львов, В.В.Павлюченко, В.В. Спасенников // Избранные психологические труды: психология труда, экономическая психология, эргономика. – 2018. – Т. 10. – №. 5. – С. 80.

РОЗДІЛ 3

МЕТОД РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРІВ У ПРОЦЕСІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ АБО ОБ'ЄКТАМИ

Сучасний етап розвитку науки характеризується системним підходом до розгляду процесів і явищ інформаційного забезпечення діяльності ОПРР на диспетчерських пунктах при організації повітряного руху. Багатовимірний і багаторівневий характер психічних процесів вимагає застосування різних методів, що склалися в психології (в кібернетиці, фізіології людини, математики тощо) для інформаційної діяльності оператора в системах "людина-машина" (СЛМ).

Ці методи використовуються в фундаментальних дослідженнях для виявлення закономірностей інформаційних процесів в СЛМ і діяльності ОПРР. Також вони застосовуються при інженерно-психологічних випробуваннях зразків озброєння, що проводяться для оцінки їх відповідності властивостям і можливостям людини при задоволенні заданим вимогам.

Залежно від способу отримання даних про діяльність оператора в інженерній психології розрізняють психологічні, фізіологічні, математичні та імітаційні методи [57, 112, 127–165].

За допомогою психологічних методів аналізується діяльність оператора (або її окремих сторін) у реальних або лабораторних умовах, оцінюється вплив різних чинників на діяльність оператора і її результати. Застосування їх в інженерній психології здійснюється з метою дослідження або випробувань (спостереження, експеримент, опитування). В результаті досліджень встановлюються певні чинники і закономірності, розкриваються механізми діяльності оператора, проводиться психологічний аналіз діяльності. В результаті випробувань у людини визначається наявність психологічних

якостей і характеристик. Більш докладно ці методи будуть розглянуті в п'ятому розділі даної роботи.

Фізіологічні методи в інженерній психології застосовуються для вивчення функціонального стану оператора в процесі діяльності і визначення реакції організму на виконання даної діяльності [131, 134, 142]. Математичні методи в інженерній психології використовуються при статистичній обробці результатів спостережень, знаходженні залежностей, що описують співвідношення між досліджуваними змінними, побудові моделей діяльності оператора. Останнє завдання належить до специфічних завдань інженерної психології.

Різновидом математичних методів є імітаційні методи [137, 144], що застосовуються для моделювання діяльності оператора за допомогою сучасних обчислювальних засобів. Переваги імітаційного моделювання порівняно з психологічним моделюванням полягають в тому, що з'являється можливість його застосування на будь-яких стадіях проектування СЛМ і врахування основних психофізіологічних закономірностей діяльності оператора (математика пропонує лише абстрактні моделі, де "відповідність реального процесу" лише передбачається).

Ефективне вивчення діяльності оператора може бути проведено лише при розумному поєднанні різних методів [49, 161, 162].

Так, на ранніх етапах проектування діяльності оператора доцільно застосування математичних методів. За їх допомогою в загальному вигляді оцінюється місце ОПРР в СЛМ, розраховуються основні показники його діяльності, пред'являються вимоги до технічних пристроїв СЛМ [48, 142, 151, 153]. 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 КТР.

3.1 Аналіз методів моделювання діяльності оператора

Суть методу моделювання в інженерній психології полягає в "вивченні діяльності та побудові на основі цього вивчення психологічної, математичної або статистичної моделі" [131]. Математичне моделювання – дослідження діяльності за допомогою математичних моделей (через формули, нерівності, закономірності), коли така модель ставиться у відповідність реального процесу діяльності операторів.

До математичних методів в ергономіці (інженерній психології) ставляться такі вимоги [135]:

- розмірність опису процесів управління з багатьма взаємопов'язаними змінними;
- динамічність врахування чинника часу;
- невизначеність врахування випадкових, імовірнісних складових у діяльності оператора;
- факторне врахування специфічних особливостей поведінки людини, наприклад, напруженості, емоцій і т. д.;
- описовість можливості опису внутрішніх, психофізіологічних механізмів діяльності людини;
- опис діяльності людини і роботи машини за допомогою єдиних показників і характеристик [158, 160, 161].

Значимість різних методів моделювання на різних етапах проектування СЛМ: на перших етапах – перевага за методами математичного та імітаційного моделювання; далі – за інженерно-психологічним моделюванням; на етапі експлуатації краще дослідити діяльність оператора в реальних умовах (іноді цінною виявляється і математичне моделювання).

Порівняльна характеристика різних методів наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Можливості застосування математичних методів в інженерній психології

Метод	Ступінь виконання вимог				
	розмірність	невизначеність	динамічність	факторність	описовість
Теорія інформації	Висока	Середня	Відсутня	Середня	Середня
Теорія масового обслуговування	Висока	Середня	Середня	Середня	Відсутня
Теорія автоматичного управління	Середня	Мала	Висока	Відсутня	Мала
Теорія автоматів	Мала	Середня	Середня	Відсутня	Середня
Теорія статистичних рішень	Середня	Висока	Середня	Середня	Висока

Дані свідчать, що практично немає методу, який однаково добре враховує всі характеристики діяльності оператора. Кожен з розглянутих методів оптимальний лише по одній-двох характеристиках, тобто вдало описує лише певні сторони діяльності оператора. Тому при вирішенні інженерно-психологічних завдань часто застосовуються комбінації тих чи інших методів. Для опису діяльності оператора найбільш широко застосовуються методи теорій інформації, масового обслуговування, автоматичного управління.

Застосування теорії інформації для вивчення діяльності оператора утруднено через [129, 137, 149]:

1. В основі розрахунку кількості інформації лежить довжина фізичного алфавіту сигналів і ймовірностей їх появи. Людина ж часто користується власним (внутрішнім) алфавітом сигналів, відмінним від фізичного, а суб'єктивні ймовірності сигналів для людини не завжди збігаються з об'єктивними. Однак принципи формування суб'єктивного алфавіту ще остаточно до кінця не розкриті. Тому доводиться користуватися деякою

ідеалізованою моделлю діяльності людини, в основу якої покладено характеристики вхідних, а не "внутрішніх сигналів" людини.

2. Теорія інформації займається лише стаціонарними процесами, статистичні характеристики яких з часом не змінюються, характеристики ж людини з огляду на її здатність до навчання, стомлюваність, дії різних факторів і т.п. безперервно змінюються в часі.

3. Теорія інформації не враховує смислової сторону інформації, її цінність і значимість. На діяльність ж оператора впливають не тільки статистичні характеристики сигналів, але і їх зміст та значення.

4. Теорія інформації не враховує часову невизначеність сигналів. Для людини ж має велике значення не тільки те, які сигнали і з якою ймовірністю до нього надходять, але і час їх надходження. Це є джерелом додаткової невизначеності, яка при аналізі діяльності, як правило, не враховується. Наявність цих труднощів накладає суттєві обмеження на застосування теорії інформації в інженерній психології. Ігнорування цих чинників призводить до значного розкиду експериментальних даних і ускладнює зіставлення результатів, отриманих у різних дослідженнях. Однак це не повинно бути причиною відмови взагалі від застосування інформаційних методів в інженерній психології.

Для побудови моделей діяльності оператора може використовуватися також математичний апарат теорії масового обслуговування (рис. 3.1).

Інформація з засобів відображення і від взаємодіючих операторів, а також сигнали зовнішнього середовища утворюють вхідний потік заявок, підпорядкований, як правило, закону Пуассона. Заявки надходять або прямо до оператора, або стають в чергу на обслуговування (якщо оператор зайнятий обслуговуванням попередньої заявки). Пристроєм для зберігання черги можуть бути засоби відображення інформації або пам'ять оператора.

Залежно від організації черги можуть бути різні типи систем масового обслуговування (СМО): з очікуванням (без втрат); з обмеженим очікуванням; з обмеженою довжиною черги; з втратами.

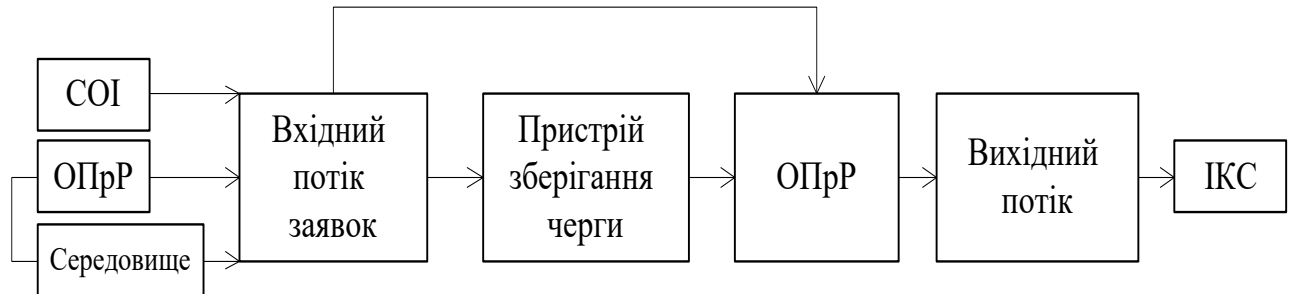


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи масового обслуговування з людиною-оператором

Організація черги визначається характером діяльності оператора. Тому при проектуванні діяльності прагнуть, щоб вона була організована за схемою масового обслуговування з очікуванням. Застосування апарату теорії масового обслуговування дозволяє врахувати ряд специфічних особливостей, характерних для діяльності оператора і обумовлених поданням його в якості обслуговуючого апарату [145]. Застосування теорії масового обслуговування дозволяє вирішити ряд питань організації діяльності оператора [140], обчислити ймовірності різних станів СЛМ. Отже, теорія масового обслуговування, як і теорія інформації, дає кількісні методи опису діяльності людини-оператора. Нажаль, застосування методів теорії масового обслуговування для побудови моделей діяльності утруднено введенням обмежень щодо виду вхідного потоку заявок і закону розподілу часу обслуговування.

Умови застосування аналітичних методів теорії масового обслуговування в інженерній психології зводяться до такого:

- інформація, що надходить до оператора, повинна допускати інтерпретацію її в термінах вхідного потоку заявок;

- вхідний потік і час обслуговування повинні підкорятися певним законам розподілу;

- вхідний потік повинен бути однорідним; в іншому випадку має бути можливим поділ його на однорідні групи (за терміновістю, важливістю, витратам на обслуговування тощо);

- для відображення динамічного характеру процесу обслуговування повинна бути встановлена система критеріальних часових функцій, що дозволяє оцінити ефективність СМО на нестационарних режимах роботи.

Для побудови математичних моделей діяльності оператора в системах безперервного типу можуть застосовуватися методи теорії автоматичного управління (ТАУ) [146, 150]. З позицій ТАУ людина-оператор розглядається як елемент системи, що стежить, якою представляється в даному випадку СЛМ. На роботу системи впливають динамічні зв'язки елементів системи один з одним і людиною. Моделі, засновані на використанні апарату ТАУ, є лінійними. Однак людина-оператор є суто нелінійною ланкою системи, що стежить. Для задовільного опису діяльності оператора з урахуванням цього зауваження необхідне застосування градієнтних методів. Застосування математичних методів для побудови моделей операторської діяльності дозволяє встановити взаємозв'язок між вихідними реакціями людини (результатами її діяльності) і вхідними впливами, що особливо важливо.

Розглянуті методи в ряді випадків не можуть бути використані для вивчення і аналізу діяльності оператора.

1. Застосування математичних методів у процесі проектування СЛМ дозволяє лише приблизно оцінювати діяльність оператора, не враховуючи деякі її особливості. Спроби врахування цих особливостей призводять до суттєвого ускладнення моделі, коли аналітичне розв'язання задачі виявляється або принципово неможливим, або пов'язаним з великими теоретичними та обчислювальними труднощами.

2. Застосування експериментальних методів у процесі випробувань і експлуатації СЛМ також не завжди виявляється можливим через небезпеку

для здоров'я або життя людей, неможливості експериментального відтворення деяких ситуацій, великої складності або вартості експерименту. У цих випадках дуже корисні результати дає імітаційне моделювання [129, 135].

Достовірність отриманих даних досягається статистичною обробкою проміжних результатів по множині реалізацій. З цього випливає, що імітаційні методи займають проміжне положення між експериментальними і математичними методами. За способом отримання даних про діяльність оператора метод є математичним, а за характером їх отримання і використання він копіює експериментальний метод.

Застосування імітаційних методів дозволяє уникнути багатьох недоліків експериментальних і математичних методів. З одного боку, імітаційні методи дозволяють отримати порівняно високу достовірність результатів моделювання вже на ранніх етапах проектування СЛМ. З іншого боку, за висловом академіка В.М. Глушкова [143], математичний експеримент працює і в тих випадках, коли експерименти з реальними об'єктами сильно ускладнені, а часом і зовсім неможливі. Крім того, в ряді випадків його вартість може виявитися набагато нижчою, ніж вартість експерименту.

Застосування методу імітаційного моделювання в інженерній психології має ряд особливостей.

1. В основі імітаційного моделювання СЛМ лежить уявлення про діяльність оператора як сукупності окремих дій. Послідовність цих дій повинна бути відомого (однозначно чи в імовірнісному плані). При цьому передбачається, що в межах заданих обмежень оператори будуть діяти відповідно до детермінованих або імовірнісних приписів.

2. Опис кожної дії гранично спрощений: задається ймовірність і час її виконання, враховуються узагальнені показники ефективності (якість виконання, вартість та ін.). Психічні процеси, що регулюють виконання окремої дії, при цьому, як правило, не розглядаються, хоча в деяких випадках вимагають свого врахування і розгляду [139, 141, 152, 154]. Таке спрощення має певну перевагу, оскільки дозволяє чіткіше простежити зовнішні зв'язки та

взаємну узгодженість окремих дій, виявити вплив фактора часу, сприяючи виявленню основних джерел зміни ефективності СЛМ.

3. Суттєва частина характеристик діяльності оператора носить імовірнісний характер. Тому введення до моделі елемента випадковості різко підвищує її ефективність, тому що дозволяє отримати не тільки детерміновані оцінки результатів діяльності оператора, а й їхні закони розподілу.

4. Відмінною рисою моделей СЛМ порівняно з іншими імітаційними моделями є упор на використання і врахування зовнішніх проявів психологічних факторів. Поряд з даними про роботу технічних пристроїв модель враховує такі змінні, як стан напруженості, що з'являється з часом, кваліфікація і моральні якості окремих операторів, спаяність колективу і його спрямованість.

Представляється можливим також враховувати такі психологічні характеристики, як особливості пам'яті оператора, його реакція, емоційна стійкість, здатність до взаємодії з іншими операторами тощо. Проте, оскільки кількість чинників, що впливають на ефективність діяльності оператора, є дуже великою, і всі їх врахувати одночасно неможливо, важливо вибрати з них лише найсуттєвіші і відкинути незначні. Обрані фактори повинні бути представлені в такій формі, що дозволяє здійснити їх імітацію і зробити відповідну обробку отриманих даних.

5. Змінюючи порядок виконання окремих дій, кількість операторів, їх психофізіологічні характеристики, умови роботи і т.д. модель дозволяє отримати такі сумарні показники якості роботи, як відносна кількість вирішених завдань, час їх вирішення, середній час простою операторів або час їх перевантаження, ймовірність виконання системою запропонованих функцій та ін. Зіставляючи отримані результати, можна вибрати оптимальний варіант побудови СЛМ.

Отже, модель є зручним способом для порівняльної оцінки різних варіантів побудови системи. Побудова імітаційних моделей базується на

застосуванні наукових даних із загальної та групової психології, технічних наук, математики, планування експерименту та ін.

Структура моделі визначається складом блоків, що входять до неї, і зв'язками між ними. Такими блоками зазвичай є: блок імітації засобів і умов діяльності, блок імітації власне діяльності та спілкування, блок генерації проблем (завдань), блок визначення та завдання початкових умов, блок реєстрації та обробки результатів моделювання, блок управління моделлю.

Конкретна структура моделі визначається видом завдання, що моделюється. Імітаційні моделі діяльності оператора в СЛМ можна розбити на два основних види: моделі вирішення оператором окремого конкретного завдання і моделі його функціонування в умовах потоку таких завдань (моделі обслуговування).

Модель першого виду доцільно розглянути на частковому прикладі застосування її для визначення часу рішення завдання оператором. Для цього діяльність оператора представляється у вигляді суми окремих незалежних послідовно виконуваних дій. Для кожної з цих дій повинні бути відомі закони розподілу часу їх виконання. При необхідності модель може враховувати помилки у виконанні окремих дій.

Модель буде ще більш повною, якщо розрізняти індивідуальні характеристики операторів, часові обмеження, що накладаються на процес вирішення завдання, вводити різну терміновість виконання дій тощо.

У моделях другого виду (моделях обслуговування) характеристики рішення оператором окремих завдань вважаються відомими. Тут вони виступають не як результат моделювання (як в першому випадку), а як вихідні дані. Крім цього, вихідними даними є:

- потік завдань, що вирішуються оператором (моменти надходження завдань, їх характер, пріоритет тощо);
- потік помилок оператора (моменти або ймовірності виникнення помилок, їх післядія, час виправлення тощо);

- індивідуальні психофізіологічні характеристики операторів, які надають вплив на їх діяльність;
- особливості протікання процесу управління (наприклад, часові обмеження в СЛМ).

На першому етапі моделювання проводиться формалізований опис діяльності оператора. При цьому важливо врахувати деякі психофізіологічні особливості діяльності: виникнення напруженості в роботі, вчинення помилкових дій і їх виправлення, взаємодія операторів під час роботи, динаміку працездатності оператора, вплив черги завдань тощо.

Після цього будується математична модель, тобто діяльність оператора описується за допомогою математичних формул, рівнянь, нерівностей.

У результаті моделювання обчислюються ряд характеристик діяльності оператора: ступінь завантаження, періоди зайнятості, своєчасність вирішення завдань та ін. Знаючи їх, можна визначити допустиму щільність (темپ надходження) завдань, провести оцінку завантаження оператора, виявити характер і частоту появи різних ситуацій в СЛМ.

Найбільш об'єктивні результати оцінки діяльності оператора можуть бути отримані на підставі проведення досліджень безпосередньо на робочих місцях, що є практично неможливим через великі економічні витрати.

Проведений аналіз показує, що застосування тільки декількох методів дозволить отримати модель діяльності ОПРР в АС КТР, що з необхідними обмеженнями дозволить описати їх діяльність і отримати необхідні характеристики його діяльності.

За основу методу формування моделі діяльності оператора пропонується використовувати метод поетапного моделювання [157]. У загальному випадку даний метод є універсальним при розробці будь-якого класу моделей діяльності оператора. Однак розробка моделі діяльності оператора з використанням даного методу є трудомістким процесом. Також найбільш повно переваги даного методу використовуються при проектуванні АСУ з

"чистого аркуша" [130, 146]. Розробка моделі діяльності оператора починається з аналізу загальної структури його діяльності (рис. 3.2).

При цьому слід добиватися психологічної відповідності моделі і реальних процесів прийняття рішень [153].

Для оператора характерні різні види діяльності. З точки зору моделювання діяльності оператора найчастіше розглядалися окремі аспекти його діяльності. Наприклад, сенсорні можливості оператора з обробки візуальної, аудіо або іншої інформації, формування оперативних образів, концептуальних моделей і способів оперування ними, моторна діяльність оператора. З одного боку, оператору притаманний інтелектуальний характер діяльності, пов'язаний з отриманням і обробкою інформації про зовнішнє середовище й про об'єкти управління. З іншого боку, оператор може розглядатися з точки зору виконання ним різних ефекторних дій.

Оператор є відкритою інтелектуальною системою з усвідомленим пошуком і обробкою інформації. Основним механізмом пошуку додаткової та уточнення наявної інформації є цілеспрямована взаємодія з системою управління через відповідні засоби.

Розглянуті особливості є основою запропонованої структури діяльності оператора при прийнятті рішень в АСУ складними процесами або об'єктами.

3.2 Критерії ефективності для оцінки діяльності операторів АС КІР

Диспетчери АС КІР, використовуючи інформацію, що надходить на пристрої відображення (ЗВІ), обробляють її і виробляють рішення на підставі вимог, викладених у керівних документах [1–7, 82–85].

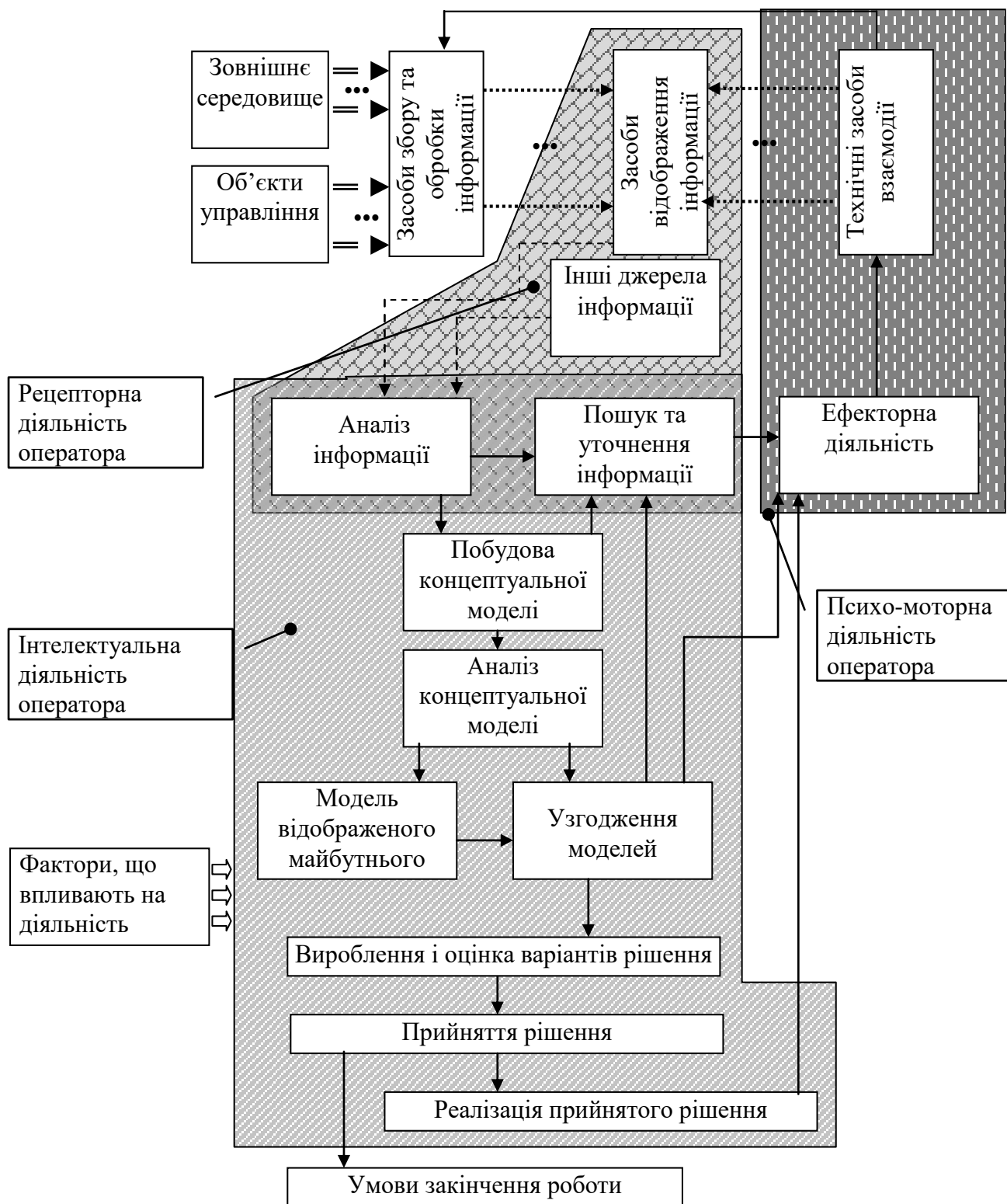


Рисунок 3.2 – Загальна структура діяльності оператора при прийнятті рішень

У даній системі оператори можуть одночасно, незалежно один від одного, вирішувати завдання управління, тобто використовують тільки інформацію, що надходить від взаємодіючих органів управління АС КПП або зовнішніх об'єктів.

Вивчаючи діяльність операторів АС КПП і порівнюючи її з різними математичними моделями, можна легко прийти до висновку, що така система є типовою багатоканальною системою масового обслуговування [140, 142]. Дійсно, діяльність операторів системи управління визначається її структурою, тобто її складом і функціональними зв'язками. Така система складається з таких елементів: вхідного потоку вимог (завдань управління), каналів або приладів (операторів) обслуговування, черги вимог, які очікують обслуговування, і вихідного потоку вимог (вихідної інформації).

При зазначених вище припущеннях систему можна вважати такою, що складається з ряду одноканальних і незв'язних систем масового обслуговування. Потік вимог, що надходить до кожного з каналів, можна розглядати як суму великої кількості незалежних потоків малої інтенсивності. Передбачається, що кожен потік має властивості ординарності і стаціонарності [150]. Відсутність післядії може і не виконуватися.

В такому випадку сумарний потік можна представити у вигляді [148]:

$$\sum_{k=1}^{k_n} \lambda_{nk} = \lambda, \quad (3.1)$$

де λ – параметр потоку; λ_{nk} – параметр сумарного потоку, який при досить загальних умовах близький до найпростішого.

Найпростіший потік вимог є найгіршим з точки зору можливості його обслуговування [140, 148]. Обслуговування системою інших видів випадкових потоків буде свідомо надійніше.

Надалі діяльність оператора інтерпретуватиметься одноканальною системою масового обслуговування з обмеженим часом перебування, на вхід

якої надходить пуасонівський потік заявок. Можливість надходження в проміжок часу t рівно k вимог задається формулою Пуассона [158].

Час перебування вимоги в системі $t(t)$ є випадковою величиною з функцією розподілу $A(t)$. Якщо час очікування початку обслуговування (τ_1) і час обслуговування заявки (τ_2) в сумі не перевищують t ($\tau_1 + \tau_2 \leq t$), то заявка обслуговується повністю. В іншому випадку заявка обслуговується не повністю і залишає систему до закінчення обслуговування. Обслуговування заявок відбувається в порядку їх надходження.

Час обслуговування заявки є випадковою величиною з функцією розподілу $H(t)$. Час очікування початку обслуговування є також випадковою величиною з функцією розподілу $B(\tau)$. Позначимо через $G(t, \tau)$ умовну ймовірність того, що якщо заявка очікувала початку обслуговування час, що дорівнює τ , і якщо після цього почалося очікуване обслуговування, то чекати закінчення обслуговування заявки можна не більш ніж t одиниць часу.

Для даної системи справедливо:

$$G(t, \tau) = \frac{A(t + \tau) - A(\tau)}{1 - A(\tau)} = \frac{B(t + \tau) - B(\tau)}{1 - B(\tau)}. \quad (3.2)$$

При зазначених вище умовах можна визначити марківський процес $\xi(t)$ [138, 140, 148]. Нехай функція $\xi(t) = 0$, якщо в момент t прилад вільний, і дорівнює часу з моменту t до того моменту, коли прилад звільниться від заявок, що надійшли раніше t , якщо в момент t такі заявки в системі є. За розподілом процесу $\xi(t)$ знаходяться основні характеристики обслуговування.

У роботі [148] показано, що якщо процес $\xi(t)$ є стаціонарним, то функція зайнятості системи має вигляд:

$$F(x) = A + \int_0^x p(t) dt, \quad x > 0, \quad (3.3)$$

де A і $p(t)$ задовольняють інтегральному рівнянню Вольтера:

$$p(t) - \lambda [1 - A(t)] \int_0^x [1 - H(t - \tau)] p(\tau) d\tau = \lambda A [1 - A(t)] [1 - H(t)]. \quad (3.4)$$

Відомо, що в системі масового обслуговування з обмеженим часом перебування, що має функцію розподілу $A(t)$, можливі або чисті втрати, або часткове обслуговування заявок. До числа найбільш часто використовуваних показників ефективності функціонування систем масового обслуговування відноситься ймовірність повного обслуговування:

$$P_{\text{по}} = 1 - (P_{\text{чо}} + P_o), \quad (3.5)$$

де $P_{\text{чо}}$ – ймовірність часткового обслуговування; P_o – ймовірність відмови в обслуговуванні.

Ймовірності $P_{\text{чо}}$ та P_o можна визначити з таких співвідношень [156]:

$$P_{\text{чо}} = \int_0^{\infty} [1 - A(\tau)] \int_0^{\infty} G(x, \tau) d\tau, \quad (3.6)$$

$$P_o = \int_0^{\infty} A(\tau) d\tau. \quad (3.7)$$

Розглянемо, які чинники впливають на функцію розподілу часу перебування заявок в системі. Час перебування заявок (завдань управління) в інформаційно-управляючому комплексі (ІУК) визначається перш за все часом перебування повітряних об'єктів у зоні відповідальності. Цей час є

випадковою величиною і залежить від розмірів зон відповідальності; взаємного положення зон відповідальності і траєкторії польоту повітряного об'єкту; швидкості повітряного об'єкту.

У роботі [148, 156] наводяться припущення про те, що час перебування повітряних об'єктів у зоні відповідальності має рівномірну щільність розподілу. Мінімальний час перебування є близьким до нуля, тому що можливі такі траєкторії, коли повітряні об'єкти або минуть зону відповідальності, або знаходяться в ній мінімальний час. Максимальний час будуть знаходитися в системі ті повітряні об'єкти, які пройдуть максимальний шлях у зоні відповідальності при мінімальній швидкості.

Будь-яка АСУ характеризується ефективністю, кількісна оцінка якої дозволяє судити про ступінь відповідності даної системи поставленим вимогам. Вибір основного критерію, що характеризує ефективність комплексу ЗВІ, проведемо на основі аналізу показників ефективності АСУ.

Ефективність АСУ залежить від ряду чинників [162,163]:

- оперативний ефект системи (її можливості з переробки оперативної інформації);
- технічні показники системи (надійність, ремонтпридатність, можливість модернізації тощо);
- економічні витрати на реалізацію системи з заданими характеристиками.

Відповідно до цих факторів при оцінці АСУ слід враховувати оперативну, технічну та економічну ефективність.

Основними показниками при оцінці АСУ вважаються показники оперативної ефективності. При інтерпретації інформаційної управляючої системи системою масового обслуговування, на вхід якої надходить найпростіший потік заявок (завдань, які потребують вирішення), основним показником є ймовірність правильного вирішення завдань управління $P_{пр}$:

$$P_{\text{пр}} = f(P_{\text{пр1}}, P_{\text{пр2}}), \quad (3.8)$$

де $P_{\text{пр1}}$ – ймовірність правильного рішення задач "машинною" ланкою системи;

$P_{\text{пр2}}$ – ймовірність правильного рішення задач "людською" ланкою системи.

Показники ефективності "людської" ланки системи, що інтерпретується одноканальною системою масового обслуговування з обмеженим часом перебування заявки в системі, збігаються з розглянутими. Основними показниками при оцінці такої системи слід вважати показники оперативної ефективності і, в першу чергу, – ймовірність правильного вирішення завдань управління, яка в даному випадку описується виразом [159, 161]

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{по}} P_{\text{o}} (1 - P_{\text{ош}})(1 - P_{\text{ов}}), \quad (3.9)$$

де $P_{\text{по}}$ – ймовірність повного вирішення завдання управління, обумовлена часовими співвідношеннями в системі (3.5); P_{o} – ймовірність роботи ЗВІ без збоїв протягом часу рішення завдання; $P_{\text{ош}}$ – ймовірність помилкового рішення при відсутності обмежень на час вирішення; $P_{\text{ов}}$ – ймовірність помилок, обумовлена сприйняттям інформації.

Крім розглянутих показників, що входять до комплексу, ЗВІ можуть характеризуватися низкою часткових показників, що визначають їх ефективність. Ці показники досить детально описані в літературі [131, 134, 136, 144] і будуть більш детально розглянуті в подальшому. Зауважимо, що кожен з цих показників впливає на зорове сприйняття інформації, а разом з тим і на загальну якість рішення.

Ймовірність правильного рішення оператором завдань управління найбільш повно враховує фактори, пов'язані з часовими співвідношеннями в

системі, і фактори, що характеризують якість побудови пристроїв відображення. Однак функція (3.9) залежить від цілого ряду аргументів, які перебувають у складному взаємозв'язку. Аналітичне визначення виразу (3.9) пов'язано зі значними труднощами [146].

Час правильного рішення оператором завдань управління є чутливою характеристикою до якості комплексів ЗВІ і в той же час задовольняє основним цілям функціонування системи.

У показнику ефективності комплексу ЗВІ, крім t_{pps} повинна бути передбачена ймовірність P_s надходження в систему завдань управління s -го типу ($s = 1, 2, \dots, m$).

Надалі як цільову функцію при виборі комплексу пристроїв відображення будемо використовувати

$$f_j = \sum_s t_{ppjs} P_s, \quad s = 1, 2, \dots, m, \quad (3.10)$$

де t_{ppjs} – час правильного рішення оператором s -го завдання при використанні j -го ($j = 1, 2, \dots, k$) комплексу пристроїв відображення

при обмеженнях виду:

$$P_{ош} \leq \Phi_{ошs}, \quad s = 1, 2, \dots, m, \quad (3.11)$$

де $P_{ош}$ – ймовірність рішення оператором завдань s -го типу без помилок;

$\Phi_{ошs}$ – задана ймовірність безпомилкового рішення завдань s -го типу;

$$P_{oj} \leq \Phi_o, \quad (j = 1, 2, \dots, k), \quad (3.12)$$

де P_{oj} – ймовірність безвідмовної роботи j -го комплексу ЗВІ;

Φ_0 – задана ймовірність безвідмовної роботи комплексу ЗВІ;

$$C_j \leq C, (j=1, 2, \dots, k), \quad (3.13)$$

де C_j – вартість j -го комплексу ЗВІ;

C – задана вартість комплексу ЗВІ.

До комплексу ЗВІ всієї системи не повинні входити пристрої відображення колективного користування одного типу:

$$A_i^{(1)} \notin A, \text{ якщо } A_i^{(2)} \notin A \text{ та } A_i^{(1)} \cup A_i^{(2)} = A_i, \quad (3.14)$$

де A_i – множина пристроїв колективного користування i -того типу,

$$A_i^{(1)} \subset A_i, A_i^{(2)} \subset A_i.$$

$$A_i^{(1)} \notin A, \text{ якщо } A_i^{(2)} \notin A \text{ та } A_i^{(1)} \subset A_i, A_i^{(2)} \subset A_i, \quad (3.15)$$

де A_i – i -ий тип пристроїв відображення.

Оцінку ж функціонування всієї системи необхідно проводити за основним показником оперативної ефективності (3.8), з урахуванням вимоги виконання завдання за заданий час [138, 148, 164].

3.3 Метод розробки моделі діяльності операторів АС КНР

Для отримання кількісних характеристик процесу вирішення оператором завдань управління в ході оцінки обстановки і прийняття рішень необхідно провести оцінку його діяльності. При цьому діяльність повинна являти собою логічну послідовність дій, кожна з яких має кількісну характеристику.

Діяльність оператора в системі управління включає такі основні етапи [160]:

- сприйняття інформації про об'єкти;
- переробка інформації;
- формування концептуальної моделі;
- аналіз концептуальної моделі;
- адаптація і модифікація концептуальної моделі;
- прийняття рішення про необхідні дії;
- виконавчі дії.

Для кожного з цих етапів, в свою чергу, можна виділити елементарні дії (операції):

- фіксація погляду і впізнання характеристики;
- переробка інформації і прийняття рішення;
- переміщення погляду в межах інформаційного поля ЗВІ;
- переміщення погляду від одного ЗВІ до іншого;
- перекодування інформації у внутрішній алфавіт;
- перекодування в алфавіт концептуальної моделі;
- виконавчі дії та ін.

Час виконання перших трьох операцій визначається характером розв'язуваного завдання і складністю інформаційної моделі, тобто типом і кількістю ЗВІ, використовуваних для його вирішення, ступенем кодування інформації, обсягом відображення тощо:

$$t_b = \sum_{i=1}^m t_{bi}, \quad (3.17)$$

де t_{bi} – час переміщень погляду, фіксацій погляду і переробки інформації при роботі з i -им ЗВІ ($i = 1, 2, \dots, m$).

Час, що витрачається оператором на переміщення погляду від вихідної точки до ЗВІ, від одного ЗВІ до іншого, від ЗВІ до органів управління,

визначається просторовим розташуванням ЗВІ і пульта управління, характером розв'язуваного завдання:

$$t_{ck} = \sum_{l=1}^n t_{ckl}, \quad (3.18)$$

де t_{ckl} – час переміщення погляду l -го типу ($l = 1, 2, \dots, n$).

Час виконання виконавчих дій (t_g), коли вони здійснюються моторно, залежить від їх кількості і типу в процесі виконання завдання, від компоновки органів управління на пульті:

$$t_g = \sum_{s=1}^k t_{gs}, \quad (3.19)$$

де t_g – час виконавчої дії s -го типу ($s = 1, 2, \dots, k$).

З розглянутих елементарних операцій, що здійснюються оператором в ході вирішення завдань управління, в основному тільки час виконання перших трьох операцій залежить від типу пристроїв відображення і характеру відтворюваної на них інформації. Для кількісного аналізу роботи оператора з різними ЗВІ об'єднаємо ці операції:

- робота з пристроєм відображення i -го типу ($i = 1, 2, \dots, m$). Множина таких операцій буде позначатись через $X^* = \{x_i^*\}$;

- переміщення погляду x_1 ($l = 1, 2, \dots, n$). Множина цих операцій буде позначатись через $X' = \{x_l'\}$;

- виконавча дія s -го типу. Множина таких операцій буде позначатись через x_s'' . Кількість і тривалість виконання операцій типу x_i^* при вирішенні оператором завдання управління визначаються тим, які ЗВІ взяті для побудови інформаційної моделі. Крім цього, вибір пристроїв відображення також впливає, хоча і в меншому ступені, на кількість і тривалість операцій x_l' і x_s'' .

При цьому такі операції як формування і модифікація КМ дуже складно описати і адекватно відобразити в моделі, хоча при її розробці виникає необхідність введення уявних вершин, які відповідають операціям з КМ. Це, в свою чергу, дозволяє врахувати час на прийняття рішення, яке в існуючих моделях часто не враховується безпосередньо і вносить похибку в одержувані результати. Для систем управління спеціального призначення, що функціонують в реальному часі це може мати критичне значення.

Алгоритм розв'язання завдання оператором можна представити в операторній формі, у вигляді блок-схеми або у вигляді граф-схеми [160, 161]. Останній спосіб представлення алгоритму, поряд з наочністю, дозволяє виробляти кількісну оцінку діяльності оператора і найкращим чином задовольняє цілям дослідження.

При поданні процесу вирішення завдання оператором у вигляді орієнтованого графу (рис. 3.3 а) на ньому колами будуть позначені вершини, що відповідають введеним операціям, а події, що описують перехід від однієї операції до іншої, – стрілками (дугами).

Кожна вершина графа має відповідну вагу (наприклад, середній час виконання операції). До графу введені дві фіктивні операції – початку і закінчення виконання завдання (x_a і x_s), тривалість яких дорівнює

$$t_{x_a} = t_{x_s} = 0.$$

При цьому до графу вводяться фіктивні вершини x_ϕ , які відповідають операціям роботи з концептуальною моделлю. При цьому

$$x_\phi > 0.$$

Граф, в якому існує лише одна вершина, яка не має вхідних дуг, і лише одна вершина, яка не має вихідних дуг, прийнято називати мережею [133].

Надалі будемо користуватися як поняттям граф, так і еквівалентним йому поняттям мережу.

Граф прийнято [133] позначати символом:

$$G = (X, \Gamma),$$

де X – множина вершин ($X \neq \emptyset$);

Γ – відображення множини x в x .

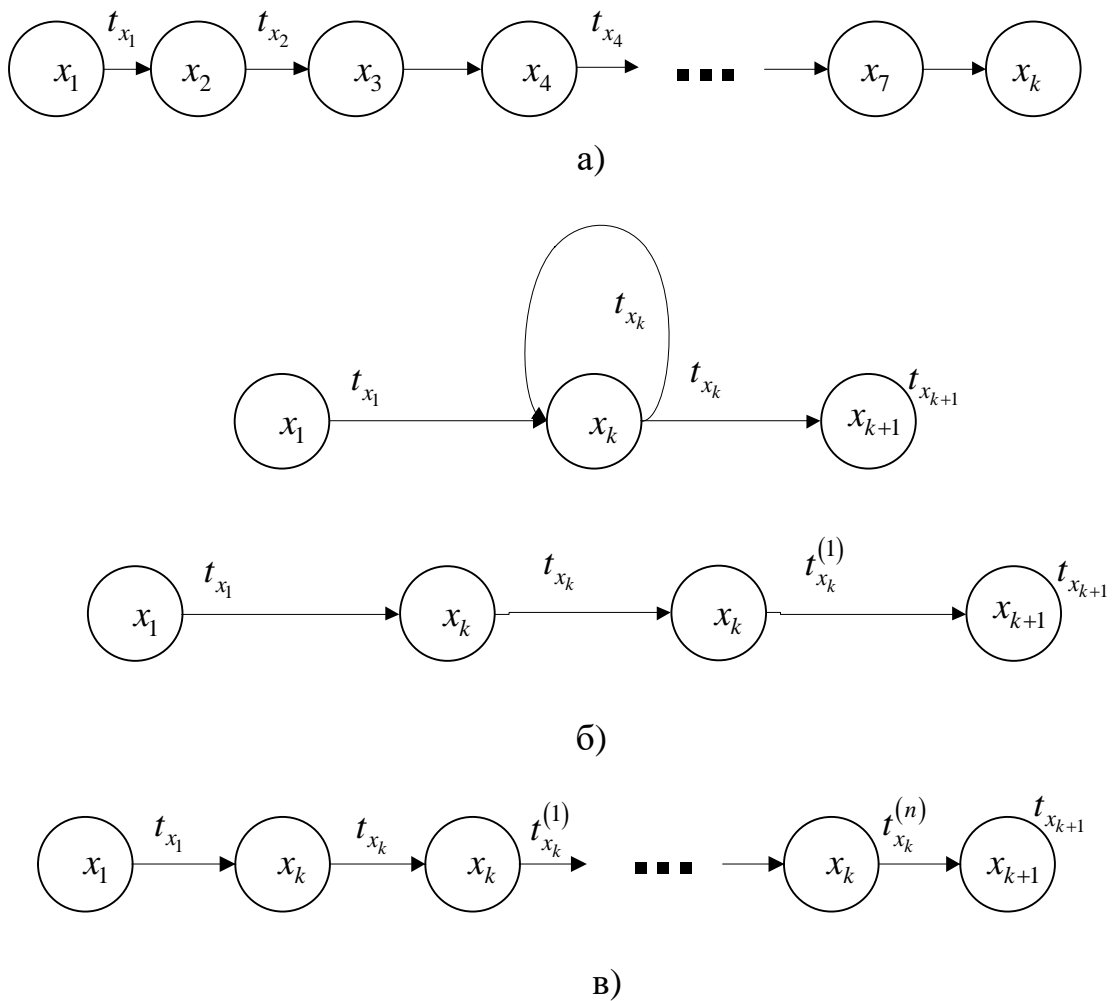


Рисунок 3.3 – Типи орієнтованих графів

Множину дуг графа позначимо через U . Множина U цілком визначає відображення графа і, навпаки, Γ – цілком не визначає U . Тому граф можна записати у вигляді

$$G = (X, U).$$

У графі (рис. 3.3 а) немає контурів і петель. Це означає, що всі операції при виконанні завдання оператором виконуються тільки один раз.

Однак в реальній обстановці оператор може часто повторювати виконання деяких операцій n разів, і навіть повертатися до тих операцій, які вже були виконані. Фрагмент графа з петлею наведено на рис. 3.3б.

Розглянемо ситуацію, що склалася, формально. Очевидно, що наявність петлі призводить до послідовного виконання однієї і тієї ж операції, повторне виконання якої має характеризувати ймовірністю P_n реалізації петлі.

Середній час виконання операції при наявності петлі визначається як [133]:

$$\bar{t}_x = \sum_j (t_x + jt'_x) P_n^j, \quad (3.20)$$

де t_x – час виконання операції x при відсутності петлі;

t'_x – час повторного виконання операції x ;

$j = 1, 2, \dots, n$ – кількість реалізацій петлі.

Також при поданні діяльності оператора в вигляді графа можуть з'являтися контури [133]. Розглянемо граф з контуром (рис. 3.4).

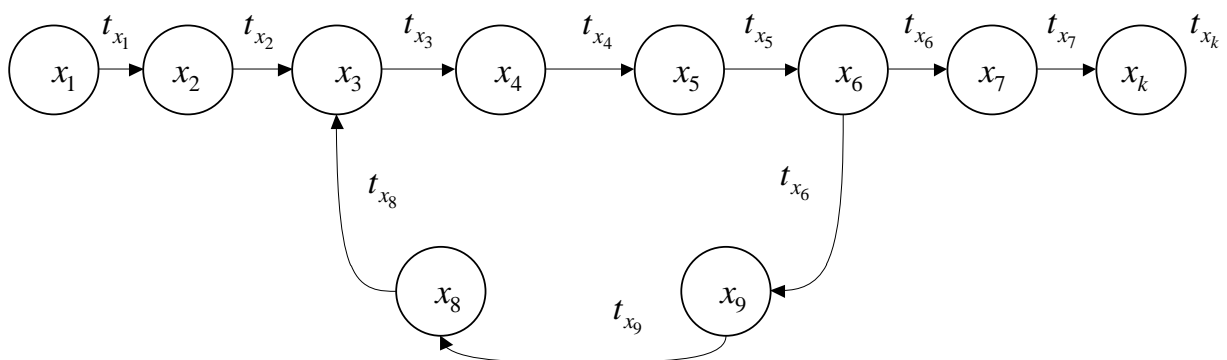


Рисунок 3.4 – Граф з контуром

Контуром називається кінцевий шлях виду $\mu_1 = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_1]$, у якого початкова вершина збігається з кінцевою [133]. Назвемо шлях

$\mu_1 = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_1]$, на якому всі операції повинні бути виконані з ймовірністю $P_\mu = 1$ основним. Шлях μ_1 при розв'язанні задачі оператором може з'явитися з ймовірністю $P_k > 0$ в тому випадку, коли після виконання операцій на шляху $\mu' = (x_1, x_2, x_3) \in \mu$ виконується множина операцій $x \notin \mu$, але $x \in \mu_1$. Ймовірність і число повторення операцій на μ_1 визначається характером розв'язуваної задачі, структурою інформаційного поля ЗВІ, психофізіологічними особливостями оператора тощо.

У динаміці розв'язання задачі операції на μ_1 виконуються послідовно за операціями на μ' . Час їх виконання складає

$$t_{\mu_1} = \sum_{x_i \in \mu_1} t_{x_i},$$

де t_{x_i} – час виконання x_i -ої операції.

Кількість операцій x_i при розв'язанні задачі y_k визначається тим, які ЗВІ взяті для побудови інформаційної моделі. Крім цього вибір ЗВІ впливає на кількість операцій x'_1 та x''_s .

Позначаємо через $X = x^* \cup x' \cup x''$ множину всіх операцій, які необхідно виконати при розв'язанні задачі y_k , використовуючи всі можливі комплекси ЗВІ. Будь-яка підмножина операцій $x \subset X$ при виконанні якої задача y_k може бути розв'язана, будемо позначати через x^+ .

Порядок побудови графа рішення завдання управління при використанні всіх можливих комплексів ЗВІ буде такими.

Спочатку для кожного комплексу ЗВІ будується алгоритм розв'язання задачі управління y_k в вигляді орієнтованого графа $G = (x_i^*, \Gamma)$. Далі проводиться об'єднання всіх G_i :

$$G(X, U) = \bigcup_i G_i,$$

в якому $X = \{x_i\} = \bigcup_i x_i^+$ – множина вершин, а $U = \{u_{ij}\}$ – множина дуг u_{ij} , в графі G . Множина X включає в себе x_a і x_k , для яких справедливо:

$$\Gamma^{-1}x_a = \emptyset, \Gamma x_k = \emptyset.$$

Отриманий граф G має таку властивість: для кожної дуги $u_{ij} \in$ хоча б один шлях μ_e з початкової вершини x_a до кінцевої x_k , якій містить дану дугу.

Приклад моделі діяльності оператора АС КІР у вигляді орієнтованого графу, побудованого з дотриманням правил зазначених раніше, наведено на рис 3.5.

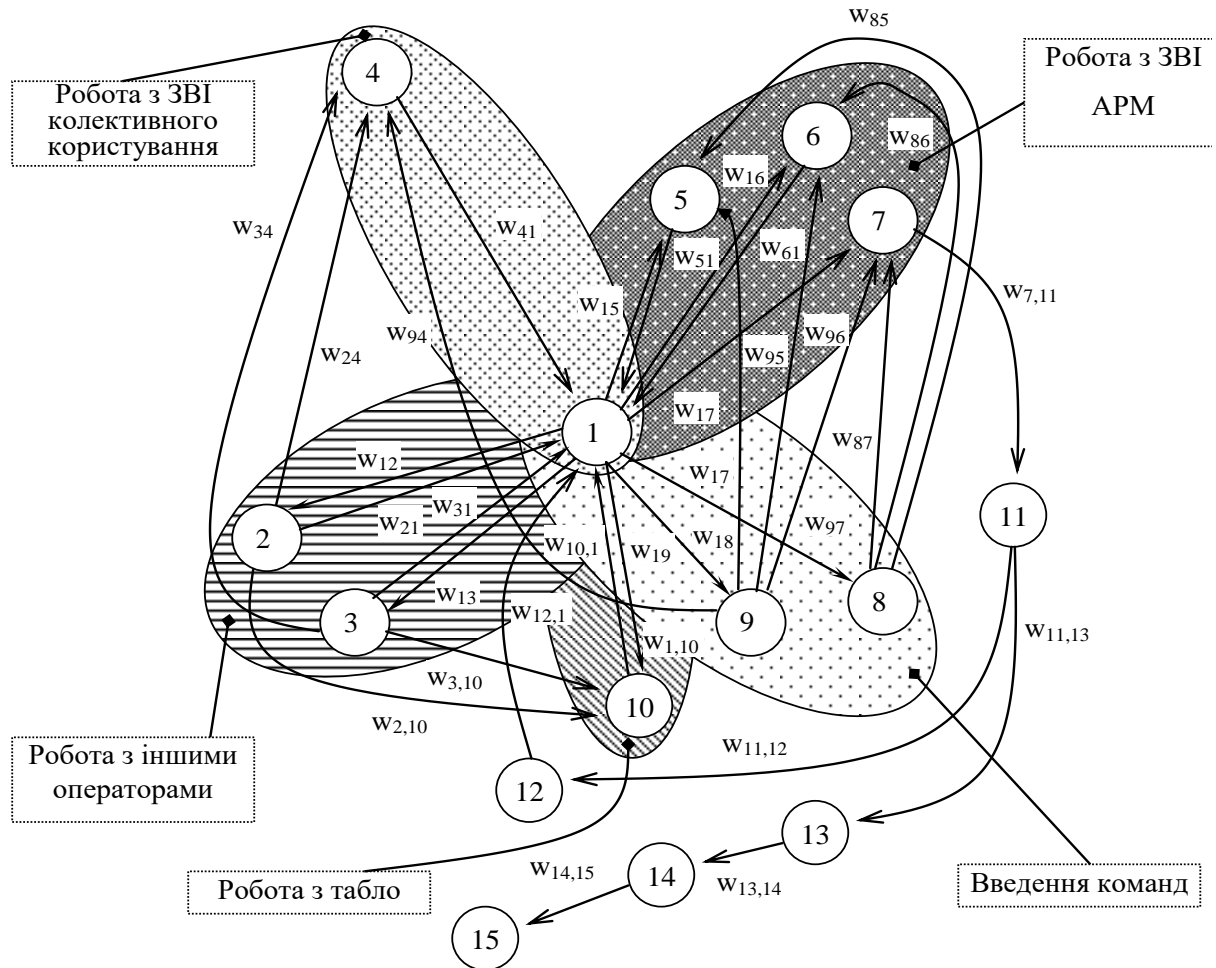


Рисунок 3.5 - Модель діяльності оператора АС КІР

Інтерпретацію вершин та дуг побудованої моделі діяльності оператора АС КПрР наведено в табл. 3.2 та 3.3 відповідно.

Для виду діяльності оператора, що досліджується, процес сприйняття інформації фактично зводиться до інформаційного пошуку, тобто до знаходження в ІМ об'єктів (ознак), що характеризують властивості обстановки, що складається. До таких ознак можуть належати, наприклад, вихід повітряного судна з повітряного коридору, порушення порядку ешелонування, конфліктна ситуація в ближній зоні аеродрому тощо.

Таблиця 3.2 – Події моделі діяльності оператора

Подія	Зміст події
1	Початок роботи ОПрР
2,3	Взаємодія ОПрР з іншими операторами
4	Аналіз інформації, що відображується на ЗВІ КК, виконаний
5	Аналіз загальної інформації, що відображується на екрані АРМ, виконаний
6	Аналіз узагальненої інформації на екрані АРМ виконаний
7	Аналіз інформації, що подана в ІМ, виконаний
8	Введення інформації з клавіатури проведено
9	Введення інформації з використанням маніпулятора "миша" проведено
10	Додаткова інформація з засобів колективного користування сприйнята
11	Оцінка інформації виконана
12	Рішення не прийнято
13	Рішення прийнято
14	Моторна дія виконана
15	Рішення завдання завершено

Таблиця 3.3 – Інтерпретація вершин моделі діяльності оператора

Переходи	Дії, що виконує оператор при переході з одного стану до іншого
$w_{4,1}, w_{5,1}, w_{6,1}$	Сприйняття оператором інформації на ЗВІ КК та екрані АРМ
$w_{10,1}$	Сприйняття оператором додаткової інформації, що відображується за допомогою планшетів і табло
$w_{11,12}, w_{11,13}$	Прийняття рішення
$w_{13,14}$	Підтвердження команди на прийняття рішення
$w_{14,15}$	Кінець розв'язання задачі

Поряд з основними операціями сприйняття та оцінки інформації, що відображується, ОПРР віддає розпорядження та приймає доповіді про результати рішення часткових завдань іншими операторами АС КІР. Умовно такі дії можуть бути визначені як допоміжні [23].

Таким чином, час оцінки обстановки $t_{оВО}$ залежить від часу пошуку інформації $t_{ин}$ та часу виконання допоміжних дій t_b :

$$t_{оВО} = t_{ин} + t_b. \quad (3.23)$$

Час інформаційного пошуку є складною функцією ряду аргументів [94]:

$$t_{ин} = f(N, p_a, ПФ), \quad (3.24)$$

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 – число об'єктів, що відшуковуються та володіють заданими

ознаками;

ПФ – психологічні фактори, що стосуються організації засобів відображення і роботи ОПРР з ними (яскравість зображення В, контрастність К, кутові розміри поля Θ і знаків \mathcal{G} , тактика пошуку Т тощо).

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

$$t_{ин} = \phi(N, p_a) = \phi(N, M). \quad (3.25)$$

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 $t_{\phi} = 0,025, \dots, 0,65$ с і більше [106].

В ряді досліджень [23, 106] показано, що для орієнтовної оцінки часу пошуку інформації в ІМ, можна використовувати вираз

$$\bar{t}_{ин} \cong \frac{N+1}{M+1} \bar{t}_{\phi}. \quad (3.26)$$

Час виконання допоміжних дій (t_b) також є складною функцією ряду аргументів:

$$t_b = f(\bar{t}_{p,k}, \bar{t}_{op,k}, p_k), \quad (3.27)$$

де $\bar{t}_{p,k}$ – час видачі розпоряджень про підготовку необхідних даних і прийом доповідей при вирішенні k – ої допоміжного завдання при оцінці обстановки ($k = 1, 2, \dots, K$);

$\bar{t}_{op,k}$ - час рішення k – ої допоміжного завдання;

p_k – апіорна ймовірність виникнення k – ої допоміжного завдання.

Досвід розробки моделі (див. рис. 3.5) дає підстави для формування удосконаленого підходу щодо моделювання діяльності оператора АС КПрР.

При розробці моделі окремим етапом необхідно виділити такі характерні структурні елементи діяльності оператора: рецепторна діяльність; інтелектуальна діяльність; психомоторна діяльність фактори, що впливають на діяльність (шум, температура, вологість, тиск, забрудненість та ін.).

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, які не передбачаючи і не визначаючи їх послідовність і результати, одержувані після виконання кожного з етапів.

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, наведені в табл. 3.2, можна поділити на операції, пов'язані зі сприйняттям інформації, взаємодією із КТЗ тощо. Тоді модель, діяльності ОПрР (рис. 3.5) можна представити у вигляді площинної ієрархічної моделі так (див. рис. 3.6) [27].

Позначки на отриманій площинній ієрархічній моделі відповідають операціям, наведеним на графі (рис.3.5) та в таблиці 3.2. При цьому, на відміну від графової моделі, площинна ієрархічна модель діяльності дозволяє відображати основні сторони діяльності оператора зазначені раніше.

Зв'язки між площинами мають логічний характер і відображають логіку переходів. При уточненні та деталізації моделі діяльності оператора даним зв'язкам можуть бути приписані різні характеристики, наприклад, значення ймовірності переходу між операціями (площинами) або витрати часу на переходи між ними.

При такому поданні моделі діяльності оператора стає можливим прозоро розглядати структуру його діяльності. Також виникає дуже корисна властивість щодо можливості досліджувати, змінювати або модифікувати лише окремі площини моделі, не порушуючи при цьому цілісність і характер інших площин.

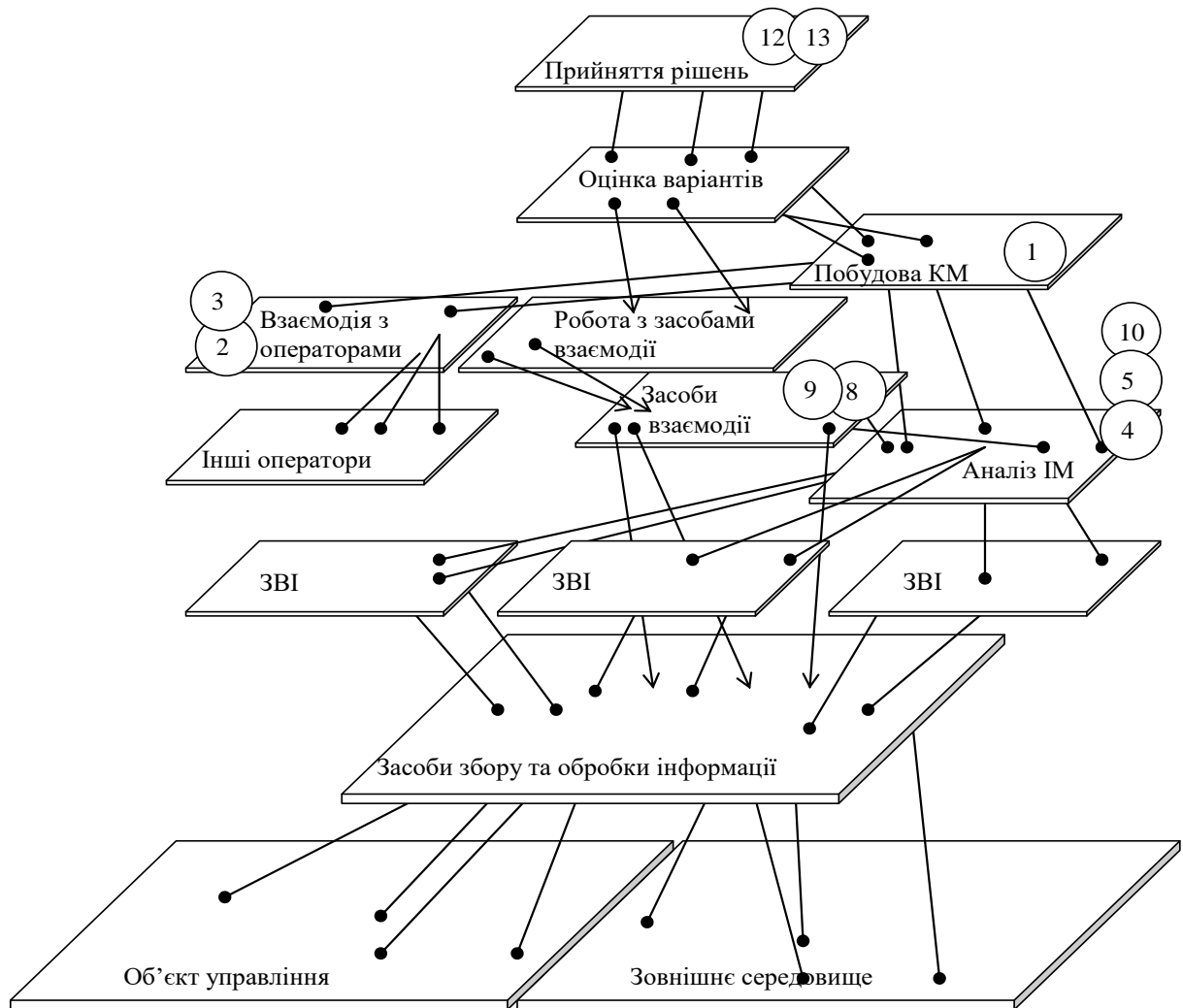


Рисунок 3.6 – Варіант площинної ієрархічної моделі діяльності оператора

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.

При цьому модель площини може бути:

простою (є множина окремих однотипних операцій, не пов'язаних між собою). Кожна операція має зв'язку тільки з елементами або групами елементів інших площин;

складною (є множина окремих однотипних операцій, пов'язаних між собою). Можуть мати місце зв'язки як окремої операції, так і групи операцій з елементами або групами елементів інших площин;

змішаною (є множина окремих однотипних операцій, як пов'язаних, так і не пов'язаних між собою). Можуть мати місце зв'язки як окремої операції, так і групи операцій з елементами або групами елементів інших площин.

Таким чином, при використанні запропонованого підходу до побудови моделі діяльності оператора можуть бути реалізовані всі переваги методу поетапного моделювання як щодо всієї моделі в цілому, так і щодо кожної площини окремо. Це повинно в підсумку дозволити підвищити точність і адекватність побудови моделі діяльності оператора в цілому.

Ефективність діяльності операторів у різних пунктах КПП оцінюється за значеннями часу безпомилкового рішення задач управління або виконання окремих операцій, є випадковою величиною. Це пояснюється тим, що на нього впливають характер вирішуваного завдання, ступінь напруженості обстановки, обсяг розумово-емоційного навантаження, психологічний стан оператора, ступінь його стомлення, стан зовнішнього середовища, тощо.

Однак концентрація уваги оператора, почуття відповідальності за рішення поставленого завдання і спрямованість його дій у значному ступеню впливають на якість його роботи. Вплив інших факторів значно слабшає або повністю зникає.

Отже, розподіл часу рішення оператором завдань управління має асиметричний характер. Кінцівка швидкості протікання розумових процесів і здійснення відповідних реакцій оператора обумовлює обмеження часу вирішення завдань.

Знання законів розподілу часу рішення оператором різних завдань необхідно для розподілу функцій між людиною і машиною в АСУ, раціонального вибору комплексу пристроїв відображення інформації і для оцінки ефективності АСУ та моделювання діяльності оператора.

Результати дослідження [27–34] підтверджують припущення про асиметричності (обмеженості зліва) законів розподілу часу рішення оператором різних завдань. Авторами зазначених робіт були використані різні апріорні розподіли, які досить добре узгоджуються з емпіричними (оцінка проводилася за критерієм Пірсона).

Так, в дослідженнях [94, 156] показано, що час вирішення завдань оператором підпорядкований усіченому нормальному закону розподілу

$$f(x) = \begin{cases} \frac{C}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left\{-\left(x - t_1 - m_x\right)^2 \frac{1}{2\delta^2}\right\}, & x > t_1, \\ 0, & x \leq t_1, \end{cases} \quad (3.28)$$

де t_1 – мінімальний час вирішення завдання;

m і δ – параметри неусіченого нормального закону;

C – нормуючий множник.

У роботі [94] показано, що час вирішення завдань підпорядкований закону Пірсона, а в [156] – закону Ерланга. Обидва ці закони є окремими випадками гамма-розподілу [94]

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\alpha^v}{\Gamma(v)} (x - t_1)^{v-1} \exp\{-\alpha(x - t_1)\}, & x > t_1, \\ 0, & x \leq t_1, \end{cases} \quad (3.29)$$

де t_1 – мінімальний час вирішення завдання;

α – масштабний параметр $\alpha > 0$;

$\frac{\nu}{\alpha}$ – математичне сподівання;

$\Gamma(\nu)$ – гамма функції.

Припустимо, що рішення оператором завдання за час як завгодно близький до t_1 є малоймовірним. З цієї точки зору, потрібно віддати перевагу розподілу (3.29).

При проведенні дослідження, крім розподілів (3.28) і (3.29), були висунуті і перевірені ще дві гіпотези про закони розподілу часу вирішення завдань оператором.

До першої з них відноситься бета-розподіл, щільність якого описується виразом

$$f(x) = \begin{cases} (x - t_1)^m (t_2 - x)^n C, & x > t_1, x < t_2, \\ 0, & x \leq t_1, x \geq t_2, \end{cases} \quad (3.30)$$

де t_1 і t_2 межі області розподілу випадкової величини;

m і n – ступеневі показники ($m > -1, n > -1$);

C – нормуючий множник.

Розподіл (3.30) характеризується чотирма параметрами, які часто важко визначити. Зі збереженням достатньої точності можна використовувати частковий випадок розподілу даного типу [6]:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{12}{(t_2 - t_1)^4} (x - t_1)(t_2 - x)^2; & x > t_1, x < t_2, \\ 0, & x \leq t_1, x \geq t_2, \end{cases} \quad (3.31)$$

Як другу гіпотезу було використано логарифмічно нормальний розподіл:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta(x-t_1)} \exp\left[-\{\ln(x-t_1)-m\}^2 \frac{1}{2\delta^2}\right], & x > t_1; \\ 0, & x \leq t_1, \end{cases} \quad (3.32)$$

$$\text{де } m = m_x^2 \sqrt{\frac{1}{\delta_x^2 + m_x^2}}, \quad \delta = \sqrt{2 \ln \frac{m_x}{m}}, \quad m_x \text{ і } \delta_x - \text{параметри нормального}$$

розподілу.

При дослідженні часових характеристик роботи диспетчера використовувався типовий склад обладнання АС КІР: кнопочний пульт оператора (клавіатура); табло стану засобів (ТСЗ); табло характеристик повітряних об'єктів (ТХПО), великий екран загальної повітряної обстановки (ВЕ).

Управління видачею інформації на пристрої відображення здійснювалося з пульта експериментатора. Отримані гістограми емпіричних розподілів і перевірка їх узгодження з теоретичними проводилася за критерієм згоди Пірсона χ^2 .

Всі завдання, які вирішуються оператором, відповідно до досліджуваних пристроїв можна розбити на чотири групи.

До першої групи належать завдання, в яких оператор вводив команди. Завдання цієї групи відрізнялися кількістю набраних цифр.

Аналіз отриманих результатів показує, що, як правило, відбувається гарний збіг емпіричного розподілу з будь-якими двома теоретичними. Важко віддати явну перевагу якомусь конкретному з розглянутих апріорних розподілів через те, що оцінка ймовірності їх збігу з емпіричними приблизно однакова:

усічений нормальний – $P_{\text{збіг}} \approx 0,4$;

логарифмічно нормальний – $P_{\text{збіг}} \approx 0,3$;

бета розподілу – $P_{\text{збіг}} \approx 0,35$;

гамма розподіл – $P_{\text{збіг}} \approx 0,4$.

У багатьох випадках вельми цікавим є отримання р-квантільної оцінки часу вирішення різних завдань t_p . У зв'язку з цим виникає питання, якою є похибка у визначенні t_p для різних апріорних законів розподілу.

Порівняння квантільних оцінок часу рішення розглянутих завдань показує, що при рівні 0,9 максимальна похибка у визначенні для розглянутих теоретичних розподілів в середньому становить

$$\Delta t_{0,9} = 0,04t_{0,9}. \quad (3.33)$$

Причому $\Delta t_{0,9}$ визначалося незалежно від збігу апріорних розподілів з емпіричними. Рівноймовірність збігу (за критерієм χ^2) розглянутих теоретичних розподілів з емпіричними, а також досить мала похибка у визначенні р-квантільної оцінки часу рішення оператором різних завдань, дає підставу припустити, що як апріорний може бути використаний будь-який із розглянутих розподілів.

У багатьох випадках переважним виявляється розподіл, який має більш простий аналітичний вираз і параметри якого легко можуть бути визначені. З цієї точки зору в кращу сторону виділяється окремий випадок бета розподілу (3.31), який широко використовується для задання часових оцінок, що входять у мережевий проект робіт.

Розподіл (3.31) характеризується лише мінімальним t_1 і максимальним t_2 часом виконання завдання у той самий час інші розглянуті розподіли характеризуються трьома параметрами.

Основні операції, що виконуються оператором, являють собою сукупність послідовно виконуваних елементарних дій (ЕД) (час їх виконання

– t_b). При роботі з ІМ до найбільш часто виконуваних ЕД належать: пошукові рухи очей оператора, фіксація погляду, сприйняття і оцінка критичних об'єктів (формулярів, знаків тощо). Тому для оцінки середнього часу виконання декількох ЕД (t_b) можна використовувати суму значень $t_{ед}$.

Через вплив великої кількості факторів об'єктивного і суб'єктивного характеру $t_{ед}$ і t_b є випадковими величинами. Тому для підвищення достовірності оцінок показників виконання окремих операцій використовуємо розподіли ймовірностей оцінок $t_{ед} = f(\tau)$. Результати багатьох досліджень, наприклад, [148], свідчать про те, що $f(\tau)$, як правило, є усіченим ($\tau \geq t_1, \tau \leq t_2$) несиметричним унімодальним розподілом. На основі аналізу статистичного матеріалу перевагу віддано спрощеній математичній моделі бета-розподілу:

$$p(\tau) = \frac{12}{(t_2 - t_1)^2} (\tau - t_1)(t_2 - \tau)^2. \quad (3.34)$$

Розподіл є асиметричним і обмеженим знизу (t_1) і згори (t_2), що в повній мірі відповідає реальним процесам виконання операцій. Для завдання апіорної щільності бета-розподілу достатньо задати t_1 і t_2 . Математичне сподівання часу виконання операції і дисперсія становлять відповідно

$$\bar{t} = \frac{3t_1 + 2t_2}{5}, \quad D = 0,04(t_2 - t_1)^2. \quad (3.35)$$

Для оцінок часу елементарних дій доцільно використати саме даний розподіл.

Розглянемо математичну модель ЕД на прикладі пошуку і сприйняття інформації. Для цієї операції характерні такі ЕД: пошукові та установчі рухи очей, фіксація погляду з метою сприйняття і пізнання інформаційного

елемента (ІЕ). Якщо $t_{\text{спр}} \cong t_{\phi}$, де $t_{\text{спр}}$ – час сприйняття ІЕ, то можна вважати, що пошук і сприйняття релевантного ІЕ зводиться до його інформаційного пошуку (ІП), основними ЕД якого є переміщення погляду і фіксація ІЕ. З урахуванням того, що $t_{\text{п}} > t_{\phi}$, середній час ІП дорівнює:

$$t_{\text{ін}} = At_{\phi}, \quad (3.36)$$

де A – середня кількість кроків, які виконуються при пошуку релевантного ІЕ. Кількість кроків пошуку (a) є складною функцією ряду аргументів:

$$A = \phi(N, M) \quad (3.37)$$

де N – обсяг інформаційного поля (загальне число об'єктів);

M – число шуканих об'єктів, що мають задані ознаки.

Математична модель ІП має вигляд [159]:

$$t_{\text{ін}} \cong \frac{N+1}{M+1} t_{\phi}. \quad (3.38)$$

Для більш точної оцінки $t_{\text{ін}}$ використовуємо вирази (3.34) і (3.38). При цьому цілком раціональне припущення, що $t_{\phi 2} = 3t_{\phi 1}$. З урахуванням цього припущення і нескладних перетворень отримаємо таку модель ІП:

$$p(\tau) = \frac{4}{3N^2 t_{\phi 1}^2} (\tau - t_{\phi 1}) (3N t_{\phi 1} - \tau)^2, \quad (3.39)$$

$$\bar{t}_{\text{ін}} \cong \frac{6N t_{\phi 1}}{5},$$

$$D \cong 0,4N^2t_{\phi 1}^2. \quad (3.40)$$

Отримані результати дозволяють розробити і описати модель діяльності ОПР АС КПП і реалізувати отриману модель у вигляді імітаційної моделі.

Це, в свою чергу, дозволяє перейти до розподілу завдань між ОПР та ІУК. До числа інформаційно-обчислювальних функцій відносяться отримання, первинна обробка і зберігання технічної і технологічної інформації, сигналізація про стан процесів та ін.

Перегляд розподілу завдань між ОПР і ІУК АС КПП дозволить удосконалити процес інформаційного забезпечення діяльності ОПР і підвищити оперативність та обґрунтованість прийнятих рішень.

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. 3.7).

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 (додаток Б).

Результати проведеного експерименту наведені на рис. 3.8.

Так, модель показала, що математичне сподівання часу вирішення даного завдання ОПР складе $t_{\text{мо}} = 183 \text{ с}$, випробовувані вирішили це ж завдання із середнім часом $t_{\text{мо}} = 175 \text{ с}$. Похибка склала близько 4-5%.

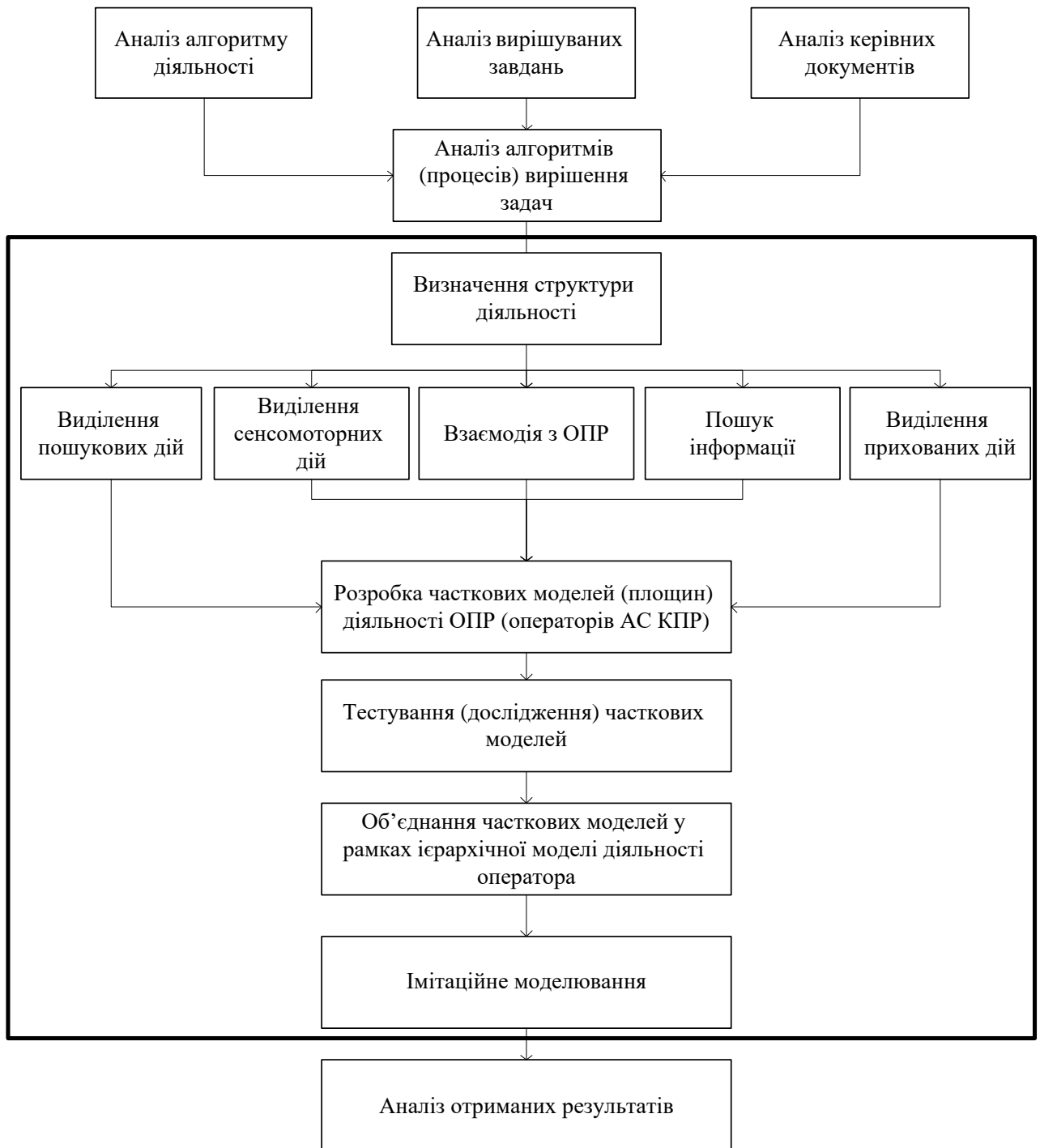


Рисунок 3.7 – Структура методу розробки моделі діяльності операторів пунктів керування повітряним рухом у процесі прийняття рішень з управління складними системами або об'єктами

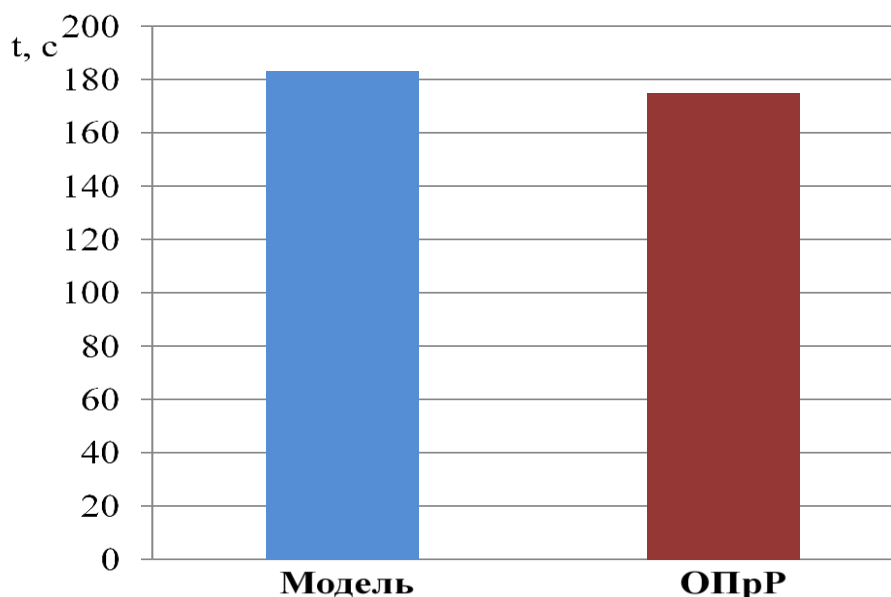


Рисунок 3.8 – Результати вирішення завдання ОПрР та розробленою моделлю

Отриманий результат дозволяє стверджувати, що розроблена модель діяльності особами, що приймають рішення, адекватна і може бути використана при проведенні досліджень і проектуванні інформаційного забезпечення прийняття рішень ОПрР [43, 47].

Висновки за розділом 3

1. Значні витрати часу на оцінку обстановки пов'язані з недоліками системи інформаційного забезпечення діяльності оператора:

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

- неузгодження ергономічних властивостей інформаційних моделей з властивостями оператора;

- низька ступінь автоматизації процесів управління відображенням інформації;

- при введенні команд оператор виконує складні дії;

- використовувані інформаційні технології не відповідають сучасним досягненням.

2. Як математичну модель, що дозволяє оцінити ефективність діяльності ОПРР АС КТР, прийнята багатоканальна система масового обслуговування, що складається з ряду незв'язаних каналів.

3. Як основний показник при оцінці діяльності оператора в системі управління прийнятій критерій оперативної ефективності – ймовірність правильного вирішення завдань управління за заданий час.

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

5. Досліджена апроксимація емпіричних розподілів часу рішення оператором різних завдань управління теоретичним розподілом. Як апріорний доцільно використання бета-розподілу часу вирішення завдань оператором, параметри якого можуть бути визначені найбільш просто.

6. При проведенні експериментів з розробленою моделлю можлива модифікація як моделі в цілому, так і окремих площин зокрема. Досліджена модель при оперативній заміні складових площин, що дозволяє на етапі проектування оцінити та обґрунтувати вимоги до складу засобів взаємодії, а також їх технічні характеристики.

7. 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, що дозволяє підвищити описові можливості моделі.

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

- проектуванні 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 в період розробки нових комплексів і систем або при модернізації існуючих;
- обґрунтуванні вимог до комплексу технічних засобів АС КІР, складу та структури підсистеми інформаційного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

23. Полонский Ю.И. Подход к автоматизации процессов формирования и управления отображением информационных моделей воздушной обстановки / Ю.И. Полонский, М.А. Павленко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.

27. Павленко М.А. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – Вип. 4(50). – С. 17-21. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.

43. Pavlenko M. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М. Pavlenko, М. Petrushenko, S. Shylo, I. Borozenec, O. Dmitriyev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2019. – Вип. 4(56). – С. 3-7. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

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

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

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

127. Rasmussen J. Anybody a software system for ergonomic optimization / J. Rasmussen, et al. // Fifth World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, 2003. – Vol. 4. – P. 389-400.

128. Формирование представлений о мире профессий в профконсультировании / В.В. Пчелинова. – Автореф дисс. к. псих. н. – М., 2011.– 32 с.

129. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения / С.А. Багрецов, С.К. Колганов, В.М. Львов. – М.: Радио и связь, 2000. – 192 с.

130. Психологические и эргономические основы проектирования систем управления качеством обучения /В.Г. Евграфов. – СПб: ВМИРЭ, 2004. – 202 с.

131. The psychology of human-computer interaction / S. Card – CRC Press, 2017. – 463 p.

132. A mathematical method for ergonomic-based design: placement / K. Abdel-Malek, W. Yu, J. Yang, K. Nebel //International journal of industrial ergonomics. – 2004. – V. 34. – №. 5. – P. 375-394.

133. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности /Г.В. Суходольский. – Л.: ЛГУ, 1976. – 120с.

134. Інженерна психологія: підручник / Ю.Л. Трофімов. – К.: Либідь, 2002. – 264 с.

135. Имитационная модель для оценки комплексного влияния инженерно–психологических факторов на эффективность эргатической системы. Кибернетика и вычислительная техника / В.М. Герасимов, Г.В. Ложкин, В.В. Спасенников – М.: Радио и связь 1984. – 269с.

136. Handbook of human factors and ergonomics / G.Salvendy. – John Wiley & Sons, 2012. – 1752 p.

137. Павленко М.А. Метод разработки модели деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / М.А.

Павленко , О.С. Бодяк, М.Ю. Гусак, С.И. Симонов // Системи обробки інформації. – Вип. 9(107). – Харків: ХУ ПС, 2012. – С. 196-200.

138. Шило С.Г. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС / С.Г. Шило, М.В. Маляров, І.О. Борозенець // Збірник наукових праць. Проблеми надзвичайних ситуацій / – Х. : УЦЗУ, 2010. – Вип. 12. – С.194-203.

139. Karwowski W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems / W. Karwowski // Ergonomics. – 2005. – V. 48. – №. 5. – P. 436-463.

140. Метешкин К.А. Модель аналитической деятельности оператора пункта управления / К.А. Метешкин, И.А. Борозенець // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ. – 2001. – Вип. 2(12). – С. 107-112.

141. Shaykhutdinov D. Analysis and Synthesis of Algorithms of Solving Inverse Problems by Methods of Classical and Modern Automatic Control Theory / D. Shaykhutdinov, et al //Asian Journal of Information Technology. – 2016. – V. 15. – №. 9. – P. 1443-1446.

142. Львов В.М. Инженерно-психологические вопросы проектирования деятельности операторов / В.М. Львов, В.В.Павлюченко, В.В. Спасенников // Избранные психологические труды: психология труда, экономическая психология, эргономика. – 2018. – Т. 10. – №. 5. – С. 80.

143. Введение в кибернетику / В.М. Глушков. – К: Изд-во АН УССР, 1964. – 324 с.

144. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учеб. для студентов вузов / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 544 с.

145. Introduction to Cybernetics and the Design of Systems / H. Dubberly, P. Pangaro. – Dubberly Design Office, 2010 – 167 p.

146. The theory of stochastic processes / D.R. Cox. – Routledge, 2017. – 718 p.

1. Вопросы кибернетики. Моделирование человеко-машинных кибернетических систем / АН СССР, научный совет по комплексным

проблемам «Кибернетика» – М.: Научный совет по комплексным проблемам АН СССР «Кибернетика», 1984. – Вып. 110. – 146 с.

148. Загора С.А. Розв'язання групових конфліктних ситуацій на довільних маршрутах в умовах гарантованого рівня безпеки польотів: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 03.05.2006, затв. 11.06.2006 / Загора Севастіан Анатолійович. – К., 2006. – 135 с.

2. Эргономика информационных технологий : учеб. издание / А.Т. Ашеро́в, С.А. Капле́нко, В.В. Чубу́к. – Харьков: ХГЭУ, 2000. – 224с.

150. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. – М.: Альянс, 2016. – 394 с.

3. Человеко–компьютерное взаимодействие : учеб. пособие / В.М. Львов, В.Д. Магазанник. – Тверь, 2005. – 199 с.

152. Human factors methods: a practical guide for engineering and design / N.A. Stanton, P.M. Salmon, L.A. Rafferty, G.H. Walker, C. Baber, D. P. Jenkins. – CRC Press, 2017. – 720 p.

4. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором: пер. с англ. / под ред. К.В. Фролова, Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррелл. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.

154. Engineering psychology & human performance / C.D. Wickens, J.G. Hollands, S.Banbury, R.Parasuraman. – Psychology Press, 2015. – 620 p.

155. Павленко М.А. Эргономический аспект проектирования средств информационного обеспечения оператора, использующего систему поддержки принятия решений в процессе управления / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента в России. Проблемы развития экономического анализа и бухгалтерского учета в условиях финансового кризиса. – Тольятти.: ТГУ, 2010. – С. 107-114.

156. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління

повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

5. Павленко М.А. Дослідження моделі оператора АСУ при оцінці метеорологічної обстановки / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник, В.С. Підлипська, О.М. Ніколенко // Восьма наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 18–19 квітня 2012 року: Тези доповідей – Х: ХУПС, 2012. – С. 43.

158. Graph theory with applications to engineering and computer science / N. Deo – Courier Dover Publications, 2017. –496 p.

159. Павленко М.А. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, И.Ю. Хромов // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС, 2007. Вип. 1(59). – С. 78-81.

6. Тимочко А.И. Моделирование деятельности лица, принимающего решения, в системах сетевого управления / А.И. Тимочко, М.А. Павленко, В.Н. Руденко // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. - Х.: МОНУ, ХНУРЕ, 2007. – Вып. 151. – С. 85-91.

7. Павленко М.А. Моделирование деятельности оператора с использованием CASE-технологий при разработке перспективных средств автоматизации / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Вип. 6(80). – Харків: ХУ ПС, 2009. – С. 89-92.

8. Проектирование систем управления. Пер. с англ. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребне, М.Э. Сальдаго – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

9. Особенности эргономического проектирования и экспертизы тренажерно-обучающих систем / В.Г. Евграфов – СПб.: Питер, 2007. – 224 с.

164. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МО Украины, НАН Украины, НИЦ ВС Украины «Государственный океанариум», 2004. – 318 с.

РОЗДІЛ 4

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МОДЕЛІ І МЕТОДИ СИТУАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРОМ АС КПр

Впровадження АС КПр дозволило удосконалити процес прийняття рішень з оцінки обстановки, що складається в зоні відповідальності відповідного органу управління. Отримані в першому розділі результати дослідження діяльності ОПРР показали, що при проектуванні АСУ (КЗА), як правило, застосовувався машиноцентричний підхід [94, 123]. При проектуванні СІМ і систем введення інформації в інформаційно-управляючий комплекс враховувалися в кращому випадку лише антропометричні та психофізіологічні параметри людини [96, 130, 156].

Впровадження СППР дозволяє розвивати управлінські інформаційні системи до високого ступеня інтелектуалізації діяльності ОПРР при прийнятті рішень в проблемних ситуаціях, що характеризуються високою складністю, невизначеністю і слабкою структурованістю [96, 135].

Концептуальною основою проектування систем управління з СППР повинен бути антропоцентричний підхід [130]. Це пояснюється таким.

По-перше, рішення завдань оцінки обстановки в зоні відповідальності органу управління, вимагає вивчення інтелектуальної діяльності ОПРР і використання результатів досліджень з когнітивної психології для методів формалізації знань про процеси вирішення завдань оцінки обстановки.

По-друге, центральним елементом систем управління з використанням СППР є база знань, яка формується на основі знань експертів при вирішенні різних завдань в конкретній предметній області. При цьому використання системи підтримки прийняття рішень передбачає використання поряд зі знаннями також інформаційних методів рішення окремих завдань оцінки обстановки.

По-третє, СППР володіє властивістю навченості, які характерні ОПрР в процесі функціональної діяльності. Вона визначає високу адаптивність системи управління, що розробляється до мінливих умов її функціонування і процесу оцінки обстановки ОПрР.

При проектуванні традиційних автоматизованих системах управління застосовувалися математичні методи і моделі, що базуються на положеннях теорії ймовірностей, математичній статистиці, теорії ігор, методах оптимізації тощо.

Обробка експертної інформації ж потребує застосування формальної логіки і теорії нечітких множин. Це, в свою чергу, визначає необхідність вибору моделі подання знань, що дозволяють спільне використання когнітивних і обчислювальних підходів до вирішення завдань оцінки обстановки.

Нарешті, СППР відрізняються технологічною базою, що дозволяє розробляти і використовувати в системах управління реального часу когнітивні методи вирішення завдань [155].

Таким чином, необхідно підвищити рівень автоматизації рішення таких завдань:

- оцінка повітряної, наземної, метеорологічної та інших видів обстановки в зоні відповідальності центрів керування повітряним рухом;
- подання знань про виявлення позаштатних ситуацій у повітряному просторі;
- формалізація знань про ситуації обстановки;
- інтерпретація модальних знань;
- оцінка ступеня небезпеки ситуацій, що складаються в межах зони відповідальності органу КПр та ін.

4.1 Постановка завдання з розробки інтелектуальних моделей і методів інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КПП

Результати аналізу процесу оцінки обстановки, яка складається в зоні відповідальності органу КПП свідчать, що рішення часткових завдань традиційно розподілено між ІУК і операторами (рис. 4.1).

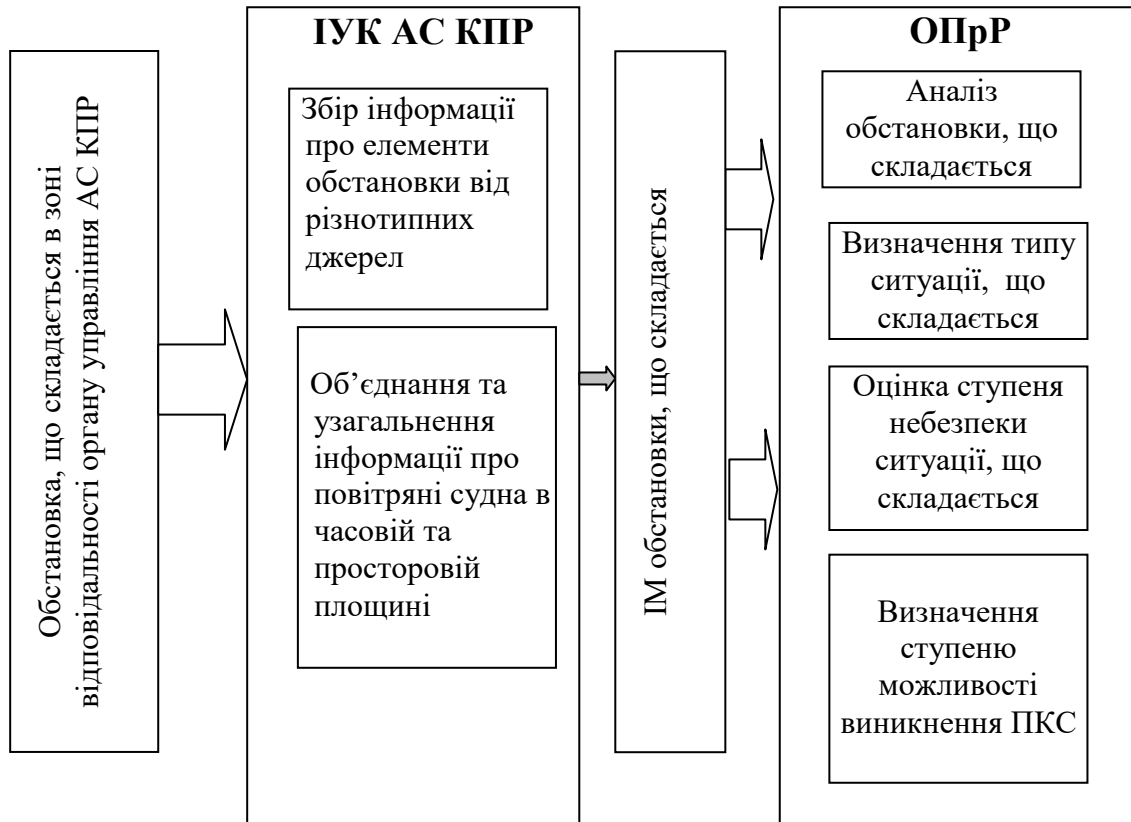


Рисунок 4. 1 – Існуючий розподіл завдань з оцінки обстановки в АС КПП

На обчислювальний комплекс покладаються завдання щодо збору та обробки планової та поточної інформації про просторово-часові параметри і отримання додаткової інформації про повітряні судна та ін., що надходять за даними від різнотипних джерел. Вихідною інформацією від ІУК є сформована інформаційна модель обстановки, що складається.

ОПРР, ґрунтуючись на особистому досвіді і сформованій ІМ обстановки, послідовно вирішує низку завдань: аналіз повітряної, наземної, метеорологічної, орнітологічної та ін. складових елементів обстановки в зоні відповідальності органу КПП; визначення типу ситуації обстановки, яка складається; оцінка можливості виникнення небезпечних ПКС у зоні відповідальності органу КПП.

Впровадження технології локальних обчислювальних мереж при проектуванні та побудові АС КПП сприяло підвищенню рівня автоматизації вирішення окремих завдань, наприклад, розрахунок маршруту і повітряних вантажоперевезень [96, 177].

Однак підходи і методи вирішення завдань оцінки обстановки, незважаючи на зміну принципів побудови ІУК і використання нових інформаційних технологій, не змінилися. Тобто по суті не змінилися ні принципова структура системи інформаційного забезпечення оцінки обстановки, ні розподіл завдань, пов'язаних з оцінкою обстановки між ІУК і людиною-оператором.

Підвищення рівня автоматизації вирішення зазначених завдань можливо досягнути шляхом передачі частини завдань від осіб, що приймають рішення, до інформаційно-управляючих комплексів. У підсумку після перерозподілу часткових завдань процес оцінки обстановки в АС КПП може здійснюватися відповідно до структури, наведеної на рис. 4.2

Пропонується обрати підхід, який передбачає необхідність розробки методів автоматизованого рішення завдань оцінки обстановки, а також зміни структури ІМ і методів управління ними.

Процес оцінки обстановки, що складається в зоні відповідальності органу КПП можна представити як обробку даних, що характеризують предметну область, яка розглядається. Це дозволяє ОПР класифікувати обстановку, яка складається (рис 4.3.).

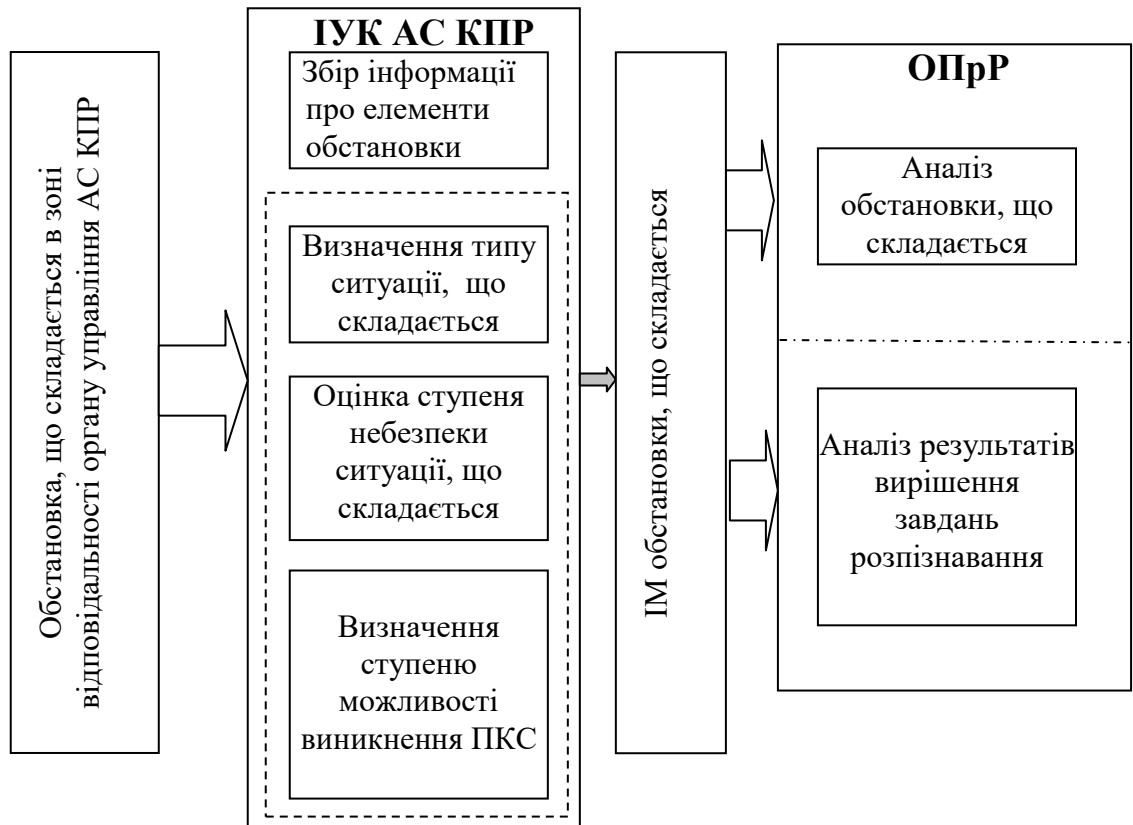


Рисунок 4.2 – Пропорнуємий розподіл завдань при оцінці обстановки в АС КПП

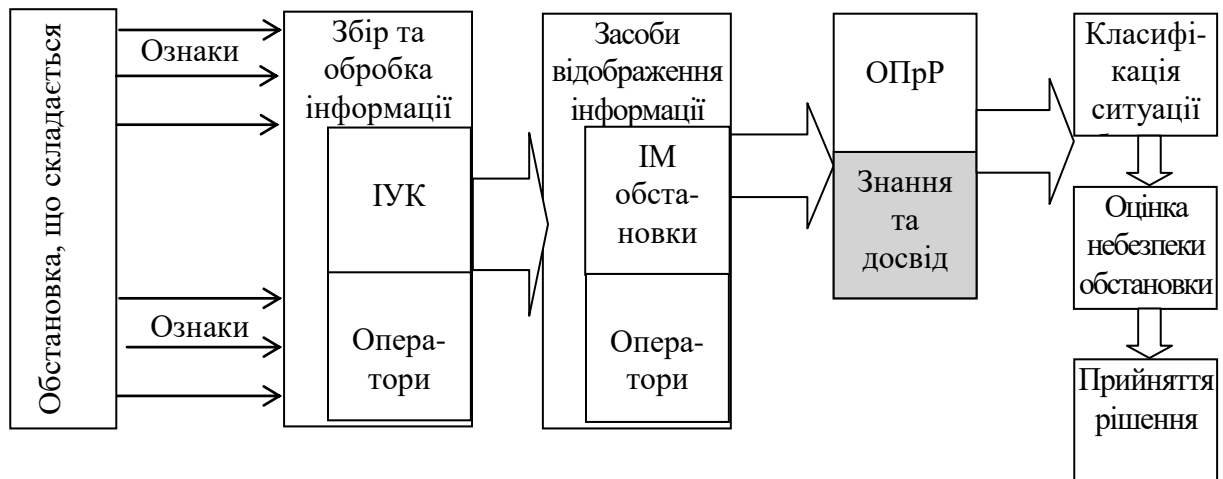


Рисунок 4.3 - Структура процесу прийняття рішень по оцінці обстановки операторами АС КПП

Даний клас завдань має властивості завдань розпізнавання. Вони характеризуються встановленням відповідності поточного стану розглянутого

об'єкта (процесу, явища, ситуації) до одного із заздалегідь визначених станів за відомою інформацією про значення ознак, що характеризують даний об'єкт (процес, явище, ситуацію) [68, 70, 75].

Першочерговим завданням для реалізації такого підходу є розробка апарату і методів формалізації знань про процеси вирішення завдань розпізнавання при оцінці обстановки в зоні відповідальності органу КПП.

До входної інформації належить:

- інформація про повітряну обстановку;
- інформація про інші елементи (метео, орнітологічні дані тощо) обстановки, що складається;
- знання про характер зміни ситуації і дії повітряних суден, процеси вирішення цих завдань;
- знання про правила використання повітряного простору;
- знання про наземну, метеорологічну, орнітологічну, завадову та ін. видів обстановки.

При розробці апарату формалізації знань про процеси оцінки обстановки для інформаційної підтримки процесів підготовки прийняття рішень доцільно прийняти такі обмеження та припущення:

1. Використовується планова і поточна інформація про обстановку, що надійшла від джерел, які забезпечують її згладжування, ототожнення і об'єднання з точнісними характеристиками відповідних джерел.

2. Питання, пов'язані з методами формалізації даних, вважаються вирішеними і в дослідженні не розглядаються [165 – 173].

3. Питання перевірки повноти і несуперечності розробленого методу формалізації знань вважаються вирішеними.

4. Стан складових оточуючого зовнішнього середовища приймається в межах норм, при яких дозволено використання повітряного простору повітряними суднами.

Розроблюваний метод формалізації знань призначений для отримання додаткової інформації про обстановку з урахуванням динаміки зміни стану

складових навколишнього середовища. Отримання додаткової інформації дозволить розширити ряд інформаційних ознак, що, в свою чергу, служить інформаційною основою для розробки методу синтезу інформаційних моделей для інформаційної підтримки процесів прийняття рішень ОПР АС КТР.

На рис. 4.4 наведено логічний взаємозв'язок розроблюваного методу в загальній структурі методів для вирішення наукової проблеми дослідження.



Рисунок 4.4 – Задачі, які необхідно вирішити при розробці методів обробки та підготовки вихідних даних для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КТР

Таким чином, визначено перелік завдань, які необхідно вирішити при розробці методів обробки та підготовки вихідних даних для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КТР.

4.2 Метод представлення знань про завдання виявлення та оцінки ситуацій обстановки в повітряному просторі

Основною метою розпізнавання 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 КПрР.

Метод розпізнавання ситуацій обстановки, що пропонується в роботі, є удосконаленням розроблених раніше методів [23, 24, 156] шляхом виявлення ступеня небезпеки ситуацій, що складаються в повітряному просторі.

Процес розпізнавання ситуації обстановки, що складається, в зоні відповідальності органу КПрР зводиться до оцінки ступеня близькості ситуації, що спостерігається, за сукупністю ознак, поданих в інформаційній моделі до однієї з можливих ситуацій обстановки, що визначаються на етапі планування, підготовки та розробки системи розпізнавання ситуацій.

При цьому під класом СО слід розуміти сукупність ознак, об'єктів, даних та знань, що характеризуються наявністю загальних властивостей (набором загальних властивостей, ознак). Під алфавітом класів СО $A_L = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}$, $L = \overline{1, s}$ маються на увазі непересічні класи, що описують ту чи іншу конкретну СО в процесі оцінки обстановки, що складається, в зоні відповідальності органу КПрР.

Результати аналізу документів, що визначають порядок роботи операторів АС КПрР при виконанні функціональних обов'язків щодо організації ефективного КПрР [1 – 7, 82 – 85, 171 – 172], дозволив виділити такий алфавіт класів СО:

$$A_1 = \{k_1^1, k_2^1, k_3^1, k_4^1\},$$

де k_1^1 – "штатні СО" використання повітряного простору без порушення правил порядку використання повітряного простору та організації польотів;

k_2^1 – "СО, що можуть призвести до виникнення потенційно ПКС";

k_3^1 – "СО, що відносяться до виникнення ПКС";

k_4^1 – "СО, що призводять до виникнення авіаційної події (катастрофи)".

Ситуації обстановки, що можуть призвести до виникнення ПКС, можуть бути подані власним алфавітом такого виду:

$$A_2^1 = \{k_1^2, k_2^2, \dots, k_n^2\},$$

де k_1^2 – вихід ПС з дозволеного коридору;

k_2^2 – ПС не дотримується призначеного ешелону висоти;

k_n^2 – небезпечне зближення двох (декількох) ПС у просторовій та (або) часовій площині.

При побудові алфавіту класів СО слід дотримуватись таких вимог:

- класи СО не можуть належати одночасно до двох та більше алфавітів;
- об'єднання класів в алфавіти має здійснюватися за сукупністю суттєвих ознак;

- алфавіт повинен в повному обсязі описувати СО, що є характерними для АС КТР.

Враховуючи, що процес розпізнавання СО має яскраво виражений логіко-аналітичний характер, формалізований опис класів СО може бути побудований з використанням ознак, що надходять від різнотипних джерел інформації, та в підсумку поданий у вигляді виразу на мові булевої алгебри [165, 168]:

$$k_s = \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{j=1}^J X_{ij}, \quad (4.1)$$

де X_{ij} – ознаки якісного і кількісного характеру, що характеризують СО.

i – кількість ознак або груп ознак;

j – номер ознаки.

Питання, пов'язані з формалізацією ознак, належать до окремої задачі, в даній роботі належать до припущень та обмежень, тому не розглядаються та вважаються вирішеними згідно методів, розглянутих у [171, 173, 174].

При розв'язанні задачі розпізнавання невизначеності, що має фізичну природу походження, можуть бути успішно застосовані методи теорії ймовірностей. Дослідження організаційно-технічних систем, до яких відносяться і АС КІР, потребують необхідності розширення множини методів розпізнавання, які дозволяють обробляти інформацію, що надходить від людини на природній мові.

Інформація про деякі ознаки про повітряну обстановку може бути отримана за рахунок використання органів почуттів, знань та досвіду людини та застосування експертних систем. Це змушує розглядати людей та системи, що використовують знання, як спеціальні джерела інформації.

У практичних застосуваннях задачі розпізнавання ситуацій зазвичай характеризуються неповнотою інформації про значення ознак. Це може проявлятися так: відсутність значень частини ознак у заданий момент часу; багатозначності значень ознак; у невідповідності значень ознак дійсності.

У таких умовах виникає неоднозначність, неповнота і суперечливість вихідних даних. Тому система розпізнавання має використовувати різні види знань, що характеризують такі аспекти: властивості об'єктів управління та джерел інформації а також та їх взаємозв'язок; процес зміни (трансформації) СО; взаємозв'язки СО та процесів їх взаємного перетворення.

Виходячи з зазначених чинників задача розпізнавання СО в АС КІР не може бути формалізована за допомогою математичних методів, що спираються тільки на апарат теорії ймовірностей і математичної статистики. Тому доцільно поєднувати статистичні методи вирішення з методами теорії розпізнавання [86–88, 90, 91, 93–99]. Повна автоматизація розв'язання задачі розпізнавання СО можлива на основі використання технології експертних систем (ЕС) і СПІР у поєднанні з традиційними методами розв'язання часткових задач.

Такий підхід дозволяє використовувати:

- досвід та можливості ОПР при розв'язанні задач даного класу;
- знання висококваліфікованих експертів у даній предметній області;

– алгоритми розв'язання окремих завдань, що засновані на традиційній технології і добре відпрацьовані на практиці.

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 різнорідних 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.

Основні методи розпізнавання ситуацій обстановки, об'єктів і явищ, побудови оптимального простору ознак, оптимізації процесу розпізнавання та оцінки ефективності систем розпізнавання розглянуті в [119, 122–126]:

– методи формалізації даних про поточні та апіорні значення кількісних ознак і якісних ознак [123–125];

– подання знань про опис класів ознак у диз'юнктивно-кон'юнктивній формі, подібно до логічних систем розпізнавання [119].

Таким чином, завдання розпізнавання СО може бути розв'язана на основі спільної обробки поточних даних і планової інформації про складові ситуації обстановки і з використанням знань у даній предметній області.

Зазвичай завдання оцінки обстановки характеризується неповнотою, невизначеністю і суперечливістю вихідних даних і використовуваних знань, не підлягає строгій формалізації на основі традиційних математичних методів і відрізняється складністю рішення, великою кількістю чинників, що впливають на рішення і багатоваріантністю можливих рішень.

Враховуючи особливості розв'язання часткових задач, слід зазначити, що кількість ознак, які характеризують даний клас СО, може бути практично

необмеженою [123, 124]. Тому набір ознак повинен бути необхідним і достатнім для опису ситуацій у процесі оцінки обстановки, що складається в зоні відповідальності органу КПП і повинен дозволяти найбільш повно представити в пам'яті ЕОМ модель предметної області.

Відкритість поставленої задачі розпізнавання СО обумовлює евристичний характер її розв'язання і необхідність використання знань поряд з розв'язанням алгоритмічних розрахункових задач.

Метод формалізації знань для розпізнавання ситуацій обстановки в СППР АС КПП повинен задовольняти таким вимогам [122–126]:

- володіти властивістю несуперечності;
- забезпечувати задану ступінь повноти опису предметної області;
- враховувати можливість формалізації різних видів знань (алетичних, десіональних, каузальних, деонтичних тощо);
- забезпечувати задану оперативність пошуку рішень;
- забезпечувати отримання множини альтернативних варіантів рішень;
- забезпечувати об'єднання трасової і некоординатної інформації з інформацією різного виду та ступеня невизначеності;
- виявляти ситуації в повітряному просторі шляхом порівняння (ідентифікації) даних від різних джерел інформації;
- визначати ступінь небезпеки ситуацій, що виникають в повітряному просторі на основі експертної інформації.

Розв'язання задачі із зазначеними обмеженнями можливо шляхом комбінації декількох моделей знань. Це дозволяє підвищити описові можливості апарату формалізації, але ускладнює перевірку повноти та коректності запропонованої моделі знань [117].

Для перевірки коректності та повноти розробленої моделі знань пропонується використовувати метод формалізації знань на основі гібридної моделі знань [117, 118].

Послідовність та зв'язок етапів розробки формалізованого подання знань про предметну область наведено на рис. 4.5.

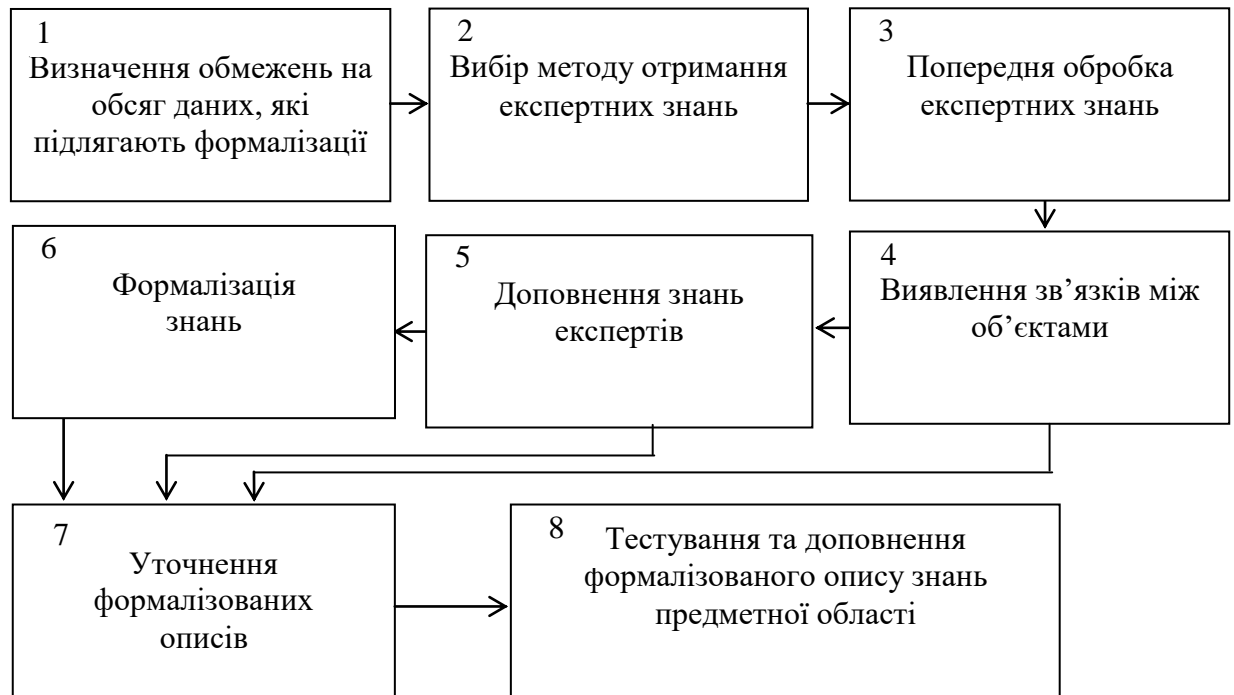


Рисунок 4.5 – Послідовність та зв'язок етапів розробки формалізованого опису знань предметно області

Таким чином, розробка формалізованого подання знань про предметну область включає в себе такі етапи [31]: визначення обмежень на обсяг знань, які підлягають формалізації; вибір методу отримання знань від експертів; попередня обробка отриманих експертних знань; виявлення характерних зв'язків між об'єктами і поняттями; доповнення отриманих знань від експертів; формалізація знань; уточнення формалізованих описів; тестування і доповнення формалізованого опису ПО.

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 наступного виду:

$$T_{\text{по}}^{\text{сцу}} = \langle W^{\text{сцу}}, M^{\text{сцу}} \rangle \quad (4.2)$$

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

$W^{\text{сцу}}$ – множина цілей (станів) процесу управління;

$M^{\text{сцу}}$ – множина відношень між елементами множини $W^{\text{сцу}}$.

Під ціллю розуміється стан ПО, що характеризується такими компонентами: множиною станів об'єктів фізичної реальності; множиною подій; правилами переходів; діями, які необхідно виконати для досягнення об'єктом деякого стану.

У загальному випадку формалізований опис цілі може включати деяку множину формул $\Phi_a = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, з'єднаних логічними операторами $\wedge, \vee, \neg, \equiv, \rightarrow$ (кон'юнкції, диз'юнкції, заперечення, еквівалентності, імплікації):

$$x_1 R x_2 R \dots R x_m \rightarrow y, \quad (4.3)$$

де R - один із логічних операторів $\wedge, \vee, \neg, \equiv, \rightarrow$;

y – деяка ціль, досягнення якої можливо за умови виконання формул x_1, x_2, \dots, x_m .

Відповідно ціль може бути подана кортежем:

$$W^{\text{сцу}} = \langle O_{\text{об}}, S_{\text{об}}, N_{\text{ц}}, H_{\text{ц}}, D_{\text{ц}}, M_{\text{ц}}, C_{\text{ц}} \rangle, \quad (4.4)$$

де $O_{\text{об}}$ – множина об'єктів цільового впливу;

$S_{\text{об}}$ – множина станів об'єктів цільового впливу;

$N_{\text{ц}}$ – множина початкових умов, що визначають досягнення цілі;

$H_{\text{ц}}$ – множина необхідних умов досягнення цілей;

$M_{\text{ц}}$ – множина достатніх умов досягнення цілей;

$D_{ц}$ – множина цілей, можливо досяжних при істинності цієї цілі;

$C_{ц}$ – множина подій, що дозволяють здійснити розпізнавання цільової ситуації.

Логічна послідовність досягнення цільових станів визначається відношеннями між ними. Відношення – це зв'язок між цілями, що відображає взаємодію між ними. Такими властивостями володіють слідування, підпорядкування, просторові або часові характеристики тощо.

Таким чином, формально відношення може бути подано наступним кортежем

$$M^{спу} = \langle R_s, N_s, P_s, T_s \rangle, \quad (4.5)$$

де $R_s = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ - множина ресурсів;

$N_s = \{N_{s_i}(r_j)\}$ - множина нормативних правил використання ресурсів;

$P_s = \{P_{s_k}(r_j)\}$ - множина нормативних правил витрат запасу впливу ресурсів;

T_s – інтервал часу, що визначає тривалість дії.

Наведений апарат СЦН взятий окремо для розв'язання поставленої задачі, має такі суттєві недоліки:

– ускладнений процес формалізації знань через необхідність завдання всієї множини цілей і зв'язків між ними;

– ускладнена реалізація процедури перевірки несуперечності формалізованого опису знань про ПО;

– не формалізована процедура перевірки повноти формалізованого опису;

– ускладнене визначення прагматичної інтерпретації для кожної з вершин СЦН;

– не формалізована процедура обробки семантичної (якісної) інформації, якою оперують експерти, і заміна її ознаковою (кількісною).

Усунути вказані недоліки виявляється можливим при побудові комбінованої моделі знань з використанням формального апарата обчислення предикатів. У такій моделі формалізоване подання знань ПО задається наступним кортежем [31]

$$T_{\text{по}}^{\text{ип}} = \langle L^{\text{ип}}, C^{\text{ип}}, S \rangle, \quad (4.6)$$

де $T_{\text{по}}^{\text{ип}}$ – формалізоване подання знань ПО основане на ОП;

$L^{\text{ип}}$ – формальна мова ОП;

$C^{\text{ип}}$ – операції приєднання слідства;

S – множина нелогічних аксіом, що надають опис ПО та задаються з використанням формальної мови $L^{\text{ип}}$ та операції приєднання наслідку $C^{\text{ип}}$.

При цьому модель знань, заснована на ОП першого порядку, характеризується [31]: простотою створення, поповнення та модифікації; розумінням окремих правил-продукцій і простотою механізму логічного виведення. Але разом з тим володіє модуль має ряд недоліків, а саме:

- неясність взаємних відносин правил;
- складність оцінки цілісного образу знань;
- низька ефективність обробки;
- відмінність від людської структури знань;
- відсутність гнучкості в логічному висновку.

Подолати зазначені складності формалізації знань з використанням комбінованої моделі пропонується шляхом багатоетапної формалізації.

Процедура багатоетапної формалізації знань базується на положенні, що формалізований опис цілепокладаючих задач прийняття рішень складений з використанням ОП першого порядку, відбувається в формалізований опис цілепокладаючих задач прийняття рішень, складених за допомогою СЦН, з точністю до ізоморфізму [31, 75].

Інакше кажучи, можливе адекватне перетворення формалізованого опису завдань цілепокладання, в тому числі задачі розпізнавання СО, як з використанням перетворення ОП в СЦН так і зворотно. При цьому таке перетворення є адекватним і ізоморфним, що визначає необхідність розробки процедури послідовного перетворення знань.

Зміст та послідовність процедур для переходу від розрізненого опису властивостей предметної області до єдиної формалізованої моделі знань про неї наведені на рис. 4.6.

Таким чином, запропонований метод передбачає таку послідовність функціональних дій для отримання необхідного опису знань предметної області.

1. Проводиться формалізація знань про ПО, поданих у вигляді висловлювань на природній мові з використанням апарату формалізації СЦН або ОП.

2. Формується формалізований опис цілей для системи управління за допомогою ОП шляхом виділення множини аксіом, що описують ціль системи або ціль, визначену засобами природної мови.

3. Формується формалізований опис відношень для системи управління за допомогою ОП шляхом виділення множини аксіом, що описують відношення в системі управління або відношення визначені засобами природної мови.

4. Формалізовані описи цілей і відношень (п.п. 1-3) подаються у вигляді формалізованого опису знань про ПО за допомогою формалізованої теорії $T_{\text{по}}^{\text{сцн}}$.

5. Враховуючи ізоморфність морфізмів, ітераційно здійснюються процедури 1 – 4 до отримання опису знань про ПО.

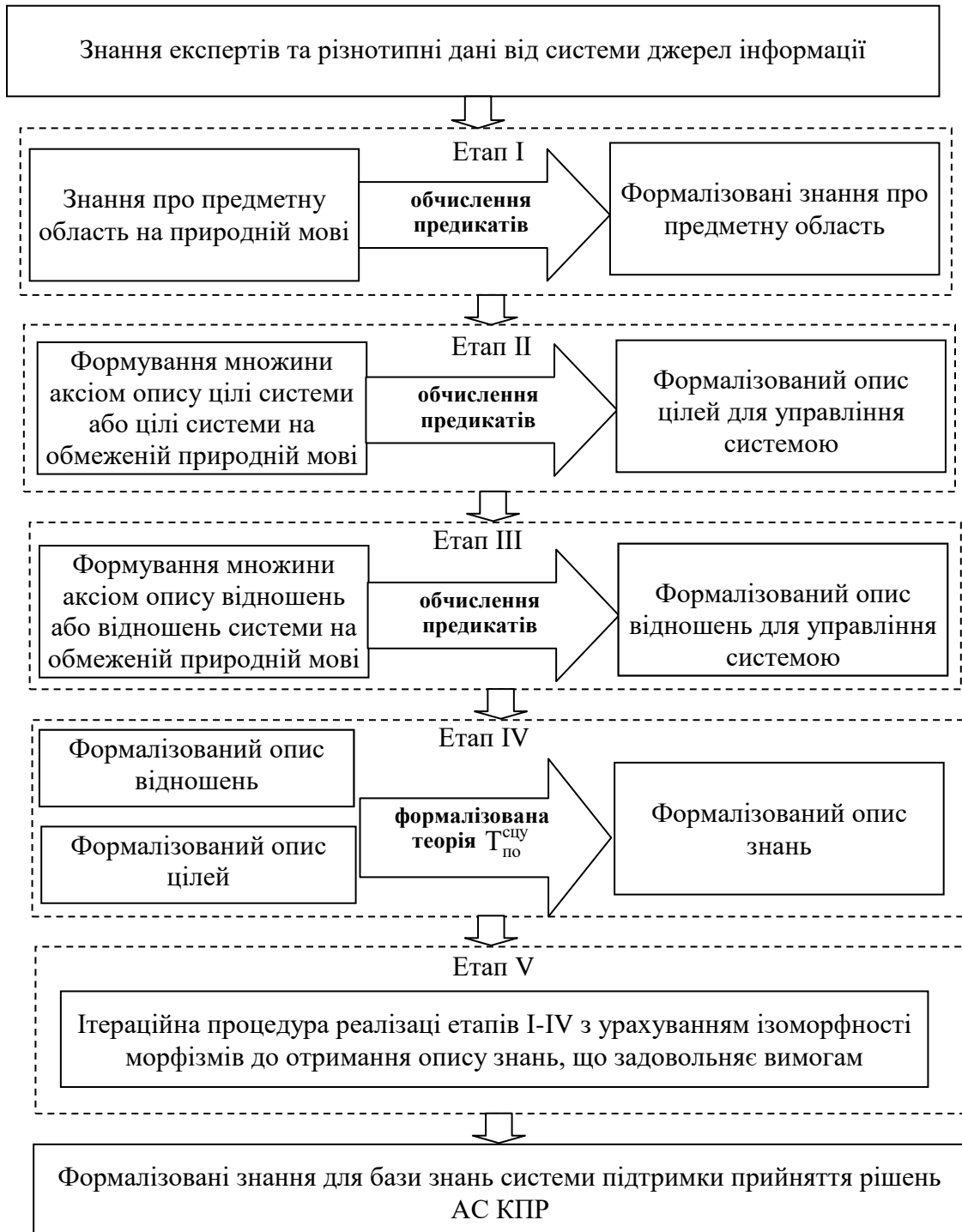


Рисунок 4.6 – Структура та послідовність етапів методу формалізації знань про предметну область

Запропонований метод формалізації знань про СО в АС КІР у запропонованому вигляді не дозволяє в повній мірі формалізувати різні види знань і інтерпретувати модальні знання.

Для усунення цього недоліку необхідно додатково розробити процедуру інтерпретації модальних знань для підвищення описових можливостей розробленого методу формалізації знань про СО.

Необхідність формалізації модальних знань про СО обґрунтовується невизначеністю ситуацій, що складаються в повітряному просторі. Це пояснюється як випадковим чинниками, що впливають на процес формування конкретної ситуації обстановки, так і можливими помилками в діяльності пілотів ПС або відмов технічних засобів, які наперед передбачити неможливо.

У таких умовах ОПрР приймають рішення про обстановку, виходячи зі свого досвіду, вміння прогнозувати розвиток ситуацій і знань про основні властивості предметної області, оперуючи при цьому поняттями «можливості» і «необхідності». Це дозволяє ОПрР приймати рішення про обстановку з певним ступенем упевненості в своїх висновках.

Так, при формалізації знань про СО, виникає необхідність представляти та інтерпретувати формалізовані подання природномовних виразів типу «Можлива присутність ситуації k_i^j ...», «Необхідна присутність факту настання ситуації k_i^j для відображення ІМт ...», «Дозволено використання засобу хм при ситуації k_i^j ...», тощо. Подібні висловлювання приймаються в якості модальних знань (формальних модальних систем) [31]. Вони дозволяють підвищити описові можливості апарату формалізації, будувати більш гнучкі процедури розпізнавання в умовах неповноти або суперечливості вихідних даних для розпізнавання.

Для реалізації даного положення слід довести, що отримання значення інтерпретації висловлювань, пов'язаних модальними операторами, є можливим для конкретної ПО. Неможливо отримати значення інтерпретації висловлювання, яке відмінне від значення істинності самого висловлювання.

Для цього розглянемо такі ствердження. У загальному випадку значення істинності висловлювання LP (необхідно P) не визначене.

З даного ствердження випливає, що в загальному випадку, без інтерпретації всіх висловлювань, пов'язаних модальним оператором, інтерпретація такого висловлювання неможлива. Що й потрібно було довести.

Наступне ствердження свідчить, що у загальному випадку значення істинності висловлювання MA (можливо A) не визначене.

Доказ ствердження може бути побудований з використанням зв'язку модальних операторів можливості і необхідності, а саме

$$MP \equiv_{Df} \sim L \sim P.$$

Доведені ствердження свідчать, що інтерпретація модального висловлювання, яке збігається з оцінкою істинності логічного виразу, не дає ні адекватної оцінки можливості або необхідності дій, ні нової інформації про стан і властивості предметної області.

Подібні ж ствердження є правомірними і для інших видів модальностей, що використовуються при формалізації знань про предметну область.

На відміну від дискретних оцінок інтерпретації висловлювань, для знань, пов'язаних модальними операторами, доцільно використовувати нечіткі множини, які дозволяють отримати безперервну модальну оцінку висловлювання з можливістю отримання її семантичної інтерпретації [187–190].

Відсутність будь-якої інформації не повинна повністю заперечувати можливість отримання оцінки ступеня можливості (необхідності) досягнення цілі, як це можливо при використанні, наприклад, формальних мінімаксних правил теорії нечітких множин, що застосовуються для прийняття рішень щодо оцінки ситуацій [98].

Механізми, що реалізують процедуру отримання оцінки істинності висловлювань, що містять модальності, повинні відповідати таким вимогам:

- реалізовувати можливість отримання оцінок різного ступеня впевненості з можливістю корекції ОПРР рівня довіри до отримуваних результатів;

- представляти результати обчислень оцінок можливості (необхідності) отримання результату (досягнення цілі) в чисельній формі [101].

Обчислення значення оцінки можливості (необхідності) отриманої в результаті інтерпретації (досягнення цілі) висловлювання $Q(A_1, A_2, \dots, A_m)$, можливо проводити, використовуючи результати представлені в [101 – 103].

Для згортки значень результатів інтерпретації висловлювань x, y доцільно використовувати симетричні суми, що володіють такими властивостями [95]:

$$A1. \sigma(0,0) = 0, \sigma(1,1) = 1;$$

A2. σ – комутативна функція;

A3. σ – неубутна функція по кожному аргументу;

A4. σ – безперервна функція;

$$A5. 1 - \sigma(x, y) = \sigma(1 - x, 1 - y).$$

При цьому аксіому A5 можна узагальнити для будь-якої кількості змінних.

Прикладом асоціативної симетричної суми може служити оператор

$$\sigma(x, y) = \frac{x + y - x \cdot y}{1 + x + y - 2xy}. \quad (4.7)$$

Цей оператор також задовольняє вимогам до функції згортки, наведеним вище. Слід також зазначити, що правило (4.7) не асоціативне [93, 95, 97], оскільки $\sigma(0, x) \neq 0$ і в цьому випадку 0 не буде елементом, що поглинає і дозволить врахувати оцінку всіх ознак.

Графічне зображення вирішального правила (4.7) для випадку двох змінних наведено на рис.4.7.

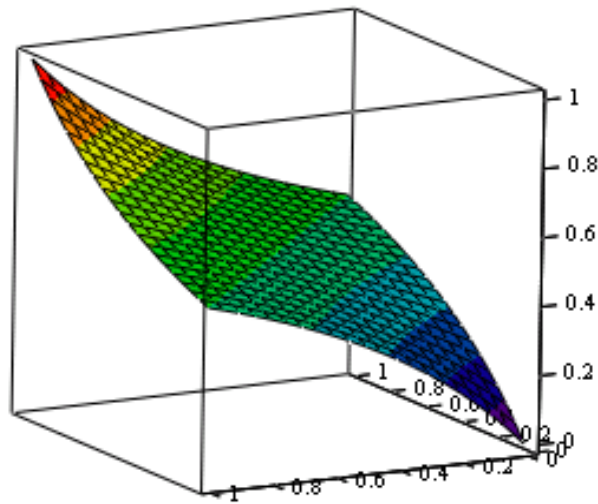


Рисунок 4.7 – Згортка нечітких множин двох аргументів за правилом $\sigma(x,y)$

З аналізу згортки, наведеної на рис. 4.7, є очевидним, що при прийнятті рішень в разі узагальнення двох змінних отримуємо безперервну оцінку, яка не має випадків байдужості, як, наприклад, при використанні мінімакських вирішальних правил (рис.4.8).

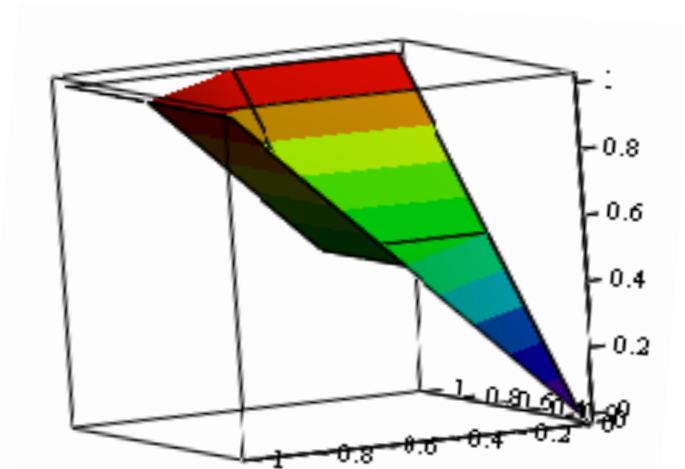


Рисунок 4.8 – Згортка нечітких змінних за правилом $\max(x,y)$.

Тоді для узагальнення значень інтерпретації висловлювань "можливо Q" в разі n змінних отримаємо:

$$M Q = \sigma(A_1, A_2, \dots, A_m) = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_m - A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_m}{1 + A_1 + A_2 + \dots + A_m - 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_m}. \quad (4.8)$$

Для обчислення значення оцінки можливості (необхідності) отримання результату (досягнення цілі) висловлювання $Q(P(x))$ необхідно виконати такі дії:

1. Обчислити значення істинності всіх висловлювань $P_1(x), P_2(x), \dots, P_n(x)$, що визначають істинність висловлювання, ґрунтуючись на правилах інтерпретації виразів, прийнятих в обраному математичному апараті.

2. Поставити рівень довіри до оцінки визначення можливості досягнення мети.

3. Об'єднати отримані значення інтерпретації висловлювань для отримання оцінки можливості (необхідності) за правилом (4.8).

4. При необхідності скоригувати рівень довіри до отриманих результатів, тобто вибрати такий поріг, при перевищенні якого в результаті обчислення оцінки можливості (необхідності), будемо довіряти отриманому результату.

Це дасть можливість коригувати результати роботи алгоритму логічного виведення і дозволить отримувати оцінки впевненості в настанні певної СО при наявності обмеженого набору інформаційних ознак, які необхідно обробити для розпізнавання СО.

Даний підхід дозволяє формалізувати процедури обчислення істинності для модальностей різної природи, а також реалізувати алгебраїчні процедури для реалізації логічного виведення на розроблених моделях знань.

4.3 Формалізація задачі розпізнавання ситуацій обстановки в АС КІР

Метод формалізації знань про процес розпізнавання СО включає в себе такі етапи:

- визначення множини вихідних даних, необхідних для розпізнавання СО;
 - формалізація представлення вихідних даних для розв'язуваної задачі;
 - формалізація знань про СО у вигляді обчислення предикатів першого порядку і СЦН;
 - формалізація модальних знань;
 - подання знань про СО у вигляді СЦН;
 - логічне виведення з урахуванням необхідності обробки модальних знань.
- Пропонується така структура даного метода (рис. 4.9).



Рисунок 4.9 – Структура методу формалізації знань про процес розпізнавання СО

Розглянемо порядок формалізації процесу розпізнавання СО в АС КІР згідно запропонованого методу.

Визначення вихідних даних. Аналіз результатів звітів про проведення науково-дослідних робіт, інструкцій, посібників з організації та управління

повітряним рухом [1–7, 82–85], а також правил використання повітряного простору України [82–85] дозволяє зробити висновок про те, що оцінка ситуацій обстановки ОПрР проводиться на основі обмеженої кількості факторів, що характеризують СО.

Відповідно до положень та вимог керівних документів з контролю повітряного простору України та порядку його використання повітряними суднами різних відомств України та іноземних держав у повітряному просторі встановлено, що можна виділити "штатну" і "нештатну" ситуації.

Під "штатною" ситуацією слід розуміти ситуацію при якій передбачається рух повітряного судна в заданих коридорах прольоту (Z_k) із заданою швидкістю (ΔV_3) в заданому ешелоні висоти (ΔH_3) з певним курсом руху ($\Delta \psi_3$) в заданому інтервалі часу (Δt_3) відповідно до розкладу (заявкою) на політ і кількістю (K_i), зазначеній в заявці [93, 97, 123].

Під "нештатною" ситуацією мається на увазі рух повітряного судна поза розкладом (без заявки) на політ або з порушенням одного або декількох вище вказаних параметрів. Крім того, "нештатна" ситуація може включати ряд типів порушень порядку використання повітряного простору (рис. 4.10, табл. 4.1) [82, 229].

Основною метою розпізнавання позаштатних ситуацій є побудова ефективних правил винесення рішень для віднесення формалізованих описів ситуацій до відповідних класів. В основі такого віднесення лежить отримання деякої оцінки ситуацій з її описом [229]. Інформація про обстановку, що складається, в межах відповідальності органу ОПрР надходить від джерел радіолокаційного і диспетчерського контролю.

Джерела радіолокаційної інформації видають координатні, ознакові та часові дані, що формуються за результатами кожного огляду повітряного простору і мають мінімальну затримку за часом.

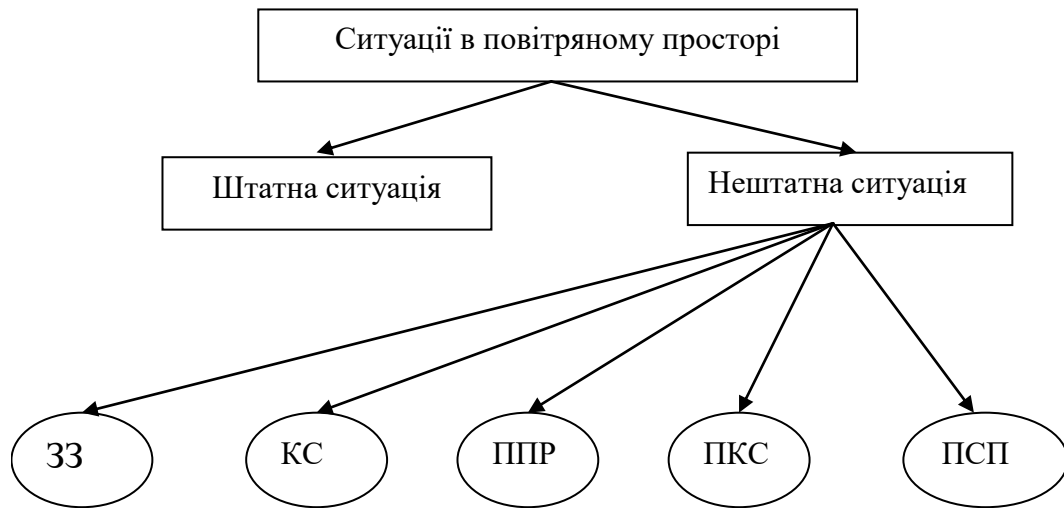


Рисунок 4.10 – Класифікація ситуацій, що виникають в повітряному просторі

Тому повідомлення джерел радіолокаційної інформації вважаємо поточними даними. Відомості про j -ий повітряний об'єкт можна подати за допомогою такого співвідношення:

$$\Gamma_j^r = \{\vec{A}_j, \vec{\Pi}_j, t_j\}, \quad (4.9)$$

де $\vec{A}_j, \vec{\Pi}_j$ – вектори координатних і ознакових даних j -го повітряного об'єкта, що містять такі дані:

$$\vec{A}_j = \{X_j, Y_j, H_j, V_j, \psi_j\}, \quad (4.10)$$

$$\vec{\Pi}_j = \{\text{СлІнф}_j, K_j, t_j\}, \quad (4.11)$$

де СлІнф_j – службова інформація по j -му ПС, отримана засобами радіолокації (державна приналежність, запас палива, стан систем ПС, тощо);

t_j – час локації j -го ПС.

Таблиця 4.1 – Типи порушень повітряними суднами порядку використання повітряного простору в зоні відповідальності АС КПП

№	Найменування СО	Опис СО
1.	ПС входить до забороненої зони (ЗЗ)	Частина повітряного простору встановлених розмірів над територією або територіальними водами України, у межах якої польоти ПС заборонені
2.	ПС – порушник (ПСП)	ПС, що перетнуло державний кордон (ДК) без відповідного дозволу компетентного органу або вчинило порушення порядку ВПП, яке визначене Положенням про ВПП
3.	Потенційно конфліктна ситуація (ПКС) між двома повітряними судами	Ситуація, при якій без зміни режиму польоту відбудеться небезпечне зближення ПС
4.	Використання ПП під час кризової ситуації (КС)	Непередбачувані ситуації або ситуації з коротким терміном попередження поза рамок стабільного повсякденного функціонування системи ОНР (землетруси, урагани, конфлікти тощо).
5.	Порушення правил використання повітряного простору (ППР)	ПС рухається відповідно до розкладу (заявці) на політ з порушенням правил використання ПП

Даними диспетчерського контролю є інформація, яка надходить заздалегідь від районних центрів ОНР. У загальному вигляді дані диспетчерського контролю можна представити наступним кортежем

$$I_k^p = \left\{ N_{зк}, \vec{A}_k^p, \vec{\Pi}_k^p, t_k^p \right\}, \quad (4.12)$$

де k – номер повітряного судна, дані про який прогножуються;

$N_{зк}$ – номер рейсу за заявкою (розкладом) на політ;

$\vec{A}_k^p, \vec{\Pi}_k^p$ – вектори координатних і ознакових даних k -го прогнозованого повітряного об'єкта, що містять такі дані:

$$\vec{A}_k^p = \{X_k^p, Y_k^p, H_k^p, V_k^p, \psi_k^p\}, \quad (4.13)$$

$$\vec{\Pi}_k^p = \{\text{Пр ГП}_k^p, K_k^p, t_k^p\}, \quad (4.14)$$

де Пр ГП_k^p – ознака державної приналежності k -го ПС,

t_k^p – розрахунковий час прогнозування.

У відповідному масштабі часу траєкторії руху повітряного судна представляються як плавні, поступальні. Дуже часто для правильної класифікації ситуацій слід вивчати не тільки особливості об'єктів, а й особливості процесу руху.

Зазвичай, ПС аналізуються в момент руху. Стан об'єкта визначається набором ознак. Тоді задачу розпізнавання можна визначити як класифікацію сукупностей станів або як класифікацію траєкторій. Для розпізнавання об'єкта іноді достатньо використовувати сукупність тих станів, які приймав об'єкт щодо спостерігача у процесі спостереження. Але найчастіше цих відомостей виявляється недостатньо. Тоді доводиться враховувати не тільки сукупність спостережуваних станів, а й послідовність їх змін один відносно іншого. У цьому випадку на результат розпізнавання в більшій мірі впливає передісторія і можливі подальші дії ПС [229].

Враховуючи зазначене для отримання опису типів ситуацій розділимо повітряний простір на окремі ділянки (рис 4.11):

- ділянка повітряного простору, що включає в себе коридори польоту ПС (Z_k);
- диспетчерська зона (control zone) (Z_T);
- заборонена зона (Z_3);
- зона, що перетинає державний кордон (cross-border area) (Z_{II});
- зона управління повітряним рухом відомчим органом УПР (air traffic control zone) Z_p .

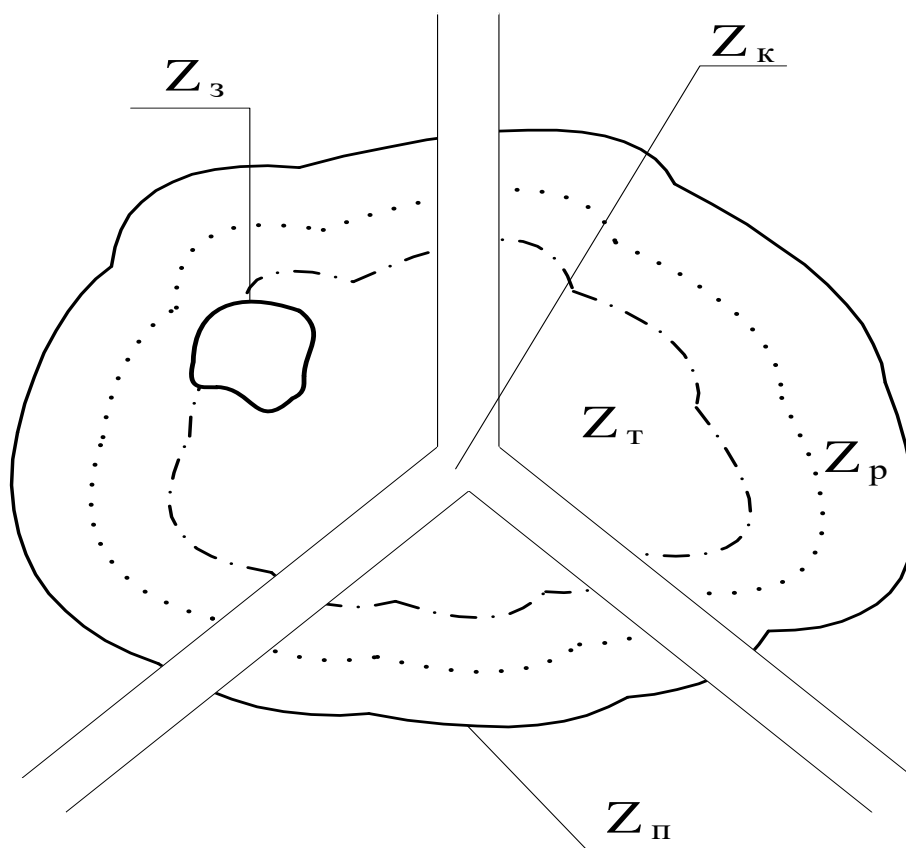


Рисунок 4.11 – Просторове представлення межі відповідальності органу КПР

Якщо просторове подання межі відповідальності органу КПР позначене як Z_O , то співвідношення, що описує її складові ділянки, може бути представлено виразом

$$\{Z_P, Z_T, Z_{\Pi}, Z_K, Z_3\} \subset Z_O. \quad (4.15)$$

Формалізація відношень між поточними даними, які надходять від джерел інформації, і апріорними даними проведена з використанням положень і вимог керівних документів з організації та управління повітряним рухом [82 – 85].

Згідно з правилами використання повітряного простору над територією України складено логіко-лінгвістичні описи ситуацій руху повітряних об'єктів в межах зони відповідальності АС КПП [106].

Опис 1. Якщо повітряне судно рухається відповідно до поданих заявок (згідно розкладу) на політ 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 (поза розкладом) на політ або порушує встановлений порядок (правила) використання повітряного простору, то дана ситуація характеризується як нештатна (S_1).

Опис 2.1. Якщо ПС рухається відповідно до поданих заявок (розкладу) на політ, і його поточні координати належать зоні Z_P управління повітряним рухом відомчим органом УПР, а екстрапольовані координати належать до забороненої зоні Z_3 , то дана ситуація може характеризуватися як загроза входу до забороненої зони.

Опис 2.2. Якщо ПС рухається поза заявкою (поза розкладом), та його поточні координати належать зоні, що перетинає державний кордон Z_{Π} , а попередні координати належали зоні Z_P управління повітряним рухом відомчим органом ОПР, то дана ситуація може характеризуватися як перетин державного кордону.

Опис 2.3. Якщо повітряний об'єкт рухається за заявою (згідно розкладу) на політ, але з порушенням порядку (правил) використання повітряного

простору, то дана ситуація може характеризуватися як порушення режиму польотів.

Опис 2.4. Якщо є інформація про викрадення повітряного об'єкта, або він рухається в напрямку державного кордону, не виконує команд і його просторові координати належать Z_T , то дана ситуація може характеризуватися як викрадення.

Подібним способом можуть бути описані і інші можливі ситуації, що виникають в повітряному просторі.

Аналіз проведених описів дозволяє виявити взаємозв'язок між різнорідними поточними даними, об'єднання яких дає можливість виявити нештатні ситуації у повітряному просторі.

Виходячи з отриманих формалізованих описів відношень, можна отримати вирази, що визначають ситуацію в повітряному просторі.

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

$$\begin{aligned} & \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_k \right) \wedge \left(H_j^n \in \Delta H_3 \right) \wedge \left(V_j^n \in \Delta V_3 \right) \wedge \left(\psi_j^n \in \Delta \psi_3 \right) \wedge \left(t_j^n \in \Delta t_3 \right) \wedge \\ & \wedge \left(N_{3j} = N_{3пл} \right) \wedge \left(K_j = K_3 \right) \wedge \left(\left(\text{ПрПСП}_j = 0 \right) \vee \left(\text{ПрПКС}_j = 0 \right) \vee \right. \quad (4.16) \\ & \left. \vee \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \vee \left(\text{ПрКС}_j = 0 \right) \right) \Rightarrow S_0; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \notin Z_k \right) \wedge \left(H_j^n \notin \Delta H_3 \right) \wedge \left(V_j^n \notin \Delta V_3 \right) \wedge \left(\psi_j^n \notin \Delta \psi_3 \right) \wedge \left(t_j^n \notin \Delta t_3 \right) \wedge \\ & \wedge \left(N_{3j} \neq N_{3пл} \right) \wedge \left(K_j \neq K_3 \right) \wedge \left(\left(\text{ПрПСП}_j = 1 \right) \vee \left(\text{ПрПКС}_{i,j} = 1 \right) \vee \right. \quad (4.17) \\ & \left. \vee \left(\text{Пр}Z_3 = 1 \right) \vee \left(\text{ПрКС} = 1 \right) \right) \Rightarrow S_1. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} & \left(N_{3j} \neq N_{3пл} \right) \wedge \left(\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_p \right) \wedge \left(\{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \in Z_T \wedge \left(\Gamma\Pi_j = 1 \right) \right) \wedge \\ & \wedge \left(\text{ПрППР}_j = 0 \right) \Rightarrow S_{10-12}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (N_{zj} \neq N_{зпл}) \wedge (\{X_j^n, Y_j^n\} \in Z_T) \wedge (\{X_j^{n+m}, Y_j^{n+m}\} \in Z_{\Pi} \wedge (\Gamma\Pi_j = 1)) \wedge \\ & \wedge (\text{ПрППР}_j = 0) \Rightarrow S_{13-15}; \end{aligned} \quad (4.18)$$

$$\begin{aligned} & (N_{zj} = N_{зпл}) \wedge (\{X_j^n, Y_j^n\} \notin Z_K) \wedge (H_j^n \in \Delta H_3) \wedge (t_j^n \notin \Delta t_3) \wedge \\ & \wedge (\text{ПрППР}_j = 0) \wedge (V_j^n \notin \Delta V_3) \wedge (\psi_j^n \notin \Delta \psi_3) \wedge (K_j \neq K_3) \Rightarrow S_{16-17}. \end{aligned}$$

На підставі отриманих виразів з'являється можливість побудови СЦН для розпізнавання ситуацій обстановки для різних умов (рис. 4.12).

Значна частина даних, що використовуються при вирішенні поставлені задачі, недоступна в формі точних, чітко визначених чисел. Через недосконалість вимірювальних пристроїв або внаслідок того, що часто експерт являє собою єдине джерело необхідних відомостей, дані, що використовуються містять елементи невизначеності. Тому наявність методів подання та аналізу невизначеності (в тому числі суб'єктивної) є необхідною умовою розв'язання задачі розпізнавання.

Особливості розпізнавання ситуацій обстановки.

1. Неповнота, можлива суперечливість і невизначеність використовуваних даних; непередбачуваність складу інформації, що надійшла до АС КІР в конкретний момент часу t .

2. Суб'єктивна невизначеність уявлень користувача про дану проблемну область.

В результаті при розпізнаванні виникають елементи нечіткої класифікації, коли можна говорити лише про ступінь приналежності ситуації, яка розпізнається, до того чи іншого m -го класу (позначимо її через $MA_L^m, m = \overline{1, S}$), що може бути враховано тільки в рамках завдання нечіткої класифікації [95].

Виходячи з поняття нечіткої множини, що описує нечіткі межі між класами, в [91] запропоновано підхід до введення нечітких логік, згідно з яким значення істинності $\alpha \in [0, 1]$ розглядаються як ступінь приналежності ситуації обстановки, що розпізнається, до певного класу.

4.4 Формалізація знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки в зоні відповідальності органу керування повітряним рухом

Процес розпізнавання ситуації обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу КПР, формально зводиться до оцінки ступеня близькості ситуації, яка спостерігається, за сукупністю ознак в інформаційній моделі обстановки до однієї з множини ситуацій обстановки. Можливий перелік СО визначається на етапі планування, підготовки та розробки системи розпізнавання ситуацій в АС КПР.

З множини можливих ситуацій обстановки, що можуть виникати в зоні відповідальності органу КПР, найбільшу вагу у процесі підготовки прийняття рішень мають ті, що можуть у динаміці розвитку призвести до виникнення конфлікту.

Для розпізнавання СО "потенційно конфліктна ситуація" необхідна наявність інформації про значення таких інформаційних ознак:

- горизонтальний політ повітряного судна;
- політ за траєкторіями змінного профілю (набір висоти або зниження);
- відхилення ПС від маршруту польоту (або встановленої схеми);
- зближення повітряних суден;

- перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування;
- польоти в особливих умовах;
- виникнення особливих випадків у польоті;
- політ на запасний аеродром;
- незаплановані польоти авіації в зоні відповідальності ПУ;
- повітряне судно знаходиться в ешелоні переходу;
- всі польоти за правилами польотів за приладами;
- відсутність ознак лиха на борту повітряного судна і т. ін.

Тоді, використовуючи метод багатоетапної формалізації знань, розглянутий в п.п. 4.2, слід провести процедуру формалізації знань про початкові умови для розпізнавання СО.

Виходячи з правил і посилань, наведених у додатку В, з'являється можливість побудови вирішального правила саме для визначення факту настання СО "ПКС при руху повітряних суден (PS_1 та PS_2) відносно один до одного" з використанням обчислень предикатів першого порядку. , що наведено при розробці комбінованої моделі подання знань. З урахуванням зазначеного, воно буде мати наступний вид:

$$\begin{aligned}
 \text{ПКС}(PS_1, PS_2) \equiv & \text{ОДНАКВИС}(PS_1, PS_2) \vee \\
 & \vee (\text{КРПОЛ}(PS_1) \wedge \text{НАБВИС}(PS_2)) \vee \\
 & \vee (\text{КРПОЛ}(PS_1) \wedge \text{ЗНИЖ}(PS_2)) \vee (\text{НАБВИС}(PS_1)) \wedge \\
 & \wedge \text{ЗНИЖ}(PS_2)) \vee \text{НАБВИС}(PS_1, PS_2) \vee \text{ЗНИЖ}(PS_1, PS_2),
 \end{aligned}
 \tag{4.19}$$

де складові правила наведено у роботі [40].

З огляду на те, що процес розпізнавання має здійснюватися з урахуванням динаміки зміни обстановки, то і знання щодо значень кожного з факторів є відомими лише з деякою мірою впевненості, наприклад згідно [102]. Тоді вирішальне правило може бути подано у вигляді

$$\begin{aligned}
M \text{ ПКС}(PS_1, PS_2) &\equiv \text{ОДНАКВИС}(PS_1, PS_2) \wedge \\
&\wedge (\text{КРПОЛ}(PS_1) \vee \text{НАБВИС}(PS_2)) \wedge \\
&\wedge (\text{КРПОЛ}(PS_1) \vee \text{ЗНИЖ}(PS_2)) \wedge (\text{НАБВИС}(PS_1)) \vee \\
&\vee \text{ЗНИЖ}(PS_2)) \wedge \text{НАБВИС}(PS_1, PS_2) \wedge \text{ЗНИЖ}(PS_1, PS_2)
\end{aligned}
\tag{4.20}$$

У виразі (4.20) відображена можливість настання даної події, яку для предметної області, що розглядається, формально слід задати шляхом введенням модального оператора можливості M .

Знання про взаємозв'язок між фактами в даній предметній області і формалізоване подання цілі розв'язання задачі розпізнавання дозволяють перейти до четвертого етапу методу багатоетапної формалізації знань, що наведеного в п. 4.2, і подати процес розпізнавання СО у вигляді СЦН (рис. 4.13).

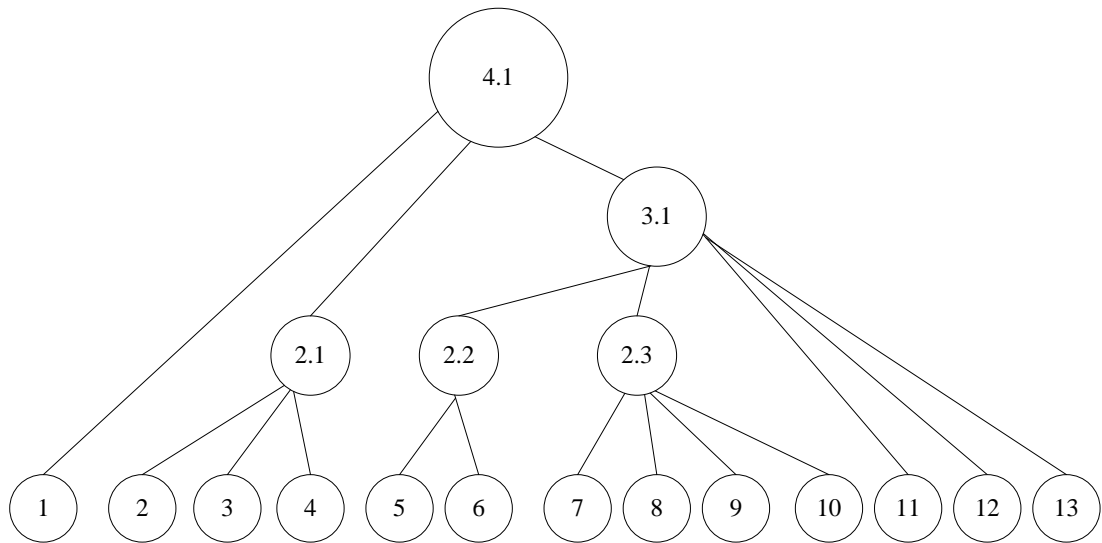


Рисунок 4.13 – Структура подання знань про процедуру розпізнавання ситуацій обстановки

На рис. 4.13, вершини 1–13 у загальному виді позначають початкові умови та фактори, що характеризують ситуацію, що складається на поточний момент часу, вузли 2.1 – 2.3 характеризують процес обробки даних для визначення проміжних класів (категорій) СО; вузол 3.1 наведений для

пояснення можливості сумісної обробки первинних значень початкових умов та факторів з визначеними проміжними класами; вершина 4.1 відповідає отриманню рішення про подію щодо настання визначеної ситуації обстановки.

Використовуючи запропонований підхід до формалізації процесу розпізнавання СО, можливо описати й інші класи СО.

Розроблений формалізований опис знань про СО дозволяє перейти до реалізації процедури прийняття рішення на основі СЦН, що описують різні СО.

При реалізації процедури прийняття рішення з використанням СЦН необхідно врахувати такі фактори:

- значення істинності вихідних даних можуть приймати як значення 0 або 1, так і належати нечіткому інтервалу $[0; 1]$, що відображає властивості різних інформаційних ознак, які характеризують СО;

- необхідне отримання оцінки модального висловлювання про можливість настання даної події, що найбільш відповідає умовам відображення динамічних властивостей конкретної СО, так і дозволяє представляти різні оцінки (логічні, лінгвістичні, нечіткі) щодо процесів, які відбуваються в предметній області.

Для реалізації процедури прийняття рішення про тип СО в зоні відповідальності органу КПП як апарат узагальнення результатів інтерпретації висловлювань з урахуванням отриманої СЦН може бути використано таке правило розпізнавання, що реалізоване за допомогою відповідної функціональної мережі:

$$\Phi_M = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{D}_j \bar{F}_j) - \prod_{i=1}^n (\bar{D}_j \bar{F}_j)}{1 + \sum_{i=1}^n (\bar{D}_j \bar{F}_j) - 2 \cdot \prod_{i=1}^n (\bar{D}_j \bar{F}_j)}, \quad (4.21)$$

де \bar{D}_j відповідає вектору кількісних інформаційних ознак, до яких, наприклад, можуть належати значення поточних та екстрапольованих площинних координат та параметрів руху повітряних суден, значення висоти, тощо, а

вектор \overline{F}_j характеризує якісні ознаки, наприклад, порушник режиму польотів, вихід з устанавленого ешелону висоти тощо.

Результати проведених експериментальних досліджень на розробленій імітаційній моделі, що відтворює процеси розпізнавання СО в системі управління повітряним рухом, свідчать, що залежно від кількості чинників, які враховуються при розпізнаванні, та ступеня їх невизначеності коефіцієнт правильного розпізнавання СО має значення 0,15 ... 0,89, що свідчить про необхідність віднесення обраного правила до класу критеріїв оптимізму. А винесення рішень в практичних застосуваннях за допомогою таких критеріїв не завжди задовольняє користувачів. Тому пропонується використання такого підходу.

Для прийняття рішення про тип СО необхідно використовувати механізм, за допомогою якого будуть виявлятися схожі між собою образи поточної і апріорно заданої СО [104]. Отримання вирішальних правил для визначення міри схожості і є основним завданням розпізнавання. Формально дана процедура може бути подано так.

Нехай визначено множину СО A .

Ситуація A_1 описується ознаками $A_1 = \{x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1\}$, ситуація A_m – ознаками $A_m = \{x_1^m, x_2^m, \dots, x_k^m\}$, де $(A_1, A_2, \dots, A_m) \in A$. При цьому множина СО $\langle A_1, A_2, \dots, A_m \rangle$ не перетинається $A_t \cap A_p = \emptyset$, а множини ІО, що описують СО $\{x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1\}$, ..., $\{x_1^m, x_2^m, \dots, x_k^m\} \in X$, можуть перетинатися, тому що одні і ті ж смі ознаки можуть характеризувати різну СО.

Наприклад, ознака "ПС рухаються на одній висоті" належить як до штатної ситуація [75], так і до потенційно конфліктної ситуації [45].

Отже, можна задати множину правил – морфізмів $L = \{l_1, l_2, \dots, l_m\}$, які мають дозволити отримувати чисельну оцінку міри подібності ситуації, що настала, до апріорно заданої ситуації $S_i \in S$ шляхом порівняння значень одних і тих самих поточних і апріорно заданих ознак, що описують конкретну СО.

З урахуванням зазначеного правила описи ознак ситуацій будуть мати вигляд:

$$I_1 : (\{x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1\} \cap \{x_1, x_2, \dots, x_r\}) \rightarrow A_1; \quad (4.22)$$

$$I_m : (\{x_1^m, x_2^m, \dots, x_k^m\} \cap \{x_1, x_2, \dots, x_r\}) \rightarrow A_m. \quad (4.23)$$

При цьому самі морфізми $\{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ матимуть вигляд правил обробки даних і правил, що описують ситуацію обстановки в моделі знань, та задаються у вигляді СЦН, з можливістю отримання інтерпретації модальних знань, які описують дану СО.

Структуру знань, отриманих за допомогою розробленої СЦН наведено на рис. 4.14.

Таким чином, до міри подібності між СО можна пред'явити такі вимоги:

1. Міра подібності між апріорно заданою і поточною ситуаціями обстановки повинна бути завжди позитивною величиною:

$$I_i \geq 0; \quad i = \overline{1..m}. \quad (4.24)$$

2. Має дотримуватися властивість симетрії:

$$\begin{aligned} I_m : (\{x_1^m, x_2^m, \dots, x_k^m\} \cap \{x_1, x_2, \dots, x_r\}) \rightarrow A_m &\equiv \\ \equiv I_m : (\{x_1, x_2, \dots, x_r\} \cap \{x_1^m, x_2^m, \dots, x_k^m\}) \rightarrow A_m; & \quad m = \overline{1..M}. \end{aligned} \quad (4.25)$$

У результаті обчислення значення функції подібності поточної A_t та апріорно заданої A_p СО буде отримано результат розпізнавання у виді максимуму функції подібності між ними:

$$F(A_t, A_p) = \max_m I_m. \quad (4.26)$$

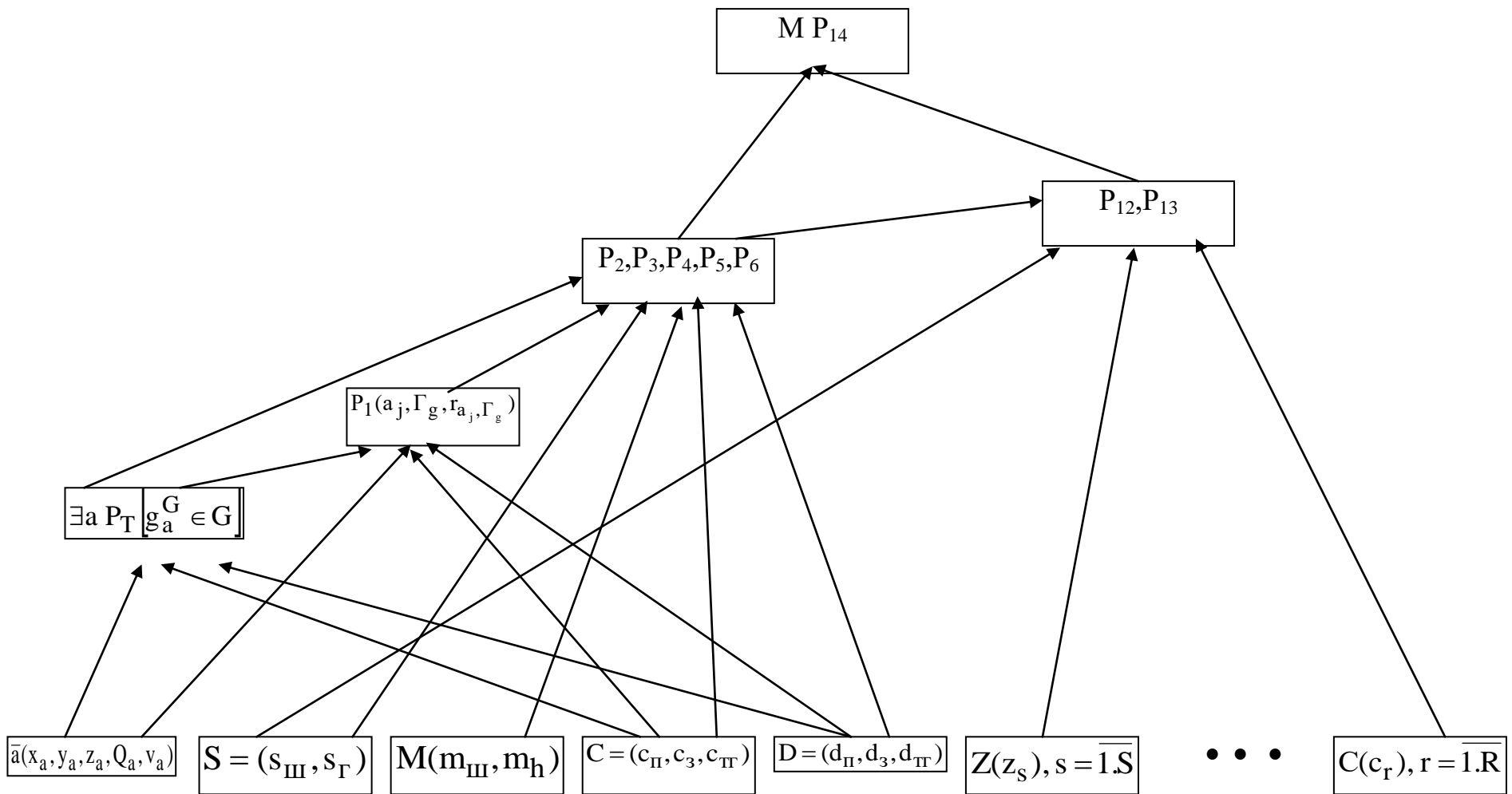


Рисунок 4.14 – Структура знань про процес оцінки ситуацій обстановки

Отримані співвідношення дозволяють формалізувати знання про процес оцінки ситуацій обстановки [31].

У результаті можна отримати СЦН, що дозволяє вирішити завдання визначення конкретної СО, що відповідає поточному моменту часу.

Метод ситуаційного аналізу обстановки, заснований на спільному використанні методів розпізнавання можливих ситуацій, які виникають у предметній області, спирається на основні положення методів кластерного аналізу, що використовуються спільно зі знаннями для процесу розпізнавання.

Застосування кластерного аналізу в загальному вигляді зводиться до таких етапів: відбір вибірки об'єктів для кластеризації; визначення множини змінних, за якими будуть оцінюватися об'єкти у вибірці.

При необхідності – нормалізація значень змінних; обчислення значень міри схожості між об'єктами; застосування методу кластерного аналізу для створення груп схожих об'єктів (кластерів); представлення результатів аналізу.

Після отримання та аналізу результатів можливе корегування обраної метрики і методу кластеризації до отримання оптимального результату.

Структуру запропонованого методу наведено на рис. 4.15.

Подальшим етапом проведення досліджень є розв'язання задачі оцінки ступеня небезпеки ситуації, що склалася.

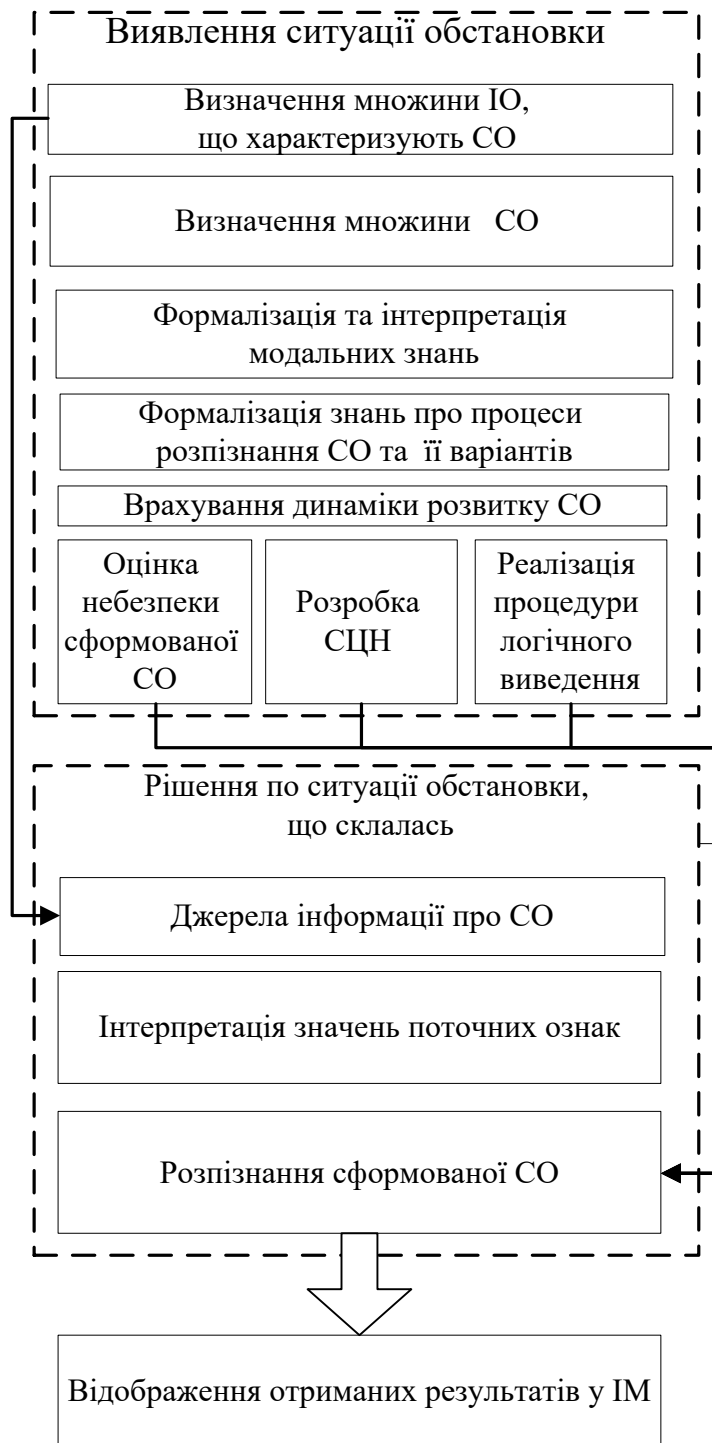


Рисунок 4.15 – Структура методу формалізації знань з ситуаційного аналізу обстановки для інформаційної підтримки прийняття рішень ОПР в АС КІР

4.5 Оцінка ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах керування повітряним рухом

В основі практичного механізму концепції управління безпекою польотів лежить цілеспрямований пошук факторів, що викликають настання авіаційних подій, з метою захисту від їх впливу. Виявлення небезпечних факторів може бути реалізовано у формі регулярного контролю, збору, обробки та накопичення інформації про фактори, що викликали авіаційні інциденти, які в підсумку не призвели до настання важких наслідків [1–7].

Незважаючи на те, що для більшості аварійних факторів застосовується концепція "людина – машина – навколишнє середовище", значна кількість авіаційних подій та інцидентів пояснюється помилками фахівців служби руху, тобто людським фактором. У свою чергу, такі помилки найчастіше є наслідком недоліків у самій системі обслуговування повітряного руху (недоліки в організації роботи диспетчерських змін, конструктивні недоліки обладнання, недостатній рівень професійної підготовки та недосконалість нормативних документів, недостатня якість інформації для сприйняття) [4 – 7]. У зв'язку з цим необхідно виявити початкову ланку ланцюга, що може в майбутньому призвести до авіаційної події чи інциденту.

Необхідність розвитку та вдосконалення компонентів процесу безпосереднього КІР з використанням автоматизованих систем викликана вимогою підтримки показників їх ефективного функціонування в умовах постійної потреби використання повітряного простору при обмеженнях за обсягом і якістю виробництва аеронавігаційних послуг. Слід також враховувати різноманіття оперативних ситуацій у польоті, що вимагають максимального використання наявних ресурсів. Також важливим є забезпечення належного рівня безпеки польотів у періоди відхилення стану АС КІР від планованого або функціонування з гранично допустимими показниками. Такі умови визначають параметри інформаційного середовища,

що становить відомості для ОПР – диспетчера КТР (оператора АС КТР), можливості якого, в свою чергу, зумовлені наявними техніко-методологічними засобами.

При прийнятті рішень ОПР у проблемних ситуаціях, що характеризуються високою динамічністю, складністю, невизначеністю і слабкою структурованістю необхідна висока ступінь інтелектуалізації управлінських рішень, що неможливо без впровадження та розвитку СПР у складі АС КТР [13, 15].

Аналіз сучасних досліджень у галузі автоматизації управління складними організаційно-технічними системами, у тому числі системами керування повітряним рухом [23–25], свідчить про те, що для систем підтримки прийняття рішень, які реалізовані в АС КТР, до теперішнього часу остаточно не вирішеними є проблеми формалізації задач оцінки ступеня небезпеки СО в умовах ризику та при наявності невизначеності інформації [29].

Фактор складності і невизначеності інформації, використовуваної для прийняття рішення в різних ситуаціях функціональної діяльності операторів АС КТР, вказує на актуальність вивчення процесів прийняття рішень.

Це, в-першу чергу, стосується проблеми адекватної оцінки ОПР загальної обстановки, що складається в зоні відповідальності органу КТР, а також її складових – кожної поточної ситуації обстановки [27–31].

Методи опису та аналізу наявної в завданні невизначеності істотно впливають на ефективність пошуку оптимальних рішень. У даний час кількісні методи прийняття рішень (максимізація очікуваної корисності, мінімаксна теорія, методи максимальної правдоподібності, теорія ігор та ін.) допомагають вибирати найкращі з множини можливих рішень лише в умовах одного конкретного виду невизначеності або в умовах повної визначеності [28, 31].

Велика частина існуючих методів для полегшення кількісного дослідження в рамках конкретних завдань прийняття рішень базується на вкрай спрощених моделях дійсності і є жорсткі обмеження, що зменшує цінність результатів

досліджень і часто призводить до невірних рішень на практиці.

Найпоширенішим аксіоматичним підходом до оцінки функції корисності є підхід Неймана-Моргенштерна [30], при якому з аксіом переваги на множині альтернатив з відомими ймовірностями результатів виводиться функція корисності. Розвитком цього підходу є запропонована Севіджем система аксіом [31], в якій ймовірності разом з функцією корисності виводяться з системи переваг.

Спроби застосування будь-якого конкретного математичного апарату (інтервального аналізу, статистичних методів, теорії ігор, детермінованих моделей тощо) для прийняття рішень в умовах невизначеності дозволяє адекватно відобразити в моделі лише окремі види даних і призводить до безповоротної втрати інформації інших типів. Так, наприклад, при наявності детермінованих моделей не враховується накопичена статистика про імовірнісні розподіли для деяких параметрів і проводиться заміна цих розподілів відповідними середніми значеннями.

Крім того, в цьому випадку проявляється гострий дефіцит в інформації конкретного типу (наприклад, у функціях розподілу ймовірностей).

Наявність у системі одночасно різних видів невизначеності робить необхідним використання для прийняття рішень теорії нечітких множин, яка дозволяє адекватно враховувати наявні види невизначеності.

Застосування нечітких множин дозволяє провести також узгодження різних нечітких рішень при наявності нечітких цілей, обмежень, коефіцієнтів, початкових і граничних умов. Теорія нечітких множин дає можливість проводити обчислення не з одним точковим значенням, а з характеристичною функцією і дозволяє отримувати в результаті обчислень нечітку величину, для якої з максимуму значення функції може бути отримана точкова оцінка [86, 87].

В існуючих методах розпізнавання ситуацій, що складаються в зоні відповідальності АС КІР, недостатньо вирішені питання щодо виявлення ступеня небезпеки ситуацій обстановки, які складаються, в першу чергу, у

повітряному просторі. У підсумку це може призводити до виникнення потенційно конфліктних ситуацій, льотних пригод та авіаційних катастроф.

З метою удосконалення ситуаційного аналізу обстановки для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень оператором АС КПр слід удосконалити розв'язування таких часткових задач:

- розробити апарат формалізації знань про задачу виявлення позаштатних ситуацій в повітряному просторі з урахуванням ступеня небезпеки ситуації, що складається;
- визначити фактори, що найбільш суттєво впливають на ступень складності обстановки;
- провести експертизу для формування множини небезпечних факторів, які треба виявити;
- оцінити ступінь небезпеки ситуацій, що складаються в межах зони відповідальності органу КПр.

Таким чином, у результаті дослідження необхідно розробити метод оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки, що дозволяє обирати елементарні властивості та ознаки для подальшої обробки, з урахуванням динамічності, складності, невизначеності і розмитості початкових даних та при їх слабкій структурованості. У підсумку це має сприяти підвищенню обґрунтованості рішень ОПР в АС КПр.

В АСУ реального часу, як правило, неможливо виділити елементарні властивості й ознаки, які однозначно визначають ступінь небезпеки ситуації. У цьому випадку доцільно порівнювати кожну пару ситуацій, використовуючи метод парних порівнянь [88].

Суть цього підходу полягає в попарному зіставленні факторів, що впливають на ситуацію, за спеціальною шкалою. Для систем з двійковими структурами до дослідження факторів підходять як до "кванту дії, яку задумано", що істотно спрощує аналіз [100].

Результати попарних порівнянь представляють у вигляді матриці $X = x_{ij}$, де x_{ij} означає відношення ваг відповідних факторів. Тому обов'язково повинна виконуватися умова антисиметричності, тобто $x_{ij} = 1 / x_{ji}$.

Таким чином, для оцінки ступеня небезпеки СО пропонується порівнювати кожну пару факторів методом прямої розстановки.

Виникає завдання формування з наявної множини визначеної множини небезпечних факторів – $M = \{m_j\}, j = \overline{1, k}$, де m_j – елемент множини чинників, які необхідно враховувати для своєчасного реагування ОПР при зміні СО.

Для формування множини небезпечних факторів, які треба виявити, необхідно проведення експертизи. Її результати доцільно представляти у вигляді нечітких відносин переваг [101, 105]. Тобто використовується схема експертизи, в якій експерти висловлюють свої судження про важливість елементів у вигляді нечітких бінарних відношень нестрогої переваги елемента m_{j^*} до елемента $m_{j^{**}}, (j^*, j^{**} = \overline{1, k})$. У свою чергу, обробка результатів експертизи дозволяє перейти до бінарних відношень строгої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги, аргументи функції приналежності якого трактуються як рівні недетермінованих елементів множини. При порівнянні елементів експерт має вказати сумарну інтенсивність переваги, що припадає на обидва елемента та розподіляється між ними, та яка зазвичай дорівнює одиниці.

Якщо M є універсальною (звичайною) множиною елементів, то суб'єктивна думка кожного l -го експерту, $l = \overline{1, L}$ являє собою функцію приналежності виду $\mu_{\tilde{R}_l}(m', m''), m', m'' \in M$ нечіткої підмножини \tilde{R}_l бінарних відношень нестрогої переваги.

Відповідно до [96], нечітким відношенням $\tilde{R}(m', m'')$ на звичайній множині M називають нечітку підмножину прямого декартового добутку розмірності $M \times M$, який характеризується функцією приналежності:

$\mu_{\tilde{R}} : M \times M \rightarrow [0,1]$, а значення $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'')$ приймається як суб'єктивна міра відношення $(m', m'') \in \tilde{R}$. Кожен l -ий експерт керується тим, що значення функції приналежності $\mu_{\tilde{R}}(m', m'')$ для кожної пари порівнюваних елементів означає ступінь виконання переваги: "елемент m' не гірше" елемента m'' ". Виходячи з того, що нечітке відношення нестрогої переваги володіє властивістю рефлексивності, то справедливо твердження $\mu_{\tilde{R}}(m', m') = 1$. Якщо $\mu_{\tilde{R}}(m', m'') = 0$, то це означає, що або $\mu_{\tilde{R}}(m'', m') > 0$, тобто елемент m'' "не гірше" елемента m' , або $\mu_{\tilde{R}}(m'', m') = 0$, тобто елемент m'' і m' не можна порівнювати між собою. При попарному порівнянні експерти мають враховувати виконання умови нормування, з чого слідує, що $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'') = 1 - \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m'', m')$.

Кожен експерт має суб'єктивне судження про нечітке бінарне відношення нестрогої переваги елементів множини, яке представляється функцією приналежності у вигляді матриці

$$\mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(l)} = \left\| \mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(l)}(m', m'') \right\|, m', m'' \in \tilde{R}, l = \overline{1, L}. \quad (4.27)$$

З урахуванням встановлених ваг експертів $K_l, l = \overline{1, L}$, матриці $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(l)}$ усереднюються за співвідношенням:

$$\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'') = \frac{\sum_{l=1}^L K_l \mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(l)}(m', m'')}{\sum_{l=1}^L K_l}. \quad (4.28)$$

Процедура обробки результатів експертизи полягає у такому. Матриця значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги $\|\mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(1)}(m', m'')\|$ для співвідношення виду

$$\mu_{\tilde{R}_{>}} = \begin{cases} \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'') - \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m'', m'), & \text{якщо } \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'') \geq \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m'', m'); \\ 0, & \text{якщо } \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m', m'') < \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(m'', m') \end{cases} \quad (4.29)$$

має перетворитися в матрицю $\mu_{\tilde{R}_{>}} = \|\mu_{\tilde{R}_{>}}(m', m'')\|$, що включає значення функції приналежності нечіткого бінарного відношення строгої переваги.

Формування множини переважно доцільних елементів $M_f \subset M$ пов'язано з необхідністю звуження множини M , що стає можливим при визначенні міри недетермінованості його елементів. Елемент $m^{(q)} \in M$ є недетермінованим по відношенню строгої переваги, якщо серед інших елементів множини M не існує жодного такого $m \in M$, який був би строго переважним $m^{(q)}$, а підмножина недетермінованих елементів $\{m^{(q)}\}$ складає ядро нечіткого відношення строгої переваги на M , тобто:

$$M_{\tilde{R}_{>}} = \left\{ m^{(q)} / \exists m \in M : m \succ m^{(q)}; \forall m, m^{(q)} \in M \right\}. \quad (4.30)$$

Ядро множини має функцію приналежності, яка з урахуванням (4.30), визначається як

$$\mu_{M_{\tilde{R}_{>}}}(m) = \min_{m' \in M} (1 - \mu_{\tilde{R}_{>}}(m', m)), \quad \forall m', m'' \in M. \quad (4.31)$$

Значимість компонент функції приналежності ядра нечіткого відношення строгої переваги дозволяє впорядкувати елементи множини за рівнями недетермінованості.

Отримані за результатами обробки (4.31) значення компонент функції приналежності ядра нечіткого відношення строгої переваги $\mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}}(m)$ на універсальній множині M дозволяють упорядкувати елементи множини $\{m_j\}, j=\overline{1,k}$ за рівнями їх недетермінованості. З множини M виділяють підмножину $M^* \in M$, до якої входять найбільш небезпечні фактори, що впливають на ситуацію обстановки. Якщо $\mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}}(m) \geq 0,5$, то множина чинників має такий вигляд:

$$M^{*(\alpha)} = (m_j^{(\alpha)} / \mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}} \geq \alpha : m_j^{(\alpha)} \in M_{\tilde{R}_\gamma}), j = \overline{1,k}. \quad (4.32)$$

У практичному аспекті для АС КІР множина чинників, що впливають на ступінь небезпеки ситуації обстановки, може мати, наприклад, такий вигляд:

$M = \{ \text{горизонтальний політ; політ за траєкторіях змінного профілю (набір висоти або зниження); відхилення повітряного судна від маршруту польоту (або встановленої схеми); зближення повітряних суден; перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; польоти в особливих умовах; виникнення особливих випадків в польоті; політ на запасний аеродром}.$

В результаті проведення експертизи отримано такі значення функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої і строгої переваги, що, наведені в табл. 4.2.

Згідно з виразом (4.31), $\mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}}(m)$ для прикладу, що розглядається буде мати наступний вигляд:

$\mu_{M_{\bar{R}_\leq}}(m) = \parallel$ 1/горизонтальний політ; 0,8/політ за траєкторіями змінного профілю (набір висоти або зниження); 0,8/відхилення ПС від маршруту польоту (або встановленої схеми); 0,6/зближення повітряних суден; 0,4/перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; 0,4/польоти в особливих умовах; 0,3/виникнення особливих випадків в польоті; 0,3/політ на запасний аеродром \parallel .

Таблиця 4.2 – Функції приналежності нечіткого відношення нестрогої переваги небезпечних факторів в АС КІР

$\mu_{M_{\bar{R}_\geq}}(m) =$		α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	...	α_{15}	α_{16}
	α_1	1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	...	0,9	0,9
	α_2	0,4	1	0,7	0,4	0,7	0,7	0,7	0,8	...	0,9	0,9
	α_3	0,3	0,3	1	0,3	0,6	0,6	0,6	0,7	...	0,9	0,9
	α_4	0,4	0,6	0,7	1	0,7	0,7	0,7	0,8	...	0,9	0,9
	α_5	0,4	0,3	0,4	0,3	1	0,5	0,6	0,6	...	0,9	0,9
	α_6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	1	0,5	0,6	...	0,9	0,9
	α_7	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	1	0,6	...	0,9	0,9
	α_8	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	1	...	0,9	0,9
	α_9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	...	0,9	0,9

	α_{15}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	1	0,5
	α_{16}	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	...	0,5	1

Матрицю отриманих значень функції приналежності нечіткого відношення строгої переваги параметрів для такої ситуації наведено в табл.4.3.

Для випадку, коли рівень недетермінованості параметрів встановлено на рівні $\alpha > 0,3$, звужена множина небезпечних факторів, що впливають на

ступінь небезпеки ситуації обстановки, буде мати такий вигляд, а елементи будуть розташовуватися в порядку зменшення їх важливості:

$\mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}}(m) = \|$ *1/горизонтальний політ; 0,8/політ за траєкторіями змінного профілю (набір висоти або зниження); 0,8/відхилення ПС від маршруту польоту (або встановленої схеми); 0,6/зближення повітряних суден; 0,4/перетин зайнятого попутного/зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування; 0,4/польоти в особливих умовах* $\|$.

Таблиця 4.3 – Функції приналежності нечіткого відношення строгої переваги параметрів (приклад)

$\mu_{M_{\tilde{R}_\gamma}}(m) =$		α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	...		α_{15}	α_{16}	
	α_1	0	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	...		0,8	0,8	
	α_2	0	0	0,4	0	0,4	0,4	0,4	...		0,8	0,8	
	α_3	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	...		0,8	0,8	
	α_4	0	0,2	0,4	0	0,4	0,4	0,4	...		0,8	0,8	
	α_5	0	0	0	0	0	0	0,2	...		0,8	0,8	
	α_6	0	0	0	0	0	0	0	...		0,8	0,8	
	α_7	0	0	0	0	0	0	0	...		0,8	0,8	

	α_{15}	0	0	0	0	0	0	0	...		0	0	
	α_{16}	0	0	0	0	0	0	0	...		0	0	

Таким чином, зі сформованої таким способом множини факторів, що впливають на ступінь небезпеки ситуації обстановки, з'являється можливість виявити сукупність факторів, які найбільш суттєво впливають на результати оцінювання обстановки, що складається в зоні органу КПрР. Це в підсумку дозволяє ОПРР за необхідності сконцентруватися на отриманні додаткової інформації саме за сукупністю даних чинників, та дозволяє в першу чергу

враховувати саме їх значення при підготовці прийняття рішень з оцінки обстановки.

У результаті проведеного дослідження для розв'язання поставленого задачі щодо формалізації знань про ступень небезпеки обстановки, як базовий обрано апарат теорії нечітких множин. Саме застосовано метод обробки результатів експертизи, що дозволяє перейти до бінарних відношень строгої переваги та до ядра нечіткого відношення строгої переваги, аргументи функції приналежності якого трактуються як рівні недетермінованих елементів множини. При порівнянні елементів експертним шляхом задається сумарна інтенсивність переваги, що припадає на обидва елемента попарних порівнянь для недетермінованих значень ознак ситуації обстановки.

Наведені процедури експертного відбору та обробки нечітких даних дозволяють у підсумку отримати кінцеву множину найбільш суттєвих чинників, що найбільш суттєво впливають на ступінь складності обстановки. Це в підсумку дозволяє ОПРР першочергово враховувати значення саме цих чинників при підготовці прийняття рішень з КПР.

Подальшим етапом дослідження є розробка методів подання інформаційних моделей, що враховують складність обстановки в зоні відповідальності органу КПР.

Висновки за розділом 4

1. В результаті аналізу напрямків вдосконалення інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень при оцінці обстановки ОПРР на основі когнітивного підходу була встановлена необхідність розробки методів формалізації знань про процес вирішення наступних завдань:

- розпізнавання СО в динаміці їх змін;
- розпізнавання СО, що склалася в межах відповідальності органу КПР.

2. При розробці методу формалізації знань про СО в повітряному просторі були враховані такі обмеження на процес вирішення даного завдання:

- різномірність, неточність і неповнота вихідної інформації про повітряну обстановку;

- задані часові рамки вирішення завдань;

- використання якісних оцінок особами, що приймають рішення;

- подання і інтерпретація модальних знань про оцінку СО.

3. Запропонований інтелектуальний метод обробки інформації про ситуації обстановки відрізняється:

- ієрархічним алфавітом класів СО з можливістю коригування та доповнення;

- процедурою формалізації модальностей різного роду і їх узагальненим описом з використанням апарату нечітких множин;

- процедурою багатоетапної формалізації знань, основу якої складають структура цільових настанов і обчислення предикатів першого порядку;

- використанням комбінованих моделей знань для формалізації процесу розпізнавання СО.

- методом оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки з використанням методу експертних опитування.

4. Розроблений метод формалізації знань при ситуаційному аналізі і процесі розпізнавання СО дозволяє розв'язати задачу адаптивного управління відображенням інформаційними ознаками при синтезі ІМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
6. Оперативна інформація щодо основних показників діяльності авіаційної галузі за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>.
7. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 9 місяців 2019 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
13. Несміян О.Ю., Павленко М.А. Аналіз інформаційного забезпечення та завантаженості каналів прийому інформації операторами систем АСУ. / О.Ю. Несміян, М.А. Павленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – №2. – С. 129-133.
15. Стасєв Ю.В. Вдосконалення інформаційного забезпечення діяльності операторів АСУ при оцінці стану об'єктів управління. / Ю.В. Стасєв, М.А. Павленко, Т.Ю. Міщенко, Л.В. Шаманська // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – №4. – С. 70-74.
23. Полонский Ю.И. Подход к автоматизации процессов формирования и управления отображением информационных моделей воздушной обстановки / Ю.И. Полонский, М.А. Павленко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.
25. Павленко М.А. Интеллектуальный метод управления информационными моделями для систем управления сложными

динамічними об'єктами. / В.Н. Руденко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, І.Ю. Хромов // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал. – Луганськ, 2007. – Вип. 2(15). - С. 94-99.

28. Павленко М.А. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 5(51). – С. 24-28. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.

29. Павленко М.А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 6(52). – С. 25-29. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

30. Dmitriiev O. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system / O. Dmitriiev, I. Borozenec, S. Shilo, T. Kalimulin // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – Вип. 2(3). – С. 30-35. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

31. Шило С. Г. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом // С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв, І.В. Новікова / 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.

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

82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.

83. Повітряний кодекс України [Електроний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.

84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.

85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

86. Якуніна І.Л. Методи аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи в особливих випадках польоту для скорочення часу прийняття рішення: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / І.Л. Якуніна. – Кропивницький, 2017. – 215 с.

87. Пальоний А.С. Метод та моделі оцінки діяльності операторів у системі управління повітряним рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / І.Л. Якуніна. – Кіровоград, 2016. – 234 с.

88. С.Ю. Тимофеев, Методика расчета потенциально конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения // Интернет-журнал «Науковедение» Выпуск 2, март – апрель 2014. – С 1-18. Режим доступу до журн.: <https://naukovedenie.ru/PDF/104TVN214.pdf>. 82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.

83. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.

84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.

85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

86. Якуніна І.Л. Методи аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи в особливих випадках польоту для скорочення часу прийняття рішення: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Якуніна Ірина Леонідівна. – Кропивницький, 2017. – 215 с.

87. Пальоний А.С. Метод та моделі оцінки діяльності операторів у системі управління повітряним рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 28.01.2016, затв. 04.03.2016 / . – Кіровоград, 2016. – 234 с.

88. Методика расчета потенциально конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения [Электронный ресурс] / Тимофеев С.Ю. // Интернет-журнал «Науковедение» Выпуск 2, март – апрель 2014. – С 1-18. Режим доступа до журн.: <https://naukovedenie.ru/PDF/104TVN214.pdf>.

90. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

91. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

92. Alimpiev A.N. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data. / A.N. Alimpiev, P.G. Berdnik, N.A.Korolyuk, E.V. Korshets, M.A Pavlenko // Information and controlling system. – 2017 – №9(85) – p. 1729-3774. – doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.93179>.

93. Сікірда Ю.В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень диспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 07.10.2004, затв. 09.03.2004 / Сікірда Юлія Володимирівна. – К., 2004. – 184 с.

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

95. Теория интеллекта: Учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Х.: Изд-во СМИТ, 2007. – 576 с.

96. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.

97. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание: Пер. с англ. / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 864 с.

98. Possibility theory: an approach to computerized processing of uncertainty / D. Dubois, H.Prade. – Springer Science & Business Media, 2012.

99. Піліпюнок О.М. Метод підвищення якості управління повітряними суднами операторами систем навігаційного обслуговування й управління

рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Піліпюнок Оксана Миколаївна. – Кропивницький, 2017. – 265 с.

100. Математические основы эргономических исследований : монография / П.Г. Бердник, Г.А. Кучук, Н.Г. Кучук, Д.Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.

101. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание / Д. Джарратано, Г. Райли. – Издательский дом Вильямс, 2007.

102. Павленко М.А. Разработка метода многоэтапной формализации знаний о процессе распознавания оперативно-тактических ситуаций / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, С.В. Кукобко, Ю.В. Данюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 5(103). – С. 60-64.

103. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

104. Тимочко О.І. Метод автоматизації підтримки прийняття рішень по управлінню динамічними об'єктами на основі інтелектуальних інформаційних технологій / О.І. Тимочко // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (23). – С. 166-170.

105. Королюк Н.А. Информационная поддержка принятия решений при уничтожении воздушных целей / Н.А. Королюк, М.А. Павленко, Е.А. Коршец, С.И. Симонов // Збірник наукових праць. – Севастополь: АМВС імені П.С. Нахімова, 2012. – Вип.1(9).– С. 80-85.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

107. Кравченко Ю.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах / Ю.А. Кравченко, А.А. Лежебоков, Д.Ю. Запорожец // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2012. – №3. – С. 52-57.

108. Корчунов Д.О. Багатоальтернативна модель ситуаційного аналізу повітряної обстановки. / Д.О. Корчунов, В.П. Харченко // Вісник Національного Авіаційного Університету. – Х. ХНАУ, 2007. – №12(1). – С. 104-107.

119. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М Герасимов М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.
122. Штучний інтелект : Підручник / М.М. Глибовець, О.В. Олецкий. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.
123. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. - Кіровоград: КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
124. Системы підтримки прийняття рішень : Навч. посіб. Для самост. вивч. дисц. / С.М. Братушка, С.М. Новак, С.О. Хайлук. – Суми: ДВНЗ "УАБС НБУ", 2010. – 265 с.
125. Теория и практика принятия управленческих решений : Учеб. пособ. изд. 2-е, перераб. и доп. / В.М. Колпаков. – К.: МАУП, 2004. – 504 с.
126. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К.: Наукова думка, 2002. – 382с.
130. Психологические и эргономические основы проектирования систем управления качеством обучения / В.Г. Евграфов. – СПб: ВМИРЭ, 2004. – 202 с.
135. Имитационная модель для оценки комплексного влияния инженерно–психологических факторов на эффективность эргатической системы. Кибернетика и вычислительная техника / В.М. Герасимов, Г.В. Ложкин, В.В. Спасенников – М.: Радио и связь 1984. – 269с.
155. Павленко М.А. Эргономический аспект проектирования средств информационного обеспечения оператора, использующего систему поддержки принятия решений в процессе управления / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента в России. Проблемы развития экономического анализа и бухгалтерского учета в условиях финансового кризиса. – Тольятти.: ТГУ, 2010. – С. 107-114.
156. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.
165. Джума Л.Н. Автоматизация процессов труда в системе управления воздушным движением / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль // Вісник Східноукраїни. Джума Л.Н. Автоматизация процессов труда в системе управления

воздушным движением / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2010. – № 9(151). – С. 155-160.

166. Джума Л.Н. Моделирование потока воздушных судов в зоне ответственности диспетчера Tower / Л.Н. Джума, О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. – К.: Украинский НИИ связи, 2015. – № 5(39). – С. 93-97.

167. Джума Л.Н. Применение информационных технологий для моделирования рабочего места диспетчера TWR / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль, В.Л. Лишавская // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 7(161). – С. 241-246.

168. Купин В.В. Оценка интенсивности потоков воздушных судов в часы пик в системе управления воздушным движением: автореферат дис. ...кандидата технических наук: 05.22.13 / Акад. гражд. авиации. – Санкт-Петербург, 2004. – 23 с.

169. Паскаль О.Н. Автоматизация рабочего места диспетчера Tower: исследование возможности формализации расчетов позиций воздушных судов / О.Н. Паскаль // Тези доповідей X Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». – К.: НАУ, 2010. – С. 28.

170. Паскаль О.Н. Моделирование входного и выходного потоков воздушных судов, обслуживаемых диспетчером Tower / О.Н. Паскаль // Матеріали XXX Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: ДЛАУ, 2010. – С. 157-158.

171. Пилипёнок О.Н. Модель процесса принятия решений как основная составляющая интеллектуальной обучающей системы / О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. Научно-производственный сборник. – К.: Украинский НИИ связи, 2014. – № 4(32). – С. 54-61.

172. Пилипёнок О.Н. Разработка модуля информационной поддержки деятельности авиадиспетчера / О.Н. Пилипёнок // Тези доповідей XII Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». – К.: НАУ, 2012. – С. 35.

173. Процесс принятия управленческого решения и его структура [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://studme.org/11200611/ekonomika/protsess_prinyatiya_upravlencheskogo_resheniya_ego_struktura.

166. Джума Л.Н. Моделирование потока воздушных судов в зоне ответственности диспетчера Tower / Л.Н. Джума, О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. – К.: Украинский НИИ связи, 2015. – № 5(39). – С. 93-97.

167. Джума Л.Н. Применение информационных технологий для моделирования рабочего места диспетчера TWR / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль, В.Л. Лишавская // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 7(161). – С. 241-246.

168. Купин В.В. Оценка интенсивности потоков воздушных судов в часы пик в системе управления воздушным движением: автореферат дис. ...кандидата технических наук: 05.22.13 / Акад. гражд. юии. – Санкт-Петербург, 2004. –23 с.

169. Паскаль О.Н. Автоматизация рабочего места диспетчера Tower: исследование возможности формализации расчетов позиций воздушных судов / О.Н. Паскаль // Тези доповідей X Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». – К.: НАУ, 2010. – С. 28.

170. Паскаль О.Н. Моделирование входного и выходного потоков воздушных судов, обслуживаемых диспетчером Tower / О.Н. Паскаль // Матеріали XXX Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів «Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: ДЛАУ, 2010. –С. 157-158.

171. Пилипёнок О.Н. Модель процесса принятия решений как основная составляющая интеллектуальной обучающей системы / О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. Научно-производственный сборник. – К.: Украинский НИИ связи, 2014. – № 4(32). – С. 54-61.

172. Пилипёнок О.Н. Разработка модуля информационной поддержки деятельности авиадиспетчера / О.Н. Пилипёнок // Тези доповідей XII Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». –К.: НАУ, 2012. – С. 35.

173. Процесс принятия управленческого решения и его структура [Электронный ресурс] – Режим доступа:

http://studme.org/11200611/ekonomika/protsess_prinyatiya_upravlencheskogo_resheniya_ego_struktura.

177. Авиация ПВО России и научно–технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра : монография / В.К. Бабич, Л.Е. Баханов, Г.П. Герасимов и др. Под ред. Е.А. Федосова. – М.: Дрофа, 2005. – 815 с.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА МЕТОДУ СИТУАЦІЙНОГО СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ОБСТАНОВКИ В ІНТЕРЕСАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ОПЕРАТОРАМИ АС КІР

5.1 Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах керування повітряним рухом

5.1.1 Аналіз підходів щодо формування та управління інформаційними моделями обстановки в автоматизованих системах керування повітряним рухом

Діяльності 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, характеризується неоднозначністю та розмитістю. Тому до одних з найбільш важливих завдань функціональної діяльності операторів АС КІР відноситься необхідність своєчасної та адекватної оцінки обстановки, що складається, в їх зоні відповідальності [1–7, 82–85].

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

Результати аналізу свідчать, що в сучасних дослідженнях приділяється достатньо уваги питанням удосконалення СІЗ як складової складних ергатичних систем [86–90]. Однак зміст абсолютної більшості досліджень спрямований на опрацювання окремих питань, що стосуються проблем

формалізації подання інформації людині-оператору, але без урахування психофізіологічних властивостей ОПР та стрімко зростаючих можливостей розвитку даної галузі, що спираються на сучасні досягнення в ІТ-сфері.

Використання нових підходів до розробки АС КІР вимагають нових методів синтезу адекватних ІМ. Вони повинні задовольняти ергономічним вимогам за формою і структурою подання інформації про обстановку в зоні відповідальності оператора. На основі ІМ формується концептуальна модель обстановки, яка додатково враховує знання і досвід ОПР, спираючись на розумові процеси, а також виробляються рекомендації щодо приведення поточного стану обстановки до заданого цільового стану [148, 173]. Використання нових підходів до проектування та синтезу ІМ вимагає проведення додаткових досліджень. Таким чином, існує протиріччя між обсягом і складом інформації, що надається за допомогою КТЗ оператору, і обмеженими можливостями людини з відбору, сприйняття, обробки та аналізу інформації, необхідної для прийняття рішень з оцінки обстановки.

Розв'язання даного протиріччя визначає актуальність і необхідність вирішення завдання синтезу оптимальних ІМ обстановки для підтримки прийняття рішень ОПР.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі часткові завдання:

- здійснити виявлення відповідності існуючих ІМ обстановки в АС КІР основним принципам їх розробки;
- визначити особливості та складові етапів методу проектування та синтезу ІМ в АС КІР;
- усунути протиріччя між змістом, обсягом та поданням інформації, з одного боку, та можливостями людини-оператора з її сприйняття та переробки з іншого, з урахуванням особливостей предметної області;
- визначити та обґрунтувати підходи до проектування та синтезу інформаційних моделей в АС КІР.

Ефективне реагування ОПРР на загрози, що виникають у процесі керування повітряним рухом, спирається на якісну інформаційну підтримку його діяльності.

При проектуванні СІЗ діяльності людини-оператора для узгодження ергономічних властивостей ЗВІ з психофізіологічними властивостями людини окрім часткових питань формування та удосконалення ІМ, що відповідає директивно заданій структурі СІЗ, доцільно не тільки і не стільки адаптувати структуру діяльності ОПРР до СІЗ, а і враховувати можливість адаптації системи часткових ІМ до змін умов, що призводять до виникнення нових ситуацій обстановки.

Традиційно існуюча схема проектування ІМ, що наведена на рис. 5.1, дозволяє вирішувати часткові завдання з підтримки прийняття рішень ОПРР без узгодження властивостей ІМ щодо необхідного набору інформаційних ознак, так і властивостей щодо їх відображення.

Дана структура має суттєві недоліки. Основними з них є неврахування таких чинників:

- необхідності даної інформації ОПРР для підготовки прийняття рішень;
- можливості ОПРР з обробки інформації;
- відповідності поданої інформації, до завдань, що треба вирішити;
- відповідності до конкретної ситуації обстановки, що складається в зоні

відповідальності АС КПР.

Тобто в традиційно побудованих АС КПР для відображення інформації в значній мірі не враховано інформаційні потреби ОПРР для вирішення завдань оцінки СО, що складається в зоні відповідальності органу управління. При цьому відображається практично однаковий набір ІО, що не відповідає умовам діяльності ОПРР [49, 123].

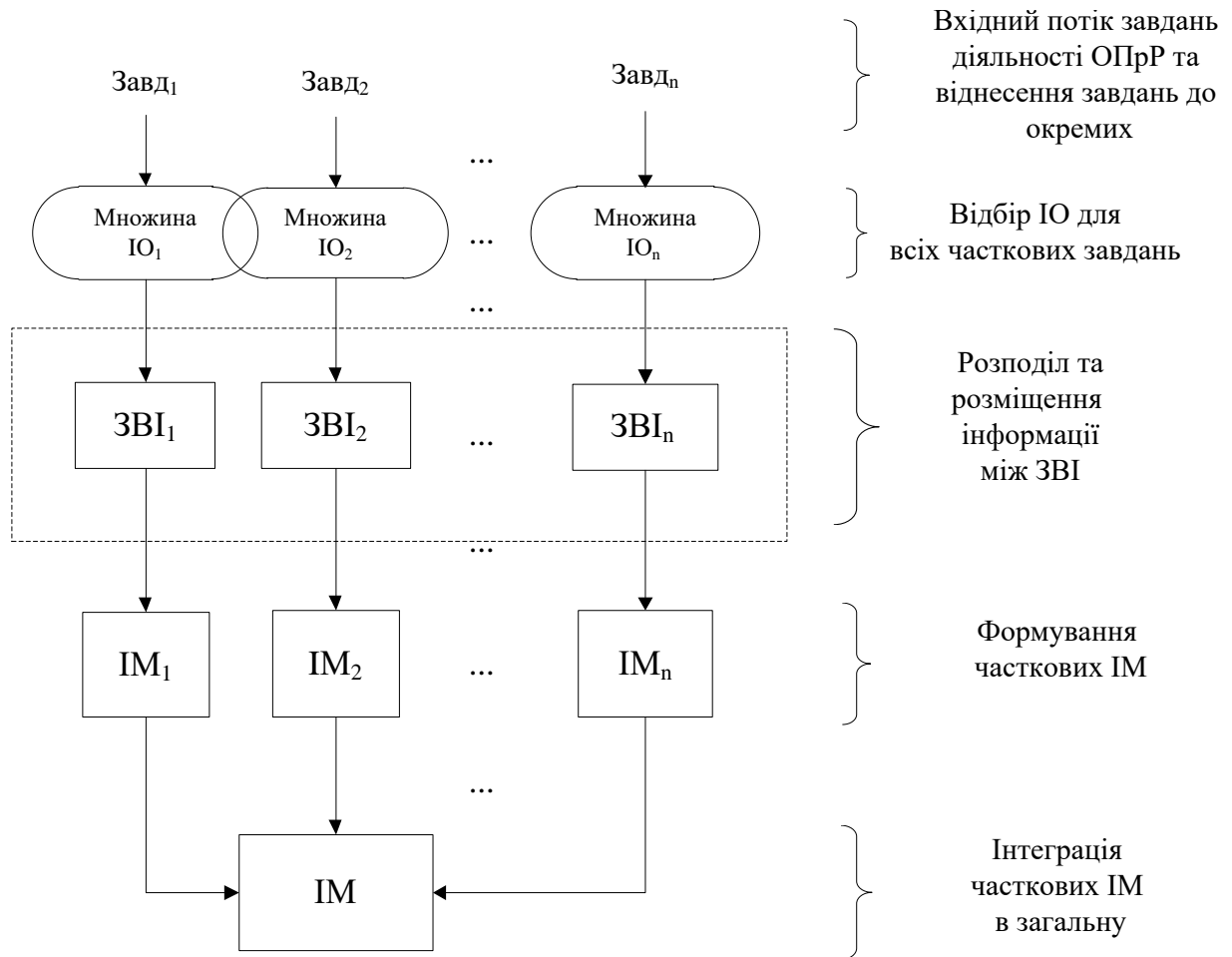


Рисунок 5.1 – Структура системи інформаційного забезпечення для одночасного вирішення ОПР часткових завдань діяльності з організації повітряного руху

Пропонується використовувати наступний шлях подолання вказаних проблеми та усунення недоліків. Проектування ІМ має відбуватися у такій послідовності:

- структурне проектування інформаційного забезпечення діяльності; формування інформаційних ознак;
- кодування та розташування інформаційних елементів на інформаційному полі ЗВІ;
- управління відображенням ІМ.

Тоді структура СІЗ забезпечення діяльності ОПР буде мати вигляд наведений на рис. 5.2.

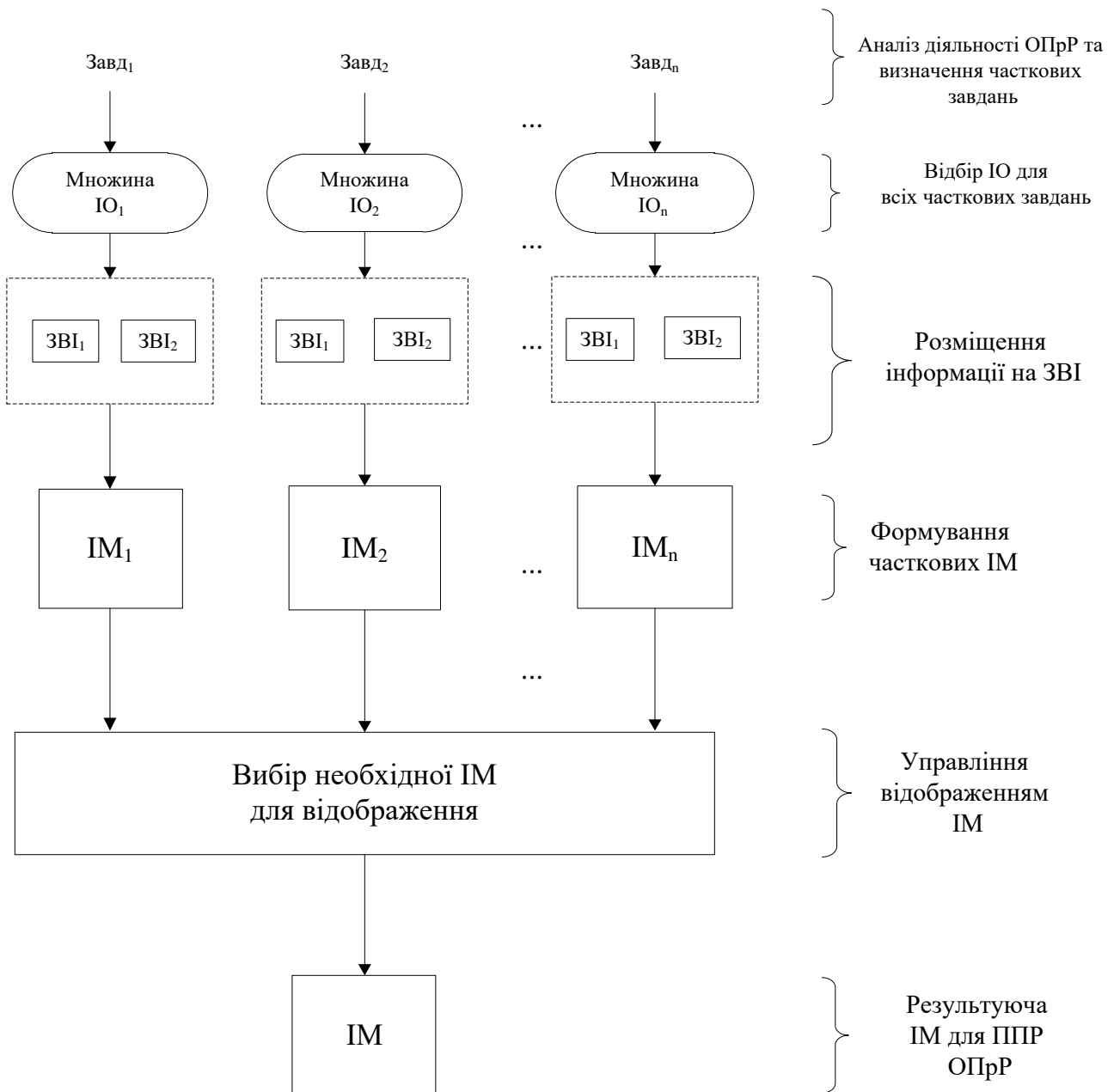


Рисунок 5.2 – Пропонуєма структура системи інформаційного забезпечення для вирішення ОПРР актуального часткового завдання

Таким чином, для підвищення повноти та оперативності подання інформації слід розглядати людино-машинну систему з визначеними цілями, що є адаптивною до змін умов функціонування.

Також необхідно враховувати не тільки зовнішні прояви діяльності ОПРР, до яких відносяться процеси введення команд з пульта та клавіатури, взаємодія з іншими операторами АС КІР тощо, а також і внутрішні процеси інтелектуальної діяльності ОПРР.

Виходячи з зазначеного, метод проектування та синтезу ІМ для забезпечення діяльності ОПРР в АС КІР повинен передбачати такі етапи, операції та процедури:

- аналіз інформаційного забезпечення процесу оцінки СО ОПРР;
- визначення переліку ІО, які забезпечують прийняття рішень з оцінки СО й обґрунтування складу ІЕ для оперативної оцінки обстановки;
- розробку ІМ, що забезпечують інформаційну підтримку прийняття рішень по СО;
- розробку вимог до форми подання ІЕ для найбільш повної відповідності характеру діяльності ОПРР при оцінці СО;
- розробку системи управління формуванням і модифікацією інформаційної моделі.

Процес обробки інформації, що характеризує поточну обстановку в зоні відповідальності органу управління спрямований на підготовку підтримки прийняття рішення ОПРР та є інформаційною підготовкою для його ухвалення.

Засоби для вирішення завдань інформаційного забезпечення, зв'язки між ними та методи обробки інформації, що реалізовані в алгоритмах функціонування ІУК АС КІР, у сукупності складають СІЗ діяльності людини-оператора.

Основними елементами СІЗ в АС КІР є:

- джерела інформації про планову та поточну повітряну обстановку;
- засоби зв'язку та передачі даних;
- засоби обробки інформації про повітряну та інші види обстановки;
- ЗВІ колективного користування;
- АРМ, що мають у своєму складі ЗВІ індивідуального користування.

Варіант структури системи інформаційного забезпечення людини-оператора в АС КІР наведено на рис. 5.3.

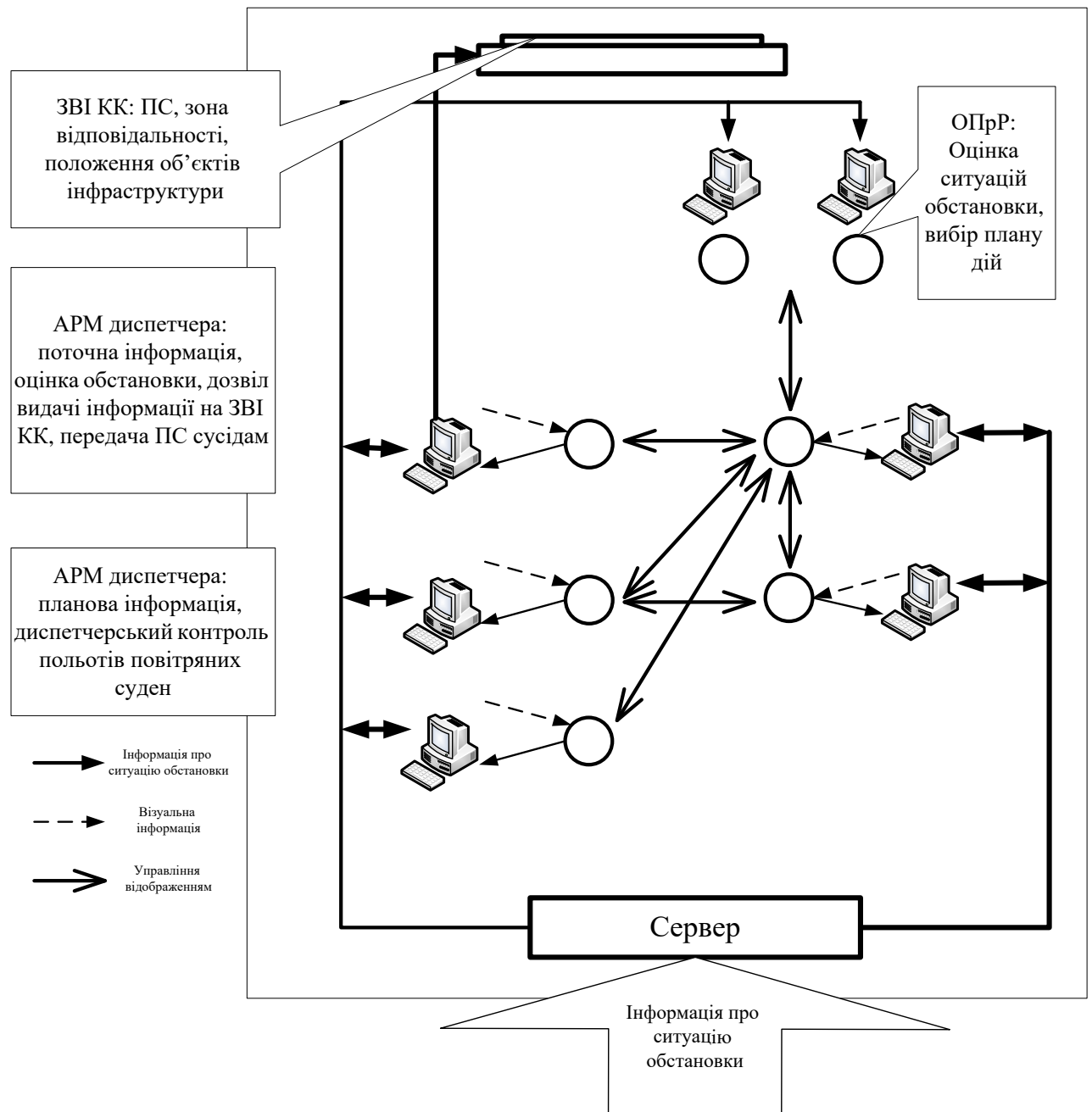


Рисунок 5.3 – Структура системи інформаційного забезпечення діяльності людини-оператора в АС КПП (варіант)

Виходячи з положення, що основним замовником щодо змісту, обсягу та якості СІЗ є ОПрР, слід зосередити основну увагу на врахуванні саме оптимальній відповідності СІЗ психофізіологічним властивостям людини-оператора.

Аналіз діяльності ОПрР в АС КПП свідчить, що з наявного часу на оцінювання ситуації обстановки в зоні відповідальності до 60% часу

витрачається саме на роботу з ІМ обстановки на ЗВІ індивідуального та колективного користування. В підсумку це негативно впливає на оперативність підготовки та ухвалення рішень.

Інформаційні моделі та їх фрагменти повинні забезпечувати не тільки ефективний пошук і сприйняття відомостей про проблемну ситуацію, а й формування оперативного образу цієї ситуації в свідомості оператора, тобто її концептуальної моделі. З цією метою у процесі проектування системи ІМ для АС КПрр необхідне врахування таких ергономічних принципів:

- адекватність ІМ;
- структурування; оптимальний обсяг інформації;
- оптимальне кодування; наочність; виділення конфліктних ситуацій.

Забезпечення оптимального вирішення завдань ОПрр можливе тільки при реалізації зазначених ергономічних принципів проектування ІМ, відбір та розподіл ІО між окремими ЗВІ, розташування інформаційних елементів в інформаційному полі ЗВІ і та ін.

5.1.2 Постановка завдання розробки методу ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки для підтримки прийняття рішень

Проведений аналіз ІМ, які використовуються у АС КПрр в теперішній час, свідчить, що їм притаманні такі проблеми та недоліки.

В існуючих системах на ЗВІ для ОПрр сумісно подаються необхідні та не релевантні інформаційні ознаки, що призводить до суттєвих витрат часу (іноді до 70% від наявного) на пошук необхідної інформації, що характеризує конкретну СО, та виділення її з загального потоку ІО.

Відсутність необхідних ІО для вирішення окремого часткового завдання потребує від ОПрр необхідності пошуку такої інформації шляхом спілкування з іншими операторами, що також потребує суттєвих витрат часу (в межах до 40 % від наявного).

Для складних СО є характерним те, що наявна ІМ не в повному ступені відповідає ситуації, що складається, що потребує додаткового звертання за інформацією до інших джерел за уточнюючою інформацією, а це відповідно призводить до додаткових витрат часу.

Час інформаційного пошуку для існуючої системи ІМ складає одиниці хвилин, що зумовлюється такими чинниками:

- складними умовними позначками;
- просторово-орієнтованими фігурами, наприклад кордони країн, напрями польоту ПС тощо;
- алфавітно-цифровими комбінаціями при кодуванні інформації.

Подання інформаційних елементів у зазначеній формі призводить до суттєвих витрат часу на їх аналіз. Так, для оцінки окремого ІЕ витрата часу складає $\approx 0,5$ с. В підсумку, для аналізу ситуації, що складається в зоні відповідальності, наприклад, в якій приймають участь 16 ПС, повні формуляри яких мають 13 знакомісць, за необхідності виділення в них по 2 значимих знаки тільки час на інформаційний пошук складе порядку 42 с. Ще більша насиченість інформаційного поля призведе до необхідності спільного вирішення часткового завдання з оцінки СО декількома операторами.

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 "напрям польоту", "коридор", "ешелон" тощо, інформація про які в ІМ в явному виді не відображається.

Аналіз відповідності існуючих інформаційних моделей принципам розробки дозволив виявити такі недоліки:

- для різних завдань оцінки ситуації обстановки використовується однотипна ІМ;
- форми кодування інформації не є ефективними та не відповідають характеру діяльності ОПР та завданням, що вирішуються;

- перевантаження інформаційного поля ЗВІ призводить до зростання часу на сприйняття та аналіз інформації оператором;
- відсутні логічні взаємозв'язки між інформаційних елементів в ІМ; відсутні структурно-логічні зв'язки між всіма інформаційними моделями, що відображаються на АРМ та на засобах відображення інформації колективного користування;
- відсутня можливість швидкого перекодування інформації для створення КМ з метою усвідомлення змісту процесів, що відбуваються у зовнішньому середовищі;
- не відображається інформація, що відноситься до вирішуваного конкретного завдання оцінки СО згідно обставин, що склалися.

Усунення виявлених недоліків та розв'язання вказаного протиріччя потребує вдосконалення системи інформаційного забезпечення діяльності особи, що приймає рішення, при оцінці певної ситуації обстановки, а саме вдосконалення процесу формування та управління інформаційними моделями в АС КІР.

На рис 5.4. наведено запропоновану структуру та послідовність етапів розробки методу проектування та синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень людиною-оператором в АС КІР.

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

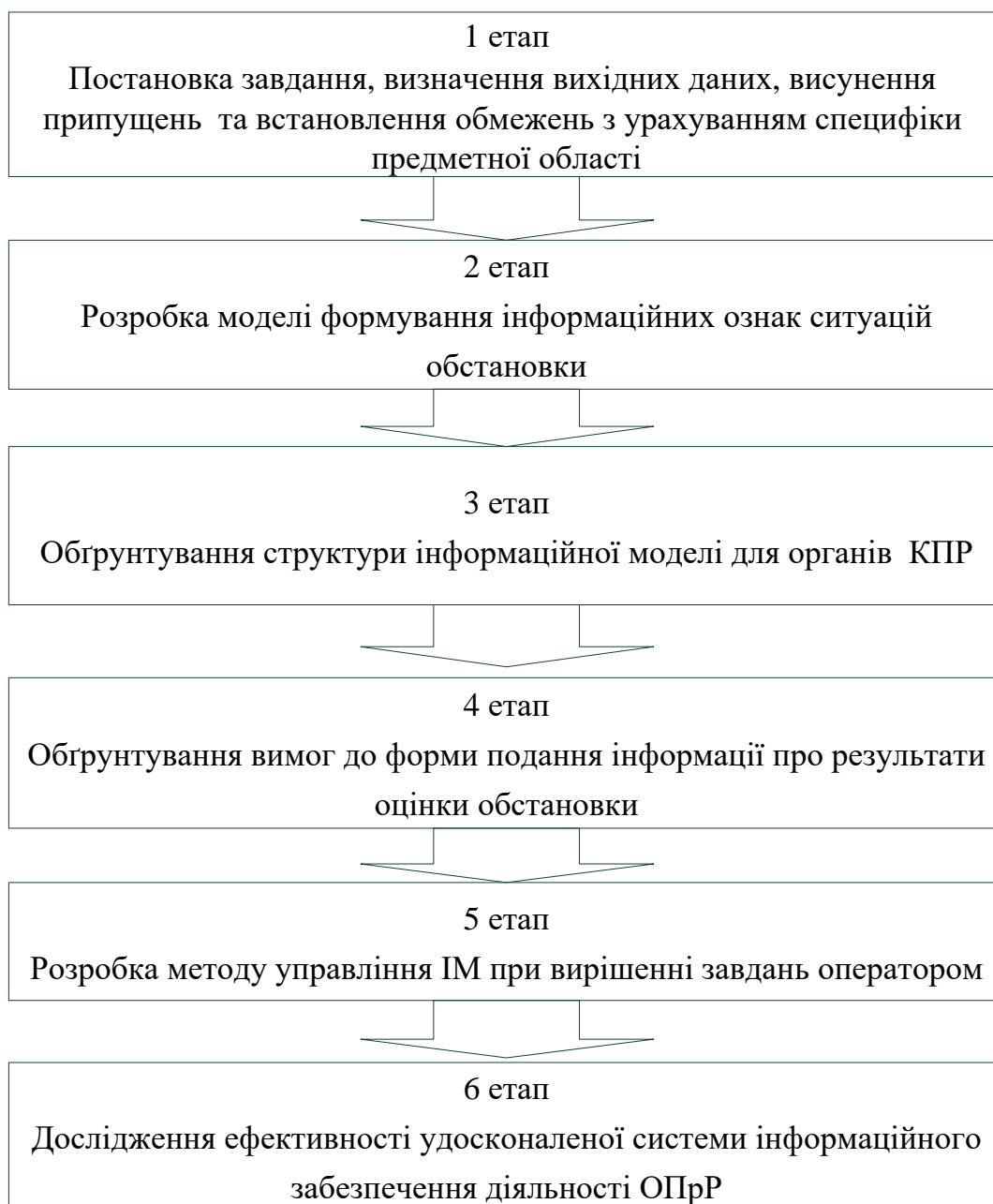


Рисунок 5.4 – Структура методу ситуаційного синтезу інформаційних моделей обстановки для підтримки прийняття рішень в АС КПП

5.2 Метод формалізації процесу формування інформаційних ознак ситуацій повітряної обстановки

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

CO, виділити інформаційні ознаки, що їх характеризують, і сформувані IO, що підлягають відображенню. Обстановка в зоні відповідальності органу КПР 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 сукупність інформаційних ознак утворюють масиви:

$$\bigcup_j \omega_j = \Omega. \quad (5.1)$$

Рішення завдання розпізнавання ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу КПР, 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 отримуються в результаті обробки вихідної інформації про обстановку, що складається. Множину Ω_i може бути визначено такі:

$$\bigcup_i C_i = CO, \quad \bigcup_{\omega_j \in C_i} \omega_j = \Omega_i, \quad \Omega_i \in \Omega. \quad (5.2)$$

Всі IO можна розділити на прямі і непрямі. Серед даних IO можна виділити цілепокладаючі інформаційні ознаки ($\omega_j^{\text{ЦП}}$), тобто ті, що характеризують найбільш суттєві властивості ситуації за якими судять про її належності до певного класу і групи. Для кожної ситуації C_i можна виділити множину $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ інформаційних ознак $\omega_j^{\text{ЦП}}$ (табл. 5.1):

$$\bigcup_{\omega_j^{\text{ЦП}} \in C_i} \omega_j^{\text{ЦП}} = \Omega_i^{\text{ЦП}}, \quad \Omega_i^{\text{ЦП}} \in \Omega_i. \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1 – Цілепокладаючі інформаційні ознаки СО

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1. Порушення правил використання повітряного простору	ПС знаходиться за межами встановленого коридору
2. ПС – порушник	ПС перетинає державний кордон (ДК) без відповідного дозволу
3. ПС входить до забороненої зони	ПС рухається за курсом, що призводить до перетину меж ЗЗ

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

$$\bigcup_{\omega_j^{CH} \in C_i} \omega_j^{CH} = \Omega_i^{CH}, \quad \Omega_i^{CH} \in \Omega_i. \quad (5.4)$$

Наприклад, в табл. 5.2 наведені основні з ω_j^{CH} для деяких C_i з табл. 5.1.

Таблиця 5.2 – Ситуаційно необхідні інформаційні ознаки типових СО

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1. Порушення правил використання повітряного простору	Наявність ПС в заявці Наявність ПС в розкладі ПС порушує ешелонування – збільшує висоту ПС порушує ешелонування – зменшує висоту ПС здійснює бокове відхилення щодо коридору руху ПС здійснює повздовжнє відхилення щодо коридору руху
2. ПС – порушник	Початок траєкторії над територією країни ПС не заплановано змінює напрям руху в бік ДК
3. ПС входить до забороненої зони	ПС змінює напрям руху в бік ЗЗ ПС не має повноважень для входження до меж ЗЗ

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

Такі інформаційні ознаки матимуть назву відбіркової та позначатимуться як ω_j^B . Після цього з'являється можливість сформувати відповідний масив відбіркових ознак Ω_i^B :

$$\bigcup_{\omega_j^B \in C_i} \omega_j^B = \Omega_i^B, \quad \Omega_j^B \notin \Omega_i. \quad (5.5)$$

В табл. 5.3 наведено приклад таких інформаційних ознак.

Таблиця 5.3 – Відбіркові ІО, отримані шляхом додаткової обробки

Назва СО	Інформаційні ознаки СО
1. Порушення правил використання повітряного простору	Планова та радіолокаційна інформація про координати та параметри руху ПС
2. ПС – порушник	Напрямок руху відносно ДК Прогнозуємий час та точка перетину ДК
3. ПС входить до забороненої зони	Розрахунковий час підльоту до ЗЗ Час та параметри ПС щодо входження в ЗЗ

При формуванні ІМ необхідно відображати державні кордони, зони відповідальності органів керування повітряним рухом, рубежі переходів, передачі управління, важливі об'єкти інфраструктури, межі заборонених зон, тощо. ІО, які використовуються для цього, мають назву регулярні, та

позначаються через ω_j^P . Такі інформаційні ознаки входять до масиву Ω_i^P . При формуванні такого масиву слід враховувати такі вихідні міркування.

Інформаційні ознаки ω_j^P являються опорними при вирішенні багатьох завдань оцінки обстановки. Наприклад, вони допомагають оцінити ступінь небезпеки ситуації, що складається, напрям розвитку потенційного конфлікту між ПС, тощо. Крім того, вони дозволяють полегшити орієнтування при пошуку критичних інформаційних елементів. Тому при виборі ω_j^P обов'язково слід враховувати їх функціональне призначення для кожної ІМ.

При проектуванні ІМ слід враховувати і те, що, будучи функціонально необхідними для одних ІМ і завдань, ω_j^P можуть бути іррелевантними в інших ІМ. Тому вибір ω_j^P повинен бути заснований на врахуванні їх функціонального призначення для кожної ІМ або її фрагмента.

З урахуванням Ω_i^B і Ω_i^P вихідний масив інформаційних ознак Ω_i , які характеризують ситуацію C_i і призначених для формування її інформаційної моделі, перетворюється так:

$$\Omega_i \cup \Omega_i^P = \Omega_i^B \text{ за умови, що } \Omega_i^{\text{ПП}} \cup \Omega_i^{\text{СН}} = \Omega_i. \quad (5.6)$$

Таким чином, для формування інформаційної моделі виділено такі групи інформаційних ознак ситуацій обстановки (рис. 5.5):

- цілепокладаючі – характеризують ступінь небезпеки ситуації в цілому і приналежність її до певного класу;
- ситуаційно необхідні – характеризують деталі ситуацій обстановки, необхідні ОПР для вирішення часткових завдань оцінки обстановки;
- регулярні – характеризують статичні дані, що допомагають при вирішенні конкретних завдань оцінки обстановки;

– відбіркові – характеризують інформаційні ознаки, які вимагають довизначення або додаткового пошуку.

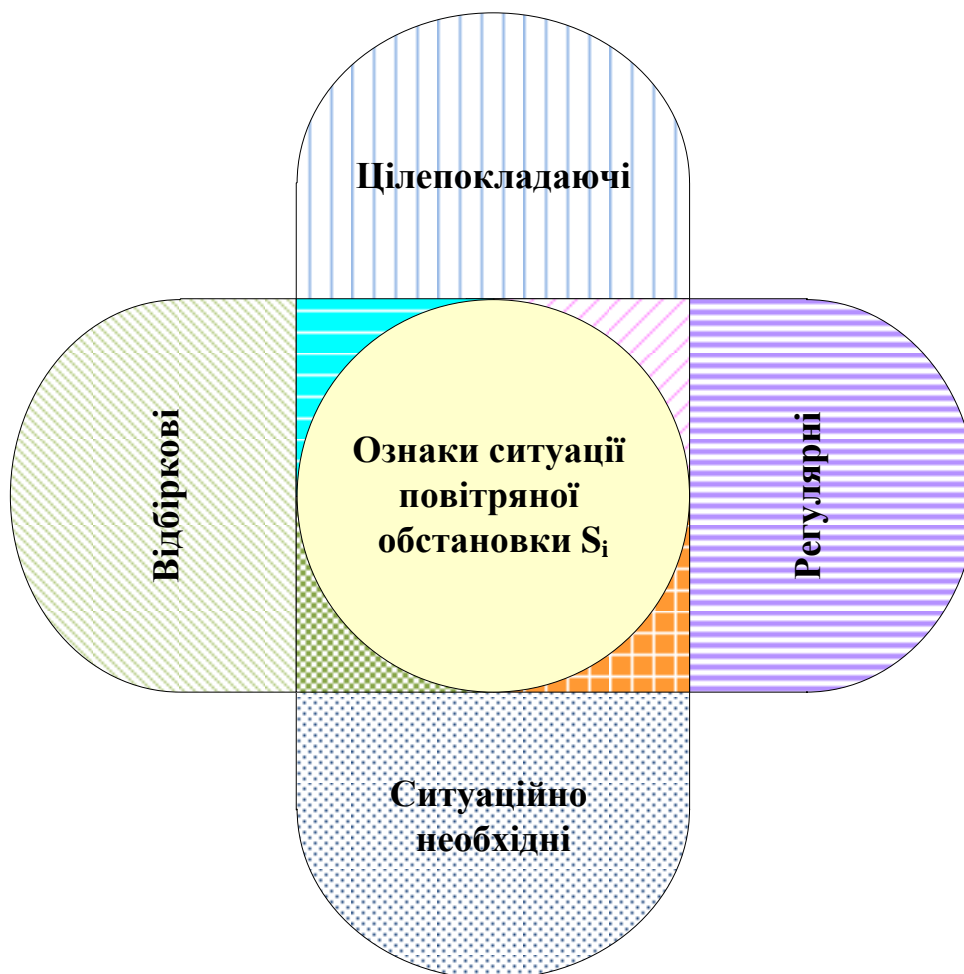


Рисунок 5.5 – Класифікація інформаційних ознак

Розглянемо зміст основних операцій, виконуваних при формуванні масиву ознак ситуацій обстановки, які слід використовувати при проектуванні інформаційних моделей і їх фрагментів, на основі рішення завдання відбору цілепокладаючих ІО.

Цілепокладаючі ІО характеризують найбільш суттєві властивості ситуації, за якими судять про приналежність ситуації до певного класу. Таким чином, формування $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ здійснюється з множини Ω .

Тоді завдання, що підлягає розгляду може бути сформульоване так. Для формування цілепокладаючих ІО $\Omega_i^{\text{ЦП}} \in \Omega^{\text{ЦП}} \in \Omega$ слід вибрати такі, які є

необхідними і достатніми для ефективного вирішення завдання оцінки ситуації:

$$\Omega_i^{\text{ЦП}} = \min \bigcup_{j \in C_i} \omega_j^{\text{ЦП}}, \omega_j^{\text{ЦП}} \in \Omega^{\text{ЦП}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n), \quad (5.7)$$

де $\omega_j^{\text{ЦП}}$ – j-та цілепокладаюча ознака;

C_i – ситуація обстановки, що склалася.

В цьому випадку принцип оптимізації зводиться до мінімізації кількості ознак, що характеризують завдання C_i і забезпечують його оперативну оцінку ОПР.

Зазвичай подібні завдання вирішуються на основі експертних оцінок. Таким чином, формування $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ доцільно виконувати за результатами розв'язання задачі розпізнавання СО, включаючи ІО, що описують C_i .

$$\Omega^{\text{ЦП}} = \bigcup_j \omega_{ij}^{\text{О}}, \omega_{ij}^{\text{О}} \in \Omega_i^{\text{ЦП}}, \quad (5.8)$$

де $\Omega^{\text{ЦП}}$ – множина цілепокладаючих ознак, що характеризують C_i .

Для формування $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ $\Pi_i^{\text{О}}$ необхідно оцінити функціональну значимість $\phi(\omega_{ij}^{\text{ЦП}})$ кожної $\omega_{ij}^{\text{ЦП}} \in \Omega_i^{\text{ЦП}}$ для опису СО. Тоді до множини $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ увійдуть ті ІО, котрі однозначно характеризують СО, що склалася:

$$\Omega_i^{\text{ЦП}} = \bigcup_{\phi(\omega_i^{\text{ЦП}})=1} \omega_i^{\text{ЦП}}. \quad (5.9)$$

Схема формування $\Omega_i^{\text{ЦП}}$ наведена на рис. 5.6.

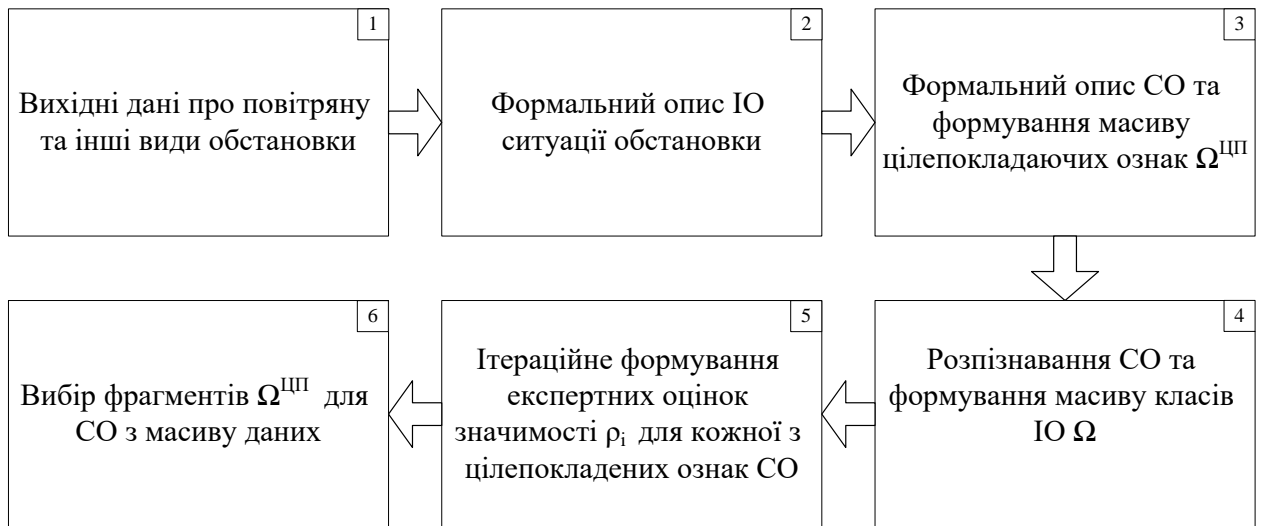


Рисунок 5.6 – Схема формування $\Omega_i^{\text{ЦП}}$

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

Множину Z всіх завдань оцінки СО представляється як:

$$\bigcup_m z_m = Z. \quad (5.10)$$

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

$$\bigcup_{z_m \in k_n} z_m = Z_n, \quad Z_n \in Z. \quad (5.11)$$

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

$$\bigcup_{\Psi_g \in z_m} \Psi_g = \Psi_g^{z_m}, \quad \Psi_g^{z_m} \in \Psi. \quad (5.12)$$

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

$$\Omega_n^{ЦП} \cup \Omega_n^{СН} \cup \Omega_n^B \rightarrow \Psi_g^{z_m}. \quad (5.13)$$

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. 5.7.

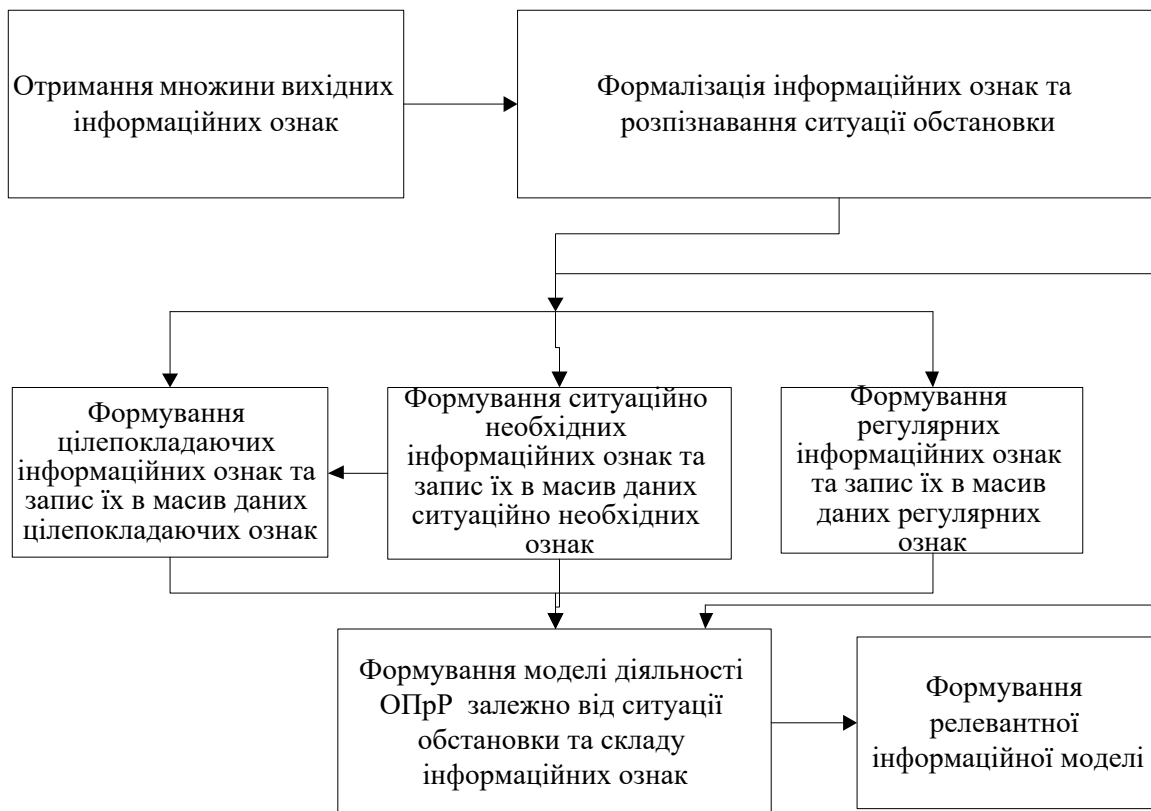


Рисунок 5.7 – Метод формування інформаційних ознак інформаційної моделі ситуації обстановки

Однак дана послідовність процедур передбачає не тільки відбір, але і управління ІО з урахуванням формалізації процесів їх відбору при створенні

ІМ. Розробка даної процедури можлива лише з урахуванням вирішуваних завдань і знань про процес їх вирішення.

За результатами процедур розпізнавання обстановки визначена ситуація, що склалася, і множина завдань оцінки обстановки при конкретній СО k_n :

$$\mu_1 : k_n \xrightarrow{z_m \in k_n} Z_n. \quad (5.14)$$

Множина ІО, що забезпечує вирішення даних завдань може бути визначена так:

$$f_1 : U \xrightarrow{u_i \in Z_n} \Psi_g^{Z_n}. \quad (5.15)$$

Нехай визначено СО k_n – "потенційно конфліктна ситуація". На основі (5.13) визначено перелік завдань оцінки обстановки.

Ці завдання можуть бути вирішені з використанням представленого в табл. 5.4 переліку ІО.

Таблиця 5.4 – Перелік ІО для забезпечення вирішення завдань оцінки обстановки для умов виникнення СО "потенційно конфліктна ситуація"

Завдання Z_n	Інформаційні ознаки
Виявлення невідповідності параметрів руху ПС відповідно до заявки	горизонтальний політ повітряного судна; політ за траєкторіями змінного профілю (набір висоти або зниження);
Виявлення відхилення ПС відповідно до встановленого плану польотів	відхилення ПС від маршруту польоту (або встановленої схеми); зближення повітряних суден;
Виявлення відхилення від встановленого ешелону	перетин зайнятого попутного / зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і / або бокового ешелонування;
Виявлення відхилення від встановленого коридору	польоти в особливих умовах;
...	виникнення особливих випадків в польоті;
Визначення часу можливого перетину траєкторії руху у просторовій площині...	політ на запасний аеродром; повітряне судно знаходиться в ешелоні переходу; відсутність ознак лиха на борту повітряного судна і таке інше.

Слід відібрати цілепокладаючі $u_j^{\text{ЦП}}$, ситуаційно необхідні $u_j^{\text{СН}}$ та відбіркові $u_j^{\text{В}}$ ІО, які необхідні для вирішення завдань Z_n :

$$f_2 : u_j^{\text{ЦП}} \xrightarrow{u_j^{\text{ЦП}} \in \Psi_g^{Z_n}} \Omega_{Z_n}^{\text{ЦП}}; \quad (5.16)$$

$$f_3 : u_j^{\text{СН}} \xrightarrow{u_j^{\text{СН}} \in \Psi_g^{Z_n}} \Omega_{Z_n}^{\text{СН}} \quad (5.17)$$

$$f_4 : u_j^{\text{В}} \xrightarrow{u_j^{\text{В}} \in \Psi_g^{Z_n}} \Omega_{Z_n}^{\text{В}}. \quad (5.18)$$

Наступним кроком слід виділити множину загальних ІО, що забезпечують представлення картографічної інформації, державних кордонів, зон відповідальності органів КІР тощо. Це будуть статичні інформаційні ознаки з великим часом старіння інформації, що забезпечують просторову оцінку обстановки, відносно до яких відображаються інші ІО.

З урахуванням необхідності відбору статистичних ознак ω^{P} для вирішення завдань Z_n правило буде мати наступний вигляд:

$$f_5 : \omega^{\text{P}} \xrightarrow{\omega^{\text{P}} \in C} \Omega_{Z_n}^{\text{P}}. \quad (5.19)$$

Таким чином, ІМ, які забезпечують інформаційну підтримку вирішення завдань Z_n в умовах k_n , можна представити за допомогою наступної множини ІМ_n

$$\Omega_{Z_n}^{\text{ЦП}} \cup \Omega_{Z_n}^{\text{СН}} \cup \Omega_{Z_n}^{\text{В}} \cup \Omega_{Z_n}^{\text{P}} = \text{ІМ}_n. \quad (5.20)$$

Сукупність ІО ІМ_n наведена у згідно табл. 5.5.

Розглянемо склад і зміст основних операцій, що виконуються при формуванні масиву ІО IM_n . Вони характеризують СО і необхідні для вирішення часткових завдань оцінки СО. Їх використання необхідно при проектуванні ІМ і їх фрагментів.

Важливість ІО та відповідних їм ІЕ $\phi(\omega_{ij})$ характеризує семантичний зміст інформації в даному елементі, його внесок в опис властивостей сформованої обстановки. Врахування частоти використання ІО людиною-оператором $\phi(\omega_{ij})$ також сприяє більш ефективному відбору даних для ЗВІ. У першу чергу вибираються для відображення ІО, що часто використовуються.

Остаточне рішення щодо складу множини IM_n визначається операторами, які вирішують специфічні завдання управління.

Таким чином, остаточний вигляд моделі формування і управління ІМ з урахуванням взаємодії операторів з ІМ наведено на рис. 5.8 [43].

Розробку ІМ проведемо відповідно до наведених методів та розглянутих вище етапів відбору ІО, що забезпечують інформаційну підтримку процесу прийняття рішень при оцінці СО ОПРР в АС КПр.

5.3 Обґрунтування структури інформаційної моделі в АС КПр

У системах управління зазвичай використовуються складні комплекси засобів відображення, що включають до свого складу пристрої відображення колективного, групового та індивідуального користування. Такі системи розглянуті, наприклад, у [23-25]. Використання ЗВІ КК забезпечує єдину основу для оцінки основних властивостей СО, ступеню критичності ситуацій, що складаються і рішення часткових завдань усіма операторами АС КПр.

Таблиця 5.5 – Розподіл ІО в ІМп

Завдання Z_n	$\Omega_{Z_n}^{III}$	$\Omega_{Z_n}^{CH}$	$\Omega_{Z_n}^B$	$\Omega_{Z_n}^P$
<p>Виявлення невідповідності параметрів руху ПС відносно до заявки</p> <p>Виявлення відхилення ПС відносно до встановленого плану польотів</p> <p>Виявлення відхилення від встановленого ешелону</p> <p>Виявлення відхилення від встановленого коридору</p> <p>...</p> <p>Визначення часу можливого перетину траєкторії руху у просторовій площині...</p>	<p>ПС знаходиться за межами встановленого коридору</p> <p>політ за траєкторіями змінного профілю;</p> <p>відхилення ПС від маршруту польоту;</p> <p>зближення повітряних суден;</p> <p>.....</p>	<p>перетин зайнятого попутного/зустрічного ешелону із застосуванням поздовжнього і/або бокового ешелонування;</p> <p>повітряне судно знаходиться в ешелоні переходу</p> <p>.....</p>	<p>виникнення особливих випадків в польоті;</p> <p>політ на запасний аеродром;</p> <p>відсутність ознак лиха на борту повітряного судна</p>	<p>Картографічний фон</p> <p>Межі зон відповідальності</p> <p>Межі рубежів передачі управління</p> <p>Об'єкти інфраструктури</p> <p>.....</p>

Цим забезпечується реалізація принципу єдиної мети всіма ланками системи, а також ефективне виконання завдань управління.

ЗВІ індивідуального користування можуть частково дублювати інформацію про загальну обстановку, що забезпечує узгодження часткових завдань з загальною обстановкою. Головне ж їх призначення – інформаційне забезпечення вирішення часткових завдань.

Отже, ІМ можна вважати розподіленою між різними ЗВІ. У зв'язку з цим виникає завдання розподілу інформаційних ознак, що характеризують СО, між засобами відображення так, щоб забезпечити максимальну ефективність оцінки обстановки ОПРР.

Структура розподіленої інформаційної моделі повітряної обстановки повинна забезпечувати оперативне, надійне й адекватне сприйняття ситуації, що склалася. При цьому у операторів АС КПр повинно виникати цілісне сприйняття обстановки. Для цього слід керуватися тими принципами і положеннями, що розроблені в ергономіці [142, 149, 153].

Розглянемо основні структури СІЗ, що найбільш часто застосовуються при створенні сучасних систем управління складними динамічними системами та об'єктами.

Найбільш простою є лінійна або ієрархічна структура ІМ. Вона використовується при явно виражених лінійних зв'язках між елементами контрольованих об'єктів для оцінки їх стану. Лінійну структуру зазвичай застосовують для побудови ІМ технічного стану складних систем озброєння. Таку структуру ІМ характеризують такі показники.

Кількість рівнів узагальнення (К) такої структури залежить від загальної кількості ІО (обсяг вихідного масиву даних, що характеризують завдання і необхідні оператору) і кількості символів, що пред'являються в одній програмі відображення ІМ (А), тобто

$$K = f(N, A, M), \quad (5.21)$$

де N – загальна кількість інформаційних елементів;

M – кількість програм відображення.

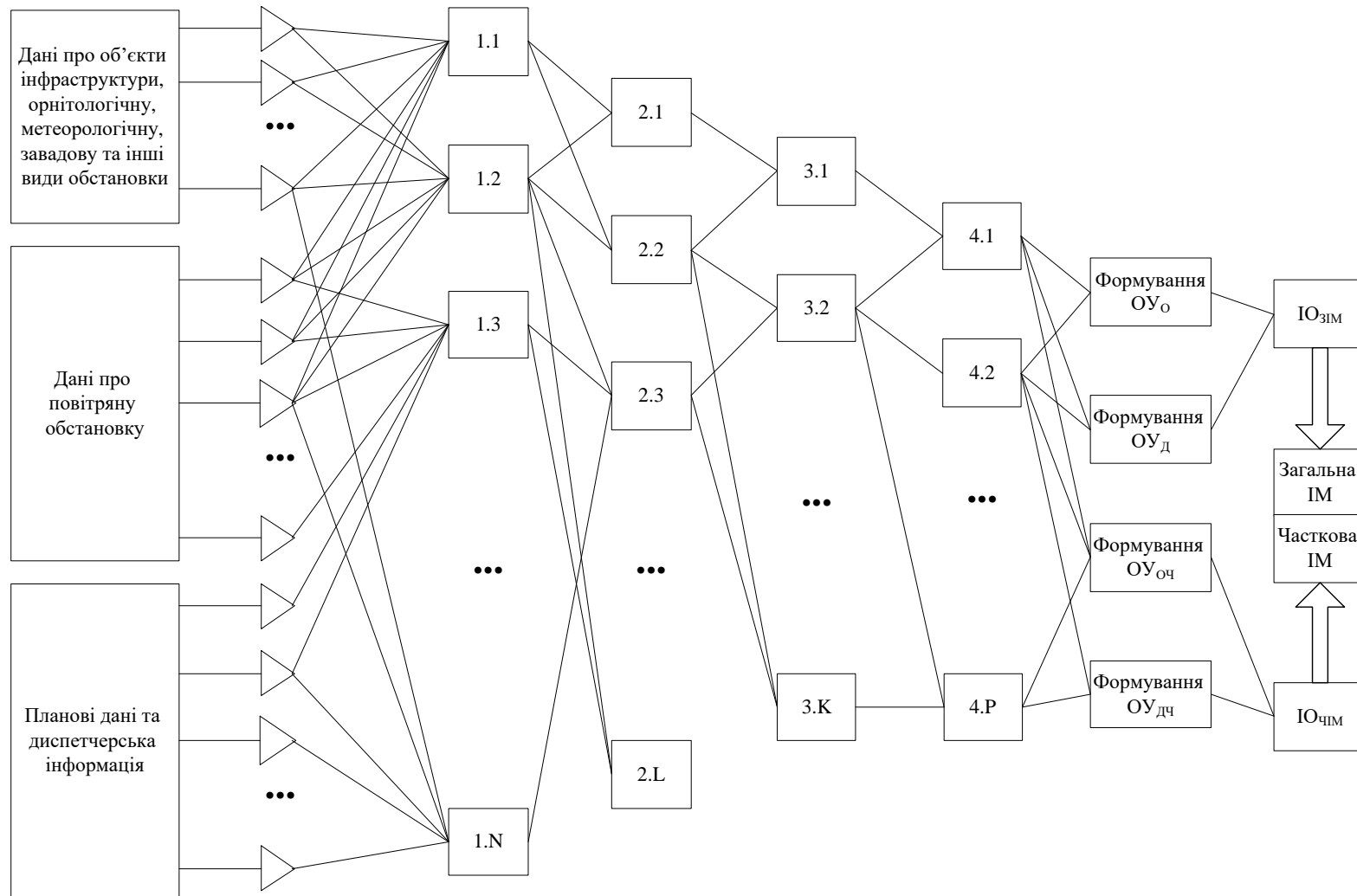


Рисунок 5.8 – Інтелектуальна модель формування і управління ІМ для інформаційного забезпечення процесів підтримки прийняття рішень оператором при управлінні складними динамічними об'єктами

Тоді кількість ІЕ в одній програмі відображення знаходиться згідно виразу:

$$A = \sqrt[k]{N}. \quad (5.22)$$

Кількість програм відображення визначається як:

$$M = \sum_{i=1}^k A_i^{i-1}. \quad (5.23)$$

Таким чином, з'являється можливість оцінити характеристики структури ІМ на етапі її ергономічного проектування і визначити кількість інформаційних елементів в одній програмі відображення з урахуванням мінімізації часу пошуку заданих елементів.

Структура такої ІМ відповідає апріорно відомим програмами відображення. Невизначеності ситуацій обстановки обмежують сферу застосування подібних структур.

У складній ситуації, коли перед ОПРР може виникнути кілька відносно незалежних завдань оцінки СО, можлива додаткова інформація, яка відображається в різних фрагментах ІМ. У такому випадку доцільно використовувати функціональну структуру ІМ.

Зазвичай для нескладних умов СО на практиці використовуються лінійна та функціональна структури ІМ [106, 156].

Якщо виникає необхідність деталізації фрагментів ІМ, тоді можливе використання елементів лінійної структури. Тому при проектуванні інформаційного забезпечення діяльності ОПРР доцільно використовувати комбіновану структуру ІМ (рис. 5.9).

Структурування системи ІМ забезпечує реалізацію принципу необхідної різноманітності при організації раціонального доступу до детальної інформації.

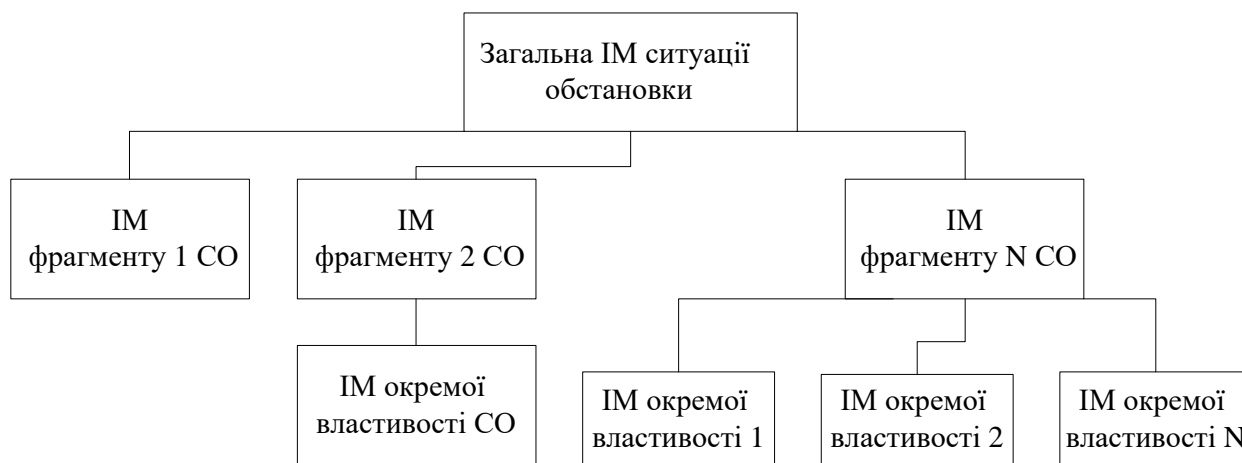


Рисунок 5.9 – Варіант комбінованої структури ІМ

Переваги комбінованої структури ІМ можуть бути реалізовані тільки при застосуванні відповідних ЗВІ та їх структури. При цьому для кожного ЗВІ може бути розроблена своя структура ІМ відповідно до запропонованого варіанту структури ІМ.

Як пристрої відображення колективного користування зазвичай застосовуються великі екрани і табло характеристик повітряних суден, табло метеоданих тощо. Індивідуальні ЗВІ входять до складу автоматизованих робочих місць операторів АС КІР. Основні варіанти їх використання наведені в табл. 5.6

Таблиця 5.6 – Варіанти використання ЗВІ індивідуального користування

Варіант побудови РМ	Варіанти використання інформаційного поля засобу відображення
1. Один ЗВІ	1. Відображення загальної СО 2. Відображення фрагментів СО
2. Один ЗВІ – поліекран	1. Основна частина екрана – відображення загальної СО 2. Вільні частини екрану – відображення фрагментів ІМ
3. Два ЗВІ: – основний – ЗВІ _о – додатковий – ЗВІ _д	ЗВІ _о – Відображення загальної ІМ (частково варіант 1 побудови РМ) ЗВІ _д – Відображення фрагментів ІМ та їх деталей

Слід відзначити, що більш ніж 50-річний досвід ергономічних розробок застосування робочих місць з двома або більше ЗВІ для аналізу і оцінки СО підтверджує такий варіант реалізації розподіленої ІМ.

5.4 Обґрунтування вимог до форми подання інформації про результати оцінки ситуації обстановки

Включення ІУК до складу спеціального програмного і математичного забезпечення АС КПрР призводить до необхідності перегляду підходів до формування ІЕ. У зв'язку з цим необхідно розглядати питання, пов'язані з формуванням концептуальних моделей у свідомості операторів, які тісно пов'язані з типом мислення операторів і тим, як здійснюється інформаційна взаємодія між ІУК та ОПрР.

Саме від того, як оператор сприймає інформацію від ІУК АС КПрР, і залежить швидкість і ефективність його рішень.

Тому при обґрунтуванні форм подання інформації про результати оцінки СО необхідно врахувати таке:

- інформаційні елементи повинні відповідати етапам оцінки СО і ергономічним принципам розробки ІМ;
- зближення структури і змісту інформаційної та концептуальної моделей дозволить скоротити кількість операцій перекодування для переходу до концептуальної моделі;
- форми подання інформації повинні відповідати досвіду і знанням оператора, його інтуїтивним поняттям, враховувати особливості мислення ОПрР.

Для діяльності ОПрР при зміні обстановки і невизначеності даних про неї характерно оперативне мислення [157]. Воно є переважно образним. Тобто розумова діяльність ОПрР у більшості випадків нерозривно пов'язана з образами об'єктів обстановки – оперативними образами. Останні формуються в результаті зіставлення поточної інформації про об'єкти зі збереженою в

пам'яті ОПрР. Таким чином, як оперативний образ розглядається певний набір інформації про об'єкти обстановки, що відображені у свідомості і активно взаємодіють з тією інформацією, яка видається в ІМ з урахуванням динаміки її зміни.

Доведено високу ефективність використання оперативних образів при вирішенні задач оцінки обстановки. Причому з її ускладненням ефективність використання оперативних образів зростає [155].

Тому форми подання інформації повинні найбільш повно відповідати типу мислення ОПрР, структуруванню інформації про СО і забезпечувати швидке її сприйняття. Отже, необхідно вибрати відповідний тип ІМ, яка дозволить відобразити ті ІЕ, що задовольняють характеристикам, властивим для оперативних образів.

ІМ складається з множини інформаційних елементів, узгоджених між собою для ефективного їх сприйняття оператором. Кожен ІЕ відображає абстрактне поняття або сукупність абстрактних понять. В оперативному образі оператора за допомогою ІЕ формуються концептуальні образи (КО), з яких формується КМ. Але для створення одного КО оператору доводиться обробляти, аналізувати і узагальнювати декілька ІЕ. Крім того, складність самого ІЕ призводить до збільшення часу його обробки. Множина ІЕ у складі ІМ перевантажує оперативну пам'ять оператора і є причиною виникнення помилок в оперативному мисленні. Неточності у формуванні КМ призводять до прийняття неефективних рішень і до збільшення часу вирішення завдань. Тому при проектуванні ІМ завдання розробки ІЕ є одним з найбільш складних і важкоформалізуємих.

У процесі управління операторам необхідно враховувати значну кількість факторів, які у сукупності складають КМ, необхідну для прийняття рішень. Тому виникає суперечність: ІЕ повинні представляти якомога більшу кількість абстрактних понять і при цьому бути простими [162, 163]. Крім того, ІЕ повинні підтримувати процес формування КМ у оператора при мінімальній

кількості операцій перекодування. Все це дозволяє сформувавши ряд вимог до ІЕ:

- інформативність;
- простота;
- придатність до швидкого сприйняття та аналізу оператором;
- можливість швидкого формування КМ;
- відповідність вимогам ергономічних стандартів.

Введення даних вимог дозволяє формалізувати процес розробки ІЕ і задовольнити вимоги щодо простоти й інформативності.

Для зниження часу обробки ІЕ необхідно подати їх у формі образів, які б відображали взаємозв'язок параметрів і характеристик об'єктів і процесів, що протікають в аналізованій предметній області.

В ідеалі образ ІЕ повинен при відносно простому кодуванні (формою, розміром, мерехтінням) відображати велику кількість інформації. Це дозволить при відносно малій кількості ІЕ створювати інформативні ІМ, ефективно перетворені в КМ оператором. Можливість регулювати параметри образів ІЕ дозволяє ефективно компоувати й управляти їх відображенням, що дозволить створювати ІМ, максимально адаптовані до вимог операторів і важливості вирішуваних ними завдань.

Проілюструємо процес розробки вимог до форми ІЕ. Нехай необхідно представити у вигляді ІЕ складне поняття "завантаженість операторів ПУ щодо загального обсягу ПС". Визначимо послідовність процесу розробки [43]:

- висунення вимог до інформаційного елемента;
- аналіз існуючої ІМ на відповідність встановленим вимогам;
- розробка варіантів ІЕ;
- дослідження ефективності використання запропонованих ІЕ;
- аналіз результатів;
- впровадження інформаційного елемента в інформаційну модель.

Послідовність та структура процесу визначення оптимального змісту та розроблення структури ІЕ наведено на рис. 5.10.



Рисунок 5.10 – Зміст та послідовність операцій процесу розробки ІЕ

Розроблено варіанти представлення поняття "завантаженості операторів ПУ щодо загального обсягу ПС" у вигляді ІЕ. Образи даного ІЕ наведені на рис. 5.11.

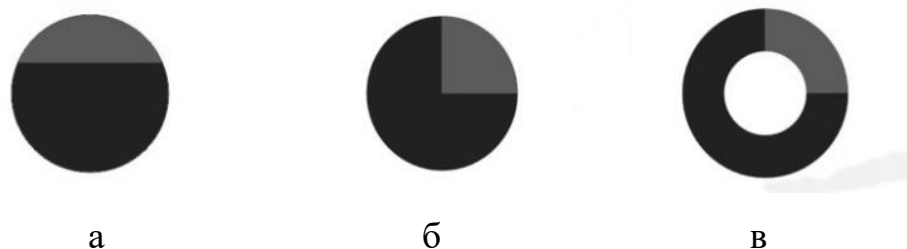


Рисунок 5.11 – Образи інформаційного елемента

а – типа "поплавок", б – типа "секторне коло", в – "секторне кільце"

Ці образи дозволяють при простоті самого знака відображати загальний обсяг ПС в зоні відповідальності ПУ, завантаженість кожного оператора, подавати узагальнені характеристики обстановки, що склалася, а також забезпечити динамічну корекцію ІЕ. Вибір кола обумовлений тим, що проста фігура дозволяє ефективно відображати поняття співвідношення.

Крім того, даний ІЕ можна компактно розмістити в ІМ і представити в ньому додаткову інформацію. Інші параметри ІЕ, такі як розмір, колір, яскравість, розташування частин знака – розроблені відповідно до існуючих ергономічних вимог [144].

Відповідно до процедури розробки ІЕ слід дослідити отримані варіанти ІЕ (рис. 5.12) для використання в ІМ.

Для оцінки відповідності запропонованих ІЕ до вирішуваного завдання проведено експеримент, на підставі якого приймалося рішення щодо вибору ІЕ. В експерименті брали участь 44 оператори, які вирішували в цілому 318 завдань. У результаті отримані оцінки математичного сподівання часу обробки і ймовірності правильної інтерпретації ІЕ у складі ІМ. Результати експерименту наведено в табл. 5.7.

За результатами проведеної оцінки ІЕ встановлено, що найкращим ІЕ є "секторне коло". Його слід використовувати для відображення поняття "завантаженість операторів ПУ щодо загального обсягу ПС".

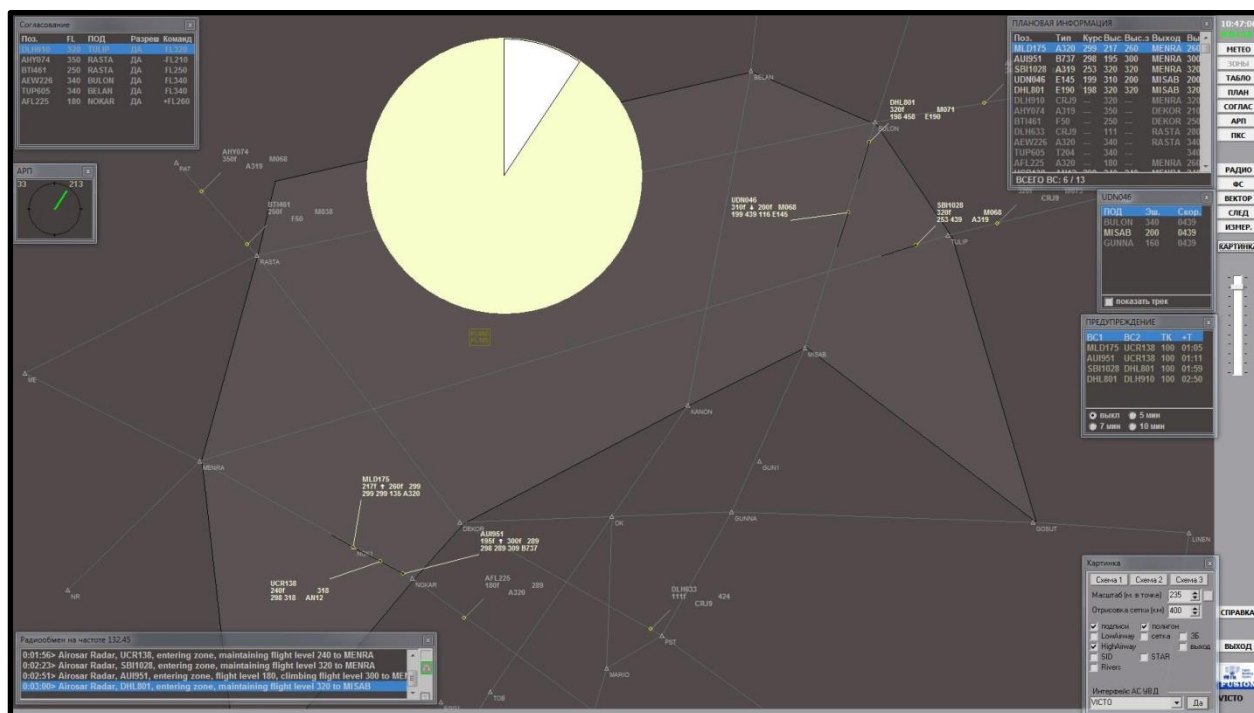


Рисунок 5.12 – Приклад лабораторної установки для дослідження якості ІЕ

Таблиця 5.7 – Результати експерименту

Параметри, що оцінювались	Тип інформаційного елементу		
	"поплавок"	"секторне коло"	"секторне кільце"
Математичне сподівання часу обробки, мс	5,439	4,960	5,928
Ймовірність правильної відповіді	0,50	0,78	0,52
Ймовірність помилки	0,5	0,22	0,48

Отримані результати дозволяють представити структуру методу проектування і синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень в умовах невизначеної обстановки, що динамічно змінюється, що представлено на рис. 5.12.



Рисунок 5.12 – Структура методу проектування і синтезу інформаційних моделей для інформаційної підтримки прийняття рішень з оцінки обстановки

У подальшому доцільно провести дослідження питань впливу перевантаження інформаційної моделі на діяльність операторів АС КПП. При чому потрібно враховувати, що організація потоків інформації повинна

виключати як перевантаження, так і недовантаження оператора. Слід розрізняти перевантаження двох видів:

- 1) подій, що вимагають реакції оператора, занадто багато і відбуваються вони дуже швидко;
- 2) засоби подання інформації задають постійний темп роботи, що призводить до періодичних перевантажень за рахунок різного часу обробки.

5.5 Дослідження питань впливу перевантаження інформаційної моделі на діяльність операторів АС КПП

5.5.1 Аналіз впливу ступеня перевантаження інформаційних моделей на ефективність діяльності оператора

Накладення формулярів характеризується розміром площі їх перетину. Для кількісної оцінки цієї властивості використовують [148] узагальнений показник – коефіцієнт перетину формулярів $K_{пт}$, який характеризує середнє значення ступеня накладення всіх формулярів, які перетинаються:

$$K_{пт} = \frac{S_H}{NS_\phi}, \quad 0 \leq K_{пт} \leq 1, \quad (5.24)$$

де $S_H = \sum_i S_{H_i}, (i = \overline{1, N})$ – сумарна площа ділянок формулярів, що перетинається;

S_{H_i} – площа і-го формуляра (Φ_i), який перетинається хоча б з одним з формулярів;

S_ϕ – площа одного формуляра, за умови $S_{\phi 1} = S_{\phi 2} = \dots = S_{\phi i}, S_\phi = S_{\phi i}$, якщо площі не однакові, маємо:

$$S_{\phi} = \frac{\sum_i S_{\phi_i}}{N}. \quad (5.25)$$

Такий показник дає лише загальну усереднену оцінку накладення формулярів. При відносно малих значеннях K_n серед усіх накладень формулярів можуть бути такі, які взагалі не читаються або на їх сприйняття потрібні великі витрати часу. Природно, в таких умовах ймовірність безпомилкового сприйняття інформації приймає дуже мале значення.

При наявності інформації про ступінь спотворення цілком конкретних формулярів можна вжити заходів щодо зниження негативного впливу накладення формулярів у динаміці оцінки ПО. Тому доцільно використовувати показник, що характеризує ступінь перетину кожного формуляра з усіма іншими. Таким показником може бути коефіцієнт накладення формуляра Φ_i :

$$\kappa_{n_i} = \frac{S_{n_i}}{S_{\phi_i}}, \quad 1 \geq \kappa_{n_i} \geq 0, \quad (5.26)$$

де s_{n_i} – сумарна площа перетину i -го формуляра з усіма іншими.

Від значення κ_{n_i} залежить ступінь спотворення знаків формуляра, а, відповідно, і час сприйняття (t_c) і ймовірності безпомилкового сприйняття інформації (P_{bc}).

У [168] за результатами теоретико-експериментальних досліджень отримано залежності ймовірності безпомилкового сприйняття і середнього часу сприйняття від K_n :

$$P_{bc} = 1 - aK_n^4; \quad (5.27)$$

$$t_c = b + cK_n^3, \quad (5.28)$$

де a , b , c – коефіцієнти згладжування експериментальних залежностей, які суттєво залежать від рівня підготовки операторів. У [180] визначені такі значення $a = 0,14$; $b = 0,64$; $c = 1,83$.

Аналіз цих залежностей показує, що через накладання середній час сприйняття формуляра збільшується приблизно в 2 рази. При цьому не виключені й випадки такого спотворення знаків, при якому їх сприйняття неможливо. Залежно від K_n середнє значення ймовірності безпомилкового сприйняття може зменшуватися в 1,8 рази.

Для оцінки впливу накладення формулярів на діяльність ОПРР використовувалась експериментальна установка, основу якої склав монітор з діагоналлю 22" і імітаційне середовище, наведене в Додатку Б.

Експериментально досліджувались два типи ІМ. Перший тип ІМ відтворював ситуацію обстановки з накладенням формулярів ПС, другий тип ІМ – подання тієї ж ситуації без накладення формулярів. Варіанти досліджуваних ІМ показані на рис. 5.13.



а) ІМ з накладенням формулярів ПС б) ІМ без накладення формулярів ПС

Рисунок 5.13 – Варіанти досліджуваних інформаційних моделей

Порівняльний аналіз цих ІМ проведений при однакових умовах. Перед операторами, згідно процедур, запропонованих в [182], ставилося завдання визначити тип, висоту, швидкість ПС при одночасному відображенні 20-30 формулярів.

Основні результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Результати експериментальних досліджень

Тип завдання	t_c, c	P_{bc}
Однократне накладення	28,9	0,796
Двократне накладення	81,93	0,523
Без накладення	13,63	0,932

Основні результати дослідження:

- при одноразовому накладенні формулярів (НФ) t_c збільшується не менше, ніж в 2 рази;
- при дворазовому НФ t_c збільшується не менше, ніж в 6 разів;
- ймовірність P_{bc} знижується при одноразовому НФ у 1,2 рази, а при дворазовому НФ – в 1,8 рази.

Отримані значення дозволяють оцінити \bar{t}_{ovo} і P_{ovo} з урахуванням виразів (1.17) і (1.19) відповідно. При збільшенні обсягу відображення до 100 формулярів можна очікувати збільшення t_c не менш ніж в 7 разів при значному зниженні P_{bc} . Таким чином, при НФ слід очікувати великих витрат часу на пошук і сприйняття критичних формулярів, що може істотно вплинути на виконання функціональної задачі, що підтверджують результати експерименту (Додаток Ж).

Слід зазначити, що в критичних ситуаціях ОПР змушений звертатися до інших осіб чергової зміни для отримання тієї інформації, яку він не може сприйняти через накладення формулярів (операція W_{84} , рис. 1.3). Час отримання цієї інформації може бути одного порядку з часом сприйняття ситуації ПО, що відображається. Показники ефективності оцінки СО будуть ще більше знижуватися.

5.5.2 Аналіз методів зниження негативного впливу накладення формулярів на діяльність оператора

Перш за все необхідно розглянути основні фактори, від яких залежить накладення формулярів, виходячи з аналізу залежностей (5.27, 5.28):

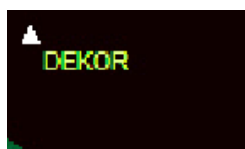
- кількість відображуваних формулярів ПС (N);
- площа формуляра (S_{ϕ});
- масштаб відображення (M).

Вплив ефекту накладення проявляється тим сильніше, чим більшим є обсяг відображення. Так, наприклад, у [183] показано, що при зміні N від 100 до 20 коефіцієнт накладення зменшується в 2–2,5 рази. Кількість відображуваних формулярів залежить від стану повітряної обстановки і використовуваних способів групування цілей. Як показано раніше, величина N може змінюватися в широких межах. Наприклад, в деяких ІУК АС КІР передбачено відображення до 250 формулярів. Величину N можна зменшити при селекції ПС за певними ознаками. Однак, у цьому випадку відображається обстановка, не адекватна тій, що реально склалася. Це може привести до помилок оцінки загальної обстановки.

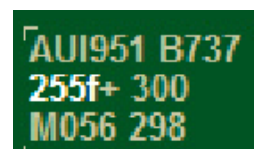
Слід зазначити, що через нерівномірний розподіл формулярів на екрані зниження N може незначно вплинути на прояв ефекту накладення.

При фіксованому масштабі відображення ефект накладення проявляється тим сильніше, чим більшими є лінійні розміри знаків і кількість знаків у формулярі, тому що саме ці величини визначають значення S_{ϕ} (рис. 5.14). Розміри символів на екрані ЗВІ істотно впливають на умови їх сприйняття. Ергономічні вимоги встановлюють оптимальні розміри символів, які не змінюються при зміні масштабу відображення інформації. З урахуванням цього отримаємо:

- для 5-ти значного (короткого) формуляра (рис. 5.14а) – $S_{\phi} = 29,3 \text{ мм}^2$;
- для 25-ти значного (повного) формуляра (рис. 5.14б) – $S_{\phi} = 94,2 \text{ мм}^2$.



а)



б)

Рисунок 5.14 – Приклад відображуваних формулярів

Таким чином, використання коротких формулярів дозволяє зменшити величину K_n приблизно в 3,5 рази.

При цьому інформативність формулярів значно знижується, а для отримання відомостей, яких не вистачає, оператор витрачає додатковий час.

Лінійні розміри формуляра з урахуванням M можна представити так:

$$l_x = \Delta x M, l_y = \Delta y M,$$

де Δx , Δy – лінійні розміри формуляра по горизонталі і вертикалі відповідно, см; M – масштаб відображення, км/см.

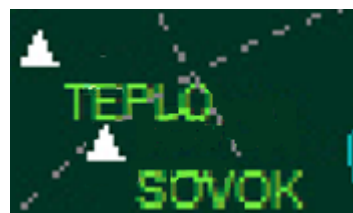
Легко помітити, що площа, яка "накривається" формуляром S_ϕ (км²), у значній мірі залежить від використовуваного масштабу відображення. При зменшенні масштабу збільшуються лінійні відстані між відображеними формулярами.

При цьому ймовірність їх накладення зменшується, а отже зменшується і значення K_{ni} . Наприклад, у [180] показано, що для $N = 20$ при 3-х кратному збільшенні масштабу значення K_n збільшується в 2,2 рази.

Розглянуте положення ілюструють приклади, наведені на рис. 5.15.



а) М=1:6700000



б) М=1:2350000

Рисунок 5.15 – Інформаційна модель повітряної обстановки при різних масштабах відображення

Масштабування відображення може виконуватись за ініціативою оператора [182]. Оператор вибирає той масштаб, який дає максимальне зниження негативного впливу ефекту накладення формулярів.

Недолік даного способу зниження негативного ефекту накладення полягає в такому. По-перше, виникають витрати часу, пов'язані з маніпуляціями органами управління, визначення тих цілей, які необхідно виділити або відображати в першу чергу. По-друге, при використанні одного ЗВІ на робочому місці втрачається інформація, яка масштабується, тобто порушується основний принцип відображення інформації про повітряну обстановку – забезпечення відображення інформації в обсязі, адекватному теперішній обстановці, що реально склалася.

Використання розроблених у п.5.3 пропозицій для обладнання робочого місця додатковим пристроєм відображення дозволить розширити обсяг ІМ і, таким чином, забезпечить адекватність інформації, яка відображається.

Перевага такого методу відображення – великий масштаб відображення, а, отже, оптимальне сприйняття інформації ОПРР.

Недоліком даного методу є витрати часу на переміщення погляду оператором між ІМ.

У сучасних умовах використання нових інформаційних технологій дозволяє усунути такі недоліки за рахунок застосування програмних засобів, що дозволяють створювати "поліекран" в інформаційному полі ІМ для відображення формулярів цілей, які підлягають розведенню, зміни масштабу виділеної області (ефект "лупи").

Перевагою відображення інформації із застосуванням поліекранних засобів відображення (рис. 5.16) є зниження часу, що витрачається на

перенесення погляду ОПРР, що, у свою чергу, приводить до зниження часу інформаційного пошуку.

Недоліком є велика завантаженість інформаційного поля пристрою відображення на робочому місці оператора.

Застосування спеціального режиму "лупа" (рис. 5.17) дозволяє переглядати будь-яку ділянку ІМ в укрупненому масштабі, що дозволяє суттєво знизити негативний вплив ефекту накладення формулярів на діяльність ОПРР.

Одним з основних елементів третього рівня адаптації є розпізнавання факторів, що впливають на оцінку повітряної обстановки. Перш за все, розглянемо основні процеси, пов'язані з розпізнаванням накладення інформації.

У пунктах 4.3, 4.4 проведено аналіз методів розпізнавання, які можуть бути застосовані для вирішення завдання розпізнавання ситуацій обстановки.

Дані методи використовуються тоді, коли для прийняття рішення в умовах невизначеності і надмірності даних необхідно обробляти велику кількість інформації. У випадку, що розглядається, таке завдання не ставиться. Тому виникла необхідність у розробці більш простого, і, але достатньо надійного методу розпізнавання.

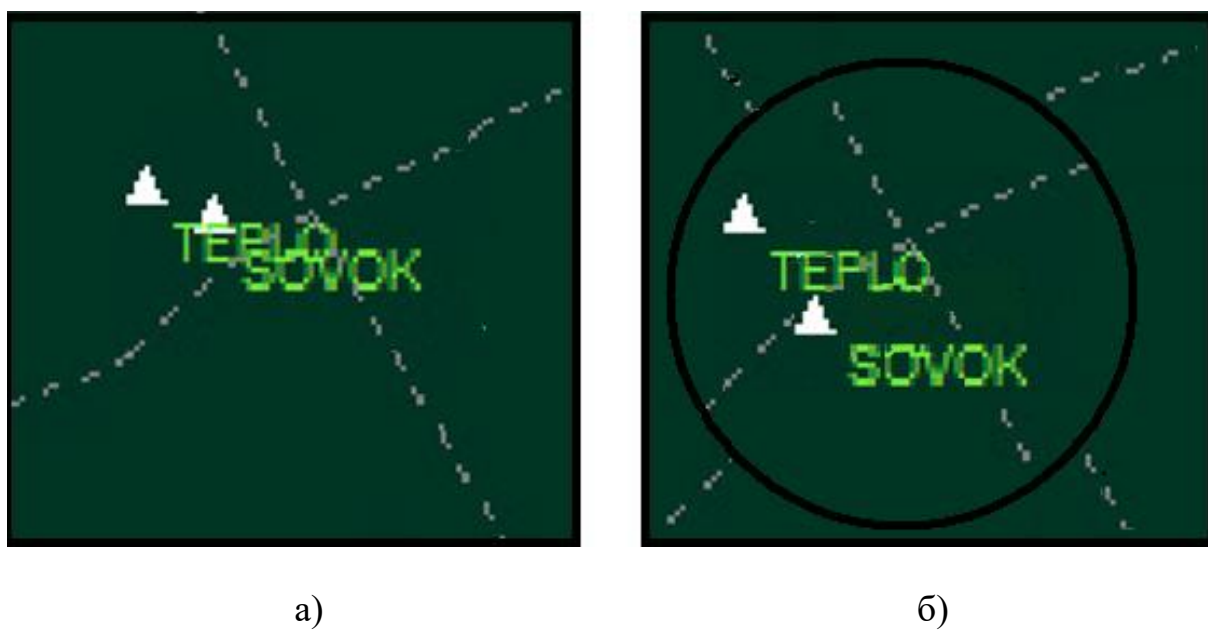
5.5.3 Адаптивне управління відображенням при накладенні формулярів.

Використання будь-якого з раніше розглянутих способів відображення інформації (див. п.п.5.5.2) неминуче пов'язане з виконанням таких операцій:

- виявлення зв'язок формулярів, тобто фактично розпізнавання накладення формулярів;
- визначення пріоритетів обслуговування (масштабування) зв'язок формулярів;
- реалізація управляючих впливів на програмні модулі системи відображення.



Рисунок 5.16 – Застосування методу поліекран



а)

б)

Рисунок 5.17 – Інформаційна модель а) без застосування методу "лупа"

б) із застосуванням методу "лупа"

Якщо ОПРР доступні кілька способів масштабування (додатковий пристрій відображення, поліекран, «лупа»), він може вибрати той, якому віддає перевагу в конкретній ситуації.

У порівняно простій повітряній обстановці – при появі 3-4 зв'язок, ОПРР досить легко виконує зазначені операції. При цьому неминучі додаткові витрати часу на встановлення пріоритету зв'язок і маніпулювання органами управління. Дані витрати можуть бути допустимі, коли немає жорсткого дефіциту часу.

Але і у простій ситуації можуть виникнути труднощі встановлення пріоритету обслуговування зв'язок.

Ці труднощі обумовлені спотворенням знаків, що характеризують важливість цілей.

У складній повітряній обстановці при появі великої кількості зв'язок і гострому дефіциті часу для оцінки ситуацій і прийняття рішень доцільно використовувати адаптивне автоматизоване управління масштабуванням інформації, що відображається. Таке управління забезпечить скорочення часу, що витрачається на оцінку обстановки в зоні відповідальності органу КПр, приблизно на 10 ... 15%.

Розглянемо основні положення і допущення, які використовуються при розробці одного з варіантів адаптивного управління масштабуванням відображення інформації.

При накладенні утворюється зв'язка формулярів. Чим більше формулярів входить до зв'язки, тим складніші умови для їх сприйняття.

Накладення може бути 2-х, 3-х і більше кратним навіть при порівняно невеликих значеннях K_{hi} . Це необхідно враховувати, щоб за інших однакових умов в першу чергу обслуговувати зв'язки з великою кількістю формулярів.

Тому введемо ознаку накладення формулярів: $\pi_{hi} = 0$ – на формуляр Φ_i немає накладення; $\pi_{hi} = 1, 2, 3, \dots, n$ – на формуляр Φ_i є накладення інших формулярів, кількість яких і характеризує ця величина. Наприклад, $\pi_{hi} = 1$ – у

зв'язці два формуляри (на формуляр Φ_i наклався формуляр Φ_j), $\pi_{hi} = 2$ – у зв'язці три формуляри (на формуляр Φ_i наклалися два формуляри) і т.д.

Розпізнавання накладення формулярів фактично зводиться до виявлення тих формулярів, які перетинаються з даним формуляром Φ_i . Після виявлення накладення формулярів необхідно визначити значення K_{hi} для даної зв'язки. В результаті для кожного відображуваного формуляра визначаються значення K_{hi} і π_{hi} .

Таким чином, для встановлення факту накладення Φ_j на Φ_i достаньо порівняти різниці координат відповідних цілей $((x_j, y_j)$ і (x_i, y_i)) $\Delta x_i = x_i - x_j$ та $\Delta y_i = y_i - y_j$ з розмірами формуляра відносно використовуваного масштабу відображення (l_x і l_y відповідно), тобто в даному випадку проводиться стробування формулярів. Формуляр, що потрапив у стробу, вважається таким, що перетинається з формуляром Φ_i . Рисунок 5.18 пояснює цей процес.

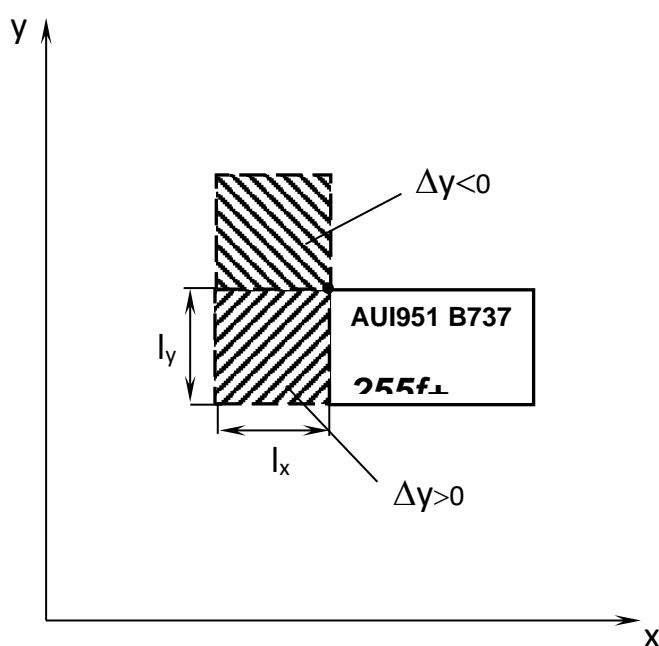


Рисунок 5.18 – Процес розпізнавання накладення формулярів

Слід зауважити, що $\pi_{hi} \neq 0$, якщо $|\Delta y| < l_y$.

Для спрощення процедури пошуку формулярів, що перетинаються, введемо масив ПС що відображаються у ньому вони впорядковані в порядку убутання координати x $z=(x_i, y_i, w_i)$ при $x_1 \geq x_2 \geq \dots \geq x_N$, $i=1, 2, \dots, N$, де w_i – важливість i -го ПС.

Розглянуті положення складають основу алгоритму виявлення накладення формулярів ПС, що відображаються на екрані пристрою відображення. Спрощена структурна схема цього алгоритму наведено на рис. 5.19. У цьому алгоритмі не розглядається перетин зв'язок траєкторій ПС.

За допомогою цього алгоритму можливо встановити не тільки факт накладення формулярів, а й визначити кількість формулярів, що перетинаються з Φ_i , тобто кількість формулярів у зв'язці. Для кожного формуляра визначається значення S_{ni} .

Реалізація розглянутого алгоритму дозволяє сформувати масив Z_n формулярів, що перетинаються, елементами якого, крім x_i, y_i, w_i , є S_{ni} і π_{ni} .

Таким чином, підготовчий етап адаптивного управління масштабуванням полягає у формуванні масиву Z_n .

Далі необхідно встановити пріоритет обслуговування зв'язок траєкторій. Для цих цілей можна використовувати ознаки w_i, S_{ni} і π_{ni} . Розглянемо можливий варіант реалізації управління масштабуванням формулярів, що відображаються при їх накладенні.

У першу чергу слід забезпечити швидке безпомилкове сприйняття найбільш важливих ПС. Тому для виключення впливу ефекту накладення формулярів на сприйняття інформації з Z_n насамперед вибираються ті Φ_i , для яких w_i має максимальне значення.

Далі віддається пріоритет тим зв'язкам, для яких K_{ni} має максимальне значення (або максимальне значення π_{ni}).

Встановлення правил управління відображенням інформації при накладенні формулярів вимагає спеціальних досліджень, які враховують специфіку відображення інформації та вирішення завдань операторами в конкретній обстановці. Ці дослідження виходять за рамки даної роботи.

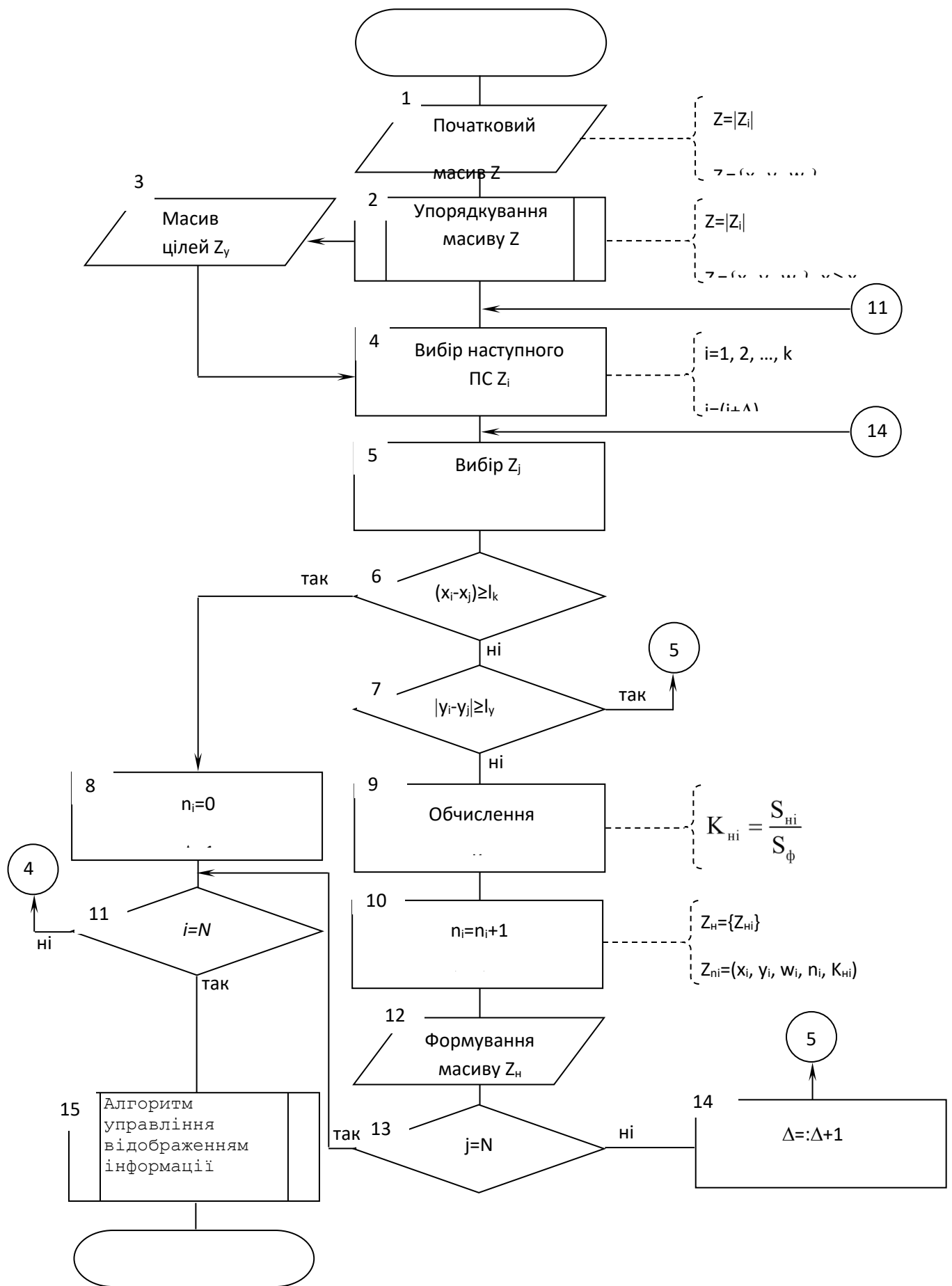


Рисунок 5.19 – Структурна схема алгоритму виявлення накладення формулярів повітряних суден

5.6 Управління відображенням додаткової інформації

При оцінці обстановки особа, що приймає рішення, використовує не тільки інформацію, подану на планшеті загальної повітряної обстановки, але і табло характеристик ПС, табло метеобстановки тощо, які відносяться до засобів відображення інформації колективного користування.

Впровадження додаткового пристрою відображення (ЗВІ_д) до складу робочого місця ОПРР відкриває широкі можливості вдосконалення інформаційного забезпечення його діяльності.

У 5.3 запропоновано використовувати додатковий пристрій для відображення інформації про напрямок виникнення ПКС або про масштабування інформації в разі накладення формулярів. Крім цього, можна відображати на цьому ж пристрої додаткову інформацію, подану на ЗВІ колективного користування.

Слід зазначити, що ЗВІ_д може бути використано не тільки для відображення фрагментів ситуації обстановки в інтересах ефективної її оцінки, а й для відтворення інформації, що використовується для оцінки загальної обстановки та управління і взаємодії з іншими операторами:

- про загальний стан радіоелектронної обстановки в зоні відповідальності органу КПР;
- про орнітологічну обстановку в районі аеродрому;
- про метеобстановку на аеродромах.

Тоді при проектуванні системи інформаційного забезпечення повинно бути передбачено формування відповідних програм відображення й управління ними.

Для відображення такої інформації на ЗВІ_д важливе значення має вибір форми її подання.

У відомих системах відображення, як правило, використовуються такі форми подання інформації:

- таблична, різновидом якої є подання інформації у вигляді формулярів;

- мнемонічна (мнемосхеми, знаки об'єктів тощо);
- комбінована, в якій поєднуються мнемонічні і табличні форми відображення.

Форма подання інформації впливає на умови її сприйняття, а, отже, на основні показники діяльності оператора.

Тому для формування програм відображення в першу чергу слід вибрати форму подання інформації, що забезпечує найкращі умови сприйняття й оцінки. Ці питання вирішуються зазвичай на основі аналізу результатів експериментального дослідження для різних форм відображення інформації цілком певного функціонального призначення.

Розглянемо методичний підхід до вибору форми відображення інформації на екрані ЗВІ_д на прикладі метеообстановки на аеродромах.

Табло метеоданих призначене для відображення даних про метеорологічну обстановку на окремих аеродромах і ділянках місцевості за даними, які поступають з відповідних джерел інформації.

В ІУК АС КПр інформація про метеообстановку видається у формалізованому вигляді (табл. 5.9) [29].

Таблиця 5.9 – Табло метеообстановки

Номер	Найменування	Час	Хмарність	Н хмар	Видимість	Явища	Летність	Вітер	V вітру	Джерело
1572	Чугуїв	13:45	висока	1000м	300м	хмарно	СМУ	Півн-С	2 м/с	ГМЦ
6632	Луганськ	14:30	низька	1300м	500м	ясно	ПМУ	З	1,3 м/с	ГМЦ
8900	Мелітополь	14:10	висока	900м	100м	хмарно	СМУ	Півд-З	5 м/с	ГМЦ

Дані про погодні явища видаються у вигляді таблиці, в якій знаходиться одинадцять стовпчиків (див. табл. 5.9).

У стовпчику "Номер" указується номер аеродрому (об'єкту), по якому далі представлена метеообстановка.

У стовпчику «Найменування» називається найменування населеного пункту, в якому знаходиться даний аеродром (об'єкт).

У стовпчику "Час" у 24-годинному форматі виводиться час, коли останній раз проводилось оновлення метеорологічної обстановки.

У стовпчиках "Хмарність" і "Н хмар" відмічається рівень хмарності на вказаних об'єктах і висота цих хмар в метрах, відповідно.

У стовпчику "Видимість" відображається радіус видимості у метрах.

У стовпчику "Явища" відображаються метеорологічні явища (дощ, сніг, туман тощо), які були помічені на даній ділянці в час останнього оновлення інформації.

Стовпчики "Вітер" і "V вітру" відображають напрям вітру і його швидкість відповідно.

У стовпчику "Джерело" вказується джерело інформації метеорологічної обстановки.

Форма табло метеообстановки на засобах відображення наведена на рис.5.20.

Номер	Найменування	Час	Хмарність	Н хмар	Видимість	Явища	Летність	Вітер	V вітру	Джерело
1572	Чугуїв	13:45	висока	1000 м	300 м	хмарно	СМУ	с-в	2 м/с	ВГМЦ
6632	Луганськ	14:30	низька	1300 м	500 м	ясно	ПМУ	в	1,3 м/с	ВГМЦ
8900	Херсон	14:10	висока	900 м	100 м	хмарно	СМУ	півд-з	5 м/с	ВГМЦ
2119	Львів	15:20	висока	850 м	150 м	дощ	СМУ	півд	6,2 м/с	ВГМЦ
0211	Київ	13:30	низька	1500 м	700 м	ясно	ПМУ	півн	1,1 м/с	ВГМЦ

Рисунок 5.20 – Табло погоди

Залежність середнього часу оцінки метеобстановки при табличному способі істотно залежить від кількості об'єктів N, стан яких оцінюється.

Отримані оцінки математичного очікування виконання дії при оцінці інформації в ІМ оператором при заданому часі на виконання цієї дії представлені у відсотковому співвідношенні наведенні на рис. 5.21.

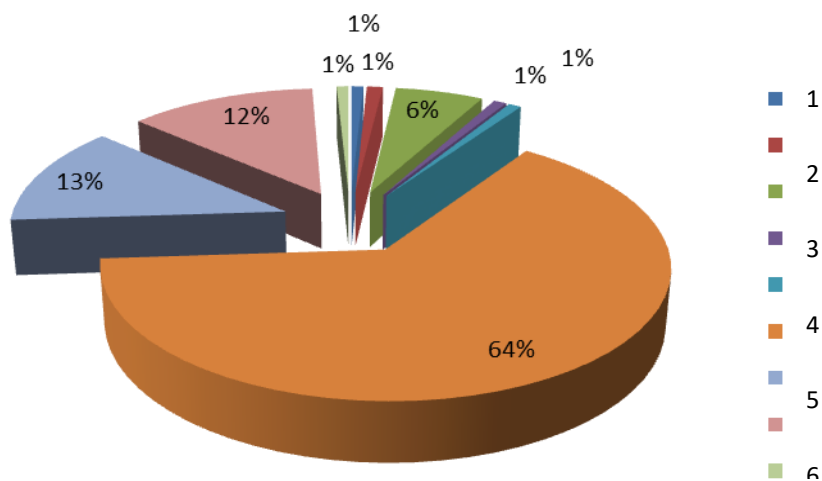


Рисунок 5.21 – Розподіл витрат часу оператора при роботі з табло погоди

На рис. 5.15 позначено:

- 1 – підтвердження про повний прийом інформації не отримане (1%);
- 2 – кінець видачі інформації про метеобстановку (1%);
- 3 – пошук табло погоди (6%);
- 4 – результати пошуку на табло позитивні (1%);
- 5 – пошук на табло не дав результатів (1%);
- 6 – видача інформації (64%);
- 7 – отримання підтвердження про отримання елемента метеобстановки (13%);
- 8 – підтвердження про отримання елемента метеобстановки не отримане (12%);
- 9 – підтвердження про повний прийом інформації (1%).

Отримані результати показують, що на видачу інформації витрачається до 64% часу, а менше всього – на отримання або неотримання підтвержень, отримання результатів пошуку на табло та закінчення видачі інформації про метеообстановку – всього по 1%.

Іншим способом може бути комбінована форма подання інформації про метеообстановку (рис. 5.22).

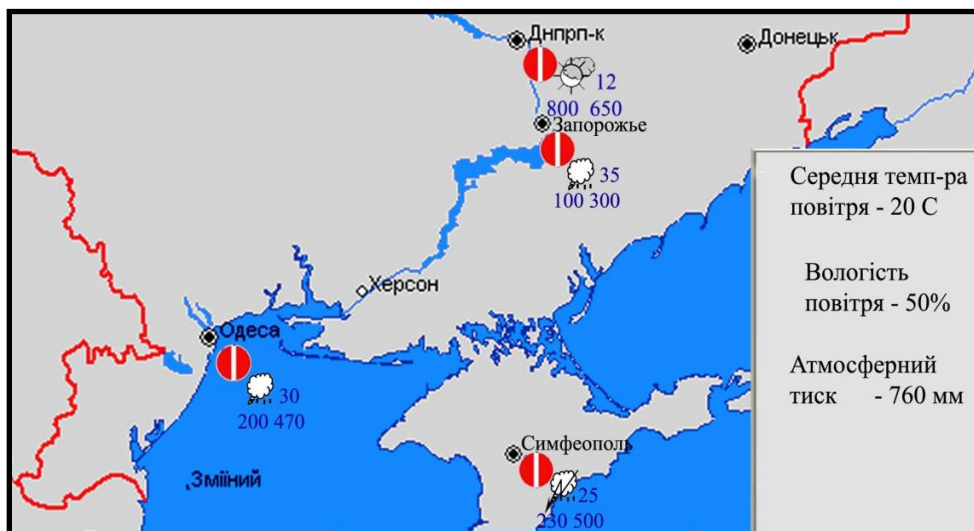


Рисунок 5.22 – Комбіноване подання інформації про метеообстановку

При розробці даного способу вироблені такі рекомендації:

1. Загальну інформацію (атмосферний тиск, температуру і вологість повітря) відобразити в командно-інформаційному рядку в окремій частині екрану ЗВІ_д.
2. Час спостереження стану погоди відобразити як поточний час в верхньому правому куті екрану.
3. Стан погоди на аеродромі відобразити у вигляді знаків (рис. 5.23).

При похмурий погоді ОПРР може знадобитися додаткова інформація, яку рекомендується представляти в такому вигляді (рис. 5.24).



Рисунок 5.23 – Позначення

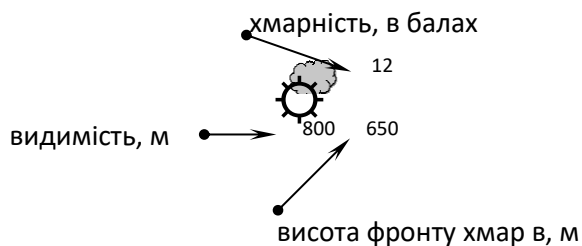


Рисунок 5.24 – Додаткова інформація про стан погоди

4 Швидкість і напрямок вітру по відношенню до злітно-посадкової смуги (рис. 5.25).

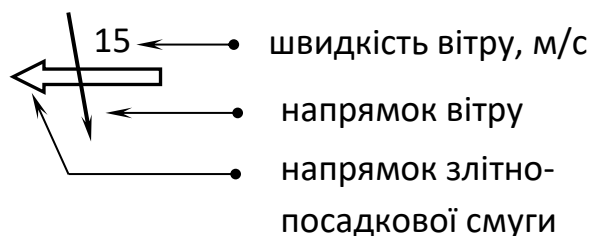


Рисунок 5.25 – Характеристики вітру на аеродромі

При експериментальному дослідженні операторам пропонувалися порівняно прості завдання оцінки метеообстановки:

- аналіз стану погоди на заданому аеродромі;
- визначення напрямку вітру (відносно напрямку злітної смуги);
- визначення швидкості вітру;
- визначення значення видимості на аеродромі.

Як правило, всі аеродроми в зоні відповідальності органу КПр добре відомі ОПР. Тому при оцінці метеообстановки на конкретному аеродромі ОПР не потрібно здійснювати інформаційний пошук. Як і слід було очікувати, час сприйняття інформації в даному випадку істотно зменшується. Результати досліджень показали, що середній час вирішення розглянутих завдань становить 2,3 с незалежно від кількості відображуваних аеродромів.

Рекомендації з формування інформаційних моделей ситуацій обстановки наведено у Додатку Е.

Таким чином, при використанні запропонованого способу відображення інформації про метеобстановку на ЗВІ_д слід очікувати скорочення часу її оцінки приблизно на 15-20%.

Отже, переваги запропонованого способу відображення додаткової інформації про метеобстановку можна використовувати для відображення даних про стан об'єктів інфраструктури та інформацію про орнітологічну ситуацію тощо.

Висновки за розділом 5

1. Якість системи інформаційного забезпечення діяльності ОПР в АС КІР є одним визначальних чинників, що забезпечують ефективне вирішення завдань управління у складних умовах обстановки.

Результати аналізу відповідності існуючих ІМ обстановки в АС КІР свідчать, що вони суттєво не відповідають основним принципам їх розробки. Зміст, обсяг та форми подання інформації не відповідають можливостями людини-оператора по її сприйняттю та переробці.

В існуючих КТЗ АС КІР в значній мірі не враховані інформаційні потреби ОПР для вирішення завдань оцінки СО, що складається в зоні відповідальності органу управління. При цьому відображається практично однаковий набір ІО, що не відповідає умовам діяльності ОПР та не враховує особливості вирішення конкретного завдання відповідно до умов обстановки, що склалася.

2. Запропоновано структуру та послідовність етапів методу проектування та синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень в АС КІР, що дозволить усунути недоліки, притаманні існуючій СІЗ діяльності людини-оператора на теперішній час.

3. Розроблено структуру засобів відображення, що відповідає інтелектуальній діяльності ОПР з оцінки СО, і структуру подання інформаційних ознак, що є адекватною до етапів прийняття рішень ОПР та забезпечує високі адаптивні властивості синтезованих ІМ до динаміки змін СО.

4. Розроблено підсистему інформаційного забезпечення оцінки ситуацій обстановки в зоні відповідальності органу КПР.

Основний зміст рекомендацій полягає у такому:

- необхідна реалізація процедури розпізнавання ситуації, що вимагає першочергового втручання ОПР;

- необхідна реалізація алгоритму визначення напрямку розвитку ПКС;

- необхідне формування і відображення на додатковому ЗВІ робочого місця ОПР фрагмента ІМ з детальними характеристиками ПКС.

5. Досліджено вплив ефекту накладення формулярів ПС на основні показники оцінки СО. Показано, що при накладенні формулярів середній час сприйняття інформації збільшується не менше ніж в 2,1 рази при одноразовому накладенні формулярів і при дворазовому накладенні не менше, ніж в 6 разів. Імовірність безпомилкового сприйняття знижується при одноразовому накладенні формулярів в 3 рази і в 7 разів при дворазовому накладенні.

Розроблено рекомендації, що забезпечують скорочення часу, який витрачається на оцінку ситуації обстановки приблизно на 10 ... 15%.

Основний їх зміст полягає у такому:

- реалізація методів розпізнавання накладення формулярів цілей;

- формування і відображення на додатковому ЗВІ робочого місця ОПР фрагмента ІМ в збільшеному масштабі.

6. Досліджено вплив різних форм відображення метеобстановки на аеродромах (таблична і у вигляді мнемосхеми). При табличній формі відображення інформації середній час оцінки метеобстановки збільшується приблизно в 1,4 рази при зміні кількості аналізованих об'єктів від 2 до 10.

При використанні мнемосхеми результати досліджень показали, що середній час вирішення розглянутих завдань становить 2,3 с незалежно від кількості відображуваних аеродромів.

Розроблено рекомендації, що забезпечують скорочення часу оцінки метеообстановки приблизно на 15-20% відносно до табличного способу відображення.

Основний їх зміст полягає у такому:

- розпізнавання ситуації, що вимагає оцінки метеообстановки;
- формування і відображення на ЗВІ_д робочого місця ОПРР мнемосхеми з даними про метеообстановку на аеродромах;
- запропоновані варіанти мнемосхем для відображення інформації про стан метеообстановки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
6. Оперативна інформація щодо основних показників діяльності авіаційної галузі за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>.
7. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 9 місяців 2019 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
23. Полонский Ю.И. Подход к автоматизации процессов формирования и управления отображением информационных моделей воздушной обстановки / Ю.И. Полонский, М.А. Павленко // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, Полтавський національний технічний університет. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.
24. Полонський Ю.І. Формалізований опис процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило, М.І. Литвиненко // Збірник наукових

праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2016. – № 2. – С. 115-117.

25. Павленко М.А. Интеллектуальный метод управления информационными моделями для систем управления сложными динамическими объектами / М.А. Павленко, В.Н. Руденко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, И.Ю. Хромов // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал. – Луганськ, 2007. – Вип. 2(15). – С. 94-99.

43. Pavlenko M. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М. Pavlenko, М. Petrushenko, S. Shylo, I. Borozenec, O. Dmitriyev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2019. – Вип. 4(56). – С. 3-7. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.

83. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.

84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.

85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

86. Якуніна І.Л. Методи аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи в особливих випадках польоту для скорочення часу прийняття

рішення: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Якуніна Ірина Леонідівна. – Кропивницький, 2017. – 215 с.

87. Пальоний А.С. Метод та моделі оцінки діяльності операторів у системі управління повітряним рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 28.01.2016, затв. 04.03.2016 /. – Кіровоград, 2016. – 234 с.

88. Методика расчета потенциально конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения [Электронный ресурс] / Тимофеев С.Ю. // Интернет-журнал «Науковедение» Выпуск 2, март – апрель 2014. – С 1-18. Режим доступа до журн.: <https://naukovedenie.ru/PDF/104TVN214.pdf>.

89. Kontogiannis T. A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control / T. Kontogiannis, S. Malakis // Safety Science. – 2009. – Т. 47. – №. 5. – С. 693-706.

90. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

123. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. - Кіровоград: КЛІА НАУ, 2012. - 292 с.

142. Львов В.М. Инженерно-психологические вопросы проектирования деятельности операторов / В.М. Львов, В.В.Павлюченко, В.В. Спасенников // Избранные психологические труды: психология труда, экономическая психология, эргономика. – 2018. – Т. 10. – №. 5. – С. 80.

144. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учеб. для студентов вузов / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 544 с.

148. Загора С.А. Розв'язання групових конфліктних ситуацій на довільних маршрутах в умовах гарантованого рівня безпеки польотів: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 03.05.2006, затв. 11.06.2006 / Загора Севастіан Анатолійович. – К., 2006. – 135 с.

10. Эргономика информационных технологий : учеб. издание / А.Т. Ашеро́в, С.А. Ка́пленко, В.В. Чу́бук. – Харьков: ХГЭУ, 2000. – 224с.

11. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором: пер. с англ. / под ред. К.В. Фролова, Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррелл. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.

155. Павленко М.А. Эргономический аспект проектирования средств информационного обеспечения оператора, использующего систему поддержки принятия решений в процессе управления / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента в России. Проблемы развития экономического анализа и бухгалтерского учета в условиях финансового кризиса. – Тольятти.: ТГУ, 2010. – С. 107–114.

156. Павленко М. А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М. А. Павленко, С. Г. Шило, І. О. Борозенець, Ю. І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

12. Павленко М.А. Дослідження моделі оператора АСУ при оцінці метеорологічної обстановки / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Берднік, В.С. Підлипська, О.М. Ніколенко // Восьма наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 18–19 квітня 2012 року: Тези доповідей – Х: ХУПС, 2012. – С. 43.

13. Проектирование систем управления. Пер. с англ. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Греббе, М.Э. Сальдаго – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

14. Особенности эргономического проектирования и экспертизы тренажерно-обучающих систем / В.Г. Евграфов – СПб.: Питер, 2007– 224 с..

168. Купин В.В. Оценка интенсивности потоков воздушных судов в часы пик в системе управления воздушным движением: автореферат дис. ...кандидата технических наук: 05.22.13 / Акад. гражд. авиации. – Санкт-Петербург, 2004. –23 с.

175. Человеко–машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.А. Токарев. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.

176. Павленко М.А. Организация проектирования средств информационного обеспечения оператора / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Вектор науки. – Вып. 1(11). – Тольятти: ТГУ, 2010. – С. 65–70.

Павленко М.А. Метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил 178. Информационно–управляющие человеко–машинные системы: Исследование, проектирование, испытания : справочник. / Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 527с.

179. Человеческий фактор. Т.6. Эргономика в автоматизированных системах / М. Вайсер, Б. Шнейдерман, В. Уиллиджис; пер. с англ. Ф.П. Гречко. – М.: Мир, 1992. – 522 с.

180. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разраб. и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов, В. В. Циблиев, С. И. Потоцкий и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с.

181. Хрестоматия по инженерной психологии : учебник для студентов вузов / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов. – М. : Высшая школа, 1991. – 287 с.

182. Нізієнко, Б.І. Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами / Б.І. Нізієнко, М.А. Павленко, С.Г. Шило, П. Г. Бердник // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2004. – Вип. 11(39). – С. 140-125.

183. Павленко М.А. Метод формирования информационной модели для перспективных АСУ / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, В.Н. Руденко, А.В.

Першин // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації та управління, 2007. – Вип. 4. – С. 137-140.

184. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2014. – № 1 (49). – С. 38-48.

185. Анохин А.Н. Человеко-машинный интерфейс для поддержки когнитивной деятельности операторов АС / А.Н. Анохин // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2012. – № 1 (41). – С. 57-66.

186. Management information system / К.С. Laudon, J.P. Laudon // Pearson Education India, 2016. – Vol. II – No. 1. – pp. 103-105.

187. Insaurralde C.C. Ontological knowledge representation for avionics decision-making support / C.C. Insaurralde, E Blasch // 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC). – IEEE, 2016. – P. 1-8.

188. Harel D. On the development of reactive systems / D.Harel, A. Pnueli // In "Logic and Models of Concurrent Systems". NATO Advanced Study Institute on Logic and Models for Verification and Specification of Concurrent Systems. Springer Verlag, 1985. – pp. 477-498

189. Towards increasing operator wellbeing and performance in complex assembly / S. Mattsson – Department of Industrial and Materials Science, Chalmers University of Technology, 2018. – 64 p.

190. Air traffic control: human performance factors / A.R. Isaac, B. Ruitenbergh – Routledge, 2017. – 365 p.

191. Анохин А.Н. Адаптивный интерфейс для операторов сложных систем / А.Н. Анохин // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – 2014. – С. 6345-6356.

РОЗДІЛ 6

РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ПРОЦЕДУР ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ АС КІР ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СПІР

6.1 Аналіз підходів до професійного відбору операторів складних ергатичних систем

Основні відомі теоретичні та методологічні напрацювання з питань професійного відбору операторів складних ергатичних систем дозволяють стверджувати, що остаточно не обрано єдиного підходу до систематизації знань з даного питання [192 – 213].

Професійний відбір розглядається як сукупність організаційних заходів і науково обґрунтованих засобів і методів, що спрямовані на відбір претендентів найбільш здібних і придатних до професійної діяльності в визначеній предметній області [201].

Професійний відбір доцільно розглядати у вигляді інтегрованої області знань, що базується на базових положеннях психофізіології, математики, теорії управління, медицини, теорії прийняття рішень тощо. Класично комплекс професійного відбору включає такі складові: медичне обстеження, соціально-психологічне вивчення, психофізіологічне обстеження. До нього входить система заходів щодо медичного, освітнього, соціального, психологічного та психофізіологічного відбору. Кожен з зазначених видів має свою регламентацію, відрізняється специфікою цілей і завдань, особливостями методології і методів дослідження, а також змістом підсумкового висновку (табл. 6.1.) [204].

Результати медичного відбору є обов'язковою необхідною відправною точкою для подальшої системи заходів з аналізу можливості професійної діяльності особи в якості оператора і має проводитися для всіх операторів АС КІР.

Таблиця 6.1 – Основні види професійного відбору АС КПП та їх відмінні

риси

Особливості	Основні види професійного відбору операторів АС КПП				
	Соціальний	Медичний	Освітній	Психофізіологічний	Психологічний
Мета	Відбір за моральними та етичними якостями, з урахуванням специфіки професійної підготовленості	Відбір за станом здоров'я	Відбір за рівнем освіти	Відбір за функціональним станом людини	Відбір за здібностями та інтелектуальними можливостями
Завдання	Вивчення соціально-психологічних якостей	Виявлення наявності соматичної та психіатричної патології	Оцінка рівня загальноосвітньої та спеціальної підготовки	Перевірка критеріїв прогнозування професійної придатності за ступенем відповідності психофізіологічних прогнозів фактичним даним	Визначення здатності до виконання функціональних обов'язків операторів АС КПП
Методичний підхід	Соціально-психологічний	Клінічний	Педагогічний	Психофізіологічний	Психологічний
Методологічний базис	Теорія діяльності	Концепція норми та патології	Вимоги професійно-освітніх програм	Теорія здібностей	Теорія здібностей
Методи дослідження	Вивчення характеристик і документів, співбесіда	Клінічні і функціональні проби	Усне і письмове опитування, вивчення документів	Апаратні і бланкові методики, що діагностують психофізіологічні властивості	Тести для дослідження загальних і спеціальних здібностей
Зміст підсумкового висновку	Загальна оцінка соціально-психологічних якостей, досвіду і підготовленості	Клінічний діагноз, висновок про протипоказання і придатності до діяльності	Якісна або кількісна оцінка рівня знань і кваліфікації	Висновок про придатність до навчання та практичної діяльності в нормальних і екстремальних умовах з конкретної спеціальності	Група придатності до навчання або діяльності з конкретної посади з урахуванням психологічних даних

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 [208, 213].

Відбору повинні піддаватися особи, які визнані за станом здоров'я придатними до підготовки або виконання обов'язків операторів АС КПП [200].

Психологічний відбір реалізується за допомогою вербальних тестів і опитувальників, апаратурних методик, особистісних проектних тестів, співбесіди. Такий відбір спрямований на виявлення та оцінку задатків і здібностей людини, інтелектуальних можливостей, ціннісних орієнтацій індивідуума, його професійної спрямованості, мотивації, інтересів і переваг [201, 205].

Освітній відбір спрямований на виявлення осіб, рівень знань, навичок та вмінь яких може забезпечувати успішне виконання професійних обов'язків. Відбір повинен проводитися для всіх операторів АС КПП після обов'язкового успішного проходження медичного, психологічного і психофізіологічного відборів [205].

Соціальний відбір полягає в оцінці морально-етичних якостей особистості, а також у визначенні мотивів діяльності, інтересів, потреб, здатності до адаптації, комунікабельності тощо. [202].

Таким чином, під професійним відбором у даному дослідженні розуміється спеціально організований дослідницький процес, що дозволяє за допомогою науково обґрунтованих методів вирішити такі завдання:

- визначити ступінь відповідності кваліфікаційних характеристик і професійно важливих якостей операторів АС КПП;
- виявити і визначити кандидатів, які за індивідуальними якостями найбільш придатні до навчання, придбання професійних навичок і подальшої діяльності [202, 210, 212].

Результатом даного процесу є інтегральна оцінка професійної придатності в формі рекомендацій для особи, що приймає рішення.

Наступним етапом доцільно розглянути методи, моделі, алгоритми та процедури професійного відбору відповідно до психологічного та психофізіологічного видів.

У професійному відборі об'єктом дослідження виступає особистість [198]. Особистість (індивід) як суб'єкт соціальних відносин і активної діяльності наділений властивостями, якостями, здібностями, що дозволяють реалізувати себе. Основою розвитку особистості є професійна діяльність.

Спеціаліст – це професійно компетентний працівник, що володіє необхідними для якісного і продуктивного виконання праці знаннями, вміннями, якостями і досвідом [198].

Професіонал – працівник, що володіє крім знань, умінь, якостей і досвіду, також певною компетенцією, здатністю до самоорганізації, відповідальністю і професійної надійністю [203].

Становлення працівника як професіонала відбувається на основі дії двох груп чинників: об'єктивних і суб'єктивних.

Найважливішими складовими діяльності людини-оператора є його якості [199]. Їх розвиток і інтеграція в процесі професійного становлення призводять до формування системи професійно визначальних якостей (ПВЯ).

Під ПВЯ розуміємо психологічні та психофізіологічні якості особистості, що визначають продуктивність (продуктивність, якість, оперативність та ін.) діяльності [207]. ПВЯ діляться на 4 основні групи, що утворюють у своїй сукупності структуру професійної придатності:

- абсолютні ПВЯ – властивості, необхідні для виконання діяльності на мінімально допустимому або нормативно заданому, середньому рівні;
- відносні ПВЯ, що визначають можливість досягнення суб'єктом високих кількісних і якісних показників діяльності;
- мотиваційна готовність до реалізації діяльності (висока мотивація може суттєво компенсувати недостатній рівень розвитку багатьох інших ПВЯ (але не навпаки));

- анти-ПВЯ – властивості, що суперечать тому чи іншому виду професійної діяльності. Структура професійної придатності передбачає мінімальний рівень їх розвитку або навіть відсутність. На протигагу якостям перших трьох груп анти-ПВЯ корелюють з параметрами діяльності значимо, але негативно.

При побудові еталона спеціальності необхідне поєднання різних видів ПВЯ. Врахування ПВЯ особистості, виявлення загальних і спеціальних здібностей дозволяє підбирати такі види діяльності та характер праці, які найбільше відповідають вимогам до фахівця-професіонала [202].

Дані подання покладено в основу моделей сучасного фахівця, які, однак, не допомагають у роботі над формуванням еталона оператора АС КПП [199 – 201]. Умовно всі моделі можна розділити на дві великі групи: 1) розуміння особистості як набору властивостей; 2) розуміння особистості як цілісної системи (табл. 6.2) [211].

Таблиця 6.2 – Порівняльний аналіз моделей фахівця.

Параметри	Моделі фахівця				
	1	2	3	4	5
Наочність подання	+	-	-	-	-
Врахування індивідуально-особистісних характеристик	+	-	+	-	+
Комплексні характеристики	+	-	-	-	-
Всебічне врахування особистості	-	-	+	+	+
Декомпозиція властивостей	-	-	-	-	-
Опис математичного апарату	+	+	-	-	-
Зручність практичного використання	+	-	-	-	+

Такими моделями є: особистість як набір властивостей, особистість як набір узгоджених властивостей, особистість як компонент системи управління, особистість як передавальна система, особистість споживач інформації.

Застосування існуючих моделей фахівця обмежена 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 профвідбору та створення систем автоматизованої підтримки професійного відбору. 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 КІР.

Зміст психологічного вивчення особистості оператора АС КІР спирається на вимоги до соціальних і психологічних характеристик, що наведені на рис. 6.1.

На сучасному етапі процес професійного відбору оператора АС КІР достатньо стандартизовано, але окремі його складові наразі залишаються достатньо проблемними [205, 208]. Особливо це стосується етапів побудови еталону спеціальності і формування низки діагностичних методик для проведення діагностики претендентів.

Таким чином, проведений аналіз дозволяє сформулювати ряд істотних проблем щодо професійного відбору операторів АС КІР:

1. Практично повністю відсутня автоматизована підтримка частки основних етапів профвідбору. Більшість застосовуваних методів побудови еталону спеціальності володіють значним суб'єктивізмом і безпосередньо залежать від кваліфікації фахівця, яким проводиться відбір [205, 208].

2. Жодна з існуючих моделей фахівця не володіє властивістю універсальності та в абсолютній більшості випадків носить вузькопрофільний характер.

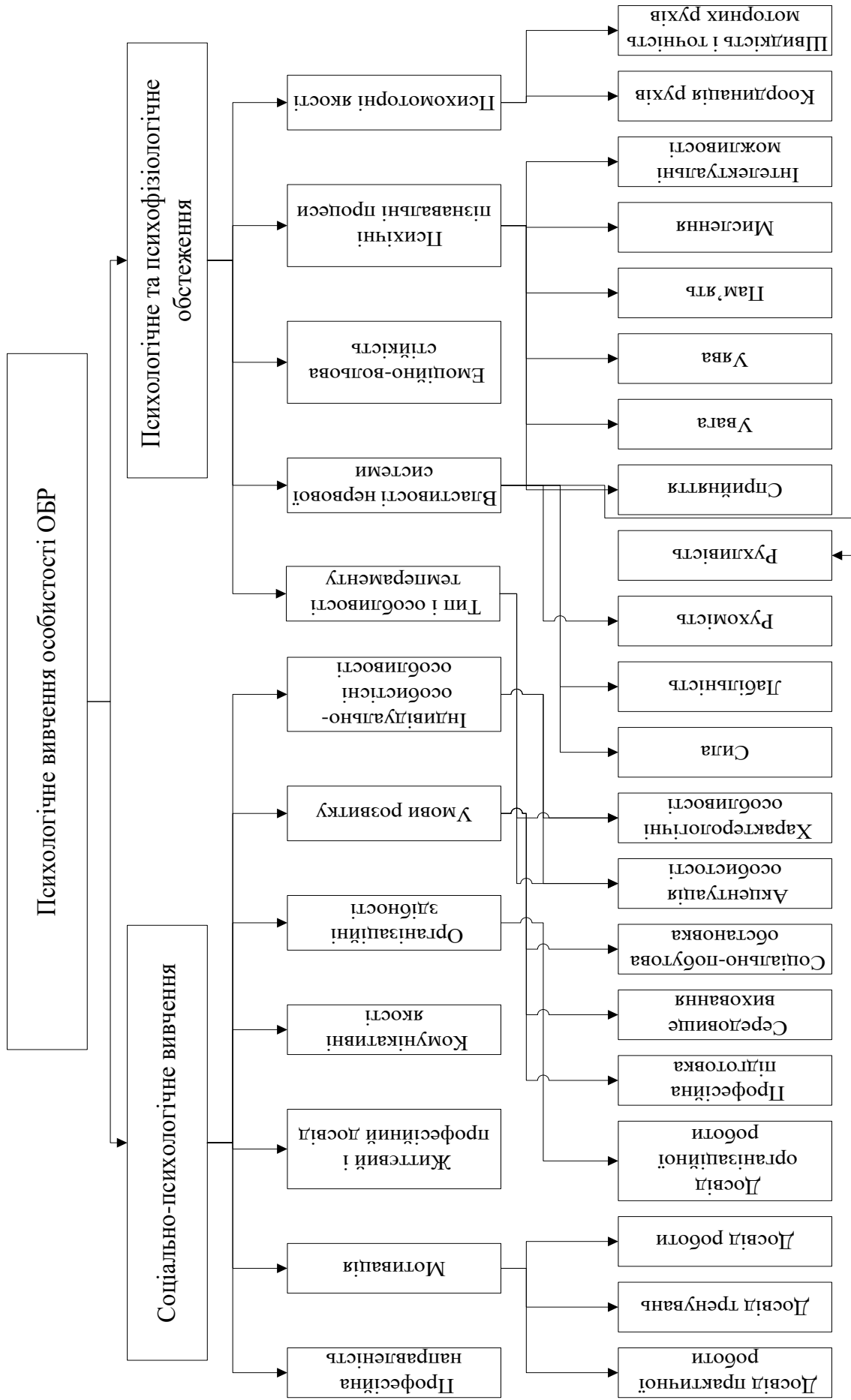


Рисунок 6.1 – Структура психологічного вивчення особистості

3. Відсутність формалізованих моделей даних методик не дозволяє оптимально вибрати ті, що необхідні для діагностики претендентів з урахуванням наявних обмежень і ресурсів.

4. При оцінці узгодженості думок експертів не враховується ступінь компетентності експертів, що на практиці може призводити до спотворення отриманих результатів.

Розв'язання вказаних проблем дозволить розробити систему автоматизованої підтримки побудови еталону спеціальності і підбору необхідних для діагностики психодіагностичних методик.

Для цього необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз структури професійного відбору;
- розробити модель оператора АС КПП і процедуру побудови структури еталону фахівця;
- розробити моделі психодіагностичної методики і побудови низки психодіагностичних методик;
- розробити алгоритми її визначення відповідно до побудованих еталонів та наявних ресурсів.

6.2 Розробка структури професійного відбору, моделі фахівця і процедури побудови еталону фахівця

У загальному випадку професійний відбір складається з таких основних стадій: підготовча, оцінна і заключна.

Підготовча стадія, в свою чергу, може бути розділена на такі етапи: формулювання цілей і завдань тестування, визначення номенклатури необхідних (тих, що необхідно протестувати) характеристик (властивостей) і підбір низки тестів.

В оціночній стадії (проведення діагностики і початковий аналіз результатів) виділяють такі етапи, як підбір груп для тестування; проведення автоматизованого тестування; початкова обробка результатів тестування.

Заключна стадія включає інтерпретацію й обговорення результатів тестування, а також оформлення документації.

При професійному відборі фахівців кінцева ймовірність правильної діагностики учасників тестування в найбільшому ступені залежить від оціночної стадії.

З дослідницької точки зору найбільш цікавими представляються перша (підготовча) стадія і третя (заклучна). Дані стадії являються найбільш складними для процесу автоматизації (рис. 6.2).

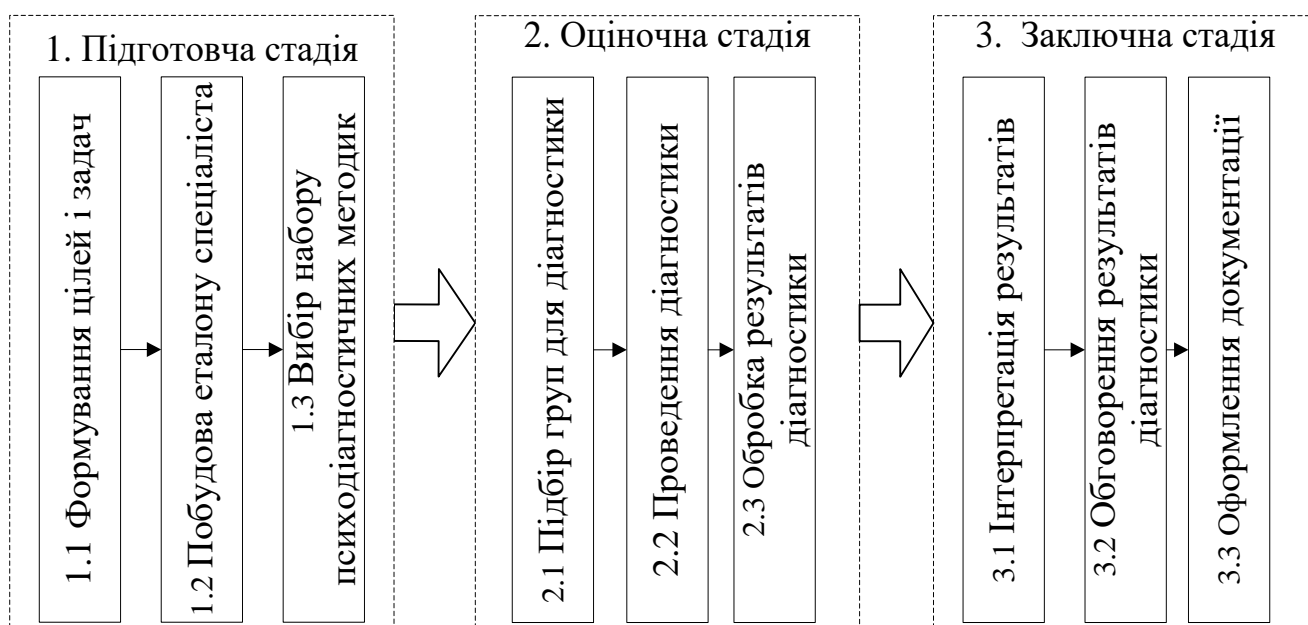


Рисунок 6.2 – Узагальнений алгоритм процесу професійного відбору

На етапі 1.1 формування цілей і завдань, формується головна мета профвідбору, яка згодом деталізується і розбивається на окремі завдання [205, 208].

Етап 1.2 – побудова еталона фахівця включає два підетапи: виділення номенклатури необхідних характеристик кандидата та їх оцінка (ранжування) відповідно до поставленої мети профвідбору [201]. Для цього необхідно визначити номенклатуру ПВК. Це є найбільш критичним етапом у всьому процесі професійного відбору [205, 208].

Для виділення потрібних характеристик відомі шість основних методів [201].

Зменшення суб'єктивності при визначенні найбільш повної номенклатури необхідних характеристик вимагає включення до експертної групи 4-5 фахівців, які безпосередньо займаються цією роботою, і 2-3 людини з числа керівного складу (рис. 6.3).



Рисунок 6.3 – Структура експертної групи

Друга частина формування номенклатури ПВЯ полягає у визначенні вагових коефіцієнтів кожного з отриманих критеріїв. Основні труднощі полягають у коректному отриманні таких коефіцієнтів [211, 212].

Таким чином, на даному етапі здійснюється автоматизація вирішення низки оптимізаційних задач (рис. 6.4).

Оціночна стадія на сучасному етапі є самою відпрацьованою з точки зору можливості автоматизації процедури професійного відбору. Однак механічне перенесення психологічних тестів на комп'ютерну основу без належної адаптації та апробації призводить до помилкових рішень [204].

Узагальнений алгоритм оціночної стадії професійного відбору наведений на рисунку 6.5.

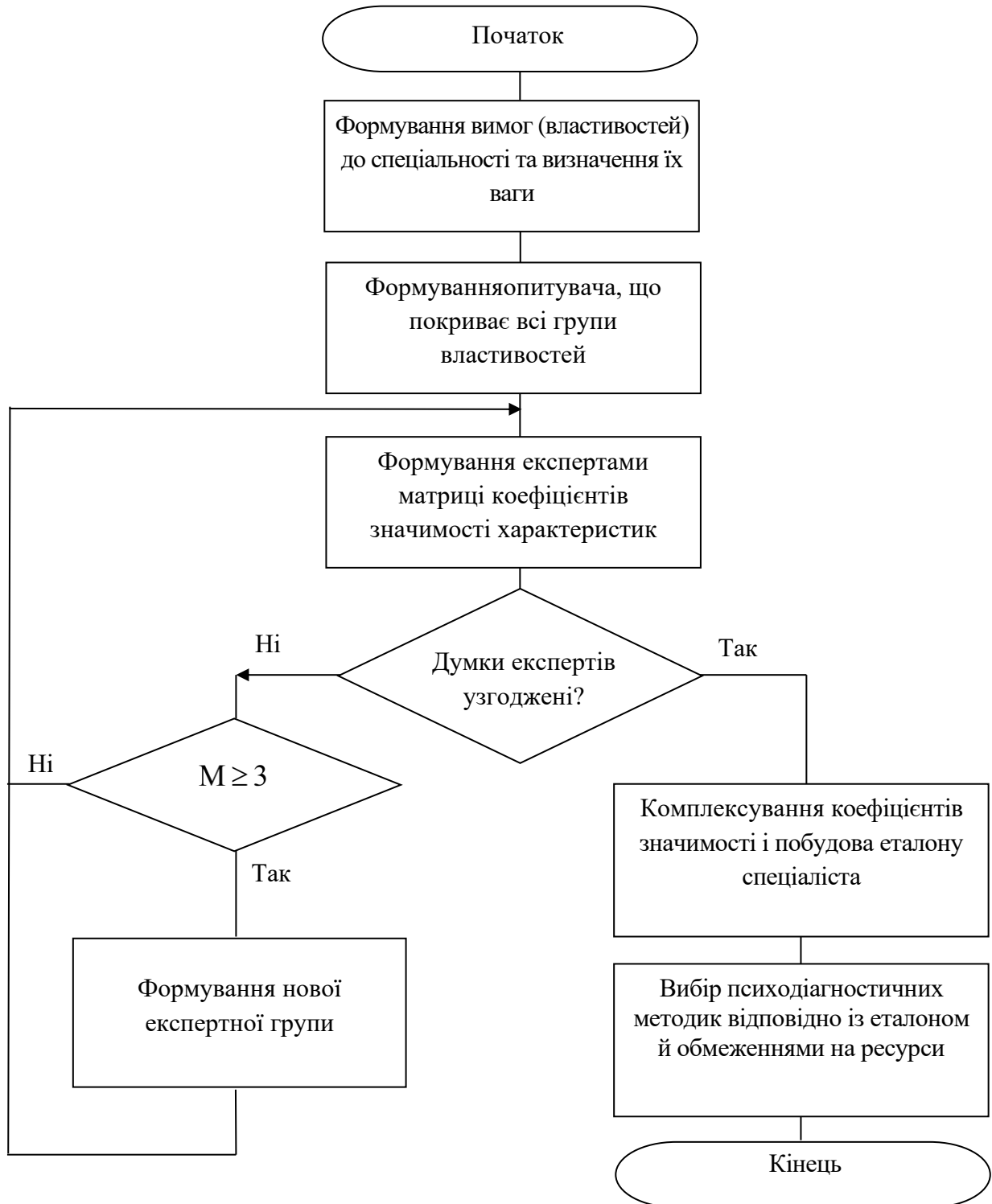


Рисунок 6.4 – Узагальнений алгоритм початкової стадії професійного відбору



Рисунок 6.5 – Узагальнений алгоритм оціночної стадії професійного відбору

Інтерпретація результатів (етап 3.1) і прийняття рішення (етап 3.2) відносяться до найбільш творчих етапів. Тому вони є практично неформалізуємими та по суті не можуть бути автоматизовані. На цих етапах здійснюється порівняння результатів діагностики з еталоном. Рішення про придатність того чи іншого об'єкта має прийматися на підставі дельта-близькості, яка кількісно може бути визначена одним зі статистичних методів [210–213]. Оформлення документації (етап 3.3) зводиться до формування різних звітів з описом всієї проведеної процедури, обґрунтуванням використаних діагностичних методик, результатами діагностики та іншою інформацією, що сприяє прийняттю рішення.

Структура алгоритму заключної стадії профвідбору операторів наведена на рис. 6.6.

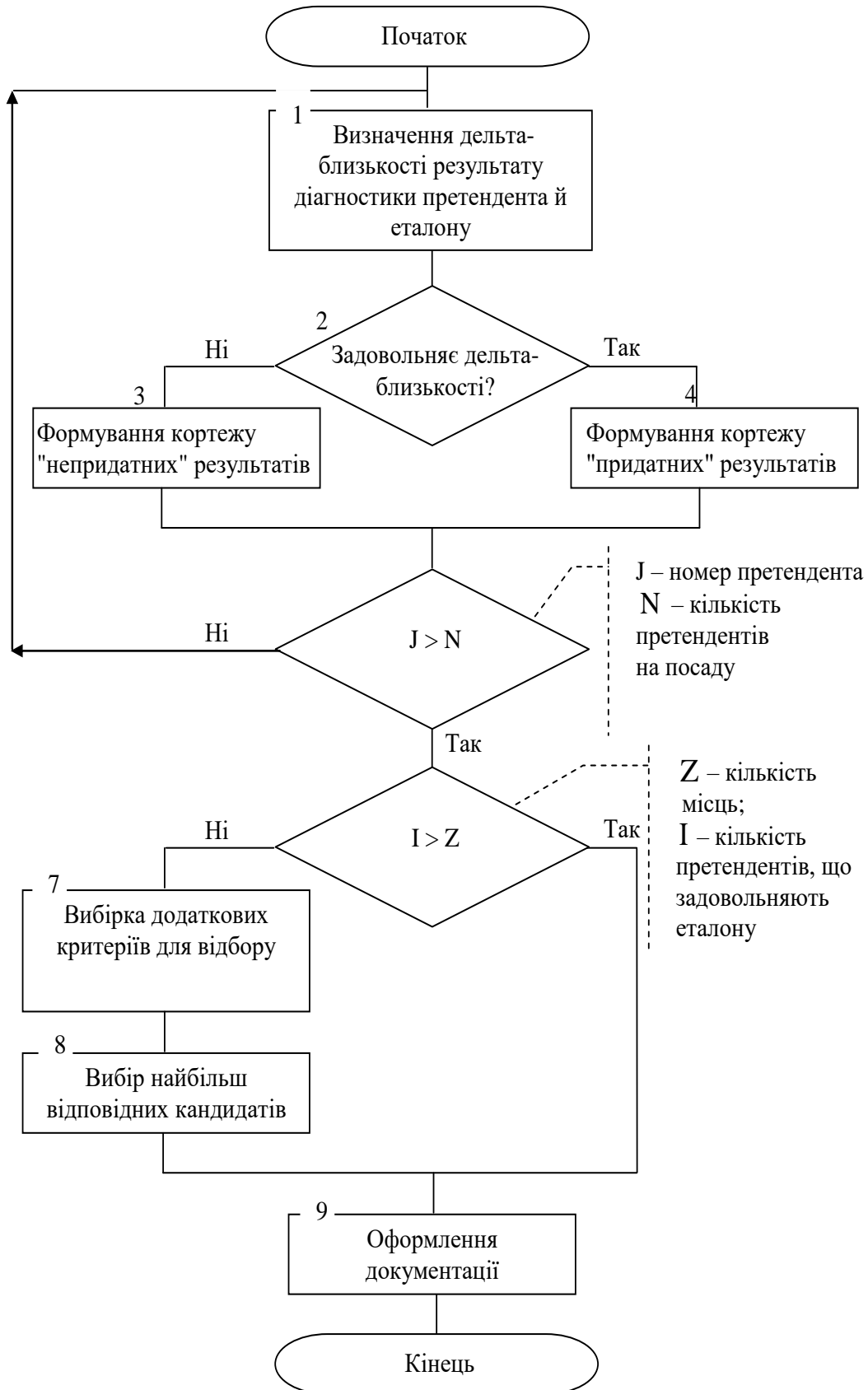


Рисунок 6.6 – Деталізований алгоритм заключної стадії професійного відбору

Таким чином, розроблений узагальнений алгоритм процесу професійного відбору та деталізація його основних стадій дозволяє розкрити основні проблеми профвідбору та створити універсальний комплекс автоматизації самого процесу професійного відбору.

Формалізація структури професійного відбору також дозволяє більш чітко уявляти і сформулювати вимоги до основних моделей і процедур, що використовуються на різних етапах профвідбору.

На основі розроблених алгоритмів основних стадій профвідбору отримано модель психологічного портрета фахівця, процедуру формування еталона фахівця, модель психодіагностичної методики і низки психодіагностичних методик, а також побудовано алгоритми і процедуру визначення набору психодіагностичних методик згідно до запропонованого еталону і наявних ресурсів.

Модель містить:

- перелік професійних характеристик; систему показників, що дозволяють їх оцінити;
- вагові коефіцієнти професійних характеристик і показників; нормативні значення показників відповідних професійних характеристик;
- інтегральний рейтинг як узагальнений показник, що характеризує рівень професійної підготовки;
- показники якості підготовки – співвідношення дійсних значень інтегрального рейтингу (і його складових) та відповідних нормативів.

6.3 Модель психологічного портрета оператора

Портрет фахівця може складатися з різних компонент, згідно з якими проводиться відбір (рис. 6.7) [193, 202].

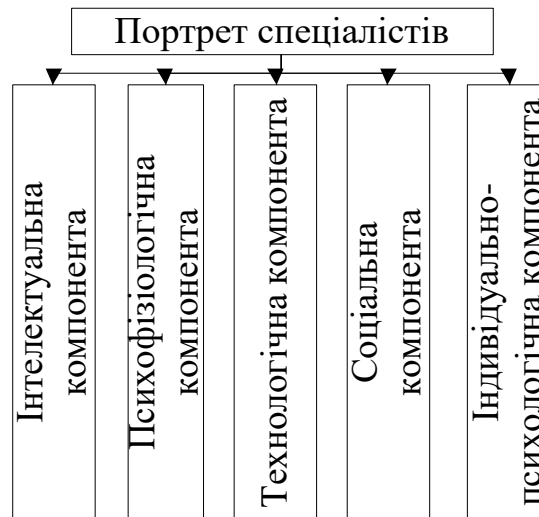


Рисунок 6.7 – Структура моделі портрету спеціаліста

За кожного з наведених компонент визначаються свої ПВЯ, проводиться їх оцінка та проводиться діагностика претендентів. 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 $\langle d_{q1}^1, d_{q2}^1, \dots, d_{q1}^1, d_{q1}^2, d_{q2}^2, \dots, d_{qu}^2, d_{q1}^3, d_{q2}^3, \dots, d_{qa}^3, b_{q1}, b_{q2}, \dots, b_{qk}, t_{q1}, \dots, t_{qn}, s_{q1}, s_{q2}, \dots, s_{qm}, v_{q1}, v_{q2}, \dots, v_{qr} \rangle$,

де $D_1 = \{d_{q1}^1, d_{q2}^1, \dots, d_{q1}^1\}$ – множина вимог, що пред'являються до фахівця

в галузі знань;

$D_2 = \langle d_{q1}^2, d_{q2}^2, \dots, d_{qu}^2 \rangle$ – множина вимог, що пред'являються до фахівця в

області спеціальних знань;

$D_3 = \langle d_{q1}^3, d_{q2}^3, \dots, d_{qa}^3 \rangle$ – множина вимог щодо інтелектуальних

здібностей людини-оператора;

$B = \{b_{q1}, b_{q2}, \dots, b_{qk}\}$ – множина психофізіологічних властивостей, що

висуваються до ОПР, 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.

У реальних умовах найчастіше розгляду підлягають лише деякі з наведених компонентів. Найбільш часто при відборі поетапно проводяться тільки медичний та психологічний відбори, психофізіологічний відбір і контроль знань операторів або не проводяться взагалі, або проводяться формально (рис. 6.8).

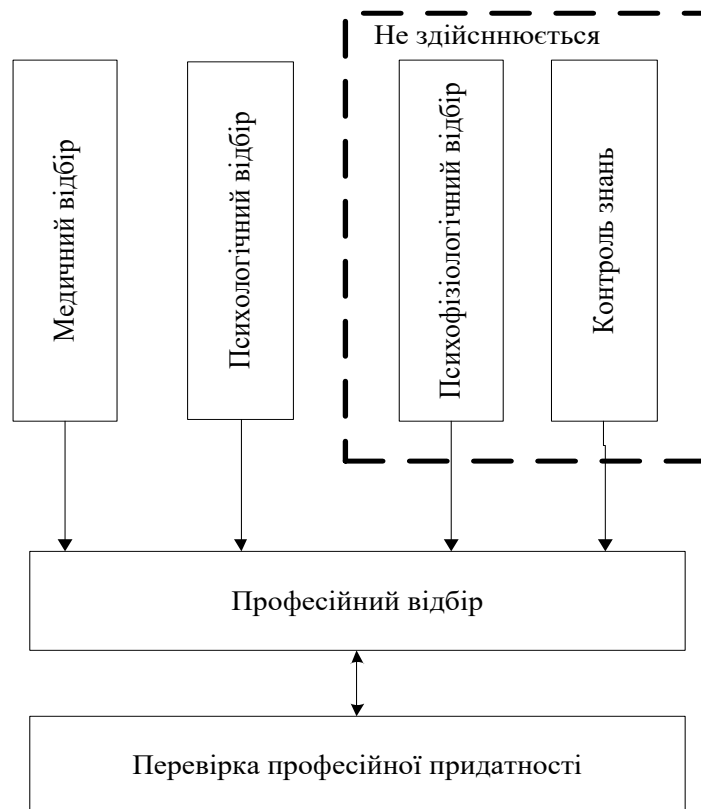


Рисунок 6.8 – "Реальна" структура професійного відбору

Такий поділ охоплює найбільшу сукупність характеристик, які потребують діагностики. Саме визначення цієї сукупності параметрів і

викликає одну з найбільш значних труднощів. І якщо медичний контроль і контроль знань мають юридичний статус, тобто на підставі отриманих даних можливо офіційне прийняття рішення, то проведення психологічного відбору юридично не закріплено. Однак саме за результатами всіх трьох складових цього процесу можливе прийняття коректного рішення [208].

Наразі широковідомою є чотирикомпонентна структура моделі особистості (рис. 6.9) [205, 208].

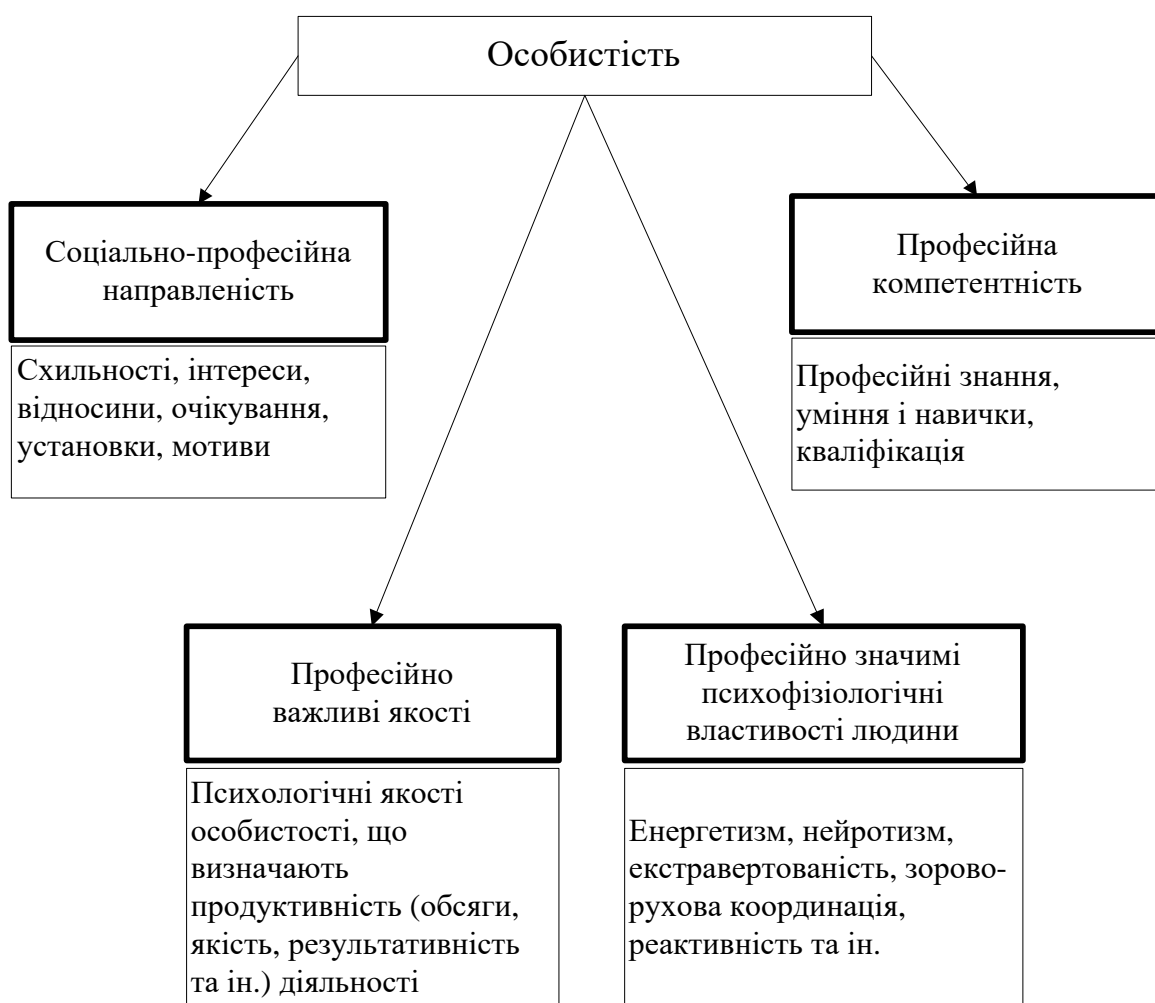


Рисунок 6.9 – Професійно зумовлена модель структури особистості

Системоутворюючим фактором особистості є спрямованість [202, 204, 208]. Спрямованість характеризується системою домінуючих потреб і мотивів.

Виділяють такі компоненти професійної спрямованості: мотиви, ціннісні орієнтації, професійну позицію і соціально-професійний статус.

Під професійною компетентністю найчастіше розуміють сукупність професійних знань і умінь, а також способи виконання професійної діяльності.

Виділяють такі основні компоненти:

- соціально-правова компетентність;
- спеціальна компетентність;
- персональна компетентність;
- аутокомпетентність;
- екстремальна професійна компетентність.

З урахуванням зазначеного модель фахівця можна представити у вигляді такої ієрархічної структури (рис. 6.10.) [208].

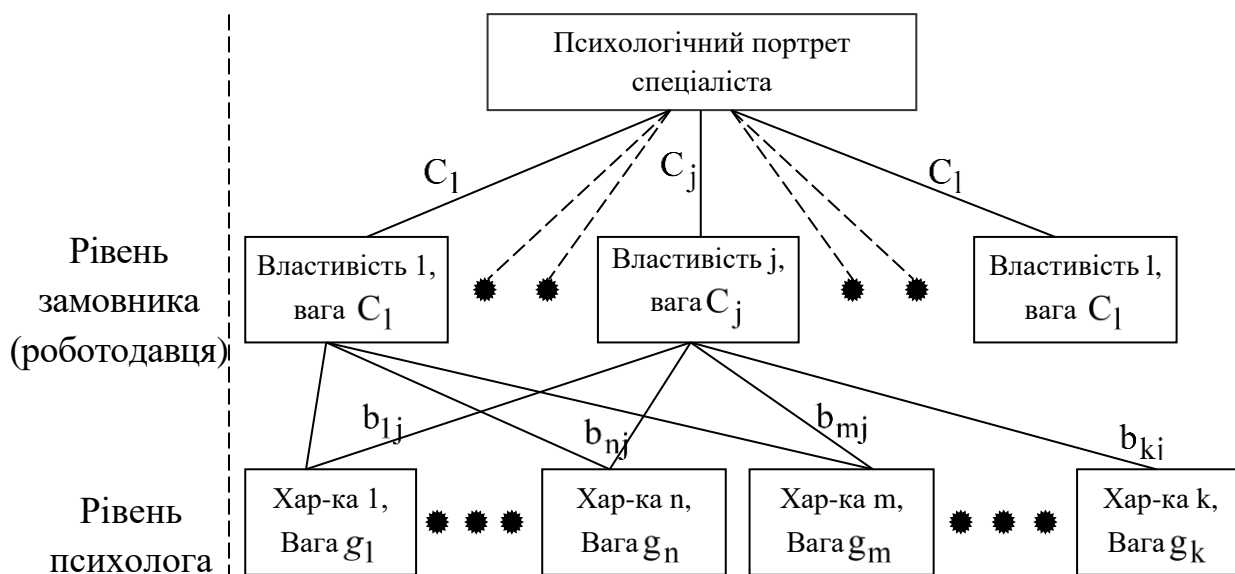


Рисунок 6.10 – Багаторівнева модель психологічного портрета спеціаліста
Запропонована багаторівнева модель дає можливість провести декомпозицію властивостей фахівця за допомогою окремих характеристик [208].

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

$\langle b_1, b_2, \dots, b_l \rangle$ та $\langle c_1, c_2, \dots, c_l \rangle$ – 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 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_1\}$ – 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 B ;

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

У загальному вигляді модель фахівця можна подати так:

$$СЦ = \langle B, C, X, G \rangle. \quad (6.1)$$

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

Одним з основних компонентів професіоналізації є визначення професійної придатності людини до майбутньої діяльності на основі його індивідуальних психологічних особливостей. Професійна діяльність людини вимагає від нього поєднання специфічних для кожної окремо взятої спеціальності якостей, тобто сукупності психофізіологічних, психологічних та інтелектуальних характеристик. Їх визначення представляє одну з найбільш значних труднощів. Якщо еталон побудований невірно, то всі подальші зусилля марні. Тому практично всі відомі методи вирішення завдань профвідбору пов'язані із забезпеченням підготовчої стадії. У цьому дослідженні всі моделі, алгоритми і процедури розглядаються стосовно психологічної та психофізіологічної складової.

Вихідними даними для якісного формування номенклатури властивостей і побудови узагальненого психологічного портрета є:

$\{F\} = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множину функцій (робіт), виконання яких необхідне для успішного функціонування фахівця. Для кожної функції (завдання) формується множина способів її виконання, $\{R_1\} = \{r_{11}, r_{12}, \dots, r_{1p}\}$, $\{R_2\} = \{r_{21}, r_{22}, \dots, r_{2q}\}$, \dots , $\{R_n\} = \{r_{n1}, r_{n2}, \dots, r_{nh}\}$. Виходячи з цих даних, формується (попередньо) множина вимог, якими повинен володіти фахівець для максимально ефективного виконання обов'язків за даною спеціальністю. На основі цих множин властивостей формується спеціальний опитувальник, що покриває всі групи властивостей, необхідні для побудови еталону фахівця з конкретної спеціальності. Після проводиться опитування експертів $\{E_k\} = \{E_1, E_2, \dots, E_k\}$, що є найбільш досвідченими фахівцями у визначеній професійній області діяльності. На підставі цих даних будується психологічний еталон фахівця (рис. 6.11).

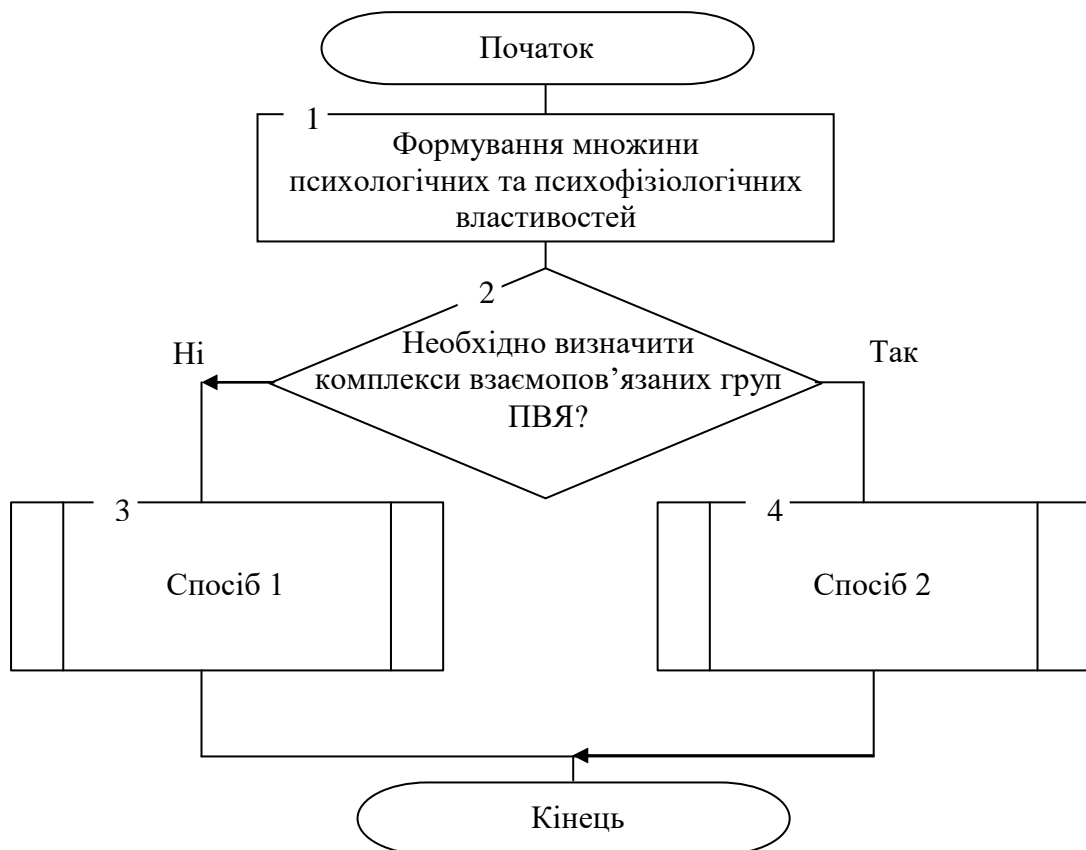


Рисунок 6.11 – Алгоритм побудови узагальненого психологічного портрета спеціаліста

Процес визначення номенклатури ПВЯ спеціаліста для конкретної спеціальності та їх важливості може бути реалізований за допомогою одного з двох способів [208]. Вибір конкретного способу залежить від необхідного ступеня глибини дослідження комплексів взаємопов'язаних груп ПВЯ. Діяльність оператора АС КПР пов'язана з підвищеним ризиком та відповідальністю, тому для їх відбору необхідно використовувати другий спосіб.

Принцип отримання оцінок при використанні другого способу розглянуто в [200]. Розроблені алгоритми дозволяють перейти до вирішення завдання формалізації процесу вибору психодіагностичних методик.

6.4 Формалізована модель психодіагностичної методики

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 сучасного 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:

$$\omega_i \Rightarrow b_i = \langle b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ik_i} \rangle. \quad (6.2)$$

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

компоненти (часткові характеристики) через c_j . Тоді виконується

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

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

При розгляді питання використовані 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.

Припускається, що існує деяка психодіагностична методика t . Як $C_t = \{c_{t1}, c_{t2}, \dots, c_{tk_t}\}$ позначається множина характеристик, а як $V_t = \{b_{t1}, b_{t2}, \dots, b_{tn_t}\}$ – 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 .

Розроблена формалізована модель психодіагностичної методики повністю відповідає сучасним аспектам розгляду проблематики професійного відбору. Однак вона не враховує ресурси, необхідні для реалізації конкретної методики, і не розв'язує проблеми забезпечення валідності отриманих за її допомогою результатів. Наведена модель має послужити основою для розробки узагальненої структурної моделі психодіагностичної методики.

Якість психодіагностичної методики визначається за надійністю та здатністю до диференціації. Завданням професійного відбору є не тільки вибір претендентів, які за своїми індивідуальними характеристиками задовольняють вимогам, що пред'являються, а й тих, хто буде задовольняти цим вимогам протягом якогось періоду часу в майбутньому. Тому для цілей професійного відбору необхідно використовувати методики з високими коефіцієнтами поточної та прогностичної валідності.

Як кількісна характеристика будь-якого виду валідності використовується коефіцієнт валідності, який змінюється в межах від 0 до 1. При цьому сам в різних вибірках одна і та ж методика може мати різний коефіцієнт валідності [213]. Отже, ймовірність правильного визначення необхідних характеристик не може бути високою. Адаже навіть методика з хорошим коефіцієнтом надійності і середнім показником одного з видів валідності може не дати необхідної достовірності (точності) результату.

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

$$p = V \times N \quad (6.3)$$

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:

$$M_t = \langle C_t, B_t, N_t, V_{c_t}, V_{b_t}, R_t \rangle, \quad (6.4)$$

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 ;

$\overline{V_{c_t}} = (V(c_{t1}), V(c_{t2}), \dots, V(c_{tk_t}))$ – вектор коефіцієнтів валідності по кожній з характеристик, що перевіряються за допомогою психодіагностичної методики t ;

$\overline{V_{B_t}} = (V(b_{t1}), V(b_{t2}), \dots, V(b_{tn_t}))$ – вектор коефіцієнтів валідності по кожній з властивостей, що перевіряються 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 .

Формалізація психодіагностичних методик і введення додаткового комплексу характеристик дозволить не тільки підвищити якість одержуваних результатів, а й автоматизувати процес побудови низки діагностуючих

методик, що оптимально задовольняють наявним обмеженням на різні види ресурсів.

Припустимо, що в деякій низці психодіагностичних методик всі методики спрямовані тільки на визначення конкретних характеристик і їх подальше комплексування у властивості та портрет випробуваного.

Будемо вважати, що всі методики виконуються послідовно, тобто витрата кожного з ресурсів є адитивною функцією.

З огляду на розроблену модель психодіагностичної методики, низку психодіагностичних методик можна описати так

$$Q_t = \langle \bar{t}, C_t, N_t, B_t, P_t, V_{c_t}, R_t \rangle, \quad (6.5)$$

де \bar{t} – вектор діагностуючих методик;

C_t – множина всіх характеристик, що перевіряються в результаті використання всієї низки психодіагностичних методик (у переважній більшості випадків є надмірність, тобто в різних методиках низки можуть перевірятися однакові характеристики);

B_t – множина всіх властивостей, які оцінюються на підставі отриманих характеристик;

V_{c_t} – вектор валідності по кожній з характеристик, розрахований на підставі валідностей всіх методик низки по кожній з характеристик, змінюється від 0 до 1;

N_t – коефіцієнт надійності низки психодіагностичних методик, змінюється від 0 до 1;

P_t – вектор ймовірностей точного визначення методикою заданих характеристик, змінюється від 0 до 1;

R_t – вектор ресурсів, необхідних для проведення діагностики за допомогою низки психодіагностичних методик.

Основними компонентами вектору ресурсів $R_i = (L, T, S)$ є:

L – вектор привабливості в використанні для кожної методики, змінюється в межах від 0 до 100;

T – середній час, що витрачається на проведення всієї низки психодіагностичних методик, вимірюється в хвилинах і є адитивною функцією;

S – вартість низки психодіагностичних методик, обчислюється як сума вартості всіх методик, що входять до низки.

Запропоновано порівняно простий спосіб обчислення надійності низки психодіагностичних методик при допущенні, що вони виконуються послідовно (рис. 6.12).

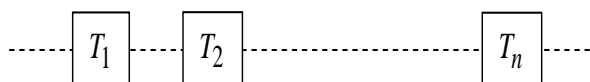


Рисунок 6.12 - Схема процесу послідовної діагностики

Тоді коефіцієнт надійності всієї низки психодіагностичних методик може бути обчислений за формулою

$$N_i = \prod_{t=1}^n N_t, \quad (6.6)$$

де N_t – коефіцієнт надійності психодіагностичної методики t .

Нехай для складання деякого психологічного портрета A необхідно знати деякий набір психологічних властивостей $V(A)$, що залежать, у свою чергу, від комплексу характеристик $C(A)$. Послідовність відповідностей $A \rightarrow V(A) \rightarrow C(A)$ визначається на основі сучасних психологічних знань. При цьому на основі знань про одні і 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 $A \rightarrow V(A) \rightarrow C(A)$ не є взаємно однозначними.

Сформулюємо завдання безумовної оптимізації

$$\min_{\bar{t}, C(A) \subset C_{\bar{t}}} r_i(\bar{t}) \text{ для різних } i = 1, 2, \dots, k, \quad (6.7)$$

і умовної оптимізації вибору низки психодіагностичних методик

$$\min_{\bar{t}, C(A) \subset C_{\bar{t}}} r_i(\bar{t}) : r_1(\bar{t}) \leq r_1, \dots, r_k(\bar{t}) \leq r_k, \text{ для різних } i = 1, 2, \dots, k. \quad (6.8)$$

Нехай $V(A, \bar{t})$ – коефіцієнт валідності психологічного портрета A , отриманого за допомогою низки психодіагностичних методик \bar{t} . Тоді можна сформулювати принципово новий комплекс завдань [193–196, 208]:

- безумовної оптимізації (пошук глобального екстремуму):

$$\max_{\bar{t}, C(A) \subset C_{\bar{t}}} V(A, \bar{t}), \quad (6.9)$$

- умовної оптимізації, що виникають при побудові низки діагностуючих методик:

$$\min_{\bar{t}, C(A) \subset C_{\bar{t}}} V(A, \bar{t}) : r_1(\bar{t}) \leq r_1, \dots, r_k(\bar{t}) \leq r_k, \text{ для всіх } i = 1, 2, \dots, k \quad (6.10)$$

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.

6.5 Процедура вибору психодіагностичних методик

На оціночній стадії профвідбору (рис. 6.1) проводиться діагностика претендентів. Одним з основних та найбільш складних завдань при

формуванні низки психодіагностичних методик є вибір тих, які не тільки дають найбільш достовірний результат, але і відповідають наявним ресурсам.

Для вирішення цього завдання визначимо такі множини: X – множина характеристик $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$; T – множина психодіагностичних методик $\{t_1, t_2, \dots, t_L\}$, кожна з яких призначена для перевірки ступеня приналежності характеристик L деякій підмножині $\{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_L\}$, $\omega_i \in X$ [200].

Якщо кожна з характеристик може приймати кілька значень (ізолюваних або пересічних інтервалів), то справедливо

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n_1}), \\ &\dots\dots\dots \\ \bar{x}_N &= (x_{N1}, x_{N2}, \dots, x_{Nn_N}). \end{aligned}$$

Тоді можна сформуванати множину всіх можливих комбінацій $Y = \bar{x}_1 * \bar{x}_2 * \dots * \bar{x}_N$.

При цьому існує відображення $Y \xrightarrow{Z} T$, де Z – множина різних, іноді неформалізованих і частково суперечливих правил і методик, за якими будуються психодіагностичні методики. Очевидно що це відображення множини характеристик Y_x на множину T_x .

Також є очевидним, що існує відображення $T \xrightarrow{U} Y$, яке також має бути відображенням на множину Y_x .

Найпростіші задачі діагностування формуються так:

Необхідно вибрати методику, що частково перевіряє характеристику \bar{x}_i , яка пов'язана з вирішенням завдання вибору однієї методики з деякої множини $U^{-1}(\bar{x}_i)$, тобто деякої множини психодіагностичних методик $U^{-1}(\bar{x}_i) \in T$, що перевіряють дану характеристику.

Введемо для кожної з наявних психодіагностичних методик такий набір показників:

$$S(t_g) = (\omega_{g_1}, \omega_{g_2}, \dots, \omega_{g_{k_g}}, \overline{P}_g, r_{g_1}, r_{g_2}, \dots, r_{g_m}), g = \overline{1, L} \quad (6.11)$$

де $\omega_{g_1}, \omega_{g_2}, \dots, \omega_{g_{k_g}}$ – параметри, які визначаються;

$\overline{P}_g = (P_{g_1}, P_{g_2}, \dots, P_{g_{k_g}})$ – ймовірності правильного визначення дійсних значень цих параметрів;

$r_{g_1}, r_{g_2}, \dots, r_{g_m}$ – ресурси, необхідні для проведення психодіагностичної методики t_g , наприклад, час на виконання методики r_{g_1} вартість методики r_{g_2} тощо.

Таким чином, можна записати $S(t_g) = \omega_g \cup \overline{P}_g \cup \overline{r}_g$.

У результаті складено узагальнений алгоритм вибору психодіагностичної методики для перевірки ступеня вираженості конкретної властивості X_i (рис. 6.12) [199, 200].

Запропонований підхід дозволив вперше сформулювати завдання вибору низки діагностичних методик як завдання оптимізації. Розроблений комплекс алгоритмів дозволив формалізувати етапи вибору оптимальної низки методик діагностики для вирішення таких завдань:

1. Вибору найкращої методики для конкретної властивості;
2. Побудови низки методик для набору властивостей.

Для планування оптимальної стратегії проведення професійного відбору з урахуванням різних ресурсних обмежень необхідно розробити способи оцінки ймовірності правильної діагностики психологічних характеристик.

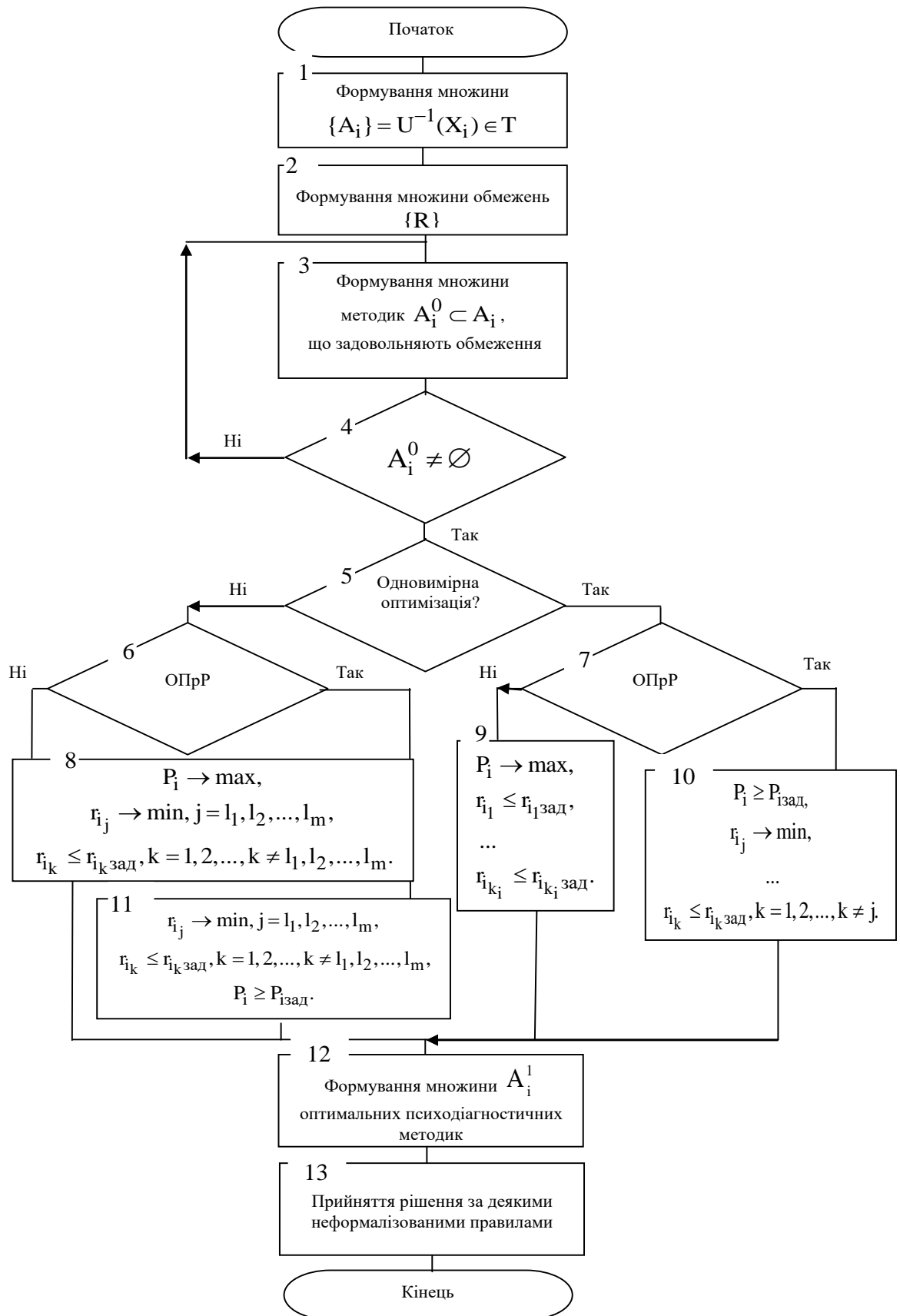


Рисунок 6.12 – Блок-схема алгоритму вибору діагностичної методики для властивості X_i

Висновки за розділом 6

1. Розроблено модель психологічного портрета фахівця, яка наведена у вигляді ієрархічної структури, верхній рівень якої відображає бачення замовника і містить необхідні властивості та їх коефіцієнти значущості. Нижній рівень структури є сукупністю характеристик, що впливають на відповідні властивості і відповідні вагові значення. Дана модель психологічного портрета оператора АС КІР дозволяє наочно представляти його при роботі над побудовою еталона фахівця за допомогою методу експертних оцінок та дозволяє достатньо легко автоматизувати процес створення еталонної моделі фахівця для конкретного виду діяльності, а також отримувати оцінки значущості кожної з отриманих характеристик.

2. Новизна моделі полягає в комплексуванні точок зору на еталон фахівця з боку замовника 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, незалежно від спеціальності і можуть бути отримані від експертів-психологів заздалегідь. Комплексна оцінка ваг (значущості) дуг здійснюється за допомогою методів аналізу ієрархії з урахуванням значущості (ваг) експертів.

3. Розроблено узагальнений алгоритм процесу професійного відбору, що дозволяє структурувати професійний відбір. Проведено детальний опис алгоритмів виконання його основних стадій. Узагальнений алгоритм процесу професійного відбору та деталізовані алгоритми виконання його основних стадій і етапів можуть бути покладені в основу автоматизації основних завдань профвідбору операторів АС КІР.

4. Розроблено процедуру формування еталона фахівця, що дозволяє залежно від глибини дослідження комплексів взаємопов'язаних груп ПВЯ скористатися одним з розроблених способів побудови еталону фахівця. Розроблено структуру експертної групи, яка задіяна у формуванні набору ПВЯ за допомогою методу непрямой експертної оцінки, що дозволяє найбільш об'єктивно і всебічно розглядати оператора АС КІР з урахуванням особливостей даної спеціальності.

5. Запропоновані моделі і алгоритми побудови еталону фахівця є основою для розробки моделі оцінки діяльності оператора системи обслуговування повітряного руху для синтезу комплексної моделі еталону оператора, який дозволяє формалізувати процес підготовки, оцінювання та відбору операторів з потрібними характеристиками.

7. Запропонований підхід дозволив вперше сформулювати завдання вибору низки психодіагностичних методик як задачу оптимізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6

192. Muchinsky P. M. Psychology applied to work: An introduction to industrial and organizational psychology. Boston, MA : Cengage Learning, 2006. 554 p.
193. Kaslow N. J. Competencies in professional psychology. American Psychologist. 2004. Vol. 59, № 8. P. 774–781.
194. Salvendy G. (ed.). Handbook of human factors and ergonomics. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2012. 1752 p.
195. Work psychology: Understanding human behaviour in the workplace / J. Arnold et al. London : Pearson Education, 2016. 808 p.
196. Campbell J. S., Castaneda M., Pulos S. Meta-analysis of personality assessments as predictors of military aviation training success. The International Journal of Aviation Psychology. 2009. Vol. 20. № 1. P. 92–109.
197. Hubbard T., Bor R. Aviation Mental Health: Psychological Implications for Air Transportation . London : Routledge, 2016. 376 p.
198. Кузікова С. Б. Саморозвиток особистості: суб'єктний підхід. Психологія особистості. 2013. № 1. С. 77–86.
199. Кокун О. М. Психологія професійного становлення сучасного фахівця : монографія. Київ : ДП "Інформ.-аналіт. агентство", 2012. 200 с.
200. Диагностика профессионально важных качеств / А. В. Батаршев и др.; под общ. ред. Г. А. Майорова. Санкт-Петербург : Питер, 2007. 250 с.
201. Сергієнко Н. П., Щербак М. Г. Особливості професійної спрямованості особистості при виборі професії. Вісник Харківського національного педагогічного університету ім. Г.С. Сковороди. Психологія. 2012. № 43 (1). С. 163–170.
202. Фролов Ю. В., Махотин Д. А. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов. Высшее образование сегодня. 2004. №8. С. 13–18.

203. Шило С. Г., Щербак Г. В., Павленко М. А. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2009. № 10. С. 219–226.

204. Кисіль С. Г., Філенко І. О. Взаємозв'язок фізіологічного і психологічного в системному формуванні функціональних станів операторів. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Психологія. 2003. № 599. С. 145–151.

205. Кальниш В. В., Ена А. М. Современное состояние профессионального психофизиологического отбора в Украине. Медицина труда и промышленная экология. 2006. № 3. С. 12–17.

206. Taylor S.E. Health psychology. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015. 430 p.

207. Модели деятельности человека в эргатических системах : учеб. пособ. / И. И. Богачев и др. Москва : МАИ, 1987. 184 с.

208. Павленко М.А. Методы и процедуры отбора операторов АСУ при использовании интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Збірник наукових праць ХУПС. 2012. № 4 (33). С. 171–177.

209. Engineering psychology and human performance / C. D. Wickens et al. New York, NY : Psychology Press, 2015. 544 p.

210. Ericsson K. A., Charness N., Feltovich P. J., Hoffman R. R. The Cambridge handbook of expertise and expert performance. New York, NY: Cambridge University Press, 2018. 918 p.

211. Brown T. A. Confirmatory factor analysis for applied research. New York, NY : Guilford Press, 2015. 462 p.

212. Kim J. O., Mueller C. W. Factor analysis: Statistical methods and practical issues. Newbury Park, CA : SAGE, 1978. 88 p.

213. Климчук В. О. Факторний аналіз: використання у психологічних дослідженнях. Практична психологія та соціальна робота. 2006. № 8. С. 43–48.

РОЗДІЛ 7

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДІВ СИТУАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ОПЕРАТОРАМИ АС КПП

Запропоновані методи, спрямовані на підвищення оперативності проведення ситуаційного аналізу повітряної обстановки особами, що приймають рішення в АС КПП. Однак розроблені положення необхідно адаптувати під час проектування ІМ для роботи ОПрР у конкретних умовах. Для реалізації запропонованих методів та моделей необхідно розробити інформаційну технологію що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху. Також необхідно оцінити ефективність роботи ОПрР із запропонованою ІМ, економічні витрати з модернізації АРМ операторів і витрати на розробку і модифікацію спеціального програмного забезпечення для АС КПП.

7.1 Розробка інформаційної технології для інтелектуальної підтримки прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху

Необхідність розробки інформаційної технології для інтелектуальної підтримки прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху з оцінки ситуацій повітряної обстановки зумовлена тим, що вона має дозволити з єдиних системних позицій урахувати особливості предметної області та забезпечити досягнення потрібних значень показників обґрунтованості та оперативності оцінки повітряної обстановки при функціонуванні системи в реальному масштабі часу [214].

Згідно визначення нормативних документів під ІТ розуміється сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів,

об'єднаних з метою збирання, опрацювання, зберігання і розповсюдження, інформації в інтересах її користувачів [17].

Прикладна інформаційна технологія з урахуванням особливостей розглянутої предметної області має на меті забезпечити підтримку функціонування інформаційно-управляючої системи, що є однією з головних складових АС КПП. 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.

В аспекті проведених досліджень [26–46] ІТ за своїм складом змістом та побудовою має забезпечувати вирішення завдання інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішень операторами АС КПП у динаміці можливих змін ситуацій обстановки.

ІТ, що підлягає розробці, в підсумку має на меті реалізовувати методи моделі та алгоритми, що забезпечують інтелектуальну підтримку прийняття рішень з оцінки СО операторами АС КПП, що покращить якість функціонування центрів обслуговування повітряного руху.

Таким чином необхідно розробити ІТ, що за змістом, складом та структурою побудови має являти собою взаємопов'язаний технологічний ланцюг з отримання, переробки, зберігання інформації, вироблення вирішальних правил та корегування вмісту баз даних (БД) та знань (БЗ) з метою підготовки рекомендацій для прийняття рішень з оцінки ситуацій повітряної обстановки.

На першому етапі необхідно визначити зміст та склад ресурсів для реалізації процесів збору, обробки, зберігання та передачі (видачі) інформації в інтересах інтелектуальної підтримки прийняття рішень операторами АС КПП.

З урахуванням отриманих наукових результатів до вказаного блоку ресурсів слід віднести інтелектуальні моделі та методи ситуаційного аналізу обстановки в центрах обслуговування повітряного руху.

Першочергово слід урахувати метод синтезу та проекційну багаторівневу модель діяльності операторів АС КПрР. Вони дозволяють урахувувати інтелектуальну діяльність ОПРР і різні види та умови діяльності ОПРР. При роботі з запропонованою моделлю можлива модифікація як моделі в цілому, так і її окремих площин.

Проведено дослідження моделі при оперативній заміні складових площин, що дозволяє на етапі проектування оцінити і обґрунтувати вимоги до складу засобів взаємодії, а також їх технічні характеристики. У практичному аспекті отриманий метод побудови моделі діяльності оператора доцільно використовувати при:

- проектуванні складних АСУ з використанням методу поетапного моделювання;
- оптимізації режимів роботи операторів і розробки інженерних рекомендацій щодо вдосконалення існуючих систем управління ергатичного типу;
- забезпеченні тренувань операторів у період розробки комплексів і систем або при модернізації існуючих комплексів і систем;
- обґрунтуванні вимог до комплексу засобів автоматизації, складу та структури підсистеми інформаційного забезпечення.

Отримана модель діяльності оператора дозволила розробити інтелектуальні методи обробки інформації про ситуації обстановки на основі когнітивного підходу. При розробці методу формалізації знань про СО в повітряному просторі були враховані такі обмеження:

- різномірність, неточність і неповнота вихідної інформації про повітряну обстановку;
- задані обмежені часові рамки вирішення завдань;
- використання якісних оцінок особами, що приймають рішення;
- подання й інтерпретація модальних знань про оцінку СО.

У методі передбачено використання ієрархічного алфавіту класів СО з можливістю коригування та доповнення; розроблено процедуру формалізації

модальностей різного роду і наведено їх узагальнений опис з використанням апарату нечітких множин; побудовано процедуру багатоетапної формалізації знань, основу якої складають структура цільових настанов і обчислення предикатів першого порядку; використано комбіновані моделі знань для формалізації процесу розпізнавання СО. Також отримано метод оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки на основі методу експертного опитування.

Розроблений метод формалізації знань при ситуаційному аналізі і процесі розпізнавання СО дозволяє вирішити завдання адаптивного управління відображенням інформаційними ознаками при синтезі ІМ.

В існуючих КТЗ АС КПр в значній мірі не враховано інформаційні потреби ОПрР для вирішення завдань щодо оцінки СО, що складається в зоні відповідальності органу управління. При цьому відображається практично однаковий набір ІО, що не відповідає умовам діяльності ОПрР та не враховує особливості вирішення конкретного завдання відповідно до умов обстановки, що склалася. Запропоновано метод проектування та синтезу інформаційних моделей для підтримки прийняття рішень в АС КПр, що дозволяє подолати виявлені протиріччя та усунути визначені недоліки, зазначені в розділі 1 роботи. Розроблена структура засобів відображення, що відповідає інтелектуальній діяльності ОПрР з оцінки СО, і структура подання інформаційних ознак, що є адекватною етапам прийняття рішень ОПрР та забезпечує високі адаптивні властивості синтезованих ІМ до динаміки змін СО.

На основі отриманих результатів розроблено підсистему інформаційного забезпечення оцінки ситуацій обстановки в зоні відповідальності органу КПр та досліджено вплив ефекту накладення формулярів ПС на основні показники оцінки СО.

Заключним етапом передбачено розробку методів і процедур відбору операторів АСУ під час використання інтелектуальних СППр. Розроблено модель психологічного портрета фахівця, яка представлена у вигляді

ієрархічної структури, верхній рівень якої відображає бачення замовника і містить необхідні властивості та їх коефіцієнти значущості. Нижній рівень структури є сукупністю характеристик, що впливають на відповідні властивості і відповідні вагові значення. Отримані моделі й алгоритми побудови еталону фахівця є основою для розробки моделей психодіагностичної методики і низки психодіагностичних методик, алгоритмів і процедур побудови низки психодіагностичних методик для діагностики претендентів.

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 їх реалізацію в АС КПП. Пропонується така реалізація варіанту інформаційної технології підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки (рис. 7.1).

Блоками з потовщеним накресленням рамок позначено вперше отримані та удосконалені методи та моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень та складові запропонованої ІТ.

Як джерела вихідних даних для ІТ може використовуватись планова та поточна інформація про польоти ПС, статичні дані про картографічний фон, рубежі передачі управління, коридори та ешелони ПС, дані радіолокаційного спостереження, метеодані, дані про завадову, орнітологічну обстановку, тощо.

За змістом, складом та формою подання така інформація може суттєво відрізнятись, тому початковим етапом має виступати попередня обробка вихідних даних. Метою процедур попередньої обробки вихідних даних є приведення їх до необхідної форми, узгодження в просторово-часовій площині, виключення дублюючих даних.

Окремою технологічною ланкою передбачається формування статистичних даних спостережень ситуацій обстановки. Вони сумісно з динамічною поточною інформацією виступають як основа для наповнення

бази даних та бази знань, що використовуються для побудови вирішальних правил розпізнавання та при необхідності їх модифікації.

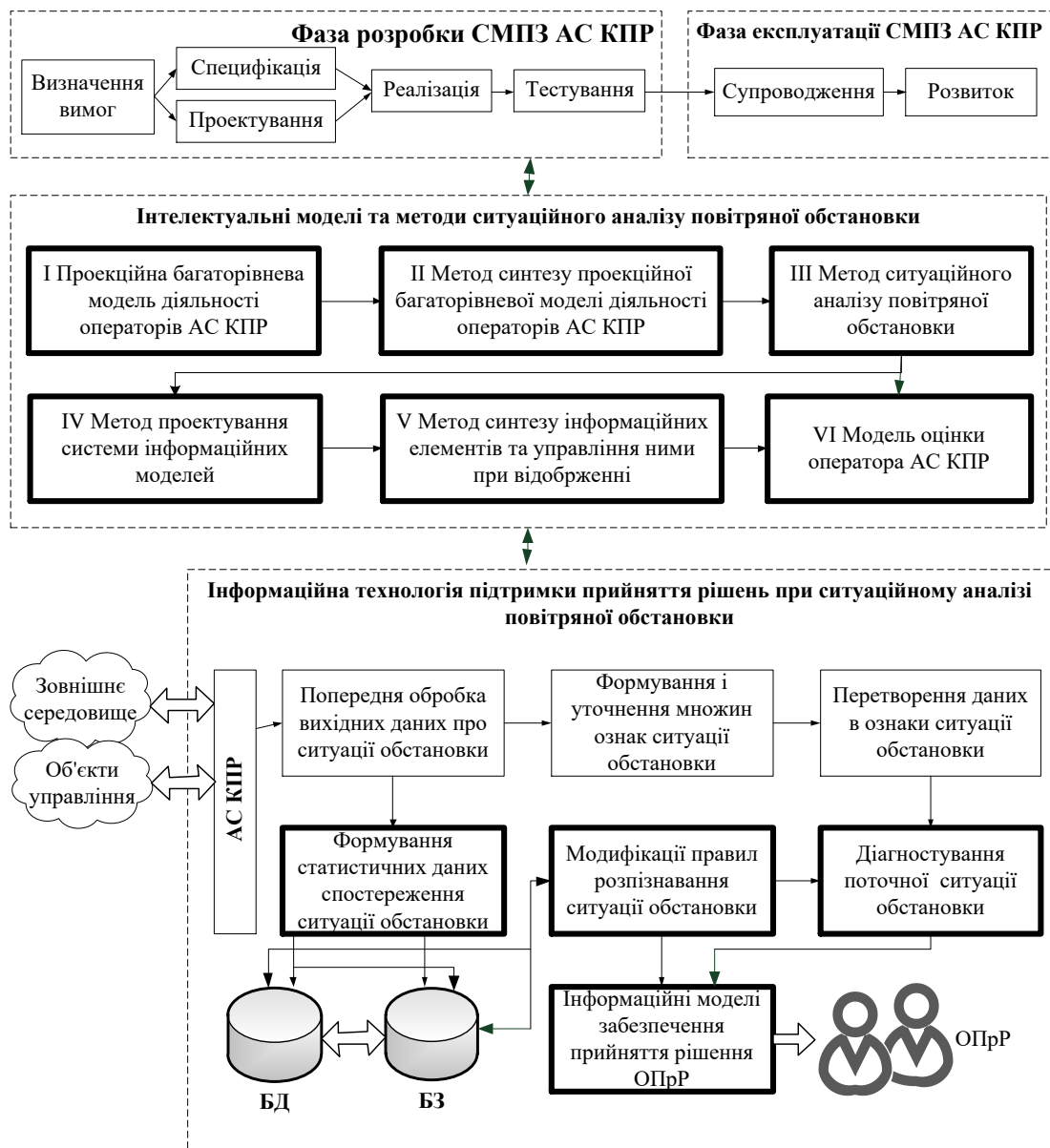


Рисунок 7.1 – Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки

Наступним технологічним етапом передбачається реалізація процедур формування й уточнення переліку ознак, що можуть мати різний ступень значимості та змінювати цей ступінь залежно від ситуації обстановки та необхідного рішення, що має бути ухвалено відповідною посадовою особою.

Далі технологічно передбачається перетворення даних у формалізовані ознаки. Вони виступають інструментальними засобами діагностування поточної ситуації обстановки (можливість виникнення ПКС, її ступінь небезпеки та прогноз розвитку тощо). На основі сформованих переліків ознак здійснюється визначення поточної ситуації та за допомогою правил розпізнавання ситуація відноситься до одного з можливих класів. Наприкінці функціонування технологічного ланцюга здійснюється підготовка рішення щодо поточної ситуації в зоні відповідальності органу КПП. Після чого воно видається на затвердження особі, що приймає рішення. Оператор, за необхідності, може втручатися в технологічний процес в будь-якій його ланці та на довільному етапі підготовки рішення.

Отже, запропонована прикладна інформаційна технологія, на відміну від існуючих, ґрунтується на процедурах інтелектуальній обробки даних, синтезу інформаційних моделей, що дозволяє підвищити оперативність та обґрунтованість прийняття рішень з оцінки повітряної обстановки операторами.

Наукова новизна пропонуємої ІТ полягає у використанні в якості методологічних ресурсів вперше отриманих та удосконалених методів та моделей інтелектуальної підтримки прийняття рішень при ситуаційному аналізі повітряної обстановки. Інструментальною основою запропонованої ІТ виступає удосконалене спеціальне математичне та програмне забезпечення АС КПП, що реалізоване на відповідних технічних платформах з використанням обчислювальних засобів останнього технологічного покоління.

У підсумку впровадження запропонованої ІТ сприяє досягненню необхідних значень оперативності та достовірності прийняття управлінських рішень при оцінці ситуацій обстановки в АС КПП при припустимому збільшенні витрат на модернізацію СМПЗ в межах 17-29 % від базової вартості.

7.2 Розробка рекомендацій щодо вдосконалення інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень особами, що приймають рішення

Результати сучасного стану ринку авіаперевезень свідчать, що в зоні відповідальності центру ОПР одночасно можуть знаходитися від десятків до сотень об'єктів управління, а також обліковуються багаточисельні складові параметрів процесів та явищ, які підлягають обов'язковому врахуванню. Ці чинники зазвичай суттєво впливають на підготовку та ухвалення управлінських рішень ОПР [1-7].

Розміщення на ЗВІ масиву інформації про об'єкти, процеси та явища, що створюють безпосередню картину СО, практично унеможливають проведення оцінки СО ОПР з потрібною ефективністю (рис. 7.2).

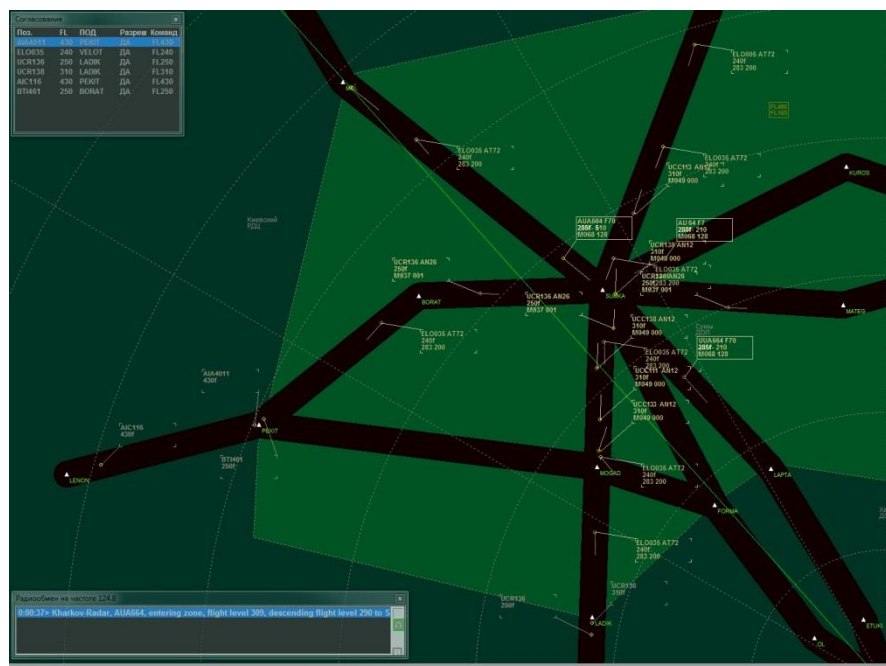


Рисунок 7.2 – Інформаційна модель стану обстановки в районі відповідальності центру ОПР за складних умов, що динамічно змінюються

При відображенні інформації про СО на ЗВІ та обробці її операторами АС КІР за умов суттєвої невизначеності та динаміки змін повітряної обстановки обмежених часових рамок на підготовку вироблення та прийняття рішення при великих обсягах вихідної інформації виникає проблема адекватної оцінки просторових характеристик ПС, їх взаємний розподіл в просторово-часовій площині, відбувається накладення та перетин формулярів ПС. Тобто стає цілком очевидною інформаційна перевантаженість, що призводить до неспроможності ОПРР сприйняти та обробити наявну інформацію. Крім того, за складних умов необхідно вирішення множини додаткових завдань з уточнення змісту та корегування обсягу вихідних даних для прийняття рішення.

Для вирішення завдання інформаційного забезпечення процесу оцінки СО використовуються результати дослідження з розпізнавання ПКС, а також форм відображення даної інформації, отримані в третьому – п'ятому розділах.

Інформація про СО відображається відповідно до встановленого порядку відображення даних про параметри трас і характеристики ПС, інших об'єктів управління, необхідних складових процесів та явищ. Це дозволяє оцінити обстановку в цілому, не вдаючись до використання поліекранів і програмних засобів у вигляді "лупи" [23] (рис. 7.3).

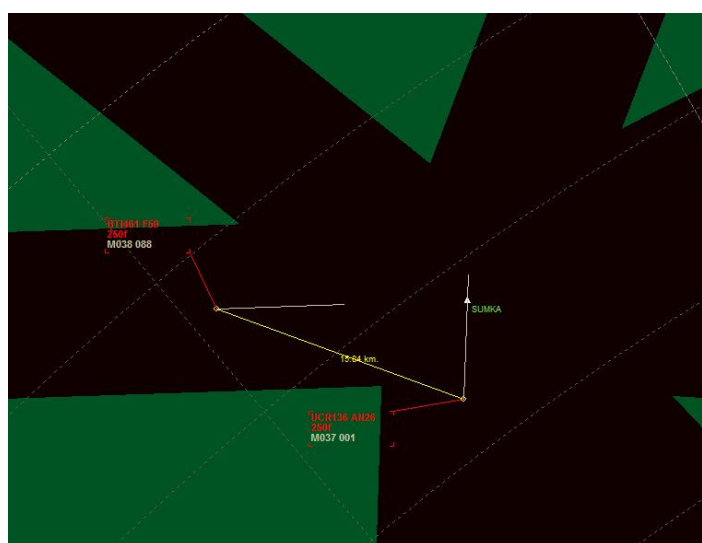


Рисунок 7.3 – Відображення результатів оцінки ситуації обстановки щодо можливостей виникнення потенційно конфліктної ситуації

інформації та реєстрацію часових характеристик діяльності операторів АС КІР.

В експерименті брали участь 72 оператора без вад зору. Експериментально досліджувалися два типи ІМ: перший – з використанням існуючих способів відображення, другий – з розробленими ІМ, фрагменти яких наведено на рис. 7.3 і 7.4 відповідно. Порівняльний аналіз цих ІМ проведено при однакових умовах: операторам необхідно визначити напрямок польоту окремих ПС, напрямок розвитку ПКС при одночасному відображенні не менше 25 формулярів.

Порядок проведення експерименту:

- 1) навчання операторів;
- 2) пред'явлення варіанту ІМ;
- 3) реєстрація результатів рішення завдань;
- 4) обробка результатів.

Отримані результати використані при розробці моделі діяльності ОПрР з оцінки СО з використанням запропонованої множини розроблених ІМ.

Зміна часу сприйняття інформації ОПрР у запропонованій ІМ відбувається за рахунок використання нових форм її подання [42] та розроблених методів управління її складовими.

7.3 Оцінка оперативності прийняття рішень при використанні розроблених методів та інформаційних моделей

Оцінимо ефективність діяльності ОПрР 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 ОПрР. Отримані значення показників наведені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Кількісні значення проведеного експерименту по рішенню завдань оцінки обстановки

Завдання з оцінки обстановки	Час рішення завдання при використанні	
	існуючої СІЗ $\bar{t}_{спр}, с$	запропонованої СІЗ $\bar{t}_{спр}, с$
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

Діяльність операторів АС КПрР досліджено в розділі 3 даної роботи. У результаті дослідження отримано проекційну багаторівневу модель діяльності операторів, що враховує особливості їх когнітивної поведінки в процесі зміни умов управління повітряними суднами [26, 28, 29]. В основу процесу оцінки СО ОПРР покладено мережевий граф, де кожній вершині відповідають операції, пов'язані з пошуком або обробкою потрібної інформації, а дугами – ймовірності переходів між станами та інтервали часу, які витрачаються на перехід від однієї операції до іншої.

Використання методів автоматизації оцінки СО призводить до зміни порядку виконання функціональних дій ОПРР, що детально досліджено в розділі 3 (див. рис 3.5, табл 3.2, 3.3) та в підсумку дозволяє отримати чисельні значення для показника оперативності оцінки СО ОПРР (рис. 7.5).

Проведений експеримент з використанням імітаційної моделі для дослідження показників ефективності діяльності ОПРР при оцінці СО. Умови експерименту, вихідні дані, обмеження та припущення, а також використовувані моделі детально наведені в Додатку Б. У результаті проведеного експерименту отримано чисельні значення для показників оперативності та ступеня обґрунтованості прийняття рішень при оцінці СО

ОПрР. Також отримано новий перерозподіл наявного часу ОПрР для підготовки ухвалення управлінських рішень при оцінці СО.

На графіках (рис. 7.5) наведено значення коефіцієнту оперативності оцінки обстановки при використанні існуючих методів (крива 1) з аналізу значень, якої свідчить, 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.

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 $\tau = t_{МО}$ становить $K_{оп} = 0,53 \dots 0,84$.

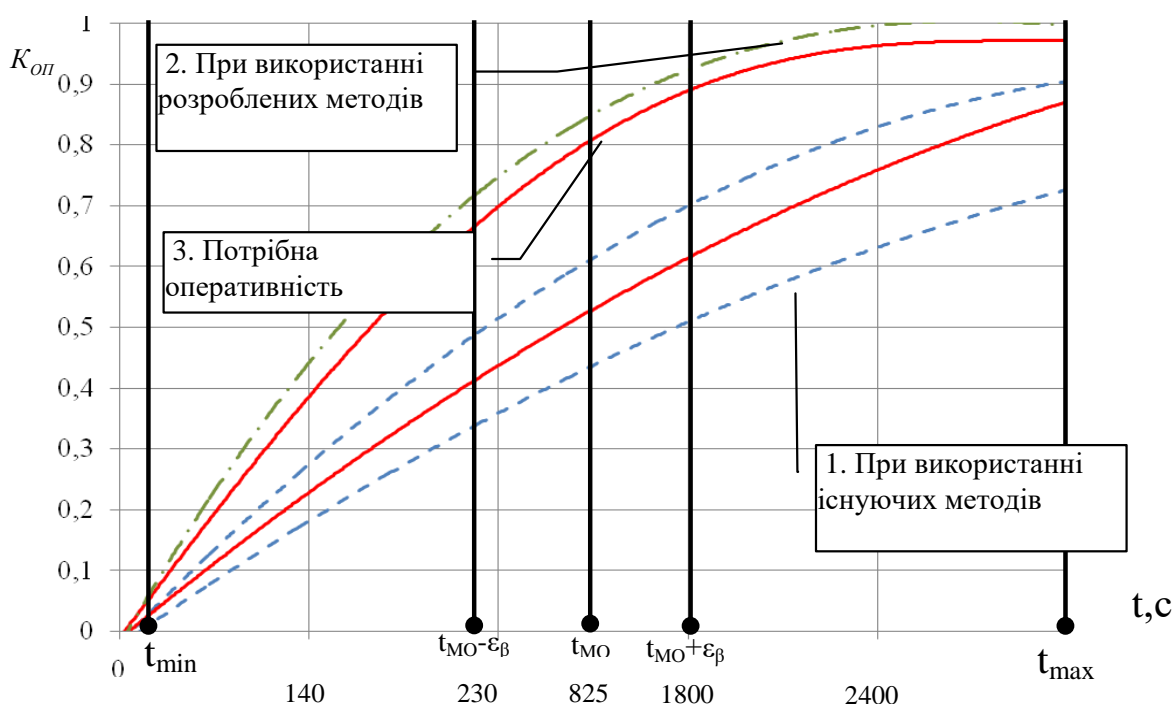


Рисунок 7.5 – Оперативність оцінки обстановки при використанні розроблених методів

Математичне сподівання часу оцінки обстановки при використанні запропонованих методів за результатами імітаційного моделювання, розподілене в інтервалі, буде становити $M^*(T_p) = 230 \dots 1800 \text{ с (3,83–30 хв)}$.

Таким чином, використання запропонованих методів сприяє підвищенню рівня автоматизації процесів оцінки обстановки і підтримки прийняття рішень та дозволяє підвищити оперативність оцінки обстановки в АС КПр на 10-30%.

Розподіл витрат часу на виконання функціональних дій операторами автоматизованої системи керування повітряним рухом при оцінці обстановки з використанням існуючої СІЗ розглянуто в п.1.3.2. та наведено на рис 1.8.

Використання запропонованих у роботі методів дозволило суттєво перерозподілити часові інтервали з наявного ресурсу часу на виконання функціональних операцій з оцінки обстановки та підготовки прийняття рішень. Експеримент свідчить про таке.

При оцінці СО витрати часу на обробку інформації, яка відображається на ЗВІ КК, становили $= 75,7 \dots 863,15 \text{ с}$, тобто 50% від загального часу. Зміна розподілу часу ОПР на виконання функціональних дій ОПР при оцінці ПО у процентному співвідношенні наведено на діаграмі рис. 7.6.

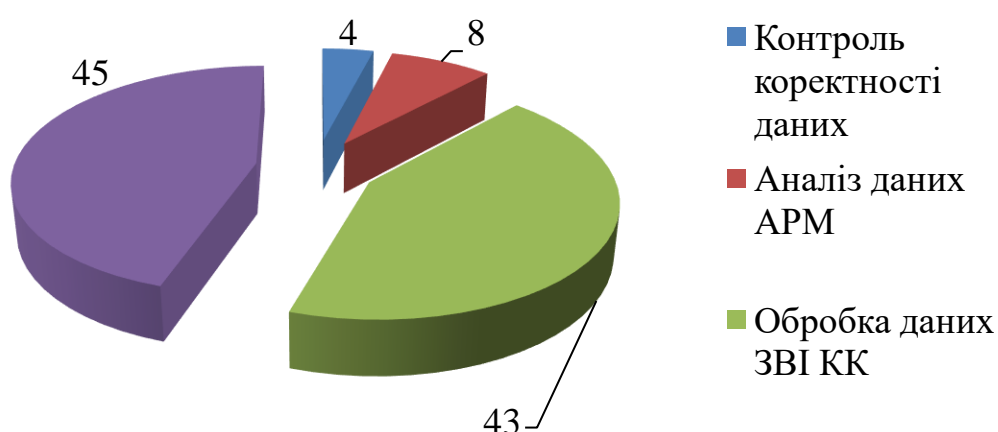


Рисунок 7.6 – Перерозподіл витрат часу особами, що приймають рішення при оцінці повітряної обстановки при використанні пропонуваних методів

Використання запропонованих методів автоматизації дозволяє скоротити час на роботу з ЗВІ КК $\bar{t}_{\text{ВЕ}}$ до $\bar{t}_{\text{ВЕ}} = 63,15 \dots 658,15$ с, тобто до 43% від загального часу, що витрачається на оцінку СО.

При аналізі інформації про СО ОПрР має працювати не тільки з ЗВІ КК, але і з автоматизованого робочого місця оператора для оцінки ситуації обстановки, яка склалась поточний час. На аналіз інформації, яка відображається на АРМ, витрачається $\bar{t}_{\text{АРМ}}^{\text{ін}} = 56,25$ с, тобто 8% від загального часу, а на введення та на аналіз правильності введення команд в АРМ $\bar{t}_{\text{АРМ}}^{\text{вк}} = 12,82$ с або 4 % від загального часу.

Проведений аналіз діяльності ОПрР при оцінці ситуацій обстановки показав, що загальний час вирішення комплексу завдань з оцінки поточної СО скоротився на 10-26 %.

На 7 % зменшився час оцінки інформації, представленої на ЗВІ КК, за рахунок перенесення на автоматизоване робоче місце частини інформації, що забезпечує деталізацію оцінки ситуацій обстановки.

Внаслідок цього вдалося скоротити час, що витрачається ОПрР на введення інформації з корекції і модифікації ІМ.

Рішення частини завдань оцінки ситуацій обстановки з використанням автоматизованого робочого місця дозволило скоротити час, що витрачається ОПрР на уточнення інформації при оцінці СО. Це в значній мірі вплинуло на скорочення загального часу роботи осіб, що приймають рішення.

Також вдалося додатково звільнити ще близько 9% від загального часу безпосередньо на розумові процеси пов'язані з прийняттям рішення. У підсумку резерв часу на підготовку прийняття рішення склав 45%. Цей запас часу дозволяє приймати обґрунтовані і більш зважені рішення, або може бути використаний для підвищення оперативності прийняття таких рішень.

Для оцінки ступеня обґрунтованості прийняття рішень з оцінки обстановки операторами АС КПр використано модель, наведену в пункті 1.3.3.

За результатами експериментальних досліджень отримано значення показників, наведених на рис. 7.7.

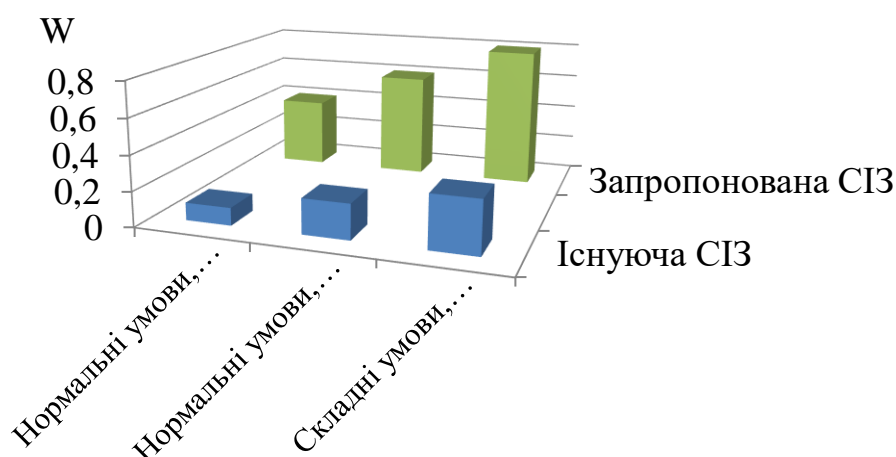


Рисунок 7.7 – Значення показника ступеня обґрунтованості прийняття рішень залежно від складності умов ситуації обстановки та інтенсивності польотів в районі відповідальності центру обслуговування повітряного руху

Результати порівняльного аналізу свідчать про збільшення узагальненого показника ефективності інформаційної моделі (виразу 1.17), 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.

7.4 Оцінка технологічних властивостей отриманих методів удосконалення системи інформаційного забезпечення діяльності оператора

З використанням властивості морфізмів (4.16), (4.17), можна представити схему процедури, що дозволяє реалізувати алгоритм розпізнавання СО наступним чином (рис. 7.8).

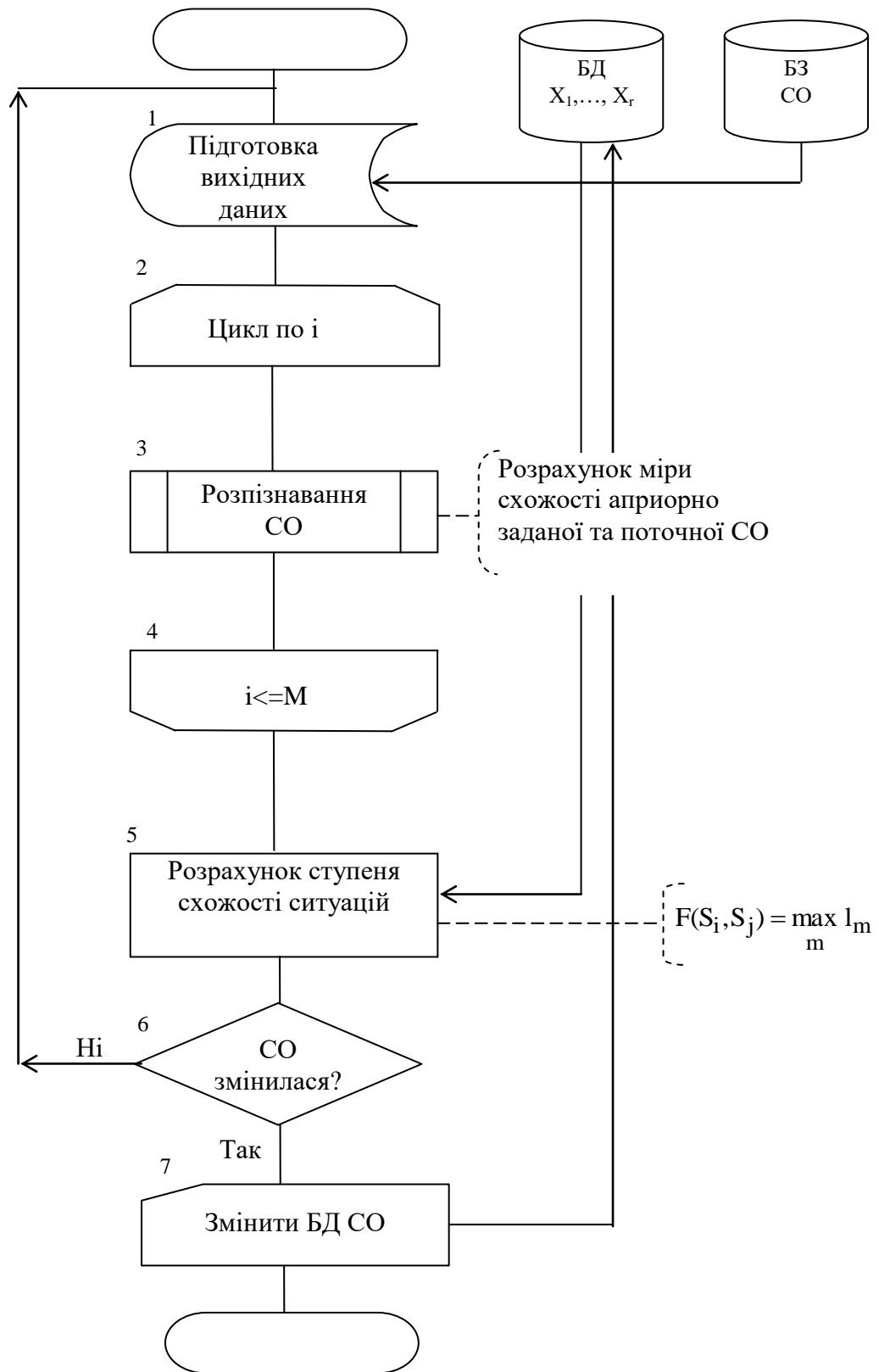


Рисунок 7.8 – Схема процедури розпізнавання СО

Робота даного алгоритму в складі системі підтримки прийняття рішень може бути ініційована як на вимогу користувача, так і при зміні значень інформаційних ознак в БД або після модифікації БЗ про СО.

Далі перевіряється близькість поточної і апіорно заданої СО (3.30). Якщо СО змінилася, то модифікується БД поточної СО, в іншому випадку очікується введення команд користувача або модифікація БД інформаційних ознак. Модифіковані дані про СО стають доступними для інших програмних процесів в АС КТР, а дані про попередні СО зберігаються в історії СО цієї ж БД.

Основні характеристики розробленого алгоритму вирішення завдання розпізнавання СО можуть бути отримані шляхом використання розробленої імітаційної моделі, представленої в Додатку Б.

Одним з найбільш важливих показників ефективності систем розпізнавання є ймовірність отримання правильних рішень (P_{np}) при розпізнаванні об'єктів, що відносяться до різних класів [29], який залежить від:

- помилок апіорного опису класів (ϕ_1);
- помилок визначення ознак розпізнаваних об'єктів (ϕ_2);
- кількості і властивостей використовуваних ознак (ϕ_3).

Таким чином

$$P_{np} = f(\phi_1, \phi_2, \phi_3). \quad (7.1)$$

Зазвичай, наприклад, при логічній моделі розпізнавання, використовують оцінку надійності розпізнавання:

$$\xi_g = \frac{1/L_w}{\sum_{s=1}^n 1/L_s}, \quad (7.2)$$

де L_w – міра близькості w -го об'єкту;

L_s – s -те значення міри близькості.

У даному випадку величина ξ_g відіграє роль аналогічну до імовірності правильного розпізнавання $P_{пр}$:

$$\sum_{g=1}^n \xi_g = 1. \quad (7.3)$$

Відомий ще один показник – час розпізнавання об'єкта T_p [29, 68, 70]:

$$T_p = \sum_{r=1}^2 T_{pr}, \quad (7.4)$$

де T_{p1} – час, що витрачається на розрахунок мір близькості L_w ;

T_{p2} – час на прийняття рішення про приналежність об'єкта, що розпізнається, до одного з заданих класів об'єктів.

Для оцінки ефективності розпізнавання СО використовується ймовірність відмови від розпізнавання $\bar{P}_{отк}$ (безвідмовність розпізнавання). У загальному випадку при декількох альтернативних варіантах СО ($i = 1, 2, \dots, n$) "найкраща" СО вибирається шляхом оптимізації цільової функції

$$F^* = \max_{x \in \Omega_x} (X, P_{пр}), \quad (7.5)$$

де $X = [x_q]$ – множина рішень;

$$x_q = \begin{cases} 1, & q - \text{й варіант моделі обрано,} \\ 0, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

$$\sum_q x_q = 1;$$

Ω_x – множина можливих варіантів моделей СО;

$$P_{пр} = [P_{прі}]; \quad P_{від} = [P_{віді}].$$

Аналітичні залежності для $P_{\text{пр}}$ і $P_{\text{від}}$ отримати, як правило, не вдається. Тому для їх оцінок використовують результати імітаційного моделювання (Додаток Б). Таким шляхом отримані оцінки $P_{\text{пр}}$ і $P_{\text{від}}$ для розглянутої вище моделі заснованої на СЦН, з урахуванням можливості подання модальних знань і комбінованої моделі [41]. У результаті порівняльної оцінки рішення завдань розпізнавання СО запропонованої моделі з комбінованою моделлю (табл.7.2) видно, що перевага розробленого методу полягає у збільшенні $P_{\text{пр}}$ на 6-11% і зменшенні $P_{\text{від}}$ на 7-9%.

Таблиця 7.2 – Порівняльна оцінка методів розпізнавання

Метод розпізнавання	$P_{\text{прав}}$	$P_{\text{отк}}$
Комбінована модель	0,49 – 0,62	0,27 – 0,38
Запропонований метод	0,61 – 0,71	0,10 – 0,24

Таким чином, результати дослідження дозволяють обґрунтовано використовувати модель розпізнавання на основі СЦН з можливістю подання та обробки модальних знань.

Розроблені моделі знань і отримані на їх основі алгоритми знайшли застосування у складі спеціального програмного забезпечення АРМ при моделюванні адаптивної професійної підготовки диспетчерів повітряного руху.

На рис. 7.9 наведена функціональна схема програмного забезпечення АРМ ОПРР. Дана схема відрізняється від відомих введенням структурного блоку, в якому реалізовані алгоритми вирішення завдань розпізнавання СО, і блоку інтелектуального управління ІМ.

Оцінимо часові і трудові витрати з впровадження та супроводу розроблених алгоритмів у складі спеціального програмного забезпечення (СПЗ) АС КПр.

Проаналізуємо час, що необхідно витратити для внесення змін у СПЗ при двох варіантах його побудови, з використанням традиційних інформаційних технологій та з використанням запропонованих методів.

Під технологічними властивостями розробленого методу підвищення оперативності оцінки СО розумітимемо його здатність адаптуватися до умов функціонування, що змінилися з мінімальними витратами часових і матеріальних ресурсів.

Підтримка на постійному рівні показників функціональних властивостей передбачає системну модернізацію СПЗ АС КІР у процесі його супроводу. Під супроводом будемо розуміти як усунення помилок, так і внесення змін у відповідь на нові вимоги. У роботах [94, 156] наводяться такі розподіли часу при супроводі СПЗ:

17% виправлення помилок;

78% адаптація до нових умов і вдосконалення програм;

5% – інше.

Таким чином, при супроводі СПЗ велика частина часу витрачається на внесення змін до програми.

Проведено порівняльну оцінку технологічних властивостей розроблених методів, реалізованих різними способами. Пропоновані методи відносяться до числа відкритих. Специфіка даного типу вирішуваних завдань враховується при заповненні БЗ і структури створюваної БД.

Для формалізації методів розпізнавання СЦН використовуємо об'єктно-орієнтований підхід проектування програмного забезпечення. У процесі супроводу об'єктно-орієнтованого СПЗ у ньому можуть відбутися такі зміни:

– додавання нового класу;

– зміна реалізації класу;

– зміна інтерфейсу класу.

Використання розробленого методу формалізації знань про завдання оцінки СО та управління ІМ дозволяє отримати вигоди для таких показників технологічності:

1. Зменшення потрібного часу модернізації СПЗ.

Згідно [94, 156], загальна тривалість коригування $t_{\text{кор}}^{\text{трад}}$ СПЗ, побудованого з використанням традиційних підходів, визначається виразом

$$t_{\text{кор}}^{\text{трад}} = t_{\text{зн}} + t_{\text{вик}} + t_{\text{приб}} + t_{\text{узг}} + t_{\text{ан}} + t_{\text{прог}} + t_{\text{вип}} + t_{\text{роб}}, \quad (7.6)$$

де $t_{\text{зн}}$ – час зняття КЗА з роботи;

$t_{\text{вик}}$ – час виклику представника організації-розробника;

$t_{\text{приб}}$ – час прибуття представника організації-розробника;

$t_{\text{узг}}$ – час узгодження внесених змін;

$t_{\text{ан}}$ – час аналізу і вивчення завдання;

$t_{\text{прог}}$ – програмування, налагодження і тестування програмних модулів КЗА;

$t_{\text{вип}}$ – час приймально-здавальних випробувань;

$t_{\text{роб}}$ – час постановки КЗА на роботу.

Для СППР час внесення корегувань у базу знань дорівнює

$$t_{\text{кор}}^{\text{СППР}} = t_{\text{зн}} + t_{\text{пз}} + t_{\text{уз}} + t_{\text{зм}}, \quad (7.7)$$

де $t_{\text{пз}}$ – час постановки завдання когнітологу;

$t_{\text{уз}}$ – час усвідомлення й аналіз завдання когнітологом;

$t_{\text{зм}}$ – внесення змін, тестування та відладка БЗ.

Коригування СПЗ СППР може здійснюватися штатним когнітологом без виклику представників організації-розробника і зняття системи з роботи.

Графічна ілюстрація часу корекції СПЗ для різних варіантів його побудови, наведена на рис. 7.10.

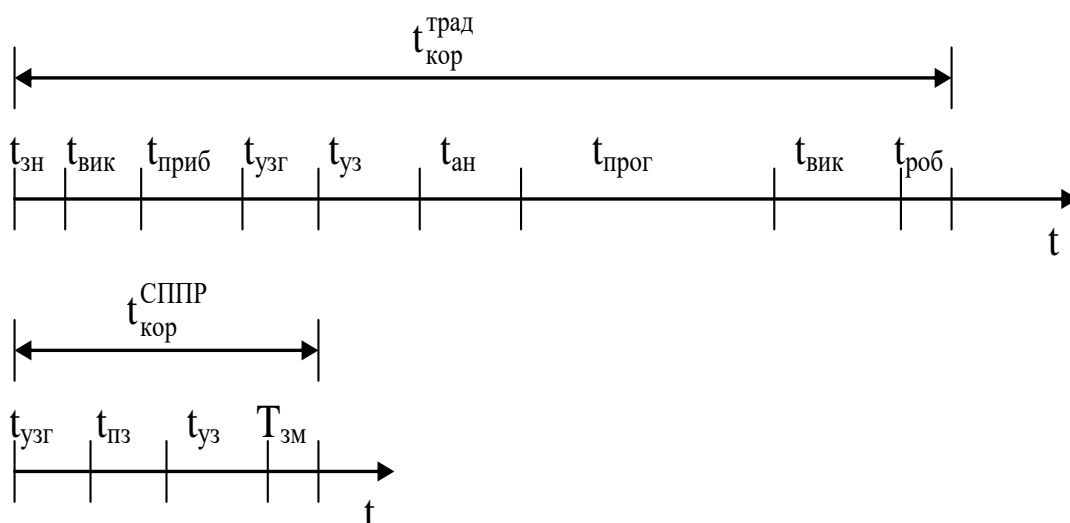


Рисунок 7.10 – Часова діаграма процесу модифікації СПЗ для різних варіантів його побудови

Підвищення оперативності внесення корегувань у СПЗ СППР обумовлено скороченням змісту і тривалості організаційних етапів поповнення БЗ СППР.

Тоді $t_{кор}^{трад} = 94 + 68,8n$ (годин), а $t_{кор}^{СППР} = 12 + 16,4n$ (год), де n – кількість цільових вершин на мережевий моделі.

2. Зменшення кількості внесених при модифікації помилок.

Класи в об'єктно-орієнтованому проектуванні (ООП) висловлюють свого роду роль угод про зв'язки між абстракціями. В мовах програмування зі старою типізацією можливе виявлення порушень такої угоди про зв'язки під час компіляції. Це дозволяє вже на самих ранніх стадіях створення СПЗ виявити й усунути до 95% помилок і значно зменшити кількість внесених помилок при модифікації СПЗ у процесі супроводу. Крім того, використання об'єктно-орієнтованого підходу призводить до побудови системи на основі "стабільних" проміжних описів, що спрощує процес внесення змін і зменшує кількість внесених помилок.

3. Зниження трудовитрат при супроводі СПЗ.

Життєвий цикл пропонованих програм 3-7 років, з них 70-90% часу відводиться на супровід. Внаслідок масового тиражування і тривалого

супроводу сукупні витрати в процесі супроводу можуть значно перевищувати витрати на проектування і створення СПЗ.

Об'єктно-орієнтоване проектування змінює часові співвідношення між створенням і супроводом СПЗ. Загальна сума трудовитрат для ООП приблизно дорівнює трудовитратам при традиційному проектуванні, але на супровід СПЗ відводиться їх незначна частина.

Таким чином, об'єктно-орієнтований підхід найбільш повно відповідає методології побудови СПЗ для розробленого методу.

На розробку програм для оцінки СО з використанням об'єктно-орієнтованого підходу буде потрібно близько 250 людино-годин, тобто 1,5 місяця для однієї людини. У разі використання методів функціонального програмування на розробку подібної програми необхідно витратити 6-7 місяців роботи одного програміста без гарантії успішного завершення.

7.5 Дослідження економічних витрат з модифікації автоматизованого робочого місця осіб, що приймають рішення

При удосконаленні СІЗ АС КІР визначені вимоги до АРМ ОПрР щодо продуктивності і можливості нарощування і модифікації спеціального програмного забезпечення, що розробляється.

Типову конфігурацію ЕОМ, що використовується як АРМ ОПрР, наведено у табл. 7.3.

Результати аналізу свідчать, що вартість АРМ ОПрР не перевищує вартості ПЕОМ на 30%. Більшу частину з цієї суми становить ціна додаткового пристрою відображення (монітора). Вартість АРМ складе:

$$C_{\text{АРМ}} = C_{\text{к}} + C_{\text{СПЗ}} + C_{\text{ЗПЗ}} + C_{\text{ПЕОМ}} + C_{\text{ЗЗ}} + C_{\text{ПВ}}; \quad (7.8)$$

$$C_{\text{к}} = C_{\text{ПЕОМ}};$$

$$C_{\text{ЗПЗ}} = 0,2C_{\text{ПЕОМ}};$$

$$C_{\text{ЗЗ}} = 0,3C_{\text{ПЕОМ}};$$

$$C_{\text{ПВ}} = 0,4C_{\text{ПЕОМ}};$$

де $C_{\text{АРМ}}$ – вартість АРМ;

Таблиця 7.3 – Конфігурація та вартість АРМ ОПрР

Існуючі АРМ				Запропоновані АРМ		
№ з/п	Робоча конфігурація АРМ ОПрР	кількість	ціна, грн	Робоча конфігурація АРМ ОПрР	кількість	ціна, грн
1	МП Asus TUF Z390-Plus Gaming	1 шт	4125	МП Asus Z370 ATX	1 шт	4334
2	Процесор Intel Core i5-7400	1 шт	5650	Процесор Core™ i7 9700KF	1 шт	11926
3	ОЗП DIMM DDR4-2400 HyperX Fury Black	1 шт	1723	ОЗП DDR4 2666Mhz 16 Gb	1 шт	1888
4	Жорсткий диск WD Blue WD20EZRZ	1 шт	1550	Жорсткий диск SATA III 2000 Гб	1 шт	1700
5	Вентилятор для жорсткого диска	1 шт	60	Вентилятор для жорсткого диска	1 шт	60
6	Відео карта GeForce GTX 1060 OC	1 шт	8763	Відео карта Asus PCI-Eх Radeon RX 5700 ROG Strix OC 8GB GDDR6	1 шт	13 485
7	Мережева карта Fast Ethernet Planet ENW9504 (Realtek 8139 10\100 Mbps)	1 шт	127	Мережева карта TP-Link TG-3468 10/100/1000 Mbps	1 шт	285
8	CD-ROM 52x ASUS	1 шт	229	Asus DVD±R/RW SATA Bulk Black	1 шт	369
9	Дисковод 1.44 Мб 3.5 Теас	1 шт	203	Дисковод 1.44 Мб 3.5 Теас	1 шт	203
10	Клавіатура Logitech K280e USB	1 шт	499	Клавіатура Logitech K280e USB	1 шт	499
11	Миша SteelSeries Rival 110 USB Black	1 шт	899	Миша SteelSeries Rival 110 USB Black	1 шт	899
	Корпус ATX NZXT Source 220 500W	1 шт	1300	Корпус ATX Deepcool EARLKASE RGB V2	1 шт	1485
12	Монітор 24" Dell SE2416H Silver-Black	2 шт	3205	Монітор 24" Dell SE2416H Silver-Black	2 шт	3205
	Всього		28333			40338
	Збільшення вартості					30%

$C_K, C_{СПЗ}, C_{ЗПЗ}, C_{ПЕОМ}, C_{ЗЗ}, C_{ПВ}$ – вартість конструктивних елементів АРМ; спеціального програмного забезпечення; загального програмного забезпечення; ПЕОМ; засобів зв'язку; пристроїв відображення, відповідно.

Приблизна оцінка часу програмування визначається як:

$$T_{\text{пр}} = \frac{n_1 \cdot N_2 \cdot (n_1 \cdot \log_2 n_1 + n_2 \cdot \log_2 n_2) \cdot \log_2 n}{2n_2 \cdot S}, \quad (7.9)$$

де N – кількість строк програмного коду;

n – словник програми.

Тоді

$$C_{\text{сп}} = T_{\text{пр}} \cdot C_{\text{ст}}; \quad (7.10)$$

де $C_{\text{сп}}$ – коефіцієнт оплати праці розробників.

Як показали розрахунки, при модифікації АРМ його вартість зросте не більше ніж на 30%.

Висновки за розділом 7

1. Розроблено інформаційна технологія для інтелектуальної підтримки прийняття рішення операторами центрів обслуговування повітряного руху з оцінки ситуацій повітряної обстановки, що дозволяє з єдиних системних позицій урахувати особливості предметної області та забезпечити досягнення потрібних значень показників обґрунтованості та оперативності оцінки повітряної обстановки при функціонуванні системи в реальному часі.

2. Розроблено алгоритми, що реалізують автоматизоване розв'язання задач розпізнавання СО в АС КІР.

3. Запропоновано структуру спеціального програмного забезпечення АРМ ОПРР для реалізації розроблених алгоритмів, що дозволить проводити автоматизовану оцінку СО і відображати отриману інформацію.

4. Проведено дослідження діяльності ОПрР при оцінці СО з урахуванням зміненого інформаційного забезпечення процесу підтримки прийняття рішень з оцінки ситуацій обстановки. Воно показало, що використання для подання інформації інтуїтивно зрозумілих структурних елементів ПС не призводить до зміни порядку оцінки СО.

5. Час оцінки СО з використанням засобів автоматизації скоротився на 12-23%. Це дозволило підвищити оперативність оцінки СО на 12-23% за рахунок зменшення витрат часу на роботу з ОПрР і введення команд з модифікації ІМ в ЕОМ.

6. Синтез нової ІМ дозволив підвищити ступінь її повноти та відповідності інформації етапам оцінки СО за рахунок збільшення кількості врахованих чинників і розробки форм їх подання, що відповідають характеру діяльності ОПрР. Це дозволило збільшити повноту інформаційних моделей на 15-21%.

7. Дослідження економічних витрат, пов'язаних з впровадженням модифікованих АРМ ОПрР, свідчить про збільшення вартості модифікації АРМ не більше, ніж на 30% за рахунок введення додаткового пристрою відображення і модернізації спеціального програмного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 7

17. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення : Системы обработки информации. Интеллектуальные информационные технологии : чинний від 1995-01-01. Офіц. вид. К. : Держстандарт України. – 1994. – 72с.

26. Дмитриев О.Н. Особенности математического моделирования процессов организации движения беспилотных летательных аппаратов / О.Н. Дмитриев // Зв'язок. – 2015. – № 6(118). – С. 42-45. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zvjazok_2015_6_17.

27. Павленко М.А. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – Вип. 4(50). – С. 17-21. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.

28. Павленко М.А. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 5(51). – С. 24-28. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.

29. Павленко М.А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 6(52). – С. 25-29. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

30. Dmitriiev O. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system / O. Dmitriiev, I. Borozenec, S. Shilo, T. Kalimulin // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – Вип. 2(3). – С. 30-35. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

31. Шило С. Г. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом // С.Г. Шило , О.М. Дмитрієв , І.В. Новікова / 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.

32. Dmitriiev O. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inertial Navigation Systems / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S. Profatilov // Proceedings of the National Aviation University. – Kyiv, 2018. – Vol. 76(3). – P. 29-36. – doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.76.13153>.

33. Dmytriiev O. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vehicle / O. Dmytriiev, M. Zhyvytskyi, O.P. Elizarov , O.A. Syomin, V.G. Sushko // Новітні технології. – Kyiv, 2018. – Vol. 2(6). – P. 166-179. – doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.

34. Herasimov S. Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges / S.Herasimov, Y. Belevshchuk, I. Ryapolov, O. Tymochko, M. Pavlenko, O. Dmitriiev, M. Zhyvytskyi , N. Goncharenko // 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>.

35. Semeniuta M. Incomplete tournaments and magic types of labeling / M. Semeniuta, Z. Sherman, O. Dmitriiev // Control Systems and Computers. – Kyiv, 2018. – Вип. 5(277). – P. 13-24. – doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.05.013>.

36. Dmitriiev O. Evaluation of the Effectiveness of the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S. Profatilov // 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>.

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

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

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

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

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

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

43. Pavlenko M. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М. Pavlenko, М. Petrushenko, S. Shylo, I. Borozenec, O. Dmitriyev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2019. – Вип. 4(56). – С. 3-7. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

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

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

68. Павленко М.А. Метод формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій в автоматизованій системі управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, Г.В. Щербак, О.М. Дмитрієв // 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.

70. Павленко М.А. Формалізація знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки в автоматизованій системі управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

156. Шило С.Г. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС. / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, А.Б. Фещенко // Збірник наукових праць. – УЦЗ України, – Х. : УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С.170-176.

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 їх 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 методів:

– моделювання діяльності ОПРР 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, що 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:

- різномірність, 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 в повній мірі враховані основні принципи розробки ІМ. Результатом цього є значні витрати часу на пошук необхідної інформації в ІМ й її декодування.

10. Визначено інформаційні потреби ОПР у процесі оцінки ситуацій обстановки, що складаються в зоні відповідальності органу керування ПР, 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, що приймає рішення.

12. Вперше запропоновано метод проектування системи інформаційних моделей для центрів обслуговування повітряного руху, що 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, що 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 ОПР при оцінці СО.

15. Запропонована модель психологічного портрета оператора, 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 з боку замовника 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 по 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Annual Report of the Council [El. resource]. – Монреаль: ICAO, 2017. – Access mode: <http://www.icao.int/annual-report-2017/Pages/default.aspx>.
2. EUROCONTROL Forecast of Annual Number of IFR Flights (2015 – 2021). – EUROCONTROL, Edition 1.0, 2015. – 85 p.
3. vACC Ukraine air traffic control. Regulations [El. resource]. Access mode: https://vacc-ua.org/assets/files/docs/atc_regulations.pdf.
4. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 1 півріччя 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
5. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 2017 рік [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/periodychna-informatsiya/Pidsumky-roboty-2017rik.doc>.
6. Оперативна інформація щодо основних показників діяльності авіаційної галузі за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>.
7. Підсумки діяльності авіаційної галузі України за 9 місяців 2019 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>.
8. Bekier M. Tipping point: The narrow path between automation acceptance and rejection in air traffic management. / M. Bekier, B.R. Molesworth, A. Williamson // Safety science. – 2012. – 50(2). – P. 259-265.
9. Human factors impacts in air traffic management / M. Rodgers, B. Kirwan. – Routledge, 2017 – 584 p.
10. Adaptive control: algorithms, analysis and applications / I.D. Landau, R. Lozano, , M. M'Saad, A. Karimi – London: Springer, 2011. – 610 p.
11. Сікора Л.С. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно-вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами

/ Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Б.Л. Якимчук, Р.С. Марцишин, Ю.Г. Міюшкович // Вісник Національного університету Львівська політехніка. Інформаційні системи та мережі. – 2014. – №783. – С. 204-216.

12. Åström, K. J., & Wittenmark, B. (2008). Adaptive control. Dover Publications; Second edition (December 18, 2008). – 590 p.

13. Несміян О.Ю.; Павленко, Аналіз інформаційного забезпечення та завантаженості каналів прийому інформації операторами систем АСУ. / О.Ю. Несміян, М.А. Павленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – №2. – С. 129-133.

14. Pavlenko M.A., Сценарний підхід до розробки інформаційних моделей забезпечення діяльності оператора автоматизованих систем управління. / М.А. Pavlenko, , et al. // Військово-технічний збірник. – 2014. – № 10. – С. 49-55.

15. Стасєв Ю.В. Вдосконалення інформаційного забезпечення діяльності операторів АСУ при оцінці стану об'єктів управління. / Ю.В. Стасєв, М.А. Павленко, Т.Ю. Міщенко, Л.В. Шаманська // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2014. – №4. – С. 70-74.

16. Sridhar B. Airspace complexity and its application in air traffic management. / B. Sridhar, K.S. Sheth, S. Grabbe // In 2nd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar. – 1998. – P. 1-6.

17. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення : Системи обробки інформації. Интеллектуальные информационные технологии : чинний від 1995-01-01. Офіц. вид. К. : Держстандарт України. – 1994. – 72с.

18. Дніпропетровський РСП Запорізької служби ОПР. Робоча інструкція аеродромної диспетчерської вишки Запоріжжя. – 2013. – 91 с.

19. Рабочая инструкция диспетчера управления воздушным движением на рабочем месте TOWER Донецкого АДЦ. – 2009. – 44 с.

20. Szalma J.L. On the application of motivation theory to human factors/ergonomics: Motivational design principles for human–technology interaction / J.L. Szalma // *Human Factors*. – 2014 . – 56(8). – P. 1453-1471.

21. Prandini M. Toward air traffic complexity assessment in new generation air traffic management systems / M. Prandini, L. Piroddi, S. Puechmorel, S.L. Brázdilová // *IEEE transactions on intelligent transportation systems*. – 2011–Vol.12(3). – P. 809-818.

22. Kaber D. B Situation awareness implications of adaptive automation for information processing in an air traffic control-related task / D.B. Kaber, C.M. Perry, N. Segall, C.K. McClemon, L.J Prinzel // *International Journal of Industrial Ergonomics*. – 2006. – 36(5). – P. 447-462.

23. Полонский Ю.И. Подход к автоматизации процессов формирования и управления отображением информационных моделей воздушной обстановки / Ю.И. Полонский, М.А. Павленко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – Полтава, Полтавський національний технічний університет. – 2015. – Вип. 2(34). – С. 105-108.

24. Полонський Ю.І. Формалізований опис процесу відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило, М.І. Литвиненко // *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. – 2016. – № 2. – С. 115-117.

25. Павленко М.А. Интеллектуальный метод управления информационными моделями для систем управления сложными динамическими объектами / М.А. Павленко, В.Н. Руденко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, И.Ю. Хромов // *Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. Науковий журнал*. – Луганськ, 2007. – Вип. 2(15). – С. 94-99.

26. Дмитриев О.Н. Особенности математического моделирования процессов организации движения беспилотных летательных аппаратов / О.Н. Дмитриев // *Зв'язок*. – 2015. – № 6(118). – С. 42-45. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zvjazok_2015_6_17.

27. Павленко М.А. Модель функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – Вип. 4(50). – С. 17-21. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_4_6.

28. Павленко М.А. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 5(51). – С. 24-28. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_5_7.

29. Павленко М.А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2018. – Вип. 6(52). – С. 25-29. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

30. Dmitriiev O. Imitation model of support for decision-making based on assessment of the situation by operators of the automated air traffic control system / O. Dmitriiev, I. Borozenec, S. Shilo, T. Kalimulin // Сучасні інформаційні системи. – Харків, 2018. – Вип. 2(3). – С. 30-35. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adinsys_2018_2_3_7.

31. Шило С. Г. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом // С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв, І.В. Новікова / 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.

32. Dmitriiev O. Development of Ways of Increasing the Reliability of the Integrated Complex of Satellite and Inneration Navigation Systems / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S.Profatilov // Proceedings of the National Aviation University. – Kyiv, 2018. – Vol. 76(3). – P. 29-36. – doi: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.76.13153>.

33. Dmytriiev O. Estimation of primary aerodynamic characteristics of ship-based unmanned aircraft vehicle / O. Dmytriiev, M. Zhyvytskyi, O.P. Elizarov, O.A. Syomin, V.G. Sushko // Новітні технології. – Київ, 2018. – Vol. 2(6). – P. 166-179. – doi: <https://doi.org/10.31180/2524-0102/2018.2.06.22>.

34. Herasimov S. Characteristics of radiolocation scattering of the Su-25T attack aircraft model at different wavelength ranges / S.Herasimov, Y. Belevshchuk, I. Ryapolov, O. Tymochko, M. Pavlenko, O. Dmitriiev, M. Zhyvytskyi, N. Goncharenko // 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>.

35. Semeniuta M. Incomplete tournaments and magic types of labeling / M. Semeniuta, Z. Sherman, O. Dmitriiev // Control Systems and Computers. – Kyiv, 2018. – Вип. 5(277). – P. 13-24. – doi: <https://doi.org/10.15407/usim.2018.05.013>.

36. Dmitriiev O. Evaluation of the Effectiveness of the Integrity Control Algorithm Integrated Satellite Navigation System and the Functioning of the Inertial Navigation System / O. Dmitriiev, N. Kushnerova, S. Profatilov // 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>.

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

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

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

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

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

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

43. Pavlenko M. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / M. Pavlenko, M. Petrushenko, S. Shylo, I. Borozenec, O. Dmitriyev // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава, 2019. – Вип. 4(56). – С. 3-7. – doi: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2019.4.003>.

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

45. Dmitriiev O. The color coding algorithm of complex air traffic information model for operator's efficiency / O. Dmitriiev, M. Melnichuk, O. Tymochko, A. Romaniuk // *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>.

46. Milov O. Development of scenario modeling of conflict tools in a security system based on formal grammars / O. Milov, S. Yevseiev, A. Vlasov, S. Herasimov, O. Dmitriiev, et al. // *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>.

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

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

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

50. Дмитрієв О.М. Разработка элементов бортовой интеллектуальной системы с использованием нейронных сетей / О.М. Дмитрієв, М.Г. Живицький // *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.

51. Дмитрієв О.М. Методы прогнозирования ошибочных компетенций пилота на основе "дерева факторов опасности" / О.М. Дмитрієв, М.Г. Живицький // *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.

52. Дмитрієв О.М. Определение допустимых значений параметров критических профилей сдвига ветра путем декомпозиции / О.М. Дмитрієв, Т.Р. Буран // 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.

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

54. Дмитриев О.Н. Выбор стратегии прохождения первоначальной летной подготовки на территории Украины / О.Н. Дмитриев, И.К. Келлер // 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.

55. Дмитрієв О.М. Анализ методов оптимизации парка воздушных судов / О.М. Дмитрієв, Т.О. Семітковська, Е.М. Шаповал // 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.

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

57. Дмитрієв О.М. Адаптація авіаційного законодавства України для безпечного використання польотів БПЛА / О.М. Дмитрієв, А.Р. Люкманов // 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.

58. Дмитрієв О.М. Разработка учебной системы принятия решений в полете для пилотов высокоавтоматизированных воздушных судов / О.М. Дмитрієв, В.І. Іващишин // 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.

59. 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.

60. Дмитрієв О.М. Формалізація знань про процес оптимізації складу повітряного парку авіакомпанії / О.М. Дмитрієв, І.К. Келлер // 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.

61. Dmitriiev O., Kushnerova N., Profatilov S. Analysis of ways to increase the reliability of complex of satellite and inertial navigation system / О.М. Дмитрієв, І.К. Келлер // 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.

62. Дмитрієв О.М. Розрахунок крила літака класу SEP(L), що використовується для підготовки пілотів за програмою LAPL(A) / О.М. Дмитрієв, М.С Трошин // 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.

63. Дмитрієв О.М. Вдосконалення організаційної структури управління авіакомпанії / О.М. Дмитрієв, М.А. Залевський // 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.

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

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

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

67. Шило С. Г. Діяльність оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

69. Шило С.Г. Метод синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

71. Шило С. Г., Борозенець І. О., Дмитрієв О. М. Дослідження моделі функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

72. Павленко М.А. Метод формалізації знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки особою, що приймає рішення в автоматизованій системі управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

73. Шило С.Г. Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним рухом / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

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

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

76. Шило С.Г. Обґрунтування підходу до проектування та синтезу інформаційних моделей в автоматизованих системах управління повітряним

рухом / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // Новітні технології – для захисту повітряного простору : тези доп. XV міжнар. наук. конф., м. Харків, 10-11 квіт. 2019 р. – Харків, 2019. – С. 310.

77. Борозенець І.О. Модель психологічного портрету оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / І.О. Борозенець, С.Г. Шило, О.М. Дмитрієв // 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.

78. Тімочко О.І. Розробка апарата формалізації інформаційних моделей повітряної обстановки / О.І. Тімочко, Г.В. Щербак, О.М. Дмитрієв // 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.

79. Тімочко О.І. Підхід до управління відображенням інформаційних моделей складної повітряної обстановки / О.І. Тімочко, Г.В. Щербак, О.М. Дмитрієв // 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.

80. Шило С.Г. Підхід до подання знань про ситуації обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

81. Шило С.Г. Розробка моделі функціональної діяльності оператора автоматизованої системи управління повітряним рухом / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, О.М. Дмитрієв // 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.

82. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18>.

83. Повітряний кодекс України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17>.

84. Положення про використання повітряного простору України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.zakon.rada.gov.ua/laws/show/954-2017-%D0%BF#n12>.

85. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України / Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України. – 2009. – 64 с.

86. Якуніна І.Л. Методи аналізу діяльності операторів аеронавігаційної системи в особливих випадках польоту для скорочення часу прийняття рішення: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Якуніна Ірина Леонідівна. – Кропивницький, 2017. – 215 с.

87. Пальоний А.С. Метод та моделі оцінки діяльності операторів у системі управління повітряним рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13, захищена 28.01.2016, затв. 04.03.2016 /. – Кіровоград, 2016. – 234 с.

88. Методика расчета потенциально конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения [Електронний ресурс] / Тимофеев С.Ю. // Интернет-журнал «Наукоеведение» Выпуск 2, март – апрель 2014. – С 1-18. Режим доступу до журн.: <https://naukovedenie.ru/PDF/104TVN214.pdf>.

89. Kontogiannis T. A proactive approach to human error detection and identification in aviation and air traffic control / T. Kontogiannis, S. Malakis // Safety Science. – 2009. – Т. 47. – №. 5. – С. 693-706.

90. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

91. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Э.В. Попов. – М.: Наука, 1987. – 288 с.

92. Alimpiev A.N. Selecting a model of unmanned aerial vehicle to accept it for military purposes with regard to expert data. / A.N. Alimpiev, P.G. Berdnik, N.A.Korolyuk, E.V. Korshets, M.A Pavlenko // Information and controlling system. – 2017 – №9(85) – p. 1729-3774. – doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2017.93179>.

93. Сікірда Ю.В. Моделювання системи підтримки прийняття рішень диспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 07.10.2004, затв. 09.03.2004 / Сікірда Юлія Володимирівна. – К., 2004. – 184 с.

94. Павленко М.А. Розподіл часу оцінки повітряної обстановки особою, що приймає рішення, в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський // Системи обробки інформації. – 2016. – № 8. – С. 37-39.

95. Теория интеллекта: Учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнарченко. – Х.: Изд-во СМИТ, 2007. – 576 с.

96. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.

97. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание: Пер. с англ. / Дж. Люгер. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 864 с.

98. Possibility theory: an approach to computerized processing of uncertainty / D. Dubois, H.Prade. – Springer Science & Business Media, 2012.

99. Піліпюнок О.М. Метод підвищення якості управління повітряними суднами операторами систем навігаційного обслуговування й управління

рухом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / захищена 22.02.2017, затв. 14.03.2017 / Піліпюнок Оксана Миколаївна. – Кропивницький, 2017. – 265 с.

100. Математические основы эргономических исследований : монография / П.Г. Бердник, Г.А. Кучук, Н.Г. Кучук, Д.Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. – Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. – 248 с.

101. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание / Д. Джарратано, Г. Райли. – Издательский дом Вильямс, 2007.

102. Павленко М.А. Разработка метода многоэтапной формализации знаний о процессе распознавания оперативно-тактических ситуаций / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, С.В. Кукобко, Ю.В. Данюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 5(103). – С. 60-64.

103. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

104. Тимочко О.І. Метод автоматизації підтримки прийняття рішень по управлінню динамічними об'єктами на основі інтелектуальних інформаційних технологій / О.І. Тимочко // Системи озброєння і військова техніка. Щоквартальний науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2010. – Вип. 3 (23). – С. 166-170.

105. Королюк Н.А. Информационная поддержка принятия решений при уничтожении воздушных целей / Н.А. Королюк, М.А. Павленко, Е.А. Коршец, С.И. Симонов // Збірник наукових праць. – Севастополь: АМВС імені П.С. Нахімова, 2012. – Вип.1(9).– С. 80-85.

106. Полонський Ю.І. Метод відбору інформаційних ознак для формування моделі повітряної обстановки / Ю.І. Полонський, І.О. Борозенець, С.Г. Шило // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет, 2015. – Вип. 3(35). – С. 109-112.

107. Теоретические основы моделирования микроэкономических и других процессов и систем : монография / В.П. Городнов. – Х.: Изд-во АВВ МВД Украины, 2008. – 384 с.

108. Городнов В.П. Модель оцінки повноти та імовірності своєчасного постачання матеріальних засобів для виконання службово-бойових завдань частинами (підрозділами) Національної гвардії України в особливий період / В.П. Городнов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2016. – Вип. 4(49). – С. 6-17.

109. Human reliability: with human factors. Elsevier / V. Dhillon. – 2013. – 260 p.

110. Основи технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних систем АСУ авіацією та ППО ЗСУ України : навч. посіб. / І.О. Борозенець, О.В. Петров, С.Г. Шило та ін., за заг. ред. С.В. Смеляков. – Харків: ХНУПС, 2020. – 268 с.

111. Baheti R. The impact of control technology / R. Baheti, H. Gill // Cyber-physical systems. – 2011. – №12(1). – P. 161-166 .

112. Aralova N.I. Software for the Reliability Investigation of Operator Professional Activity for "Human-Machine" Systems / N.I. Aralova, O.M. Klyuchko, V.I. Mashkin, I.V. Mashkina, // Electronics and control systems. – 2017. – № (1). – P. 105-113.

113. Брусакова И.А. Математическая модель функциональной надежности автоматизированных систем управления / И.А. Брусакова, К.П. Голоскоков // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. – 2010 – № 8. – С. 48-51.

114. Справочник по надежности. Том 1/ Б.Р. Левин. – М.: Рипол Классик, 2013. – 339 с.

115. Статистические методы сетевого планирования и управления / Д.И. Голенко. – М.: «Наука», 2008. – 400 с.

116. Бодяк О.С. Метод разработки модели деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / О.С. Бодяк, М.А. Павленко, М.Ю. Гусак, С.И. Симонов // Системи обробки інформації. – Вип. 9(107). – Харків: ХУ ПС, 2012. – С. 196-200.

117. Кравченко Ю.А. Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах / Ю.А. Кравченко, А.А. Лежебоков, Д.Ю. Запорожец // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2012. – №3. – С. 52-57.

118. Корчунов Д.О. Багатоальтернативна модель ситуаційного аналізу повітряної обстановки. / Д.О. Корчунов, В.П. Харченко // Вісник Національного Авіаційного Університету. – Х. ХНАУ, 2007. – №12(1). – С. 104-107.

119. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М Герасимов М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МОУ, НАНУ, 2004. – 320 с.

120. Павленко М.А. Підходи до розробки інформаційних моделей в системах підтримки прийняття рішень / М.А. Павленко, П.Г. Берднік, М.М. Калмиков М.М., В.О. Капранов // Системи обробки інформації. – Вип. 1(68). – Харків: ХУ ПС, 2008. – С. 60-64.

121. Castillo E. Expert systems and probabilistic network models / E. Castillo, J.M. Gutierrez, A.S. Hadi // Springer Science & Business Media, New York, 2012. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2270-5>

122. Штучний інтелект : Підручник / М.М. Глибовець, О.В. Олецкий. – К.: КМ Академія, 2002. – 366 с.

123. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи : монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. - Кіровоград: КЛІА НАУ, 2012. – 292 с.

124. Системи підтримки прийняття рішень : Навч. посіб. Для самост. вивч. дисц. / С.М. Братушка, С.М. Новак, С.О. Хайлук. – Суми: ДВНЗ "УАБС НБУ", 2010. – 265 с.

125. Теория и практика принятия управленческих решений : Учеб. пособ. изд. 2-е, перераб. и доп. / В.М. Колпаков. – К.: МАУП, 2004. – 504 с.

126. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. – К.: Наукова думка, 2002. – 382с.

127. Rasmussen J. Anybody a software system for ergonomic optimization / J. Rasmussen, et al. // Fifth World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization, 2003. – Vol. 4. – P. 389-400.

128. Формирование представлений о мире профессий в профконсультировании / В.В. Пчелинова. – Автореф дисс. к. псих. н. – М., 2011. – 32 с.

129. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний операторов в деятельности. Вопросы проектирования и применения / С.А. Багрецов, С.К. Колганов, В.М. Львов. – М.: Радио и связь, 2000. – 192 с.

130. Психологические и эргономические основы проектирования систем управления качеством обучения / В.Г. Евграфов. – СПб: ВМИРЭ, 2004. – 202 с.

131. The psychology of human-computer interaction / S. Card – CRC Press, 2017. – 463 p.

132. A mathematical method for ergonomic-based design: placement / K. Abdel-Malek, W. Yu, J. Yang, K. Nebel //International journal of industrial ergonomics. – 2004. – V. 34. – №. 5. – P. 375-394.

133. Структурно-алгоритмический анализ и синтез деятельности /Г.В. Суходольский. – Л.: ЛГУ, 1976. – 120с.

134. Інженерна психологія: підручник / Ю.Л. Трофімов. – К.: Либідь, 2002. – 264 с.

135. Имитационная модель для оценки комплексного влияния инженерно–психологических факторов на эффективность эргатической системы. Кибернетика и вычислительная техника / В.М. Герасимов, Г.В. Ложкин, В.В. Спасенников – М.: Радио и связь 1984. – 269с.

136. Handbook of human factors and ergonomics / G.Salvendy. – John Wiley & Sons, 2012. – 1752 p.

137. Павленко М.А. Метод разработки модели деятельности оператора АСУ в системах управления сложными динамическими объектами / М.А.

Павленко , О.С. Бодяк, М.Ю. Гусак, С.И. Симонов // Системи обробки інформації. – Вип. 9(107). – Харків: ХУ ПС, 2012. – С. 196-200.

138. Шило С.Г. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС / С.Г. Шило, М.В. Маляров, І.О. Борозенець // Збірник наукових праць. Проблеми надзвичайних ситуацій / – Х. : УЦЗУ, 2010. – Вип. 12. – С.194-203.

139. Karwowski W. Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems / W. Karwowski // Ergonomics. – 2005. – V. 48. – №. 5. – P. 436-463.

140. Метешкин К.А. Модель аналитической деятельности оператора пункта управления / К.А. Метешкин, И.А. Борозенец // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ. – 2001. – Вип. 2(12). – С. 107-112.

141. Shaykhutdinov D. Analysis and Synthesis of Algorithms of Solving Inverse Problems by Methods of Classical and Modern Automatic Control Theory / D. Shaykhutdinov, et al //Asian Journal of Information Technology. – 2016. – V. 15. – №. 9. – P. 1443-1446.

142. Львов В.М. Инженерно-психологические вопросы проектирования деятельности операторов / В.М. Львов, В.В.Павлюченко, В.В. Спасенников // Избранные психологические труды: психология труда, экономическая психология, эргономика. – 2018. – Т. 10. – №. 5. – С. 80.

143. Введение в кибернетику / В.М. Глушков. – К: Изд-во АН УССР, 1964. – 324 с.

144. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды : учеб. для студентов вузов / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 544 с.

145. Introduction to Cybernetics and the Design of Systems / H. Dubberly, P. Pangaro. – Dubberly Design Office, 2010 – 167 p.

146. The theory of stochastic processes / D.R. Cox. – Routledge, 2017. – 718 p.

15. Вопросы кибернетики. Моделирование человеко-машинных кибернетических систем / АН СССР, научный совет по комплексным проблемам «Кибернетика» – М.: Научный совет по комплексным проблемам АН СССР «Кибернетика», 1984. – Вып. 110. – 146 с.

148. Загора С.А. Розв'язання групових конфліктних ситуацій на довільних маршрутах в умовах гарантованого рівня безпеки польотів: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / захищена 03.05.2006, затв. 11.06.2006 / Загора Севастіан Анатолійович. – К., 2006. – 135 с.

16. Эргономика информационных технологий : учеб. издание / А.Т. Ашеров, С.А. Капленко, В.В. Чубук. – Харьков: ХГЭУ, 2000. – 224с.

150. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. – М.: Альянс, 2016. – 394 с.

17. Человеко–компьютерное взаимодействие : учеб. пособие / В.М. Львов, В.Д. Магазанник. – Тверь, 2005. – 199 с.

152. Human factors methods: a practical guide for engineering and design / N.A. Stanton, P.M. Salmon, L.A. Rafferty, G.H. Walker, C. Baber, D. P. Jenkins. – CRC Press, 2017. – 720 p.

18. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором: пер. с англ. / под ред. К.В. Фролова, Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррелл. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.

154. Engineering psychology & human performance / C.D. Wickens, J.G. Hollands, S.Banbury, R.Parasuraman. – Psychology Press, 2015. – 620 p.

155. Павленко М.А. Эргономический аспект проектирования средств информационного обеспечения оператора, использующего систему поддержки принятия решений в процессе управления / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента в России.

Проблемы развития экономического анализа и бухгалтерского учета в условиях финансового кризиса. – Тольятти.: ТГУ, 2010. – С. 107-114.

156. Шило С.Г. Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС. / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, А.Б. Фещенко // Збірник наукових праць. – УЦЗ України,– Х. : УЦЗУ, 2009. – Вип. 9. – С.170-176.

19. Павленко М.А. Дослідження моделі оператора АСУ при оцінці метеорологічної обстановки / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник, В.С. Підлипська, О.М. Ніколенко // Восьма наукова конференція Харківського університету Півтряних Сил імені Івана Кожедуба, 18–19 квітня 2012 року: Тези доповідей – Х: ХУПС, 2012. – С. 43.

158. Graph theory with applications to engineering and computer science / N. Deo – Courier Dover Publications, 2017. –496 p.

159. Павленко М.А. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, И.Ю. Хромов // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС, 2007. Вип. 1(59). – С. 78-81.

20. Тимочко А.И. Моделирование деятельности лица, принимающего решения, в системах сетевого управления / А.И. Тимочко, М.А. Павленко, В.Н. Руденко // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. - Х.: МОНУ, ХНУРЕ, 2007. – Вып. 151. – С. 85-91.

21. Павленко М.А. Моделирование деятельности оператора с использованием CASE-технологий при разработке перспективных средств автоматизации / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Вип. 6(80). – Харків: ХУ ПС, 2009. – С. 89-92.

22. Проектирование систем управления. Пер. с англ. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Греббе, М.Э. Сальдаго – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.

23. Особенности эргономического проектирования и экспертизы тренажерно-обучающих систем / В.Г. Евграфов – СПб.: Питер, 2007. – 224 с.

164. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизинюк, И.Ю. Субач. – Севастополь: МО Украины, НАН Украины, НИЦ ВС Украины «Государственный океанариум», 2004. – 318 с.

165. Джума Л.Н. Автоматизация процессов труда в системе управления воздушным движением / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. –Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2010. – № 9(151). – С. 155-160.

166. Джума Л.Н. Моделирование потока воздушных судов в зоне ответственности диспетчера Tower / Л.Н. Джума, О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. Научно-производственный сборник. – К.: Украинский НИИ связи, 2015. – № 5(39). – С. 93-97.

167. Джума Л.Н. Применение информационных технологий для моделирования рабочего места диспетчера TWR / Л.Н. Джума, О.Н. Паскаль, В.Л. Лишавская // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2011. – № 7(161). – С. 241-246.

168. Купин В.В. Оценка интенсивности потоков воздушных судов в часы пик в системе управления воздушным движением: автореферат дис. ...кандидата технических наук: 05.22.13 / Акад. гражд. авиации. – Санкт-Петербург, 2004. –23 с.

169. Паскаль О.Н. Автоматизация рабочего места диспетчера Tower: исследование возможности формализации расчетов позиций воздушных судов / О.Н. Паскаль // Тези доповідей X Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». – К.: НАУ, 2010. – С. 28.

170. Паскаль О.Н. Моделирование входного и выходного потоков воздушных судов, обслуживаемых диспетчером Tower / О.Н. Паскаль // Матеріали XXX Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених та курсантів

«Авіація та космонавтика: стан, досягнення і перспективи». – Кіровоград: ДІАУ, 2010. – С. 157-158.

171. Пилипёнок О.Н. Модель процесса принятия решений как основная составляющая интеллектуальной обучающей системы / О.Н. Пилипёнок // Научные записки Украинского научно-исследовательского института связи. Научно-производственный сборник. – К.: Украинский НИИ связи, 2014. – № 4(32). – С. 54-61.

172. Пилипёнок О.Н. Разработка модуля информационной поддержки деятельности авиадиспетчера / О.Н. Пилипёнок // Тези доповідей XII Міжн. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки». – К.: НАУ, 2012. – С. 35.

173. Процесс принятия управленческого решения и его структура [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://studme.org/11200611/ekonomika/protsess_prinyatiya_upravlencheskogo_resheniya_ego_struktura.

174. Моделювання систем / В.М. Томашевський. – К.: Видавнича група BNV, 2005. – 352 с

175. Человеко–машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.А. Токарев. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.

176. Павленко М.А. Организация проектирования средств информационного обеспечения оператора / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Вектор науки. – Вып. 1(11). – Тольятти: ТГУ, 2010. – С. 65–70.

Павленко М.А. Метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций нарушения правил 178. Информационно–управляющие человеко–машинные системы: Исследование, проектирование, испытания : справочник. / Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. – М.: Машиностроение, 1993. – 527с.

179. Человеческий фактор. Т.6. Эргономика в автоматизированных системах / М. Вайсер, Б. Шнейдерман, В. Уиллиджис; пер. с англ. Ф.П. Гречко. – М.: Мир, 1992. – 522 с.

180. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разраб. и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов, В. В. Циблиев, С. И. Потоцкий и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с.

181. Хрестоматия по инженерной психологии : учебник для студентов вузов / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов. – М. : Высшая школа, 1991. – 287 с.

182. Нізієнко, Б.І. Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами / Б.І. Нізієнко, М.А. Павленко, С.Г. Шило, П. Г. Бердник // Системи обробки інформації. – Харків: ХВУ, 2004. – Вип. 11(39). – С. 140-125.

183. Павленко М.А. Метод формирования информационной модели для перспективных АСУ / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, В.Н. Руденко, А.В. Першин // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації та управління, 2007. – Вип. 4. – С. 137-140.

184. Организация информационного обмена между элементами наземного комплекса управления группировкой космических аппаратов / В.М. Артюшенко, Б.А. Кучеров // Прикладная информатика. – 2014. – № 1 (49). – С. 38-48.

185. Анохин А.Н. Человеко-машинный интерфейс для поддержки когнитивной деятельности операторов АС / А.Н. Анохин // Ядерные измерительно-информационные технологии. – 2012. – № 1 (41). – С. 57-66.

186. Management information system / К.С. Laudon, J.P. Laudon // Pearson Education India, 2016. – Vol. II – No. 1. – pp. 103-105.

187. Insaurralde C.C. Ontological knowledge representation for avionics decision-making support / C.C. Insaurralde, E Blasch // 2016 IEEE/AIAA 35th Digital Avionics Systems Conference (DASC). – IEEE, 2016. – P. 1-8.

188. Harel D. On the development of reactive systems / D.Harel, A. Pnueli // In "Logic and Models of Concurrent Systems". NATO Advanced Study Institute on

Logic and Models for Verification and Specification of Concurrent Systems. Springer Verlag, 1985. – pp. 477-498

189. Towards increasing operator wellbeing and performance in complex assembly / S. Mattsson – Department of Industrial and Materials Science, Chalmers University of Technology, 2018. – 64 p.

190. Air traffic control: human performance factors / A.R. Isaac, B. Ruitenberg – Routledge, 2017. – 365 p.

191. Анохин А.Н. Адаптивный интерфейс для операторов сложных систем / А.Н. Анохин // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – 2014. – С. 6345-6356.

192. Psychology applied to work: An introduction to industrial and organizational psychology / P.M. Muchinsky – Boston, MA : Cengage Learning, 2006. – 554 p.

193. Kaslow N.J. Competencies in professional psychology / N.J. Kaslow // American Psychologist. 2004. – Vol. 59. – № 8. – P. 774-781.

194. Handbook of human factors and ergonomics / G. Salvendy – Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2012. – 1752 p.

195. Work psychology: Understanding human behaviour in the workplace / J. Arnold et al. – London : Pearson Education, 2016. – 808 p.

196. Campbell J.S. Meta-analysis of personality assessments as predictors of military aviation training success / J.S. Campbell, M. Castaneda, S. Pulos // The International Journal of Aviation Psychology. 2009. –Vol. 20. –№ 1. – P. 92-109.

197. Aviation Mental Health: Psychological Implications for Air Transportation / T. Hubbard, R. Bor – Aviation. London : Routledge, 2016. – 376 p.

198. Кузікова С.Б. Саморозвиток особистості: суб'єктний підхід / С.Б. Кузікова // Психологія особистості. – 2013. – № 1. – С. 77-86.

199. Психологія професійного становлення сучасного фахівця : монографія / О. М. Коқун – Київ : ДП "Інформ.-аналіт. агентство", 2012. –200 с.

200. Диагностика профессионально важных качеств / А. В. Батаршев и др.; под общ. ред. Г. А. Майорова. – Санкт-Петербург: Питер, 2007. – 250 с.

201. Сергієнко Н.П. Особливості професійної спрямованості особистості при виборі професії / Н.П. Сергієнко, М.Г. Щербак // Вісник Харківського національного педагогічного університету ім. Г.С. Сковороди. Психологія. – 2012. – № 43 (1). – С. 163-170.

202. Фролов Ю.В. Компетентностная модель как основа оценки качества подготовки специалистов. / Ю.В. Фролов, Д.А. Махотин // Высшее образование сегодня. – 2004. – №8. – С. 13-18.

203. Шило С.Г. Аналітична модель надійності оператора оперативно-диспетчерської служби МНС / С.Г. Шило, Г.В. Щербак, М.А. Павленко // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 10. – С. 219-226.

204. Кисіль С.Г. Взаємозв'язок фізіологічного і психологічного в системному формуванні функціональних станів операторів / С.Г. Кисіль, І.О. Філенко // Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Психологія. – 2003. – № 599. – С. 145-151.

205. Кальниш В.В. Современное состояние профессионального психофизиологического отбора в Украине / В.В. Кальниш, А. М. Ена // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – № 3. С. – 12-17.

206. Health psychology / Taylor S.E. – New York, NY: McGraw-Hill Education, 2015. – 430 p.

207. Модели деятельности человека в эргатических системах : учеб. пособ. / И. И. Богачев и др. Москва : МАИ, 1987. – 184 с.

208. Павленко М.А. Методы и процедуры отбора операторов АСУ при использовании интеллектуальных систем поддержки принятия решений / М.А. Павленко // Збірник наукових праць ХУПС. – 2012. – № 4 (33). – С. 171-177.

209. Engineering psychology and human performance / C. D. Wickens et al. New York, NY : Psychology Press, 2015. – 544 p.

210. The Cambridge handbook of expertise and expert performance / K.A. Ericsson, N. Charness, P.J. Feltovich, R.R. Hoffman – New York, NY: Cambridge University Press, 2018. – 918 p.

211. Confirmatory factor analysis for applied research / T.A. Brown – New York, NY : Guilford Press, 2015. – 462 p.

212. Factor analysis: Statistical methods and practical issues / J.O. Kim, C.W. Mueller – Newbury Park, CA : SAGE, 1978. – 88 p.

213. Климчук В.О. Факторний аналіз: використання у психологічних дослідженнях / В.О. Климчук // Практична психологія та соціальна робота. – 2006. – № 8. – С. 43-48.

214. Gillissen A. Formal modeling of air traffic as system-of-systems /A. Gillissen, M. Schultz // Proceedings of the 8th International Conference for Research in Air Transportation – 2018.

215. Метод построения информационной технологии диагностики состояния сложного технологического процесса / В.М. Левыкин, И.В. Шевченко // Управляющие системы и машины. – 2014. – № 3. – С. 33-38.

216. Wanderley M.P. A system of systems architecture for supporting decision-making / M.P. Wanderley, M.H. Abel, J.P. Barthès, E.C. Paraiso // in 2017 IEEE 21st International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2017, – P. 186-191.

Додаток А

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати 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., Дмитрієв 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., Дмитрієв 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., Дмитрієв 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., Дмитрієв 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., Dmitriiev 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. Dmitriiev 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., Dmitriev 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. Метод проектування та синтезу інформаційних моделей для оцінки обстановки в автоматизованих системах управління повітряним рухом. *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. Dmitriiev 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. Dmitriiev 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. 7–3. 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.

Опубліковані праці апробаційного характеру

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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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., Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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. Дмітрієв 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., Дмітрієв 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.

Додаток Б

Опис імітаційної моделі оцінки ефективності розроблених методів

Б.1 Мета створення імітаційної моделі оцінки ефективності розроблених методів.

Як об'єкт моделювання розглянуто процес оцінки ситуацій обстановки для підготовки прийняття рішення операторами АС КПрР.

Проведення натурного експерименту для перевірки якості розроблених методів у реально існуючих умовах функціонування центрів ОПрР неможливо через низку причин, пов'язаних з великими економічними витратами, а також з необхідністю відволікання операторів від вирішення функціональних задач тощо. Внаслідок цього запропоновано реалізувати імітаційну модель процесу оцінки ситуацій обстановки з використанням розроблених методів вирішення завдань для оцінки їхньої ефективності.

Метою створення імітаційної моделі є проведення порівняльної оцінки методів оцінки ситуацій обстановки для різних умов її складності з використанням розроблених у роботі моделей та методів ситуаційного аналізу, а також визначення ефективності вирішення розглянутого комплексу завдань з оцінки ситуацій ОПрР в центрах обслуговування повітряного руху.

Призначення імітаційної моделі. Розроблена імітаційна модель процесу оцінки ситуацій обстановки для різних умов її складності дозволяє:

- провести порівняльний аналіз різних методів вирішення завдання оцінки ситуацій обстановки для різних умов її складності;
- оцінити ефективність вирішення розглянутого завдання з використанням традиційних та запропонованих в роботі методів;
- оцінити витрати часу на вирішення задачі з використанням традиційних та запропонованих в роботі методів.

Б.2 Структура імітаційної моделі

Імітаційна модель складається з таких структурних блоків:

1. База даних про повітряні судна включає себе дані про тип ПС, його поточну швидкість, курс, висоту польоту. У базі даних зберігається інформація про положення об'єкта за останні п'ять хвилин поточного часу.
2. База даних об'єктів інфраструктури, містить дані про об'єкти інфраструктури, їх положення й основні характеристики, обладнання, площу, положення.
3. База даних ситуацій обстановки містить перелік типових ситуацій обстановки і значення основних інформаційних ознак, які їх характеризують. (див. третій та четвертий розділ).
4. Бази знань про процес рішення завдання розпізнавання ситуації обстановки (розглянуті у [216] й тут не приводиться). При моделюванні база знань була реалізована у вигляді бази даних, в якій утримуються поля правил, покажчиків зв'язку між правилами, а також правила інтерпретації знань.
5. Модель об'єктів інфраструктури призначена для подання характеристик об'єктів, що входять до АС КПП.
6. Модель обстановки будується за даними наявними у БД, згідно планової, розрахункової та поточної інформації, з означуванням інформаційних ознак, які її характеризують.
7. Модель підіграшу призначена для введення корегувань у поведінку повітряних об'єктів, зміни стану об'єктів інфраструктури, стану системи.
8. Модель радіолокаційного спостереження призначена для відображення основних характеристик і якості радіолокаційної інформації (РЛІ), що надходить до АС КПП, для оцінки поточної обстановки, оцінки дій ПС, прийняття рішень на управляючі дії.
9. Традиційна модель оцінки ситуації обстановки.
10. Запропонована модель оцінки ситуації обстановки.

11. Модель формування оцінок реагування операторів на обстановку з використанням порівнюваних методів.

12. Блок порівняння отриманих оцінок різними методами.

13. Блок обробки результатів моделювання.

Розроблена модель дозволяє проводити порівняльну оцінку ефективності вирішення завдання оцінки ситуації обстановки та підготовки прийняття рішень з використанням різних методів.

Б.3 Обмеження й припущення

Гіпотези й припущення моделі об'єктів інфраструктури:

- відомі тип і категорія об'єктів інфраструктури, обумовлені важливістю;

- параметри об'єкта, що характеризують його просторове розташування на місцевості;

- відомий склад засобів та обладнання, розташованих на об'єкті.

Гіпотези й припущення моделі обстановки:

1) апріорно відомі координати точок стояння об'єктів інфраструктури, можливості та їх місце положення;

2) ПС здійснюють польоти з 24-х аеродромів і мають у своєму складі 164 літаків різного типу;

3) одночасно передбачається можливість знаходження до 82 повітряних суден в обмежених областях простору, що також перетинаються по часовій площині.

Відомі аеродроми базування й типи ПС, їх склад і кількість, підлітний час до зони відповідальності АС КІР з різних напрямків. У ході імітаційного моделювання було реалізовано 90 варіантів можливих потенційно конфліктних ситуацій різного ступеня складності з різними просторово-часовими характеристиками та об'єктами інфраструктури.

Для кожного ПС задаються вихідна точка траси, а також перелік номерів об'єктів інфраструктури, які він має проходити. Об'єкти можуть бути основними або запасними.

В основу формування трас польоту цілей покладені такі основні принципи:

- 1) огинання всіх потенційно небезпечних зон (можливо, з урахуванням рельєфу місцевості);
- 2) узгодження дій ПС за часом.

Для обчислення координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$, положення ПС у тривимірному просторі був обраний поліном виду [215]:

$$x(t) = \sum_{k=0}^n a_k t^k; \quad y(t) = \sum_{k=0}^n b_k t^k; \quad z(t) = \sum_{k=0}^n c_k t^k, \quad (\text{Б.1})$$

де a_k , b_k , c_k – коефіцієнти апроксимуючих поліномів; n – ступінь полінома.

Гіпотези й допущення моделі радіолокаційного спостереження:

- 1) до АС КТР надходить РЛІ, яка пройшла третинну обробку;
- 2) зовнішня границя зони радіолокаційного спостереження апроксимована окружністю, радіус якої є функцією від висоти польоту ПС;
- 3) на координати й вектор швидкості ПС накладаються випадкові помилки. Дисперсії помилок обрані близькими до реальних:

$$x(t) = \xi_x + \sum_{k=0}^n a_k t^k; \quad y(t) = \xi_y + \sum_{k=0}^n b_k t^k; \quad z(t) = \xi_z + \sum_{k=0}^n c_k t^k, \quad (\text{Б.2})$$

де ξ_x , ξ_y , ξ_z – випадкові помилки виміру характеристик ПС.

У ході моделювання процесу радіолокаційного спостереження кожного ПС, яке вперше виявляється за даними РЛС, йому привласнюється черговий "машинний" номер.

Гіпотези й допущення моделі підіграшу обстановки:

- 1) може змінюватися профіль польоту ПС та напрямок їх польоту;
- 2) можуть вводиться зміни до стану об'єктів інфраструктури (не придатний, обмежено придатний, функціонує у повному обсязі).

Комбінована модель оцінки обстановки

Процес формування описів подій при оцінці обстановки в АС КІР може бути представлений деяким логічним ланцюжком ознак і сукупністю операцій над отриманими множинами. Для формалізації знань про процеси оцінки обстановки можуть бути використані такі типи вершин ФМ [216] (рис. Б.1):

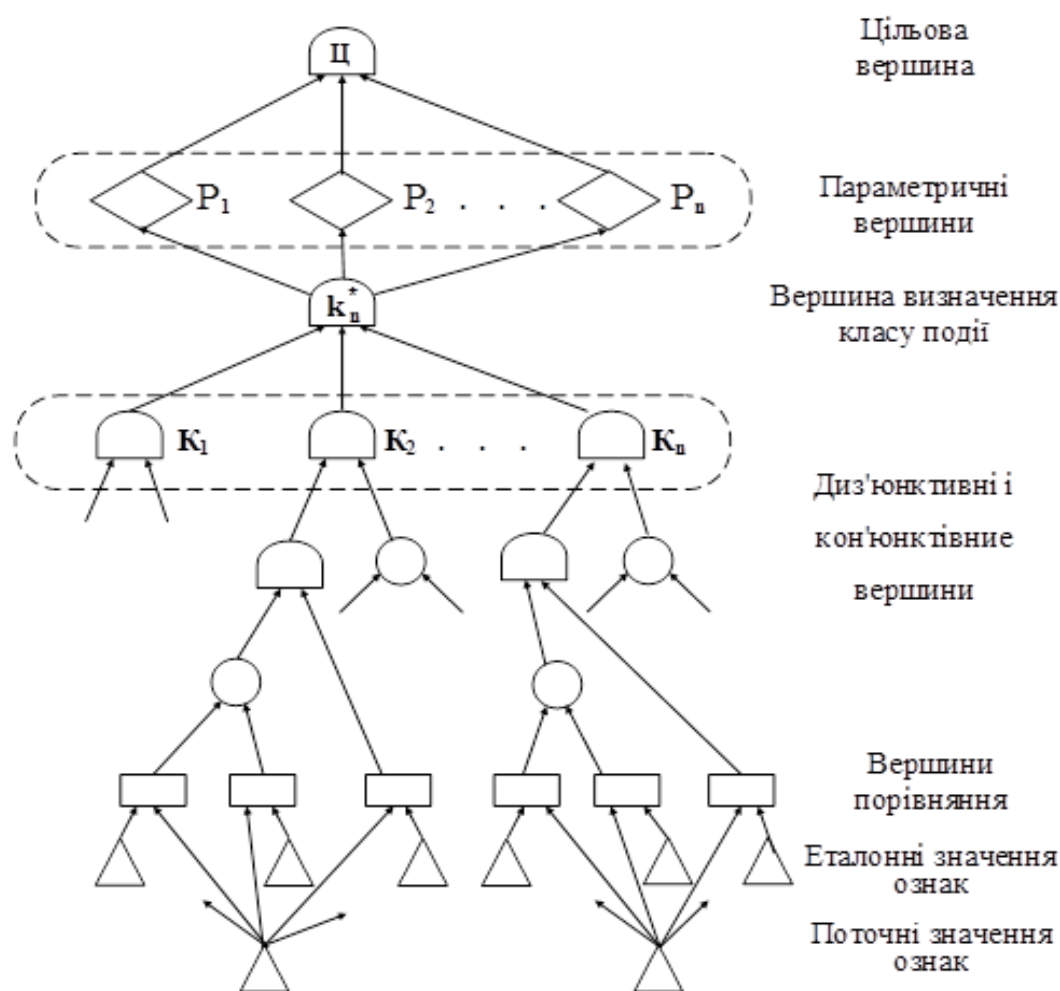


Рисунок Б.1 – Структурна схема однорідної функціональної мережі

- 1) множина початкових вершин мережі $\{H_j\}$ – вершини, зміст яких визначає вихідні посилки (значення поточних $\{Pr_j^t\}$ й еталонних ознак $\{Pr_j^e\}$) для розв’язання задачі співвідношення поточної й еталонної подій – $\{H_j\}_{j=1..J} = \{\{Pr_j^e\}, \{Pr_j^t\}\}$;
- 2) множина вершин порівняння $\{S_j\}$ – вершини визначення ступеня близькості еталонного й поточного розподілів значень однойменних ознак – $\{C_j\}_{j=1..J} = \{f_j(Pr_j^e, Pr_j^t)\}$, де $f_j(Pr_j^e, Pr_j^t)$ – функція визначення ступеня близькості еталонного й поточного розподілів значень однойменних ознак;
- 3) множина кон’юнктивних $\{K_\gamma\}$ і диз’юнктивних $\{D_\beta\}$ вершин – вершини, що відповідають відповідно операціям кон’юнкції й диз’юнкції результатів порівнянь еталонного й поточного розподілів значень ознак, де:

$$\{K_\gamma\}_{\gamma=1..G} = \bigcap_{\gamma=1}^G f_\gamma(Pr_j^e, Pr_j^t);$$

$$\{D_\beta\}_{\beta=1..B} = \bigcup_{\beta=1}^B f_\beta(Pr_j^e, Pr_j^t);$$

- 4) вершина визначення класу події $k_n^* = \bigcup_{i=1}^I \bigcap_{j=1}^J X_{ij}$ – вершина мережі, що реалізує вирішальне правило визначення класу спостережуваної події;
- 5) множина параметричних вершин $\{P_n\}$ – вершини визначення кількісних $\{V_n\}$ та якісних $\{W_n\}$ характеристик розпізнаних класів ситуацій – $\{P_n\}_{n=1..N} = \{\{V_n\}, \{W_n\}\}$;
- б) цільова вершина мережі, що визначає тип події, що склалася у ході оцінки обстановки та її характеристик – $\Pi = \langle k_n, \{V_n\}, \{W_n\} \rangle$;

Слід зазначити, що при рішенні деяких завдань вершини 5 і 6 можуть бути відсутніми, наприклад, при формальному поданні знань про процес рішення задачі "визначити поточний стан повітряного судна".

Таким чином, модель знань про завдання оцінки обстановки в АС КІР може бути представлено у вигляді:

$$M_{oo} = \langle \{H_j\}, \{S_j\}, \{K_\gamma\}, \{D_\beta\}, k_n^*, \{P_n\}, \Omega \rangle. \quad (Б.3)$$

Оцінка прагматичної істинності функціональних початкових умов може бути розбита на такі етапи:

- 1) інтерпретація (визначення прагматичної істинності) ознак;
- 2) інтерпретація ситуацій, складених на основі описів ознак;
- 3) визначення кількісних та якісних характеристик подій (варіантів поведінки повітряних суден).

Формування логічного опису функціональної початкових умов здійснюється з використанням кон'юнктивних і диз'юнктивних вершин, які дозволяють проводити згортку часткових значень ступеня близькості експертного й поточного розподілів однойменних ознак.

$$\begin{cases} v_{A \cap B}(x_m) = \min \{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \\ v_{A \cup B}(x_m) = \max \{v_A(x_m), v_B(x_m)\} \end{cases} \quad (Б.4)$$

де $v_A(x_m)$, $v_B(x_m)$ – часткові значення ступеня близькості експертного і поточного значень ознаки x_m .

Для інтерпретації ситуацій у процесі оцінки обстановки, складених на основі описів ознак, необхідно шляхом обчислення ступеня істинності ознак визначити ступінь відповідності складної ситуації відповідно до деякої логічної комбінації ознак.

За правило прийняття рішення про клас ситуації приймемо правило максимальної апостеріорної можливості класів, що враховує нечітку класифікацію початкових умов в алфавіті [233]:

$$k_n^{r*} = \arg \max_{\forall k_n} \Phi(k_n^r), \text{ якщо } \Phi(k_n^{r*}) \geq \delta_{\text{пор}}, \quad (\text{Б.5})$$

де $\Phi(k_n^r)$ – апостеріорна міра можливості віднесення ситуації до n-му класу r-го алфавіту;

k_n^{r*} – клас із максимальним значенням апостеріорної міри можливості;

$\delta_{\text{пор}}$ – граничне значення, обране залежно від розрізнення класів алфавіту.

Визначення прагматичної істинності пошукових початкових умов полягає у формуванні множини відображень ознак у БД, що відповідає реалізації пошуку відповідних інформаційних полів по ключу й значень знайдених входжень.

Задача пошуку інформації у БД припускає реалізацію запитів до бази даних і обчислення певних функцій за результатами пошуку.

Розрахункові задачі реалізують обчислювальний процес, формалізація якого можлива на основі відомих математичних методів і методик. При цьому можуть реалізовуватися й процедури пошуку в базі даних.

Таким чином, у результаті логічного виведення на формалізованих структурах знань буде визначений клас події, що склалися у процесі оцінки варіантів поведінки повітряних суден, а також їх кількісні й якісні характеристики.

Класифікацію ПС по категоріях можна представити як процес визначення прагматичної істинності функціональних початкових умов. Необхідно розподілити виявлені ПС по класах алфавіту категорій ПС $A_1 = \{k_1^1, k_2^1, k_3^1, k_4^1, k_5^1\}$, де k_1^1 = "перша категорія", k_2^1 = "друга категорія", k_3^1 = "третя категорія", k_4^1 = "четверта категорія", k_5^1 = "п'ята категорія".

Відповідно до введеної класифікації цілей по категоріях, для рішення даного завдання необхідно визначити:

- а) тип ПС;

б) місце розташування ПС щодо зони відповідальності АС КПр.

При цьому для опису класів алфавітів будемо використовувати множину ознак $X = \{V, H, E, \Phi, \Lambda, \Theta, \Psi, M, O\}$, де V – швидкість j -го ПС, H – висота ПС, E – ефективна поверхня ПС, що відбиває, $\Phi = \{\text{велика, середня, мала}\}$ – інтенсивність маневру ПС, $\Lambda = \{\text{висотний, середньовисотний, низьколетячий}\}$ – можливості ПС за висотою польоту, $\Theta = \{\text{швидкісний, середньошвидкісний, нешвидкісний}\}$ – можливості ПС за швидкістю польоту, $\Psi = \{\text{велика, середня, мала}\}$ – інтенсивність завад для спостереження, $M = \{\text{перебуває в зоні відповідальності, не перебуває в зоні відповідальності}\}$ – місце розташування ПС щодо зони відповідальності АС КПр, $O = \{\text{можливе управління діями ПС, неможливе управління діями ПС}\}$ – можливість впливу на управління ПС.

Значення ознак M_j і O_j визначаються особами (операторами) або результатом розв'язання розрахункових задач.

На етапі планування можливі напрямки розвитку подій S_i ($i=1\dots I$, I – кількість можливих потенційно конфліктних ситуацій) визначають на основі аналізу й врахування таких факторів: базування ПС і їх функціональні можливості, заплановані просторові та часові характеристики проведення польотів, особливості побудови системи тощо.

Відповідно до виділених варіантів можливій поведінки ПС розробляються варіанти їхнього управління з урахуванням можливих напрямків розвитку подій S_i , які становлять основу підготовки для прийняття рішення ОПР.

Б.4 Структура вхідних і вихідних даних

Дані про ПС, його поточну швидкість, курс, висоту польоту, тип ПС при моделюванні зберігалися у базі даних за останні 2 хв поточного часу.

Варіант структури даних про склад учасників повітряного руху і типи можливих небезпечних ситуацій в обмеженій області повітряного простору наведено в табл. Б.1.

Таблиця Б.1. – Варіант моделювання ситуацій обстановки

№ п/п	Склад	Кількість	Аеродром зльоту	Тип ПС	Аеродром посадки	Передбачувані задіяні об'єкти інфраструктури
-------	-------	-----------	-----------------	--------	------------------	--

Структура інформації про об'єкт інфраструктури представлена у таблиці Б.2.

Таблиця Б.2. – Інформація про об'єкти інфраструктури

Тип об'єкта	Категорія	Координати точок стояння об'єктів	Обладнаність	Площа об'єкта, км ²
-------------	-----------	-----------------------------------	--------------	--------------------------------

Вихідними даними для моделі є:

1. Номер ПС.
2. Кількість об'єктів, які одночасно знаходяться в обмеженій області.
3. Результати розпізнавання обстановки.
4. Результати оцінки напрямку управляючих дій.
6. Час вирішення задачі кожним з методів.

Б.5 Метод обробки результатів моделювання

Одним з найбільш важливих показників ефективності систем розпізнавання з використанням елементів штучного інтелекту, є ймовірність одержання правильних рішень (P_{np}) при розпізнаванні об'єктів, що відносяться до різних класів [107, 108].

Цей показник залежить, насамперед, від [112]:

- помилок апріорного опису класів;
- помилок визначення ознак розпізнаваних об'єктів;
- кількості та властивостей використовуваних ознак.

У такий спосіб:

$$P_{np} = f(\phi_1, \phi_2, \phi_3). \quad (\text{Б.6})$$

Часто, наприклад, при логічній моделі розпізнавання використовують оцінку надійності розпізнавання, що, відповідно до [107], дорівнює

$$\xi_g = \frac{1/L_w}{\sum_{S=1}^n 1/L_S}, \quad (\text{Б.7})$$

де L_w – міра близькості w -го об'єкта; L_S – S -те значення міри близькості.

У цьому випадку величина ξ_g відіграє роль, подібну до імовірності правильного розпізнавання P_{np} :

$$\sum_{g=1}^n \xi_g = 1. \quad (\text{Б.8})$$

У літературі, наприклад, [108], згадується ще один показник – час розпізнавання об'єкта T_p :

$$T_p = \sum_{r=1}^2 T_{pr}, \quad (\text{Б.9})$$

де T_{p1} – час, що витрачається на розрахунок мір близькості L_w ;

T_{p2} – час на ухвалення рішення про приналежність розпізнаваного об'єкта до одного із заданих класів об'єктів.

Для оцінки ефективності розпізнавання ситуацій обстановки зазвичай використовується такий показник, як середня ймовірність відмови від розпізнавання (безвідмовність розпізнавання).

У загальному випадку при декількох альтернативних варіантах ситуацій обстановки ($i=1, 2, \dots, n$) "краща" ситуація вибирається шляхом оптимізації цільової функції:

$$F^* = \underset{x \in \Omega_x}{\text{opt}} F(X, P_{\text{пр}}, P_{\text{отк}}), \quad (\text{Б.10})$$

де $X = [x_q]$ – множина рішень;

$$x_q = \begin{cases} 1, & \text{якщо } q \text{ – ий варіант моделі обрано;} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

$$\sum_q x_q = 1;$$

Ω_x – множина можливих варіантів моделей ситуації обстановки;

$$P_{\text{пр}} = [P_{\text{пр}i}]; \quad P_{\text{відм}} = [P_{\text{відм}i}].$$

Б.6 Опис моделі

Розроблена імітаційна модель дозволяє провести моделювання процесу оцінки ситуацій обстановки з використанням традиційних та запропонованих у роботі методів.

Спочатку відбувається заповнення баз даних про ПС, об'єкти інфраструктури, поточну обстановку, а також баз знань про процес розпізнавання ситуацій обстановки, і бази знань про принципи управління ПС для запобігання потенційно конфліктних ситуацій.

Після цього задається максимальна й мінімальна кількість ПС в обмеженій області повітряного простору, а також кількість об'єктів інфраструктури.

На підставі даних про об'єкти інфраструктури та наявні типи ПС формується модель ситуації обстановки, що передає апроксимовані координати повітряних об'єктів у модель радіолокаційного спостереження, яка після накладення помилок виміру передає їх у систему оцінки обстановки.

Формування моделі обстановки відбувається шляхом випадкового вибору класу ситуації, і відповідного означування інформаційних ознак, які її характеризують. При цьому задається поріг помилки "визначення" інформаційних ознак, на величину якого значення ознаки може бути зменшене або збільшене.

Отримані дані від моделей поточної ситуації, радіолокаційного спостереження, об'єктів інфраструктури передаються на вхід моделей розпізнавання й оцінки обстановки. На підставі обробки отриманих даних формуються оцінки розпізнавання типу ситуації і можливого напрямку розвитку подій, а також відбувається вимір часу розв'язання задачі кожним з методів. Після цього сформовані оцінки представляються у вигляді таблиці, яка обробляється з метою одержання оцінок імовірностей правильного розпізнавання, помилки, відмови від розпізнавання.

Після чого відбувається порівняння якості роботи порівнюваних методів.

Детермінованою частиною розробленої моделі є:

- типи та можливості ПС;
- об'єкти інфраструктури та їх характеристики;
- знання про процеси оцінки ситуацій обстановки.

Стохастичною складовою моделі є помилки виміру просторових характеристик ПС. Для моделювання даних помилок були використані характеристики засобів спостереження і враховані їх можливості щодо збору й обробки інформації про повітряні судна.

Адекватність розробленої моделі забезпечується використанням інформації про обстановку, яка надійшла від джерел, що забезпечують її згладжування, ототожнення й об'єднання з точністними характеристиками відповідних засобів спостереження.

Аналіз повноти імітаційної моделі проводився з погляду відповідності відображуваної інформації етапам прийняття рішень ОПР з оцінки ситуацій у різних умовах обстановки. Для цього було проведено порівняння ступеня забезпеченості інформацією етапів оцінки ситуацій ОПР при використанні існуючих і запропонованих методів обробки інформації про обстановку в її різних умовах.

Оцінку повноти відображення в ІМ інформаційних ознак з урахуванням їх важливості, у тому числі і лінгвістичної складовою, а також, відповідно до етапів діяльності операторів по оцінці ситуацій можна провести використовуючи наступний показник [107]:

$$R = 1 - \sum_{j=1}^4 \beta_j \cdot \sum_{i \in q_j} a_i \quad (\text{Б.11})$$

де β_j – відносне середнє значення похибки, внесеної у відображення обстановки внаслідок неточного (узагальненого) врахування факторів;

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.

У роботах [107, 108] показано, що $\beta_1 = 0$ – при безпосередньому врахуванні значимого фактора шляхом завдання його значення, що відповідає реальному процесу (умові обстановки); $\beta_2 = 0,445$ – при простому узагальненні (заміні сукупності однорідних за фізичним змістом факторів одним); $\beta_3 = 0,6$ – при функціональному узагальненні різнорідних факторів з метою відображення їх однією представницькою величиною; $\beta_4 = 1$ – при непрямому обліку факторів. Вимоги до відображення інформації визначаються прагматичним змістом інформації й точністю подання обстановки на засобах відображення, у тому числі з врахуванням лінгвістичної компоненти, необхідних для сприйняття її ОПРР.

Ступінь очікуваної повноти подання реальної обстановки в інформаційній моделі дорівнює:

$$Y = \sum_{k=1}^Q \xi_k \cdot R_k \cdot P_k, \quad (\text{Б.13})$$

де ξ_k ($k = \overline{1, Q}$) – вага важливості у відносних одиницях кожного з Q представлених в моделі ($k=1, 2, \dots, Q$) параметрів обстановки;

R_k та P_k – показники ймовірності й оперативності подання даних обстановки розглянутою інформаційною моделлю.

За узагальнений показник ефективності інформаційної моделі при порівнянні моделі з наявними й оцінки наближення за ефективністю до ідеальної моделі використано співвідношення [107]

$$W = \frac{Y - Y_c}{1 - Y_c}; \quad (\text{Б.14})$$

де Y – показник повноти розглянутої моделі;

Y_c – показник повноти порівнюваного з нею аналога.

Б.7 Методика проведення експерименту

На підставі існуючих підходів до проведення імітаційного моделювання можна рекомендувати таку методику проведення експерименту [216]:

1. Підготовка вихідних даних.
2. Підготовка й наповнення бази знань.
3. Визначення обмежень і припущень на характеристики використовуваних моделей.
4. Підготовка вихідних даних для моделей оцінки обстановки.
5. Моделювання можливих варіантів розвитку ситуацій.
6. Оцінка результатів роботи порівнюваних методів.
7. Обчислення ймовірностей правильного рішення, помилок, відмов від розпізнавання.
8. Порівняння результатів оцінки обстановки кожним з розглянутих методів.

Б.8 Обробка результатів моделювання

У процесі моделювання використовувались реальні статистичні дані, що включали існуючі інфраструктурні об'єкти, їх обладнання та характеристики, типові повітряні судна різних типів, що використовуються як на внутрішньо державних так і на міжнародних авіаперевезеннях. Було здійснено по 100 прогонів моделі для кожної ситуації з різними значеннями випадкових чинників, що задавались відповідними програмними датчиками з визначеними законами розподілів випадкових величин.

Отримані результати моделювання наведені в таблиці Б.3.

Таблиця Б.3 – Результати імітаційного моделювання

№ ситуації	Кількість ПС	Кількість ПС в конфлікті	Тип ситуації	Існуючі методи			Запропонований метод		
				Режим розпізнавання ситуації	Режим розпізнавання конфлікту	Час рішення задачі, с	Режим розпізнавання ситуації	Режим розпізнавання конфлікту	Час рішення задачі, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	80	11	3	2	0	0,637	2	0	0,318
2	37	6	3	0	2	0,637	3	1	0,318
3	95	19	2	3	0	0,637	0	0	0,318
4	77	9	2	1	4	0,318	4	3	0,637
5	92	18	1	2	1	0,318	1	0	0,318
6	89	11	4	4	0	0,637	4	1	0,318
7	80	13	2	0	4	0,637	3	2	0,318
8	31	6	4	4	4	0,637	3	4	0,318
9	66	8	2	0	1	0,318	2	1	0,955
10	82	13	1	4	3	0,637	1	0	0,318
11	86	12	2	3	4	0,637	0	3	0,318
12	53	10	1	0	1	0,318	2	4	0,637
13	74	10	2	4	4	0,637	3	4	0,318
14	44	8	3	4	3	0,637	2	2	0,955
15	67	8	1	1	0	0,318	0	1	0,637
16	74	9	4	0	0	0,637	2	4	0,318
17	20	4	2	1	2	0,637	1	1	0,637
18	37	6	2	3	1	0,637	0	0	0,955
19	70	11	4	2	3	0,637	1	3	0,637
20	76	15	4	3	0	0,318	1	4	0,955
21	86	14	1	0	0	0,318	2	0	0,637
22	31	4	1	1	0	0,637	2	3	0,318
23	24	4	1	3	3	0,637	2	0	0,318
24	43	6	4	1	4	0,637	1	2	0,637
25	60	7	2	1	3	0,318	4	4	0,955
26	35	7	1	0	4	0,318	3	4	0,637
27	65	10	2	1	3	0,637	3	2	0,637
28	40	6	1	4	1	0,318	0	2	0,318
29	69	13	4	1	2	0,318	4	4	0,637
30	40	5	2	2	0	0,318	3	1	0,955
31	92	18	3	0	1	0,318	3	1	0,637
32	20	2	1	4	3	0,637	3	4	0,637
33	76	9	3	3	4	0,637	0	4	0,318
34	90	15	2	3	0	0,318	1	4	0,637
35	76	15	2	0	4	0,318	4	2	0,318
36	58	8	4	3	4	0,637	1	2	0,637
37	96	13	2	3	2	0,637	0	3	0,318
38	85	10	3	3	4	0,637	1	3	0,955
39	21	2	3	0	2	0,318	0	2	0,318

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	35	5	2	1	2	0,637	1	0	0,955
41	41	5	1	1	0	0,318	0	4	0,955
42	40	5	1	0	1	0,318	1	4	0,637
43	60	7	1	1	1	0,318	2	3	0,637
44	48	9	2	2	1	0,318	3	2	0,955
45	35	4	1	4	4	0,637	2	3	0,955
46	30	3	1	1	0	0,637	0	2	0,637
47	63	7	4	2	0	0,318	0	0	0,637
48	93	15	1	2	3	0,318	4	1	0,955
49	96	16	2	0	0	0,637	2	3	0,637
50	84	12	1	3	4	0,637	0	1	0,637
51	43	7	3	1	3	0,637	4	2	0,637
52	43	8	1	0	1	0,318	1	3	0,318
53	58	8	2	1	1	0,318	2	1	0,955
54	92	18	1	3	1	0,637	2	1	0,637
55	85	14	3	1	2	0,637	0	0	0,318
56	82	10	3	2	1	0,637	2	4	0,318
57	73	10	3	2	1	0,637	3	2	0,955
58	69	8	4	0	4	0,637	3	3	0,637
59	21	4	1	2	3	0,637	0	2	0,637
60	45	9	3	1	3	0,637	2	4	0,318
61	75	10	1	4	2	0,318	2	3	0,637
62	58	11	3	3	0	0,318	3	0	0,955
63	50	10	4	2	3	0,318	4	3	0,955
64	89	14	2	0	2	0,637	0	3	0,318
65	62	8	1	2	0	0,318	1	4	0,955
66	60	12	4	2	1	0,637	3	0	0,318
67	23	3	4	1	0	0,318	4	0	0,955
68	44	8	3	4	0	0,318	1	1	0,318
69	41	5	2	0	1	0,637	2	0	0,318
70	57	9	4	4	1	0,318	0	2	0,637
71	56	7	4	1	0	0,637	3	4	0,318
72	57	8	2	0	0	0,318	1	3	0,637
73	78	13	1	0	1	0,637	1	2	0,637
74	35	5	4	4	4	0,637	0	3	0,318
75	58	11	2	0	2	0,637	4	3	0,318
76	56	9	2	0	2	0,318	2	2	0,955
77	45	7	2	3	1	0,637	0	0	0,955
78	75	15	1	0	1	0,637	0	1	0,637
79	96	12	1	0	1	0,318	3	2	0,955
80	20	4	2	4	3	0,318	1	1	0,318
81	72	12	1	0	2	0,318	0	3	0,637
82	59	11	3	4	3	0,637	0	3	0,637
83	41	5	3	0	4	0,318	3	0	0,637
84	26	5	1	4	4	0,637	0	2	0,318
85	44	8	4	0	4	0,637	4	3	0,318

Закінчення таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
86	56	8	2	0	0	0,318	1	1	0,318
87	68	9	1	1	4	0,318	0	0	0,637
88	80	11	2	1	3	0,637	3	4	0,637
89	45	5	3	0	3	0,318	3	0	0,637
90	72	12	4	4	0	0,637	1	3	0,318

У результаті порівняльної оцінки рішення завдання оцінки обстановки із використанням запропонованих методів з існуючими методами, отримані такі результати (табл. Б.4). З аналізу отриманих даних витікає, що перевага розроблених методів порівняно з існуючими методами становить у збільшенні $P_{\text{прав}}$ на 6 - 11% і зменшенні $P_{\text{відм}}$ на 7 - 9%.

Таблиця Б.4 – Результати імітаційного моделювання

Методи, що досліджувалися	$P_{\text{прав}}$	$P_{\text{відм}}$
Існуючі методи	0,49 – 0,62	0,38 – 0,27
Запропонований метод	0,55 – 0,71	0,31 – 0,18

Таким чином, результати проведеного моделювання свідчать, що ймовірність правильного розв'язання задач оцінки ситуацій обстановки зростає порівняно з використанням існуючих традиційних методів. Також показано, що якість функціонування методів ситуаційного аналізу істотно залежить від структури спеціального математичного та програмного забезпечення АС КІР та використовуваних знань для розпізнавання ситуацій обстановки в цілому.

Додаток В **(Довідковий)**

Основні терміни та визначення, що використовуються в роботі

Повітряна обстановка (характеристики, оцінка)

Повітряна обстановка – елемент загальної обстановки, що відображає склад, стан і характер дій повітряних суден і засобів інфраструктури в заданому районі (смузі) відповідальності АС КПрР.

Характеристики СО (необхідні ОПрР).

Оцінка ситуації обстановки включає:

1. Оцінку повітряної обстановки (пізнання, аналіз, узагальнення, прогнозування в реальному масштабі часу особисто особою, що приймає рішення інформації, що надходить на засоби відображення центру ОПрР).
2. Оцінку об'єктів та засобів інфраструктури.

В.1 Інформаційна модель (ІМ)

В.1.1 Інформаційна модель – організоване відповідно до певної системи правил відображення станів предметів праці, СЛМ, зовнішнього середовища і способів впливу на них.

В.1.2 Інформаційна модель повітряної обстановки – організоване відповідно до певної системи правил відображення відомостей (даних) про політ повітряних суден, яке необхідно для виконання функцій, покладених на оператора.

В.1.3 Інформаційна модель об'єкта управління – сукупність ознак стану об'єкта, ситуації (або того й іншого разом), необхідна для виконання оператором покладених на нього функцій.

В.2 Якість (оцінка, показники)

В.2.1 Якість – сукупність характеристик об'єкта (тобто того, що може бути індивідуально оцінено і розглянуто), що відносяться до його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби.

В.2.2 Оцінка якості – перевірка того, наскільки об'єкт (тобто те, що може бути індивідуально оцінено і розглянуто) здатний відповідати встановленим вимогам.

В.2.3 Показник якості – кількісна характеристика одного або декількох властивостей об'єкта, що входять в його якість.

В.2.4 Рівень якості – відносна характеристика якості об'єкта, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваного об'єкта з базовими значеннями відповідних показників.

В.2.5 Одиничний показник якості – показник якості об'єкта, який характеризує одну з його властивостей.

В.2.6 Комплексний показник якості – показник якості об'єкта, що характеризує кілька його властивостей.

В.2.7 Визначальний показник якості – показник якості об'єкта, за яким приймають рішення оцінювати її якість.

Примітка. Терміни та визначення поширюються на елементи системи забезпечення оцінки СО і процеси її оцінки.

В.2.8 Функціональні можливості центру ОПР – це сукупність показників, які кількісно й якісно характеризують здатність органу управління виконувати завдання за призначенням.

В.2.9 Надійність оператора (статистичне визначення) – ймовірність безпомилкової і безвідмовної роботи оператора протягом заданого інтервалу часу.

В.3 Концептуальна модель (КМ)

В.3.1 Концептуальна модель – сукупність уявлень людини про цілі і завдання трудової діяльності і стани предмету праці, системи, зовнішнього середовища і способів впливу на них.

В.3.2 Концептуальна модель об'єкта управління – відображення в уявленні оператора ситуації в даний момент часу.

В.3.3 Концептуальна модель повітряної обстановки – відображення в уявленні оператора інформаційної моделі СО.

В.3.4 Динамічна модель ситуації – побудована на підставі КМ ситуації й об'єкта управління модель розвитку подій на найближче майбутнє з урахуванням різних варіантів стану системи і зовнішнього середовища.

В.4 Відображення інформації

В.4.1 Читаність (читабельність) індикатора – по-перше, величина оперативного порогу часу читання індикатора, по-друге, ймовірність правильного читання показань індикатора оператором в ході професійної діяльності.

В.4.2 Оперативна одиниця відображення інформації – сукупність показань індикатора, що об'єднуються в ході читання і функціонують як єдине ціле в даному акті обслуговування (якщо покази індикатора порівняні з буквою тексту, то оперативна одиниця відображення інформації – аналог слова в тексті).

В.4.3 Оптимальне кодування інформації – вибір такого набору станів індикатора, який забезпечує найкращу читаність.

В.4.4 Багатовимірний алфавіт коду – алфавіт, побудований шляхом об'єднання в одному знаку декількох видів алфавіту. Прикладом може служити алфавіт, складений шляхом поєднання форми, яскравості, кольору і розміру знака.

В.5 Ефективність

Ступінь реалізації потенційно досяжних можливостей центру ОПР в умовах обстановки, що склалася, яка характеризується ефективністю виконання функціональних завдань операторами АС КІР.

В.5.1 Ефективність діяльності оператора – ступінь відповідності продуктивності оператора нормам, що забезпечують функціонування системи керування в межах технічних умов (вимог).

В.5.2 Сприйняття – процес цілісного відображення предметів, ситуацій і подій, що виникає при безпосередньому впливі фізичних подразників

(стимулів) на рецепторні поверхні органів почуттів. Цей багаторівневий процес, який закінчується формуванням перцептивного (чуттєвого) образу, включає такі стадії: виявлення, розрізнення, ідентифікацію та впізнання.

В.6 Розпізнавання

В.6.1 Функціональна мережа – це орієнтований граф, складений з названих дуг і вершин. Дуги графа відбивають той факт, що вершина, з якої виходить дуга, є аргументом вершини, в яку вона входить. Опис вершин мережі задає процедуру отримання результату за значеннями аргументів, які пов'язані дугами, що входять до даної вершини.

В.6.2 Кількісні ознаки – ознаки, для яких можливе введення метрики на множину допустимих значень, що дозволяє дати кількісну оцінку тому чи іншому значенню ознаки, а також виробляти кількісне порівняння різних значень ознак між собою. До кількісних ознак належать характеристики, які можна висловити дійсними числами, – просторові координати повітряних суден.

В.6.3 Якісні ознаки – ознаки, що визначають семантичний опис властивостей ситуацій, що склалися у проблемній області. До якісних ознак належать ознаки, що описують тип, форму, зміст та ін. наприклад, "вихід з ешелону висоту", "вхід до зони аеродрому" тощо.

Додаток Г (Довідковий)

Основні характеристики зорового сприйняття

Якість зорового сприйняття визначається енергетичними, просторовими, часовими та інформаційними характеристиками сигналів, що надходять до оператора.

Г1 Енергетичні характеристики – діапазон сприйманих яскравостей, контраст, сліпуча яскравість, відносна видимість (кольоровідчуття).

Г1.1 Чутливість зорового аналізатору (діапазон чутливості – 10^{-7} – 10^5 кд/м²). Нижня межа визначається мінімальною інтенсивністю світлового потоку (поріг світлової чутливості, рекомендований максимальне значення – $5,2 \cdot 10^{-6}$ кд/м²).

Г.1.2 Поріг контрастної чутливості.

Розрізняють прямий контраст $K_{пр} = (V_{\phi} - V_{об})/V_{\phi}$, що розраховується для темного об'єкта на світлому фоні, і зворотний контраст $K_{об} = (V_{об} - V_{\phi})/V_{об}$, що розраховується для світлого об'єкта на темному фоні, де $V_{об}$ – яскравість об'єкта. Для нормальної роботи зорового аналізатора значення контрасту має перебувати в діапазоні 0,65–0,95.

Г.1.3 Колірна чутливість.

Найбільшу чутливість око має по відношенню до випромінювання жовто-зеленого кольору. Для досягнення однакового зорового відчуття необхідно, щоб потужність синього випромінювання була в 16,6 рази, а червоного – в 9,0 рази більше потужності жовто-зеленого випромінювання.

Г.1.4 Колірний контраст.

Найбільш контрастними співвідношеннями сигнал-фон є (у порядку убутання кольорового контрасту): синій на білому, чорний на жовтому (і навпаки), чорний на білому, зелений на білому, чорний на жовтому (і навпаки), зелений на червоному, червоний на жовтому, червоний на білому, помаранчевий на чорному, чорний на пурпуровому, помаранчевий на білому, червоний на зеленому.

Г.2 Просторові характеристики – поле зору, обсяг зорового сприйняття.

Г.2.1 Поле зору – простір, в межах якого можлива проекція зображення на сітчасту оболонку ока. Виділяють три зони поля зору:

- зона центрального зору ($4-7^0$), де можливо найбільш чітко розходження деталей;

- зона ясного бачення ($30-35^0$), де при нерухомому оці можна впізнати предмет без різних дрібних деталей;

- зона периферичного зору ($75-90^0$), де предмети виявляються, але не розпізнаються.

Г.2.2 Обсяг сприйняття – кількість об'єктів, які може охопити людина протягом однієї зорової фіксації. Становить 4-8 елементів.

Г.3 Часові характеристики – латентний період реакції, тривалість інерції відчуття, тривалість пошукових рухів очей, час фіксації погляду.

Г.3.1 Латентний період ($t_{\text{лп}}$) – інтервал часу між моментом подачі сигналу і початком відповідної реакції (виникнення відчуття). Середнє значення $t_{\text{лп}}$ становить 160 - 240 мс і залежить від інтенсивності сигналу, його значущості, складності роботи оператора, його віку, функціонального стану аналізатора.

Г.3.2 Тривалість інерції відчуття ($t_{\text{іо}}$) – інтервал часу між моментом закінчення дії подразника і моментом зникнення зорового відчуття. Залежить від яскравості і кутових розмірів предмета. У середньому цей час становить 0,2 - 0,5 с.

Г.3.3 Тривалість пошукових рухів очей ($t_{\text{п}}$) визначається кутом переміщення погляду α (град): $T_{\text{п}} = 0,025 + 0,004\alpha$ (с).

В.3.4 Час фіксації погляду. Основну інформацію око отримує під час фіксації. Залежно від умов сприйняття цей час становить:

$$T_{\text{ф}} = 0,025 - 0,65\text{с і більш.}$$

Загальний час фіксації становить 90 - 95% від часу сприйняття.

Г.4 Інформаційна характеристика оцінюється кількістю інформації, яку здатний прийняти аналізатор за одиницю часу, тобто його пропускною

здатністю. З урахуванням діяльності оператора (відповідні дії оператора) пропускна здатність становить 2–4 дв. од./с.

Часові характеристики визначають час виконання людиною окремих дій. Вони відображають часові характеристики прийому інформації, її аналізу і переробки, дій, що управляють. У довіднику наведені значення прихованого часу реакцій різного виду, наприклад, реакції на світловий подразник:

центральна частина сітківки 0,16 – 0,18 с;

периферійна частина сітківки 0,18 – 0,22 с;

світлове подразнення з вибором 0,22 – 0,34 с.

У таблицях Г.1, ..., Г.4 наведені витрати часу на виконання окремих операцій і дій, пов'язаних з оцінкою повітряної обстановки.

Таблиця Г.1 – Тривалість фіксації для різних операцій.

Операції	Середнє значення t_{ϕ} , с
Пошук простих геометричних фігур	0,18 – 0,20
Пошук літер і цифр в таблицях	0,30
Пошук літерно-цифрових формулярів	0,31
Робота з умовними знаками:	
Пошук умовних знаків	0,25 – 0,33
Ознайомлення з ситуацією, позначеною умовними знаками	0,63
Виявлення змін в знайомій ситуації, позначеній умовними знаками	0,55
Підрахунок умовних знаків	0,52

Таблиця Г.2 – Часові затрати оператора при аналізі и переробці інформації

Дії, що виконуються	Часові характеристики	
	τ_j , с	σ_j ,
Актуалізація із пам'яті одного об'єкта (слова, сигналу)	1,2	0,2
Виявлення відношень ознак для сприйнятих геометричних фігур:		
по одній ознаці	0,7	0,1
по двох ознаках	1,5	0,2
по трьох ознаках	2,2	0,4

Таблиця Г.3 – Часові витрати оператора на здійснення управляючих впливів

Дії, що виконуються	Часові характеристики	
	τ_j , с	σ_j ,
Відшукування органа управління при їх груповому розміщенні	0,08	0,04
Набор чотиризначного номера	4,2	–
Переміщення руки на відстань $R(h>10)$, см:		
до окремо розташованого органу управління	$0,16+0,006R$	
до органу управління, що знаходиться в групі	$0,24+0,01R$	

Таблиця Г.4 – Часові витрати оператора при прийомі сигнальної інформації

Дії, що виконуються	Середня тривалість, с
Робота з цифро–літерним формуляром:	
сприйняття семизначного числа	1,2
сприйняття однієї характеристики формуляра	0,57
порівняння двох формулярів за однією ознакою	0,38
вибір формуляра по мінімальним (максимальним) значенням однієї характеристики	0,96
Сприйняття оперативної одиниці інформації:	
цифри або транспаранта	0,2
умовного знака	0,3
знака з рахунком	0,5

Закінчення таблиці Г.4

однієї з чотирьох оперативних одиниць інформації (в середньому)	0,6
виявлення сигналу	0,1
впізнання простого сигналу	0,4
фіксація предмета очима	0,28
переміщення погляду на α градусів	$0,002+0,004 \alpha$
читання слова з n літер, мс	$22+0,9n$
Пошук ПС на одному зі ста формулярів при різних способах кодування:	
мерехтить тільки спостережуване ПС	10,6
мерехтить весь формуляр	10,9
мерехтять всі формуляри, крім спостережуваного	14,0
мерехтять всі формуляри	23,4
немає мерехтіння	26,8

Час інформаційного пошуку ($t_{ин}$). За умови неселективного пошуку або перерахунку сигналів в інформаційному полі, пошуку і виділення інформації за заданим зразком виявлення змін в інформаційному полі цей час становить

$$t_{ин} = \sum_{i=1}^n (t_{\phi_i} + t_{n_i}) .$$

де t_{ϕ_i}, t_{n_i} – відповідно час фіксації і переміщення погляду;

$i = [1, n]$ – число кроків пошуку, витрачених на знаходження об'єктів із заданими ознаками.

Тривалість фіксацій – відносно постійна величина для заданих умов сприйняття. З огляду на те що $t_n \ll t_\phi$, можна прийняти

$$t_{ин} = nt_\phi . \quad (\Gamma.1)$$

З урахуванням (Г.1) значення $t_{ин}$ визначено так:

$$t_{ин} = \frac{N/a+1}{m+1} t_\phi ,$$

де N – загальний обсяг інформаційного поля (кількість інформаційних елементів, серед яких проводиться пошук);

a – обсяг зорового сприйняття, який оцінюється кількістю елементів ІМ, одночасно потрапляють в зону, обмежену кутом 10° в горизонтальній і вертикальних площинах, ($a \leq 4 - 8$);

m – кількість елементів, що мають задану для пошуку ознаку.

Таблиця Г.6 – Залежність часу пошуку однієї характеристики цілі від кількості рядків таблиці

Показник	Кількість рядків таблиці			
	1	3	5	10
час пошуку (с)	5.39	6.75	8.06	8.45

Способи виділення рядків: мерехтіння, зміна яскравості рядки, підкреслення рядки, виділення рядка маркером. Найбільш ефективні підкреслення і маркування.

Г.5 Рекомендації щодо підвищення ефективності вирішення завдань при інформаційному пошуку

Ефективність пошуку визначається великою кількістю факторів, можна розбити на чотири групи.

1. Фактори, що відносяться до властивостей інформаційного поля (загальна кількість інформації, що відображається, темп її оновлення; ступінь схожості "фону" і "цілі"; освітленість; контрастність; просторові характеристики об'єктів і способи просторової організації поля в цілому).

2. Ступінь складності шуканих елементів інформаційного поля (число параметрів, за якими необхідно виділяти той чи інший елемент інформаційного поля).

3. Способи діяльності при пошуку (тактика пошуку).

4. Характер і ступінь завантаження оператора (рішення завдань, поєднаних з пошуком).

Виділення формулярів цілей та інших об'єктів мерехтінням, кольором і т.п. призводить до значного скорочення t_{ϕ} . Наприклад, доказано, що при

виділенні формуляра мерехтінням час його пошуку серед 48 формулярів скорочується з 7,2с до 2,7с, і наводяться дані про скорочення t_{ϕ} у 2 рази при аналогічному виділенні формулярів.

Слід зазначити, що структурування ІМ, застосування спеціальних кодів для груп інформаційних елементів призводить до скорочення N і $t_{\text{ин}}$. Таке кодування повинно виключати переплутування інформаційних елементів, що відносяться до різних груп.

Численними дослідженнями встановлено, що ефективність пошуку (час і точність) залежить від загального обсягу відображення знакової інформації, структури інформаційного поля і щільності знаків в ньому, оперативного обсягу відображення (числа критичних знаків), розмірів і структури самих знаків тощо. При цьому час пошуку і кількість інформації монотонно зростають зі збільшенням обсягу інформаційного поля. Тривалість процесу прийняття рішення залежить і від кількості логічних умов. Показано, що вже при 3-4 логічних умовах швидкі безпомилкові рішення ускладнені, а при більшій їх кількості стають неможливими.

Величини у виразі (Г.1) залежать від рівня автоматизації і якості інформаційного забезпечення діяльності операторів АС КІР, а також від ступеня автоматизації взаємодії між операторами. Ці величиниможуть включати до свого складу витрати часу на виклик на відображення додаткових інформаційних моделей або їх фрагментів.

З розглянутих елементарних операцій, здійснюваних оператором в ході вирішення завдань управління, в основному тільки час виконання перших трьох операцій залежить від типу пристроїв відображення і характеру інформації яка відтворюється на них. Для зручності кількісного аналізу роботи оператора з різними пристроями відображення об'єднаємо ці операції.

Час інформаційного пошуку ($t_{\text{ин}}$) за умови неселективного пошуку або перерахунку сигналів в інформаційному полі, пошуку і виділення інформації за заданим зразком, виявлення змін в інформаційному полі, наприклад, для пошуку одного формуляра з заданими ознаками з 20, які відображаються, становить 1,1 с, а з 10, які відображаються – 0,68с.

Додаток Д

Показники процесу діяльності оператора автоматизованої системи керування повітряним рухом

Показники процесу діяльності оператора АС КПП включають показники якості його діяльності (часові, точнісні, семантичні). Ці показники характеризуються виконанням оператором окремих дій і операцій, включених до структури досліджуваної операторської діяльності, а також показники стану операторів.

До часових показників належать:

- час виявлення, виділення, ідентифікації або впізнання сигналу;
- час виявлення змін інформаційної моделі;
- час зчитування інформації з засобів відображення;
- час виявлення або впізнання відмов або несправностей у роботі апаратури;
- час введення командної інформації;
- час виклику довідкової інформації;
- час виконання реалізуючих дій щодо забезпечення посадових осіб об'єктів необхідною інформацією;
- час прийняття рішення за результатами оцінки стану інформаційної моделі;
- час виконання адекватної дії при відмовах і несправності у роботі апаратури.

До точнісних показників належать:

- ступінь відповідності значень параметрів, що відображаються і сприймаються;
- ступінь відповідності параметрів до встановлених необхідних;
- ступінь відповідності повноти змісту виконуваних дій та операцій, передбачених алгоритмом;
- точність виявлення, виділення, ідентифікації та впізнання сигналів.

До семантичних показників відносяться:

- правильність розуміння значення сприйманого сигналу або зміни інформаційної моделі;
- правильність виконання дій та операцій, що виділяються в структурі операторської діяльності;
- правильність вибору алгоритму виконання дій при виявленні відмови або несправності апаратури;
- правильність вибору алгоритму розв'язання задачі за інформацією, що надходить по комутаційних каналах.

Додаток Е

Рекомендації з формування інформаційних моделей ситуацій обстановки

Ергономічні вимоги щодо кодування інформаційних ознак.

Під візуальним кодуванням інформації розуміють операцію ототожнення умовних знаків (символів, сигналів) з тим або іншим видом інформації. Вибір оптимального коду пов'язаний із забезпеченням максимальної швидкості й надійності прийому й переробки інформації людиною, тобто з досягненням максимальної ефективності виконання операцій зорового пошуку, виявлення, розрізнення, ідентифікації й упізнання сигналів.

Ефективність сприйняття ІЕ в значній мірі залежить від системи візуального кодування, що використовується. Вибір оптимальної системи візуального кодування визначається, головним чином, завданнями, які вирішує оператор, і специфікою його роботи.

Дослідженню різних видів кодування інформації присвячена значна кількість робіт в ергономіці й інженерній психології. У багатьох з них дані рекомендації щодо застосування різного виду кодів для до конкретних завдань проектування ІМ. Розглянемо основні з них.

Додаток містить такі розділи:

- кодування інформації;
- групування знаків;
- розміри, яскравість і контраст знаків;
- використання кольору.

Е.1 Кодування інформації

При формуванні інформаційних моделей повітряної обстановки рекомендується використовувати такі основні види алфавітів: форма, розмір, просторова орієнтація, літери, цифри, яскравість, колір, частота мерехтіння.

Е.1.1 Форму використовують для кодування класу й виду об'єкта.

Кодування формою є універсальним засобом подання інформації завдяки великому алфавіту різних символів, а також можливості для оператора використовувати попередній досвід при їхній інтерпретації.

Е.1.2 Кодування розміром використовують, установлюючи відповідність між площею та (або) лінійними розмірами знака з характеристиками об'єкта (розміром, далекістю, висотою й тощо).

При **кодуванні розміром** співвідносяться площа знака з деякою характеристикою об'єкта (розміром, швидкістю, обсягом і тощо.). Точність упізнання при такому способі кодування менше, ніж при кодуванні формою.

Е.1.3 Просторову орієнтацію використовують для передачі інформації про напрямок руху об'єкта, відхиленні від курсу й т.п.

При **кодуванні просторовою орієнтацією** залежно від форми фігури можуть бути використані різні ознаки просторової орієнтації. Для асиметричних фігур зміна просторової орієнтації досягається шляхом їхнього повороту у полі зору оператора. Для симетричних фігур може бути використане стовщення однієї з ліній контуру або поворот осей координат. Мінімальні відхилення від осей координат, адекватно оцінювані людиною, становлять 1- 2.

Е.1.4 Літеро-цифровий алфавіт використовують для передачі інформації про кількісні параметри об'єктів, що змінюються дискретно, а також позначення класів або типів об'єкта.

Найбільш універсальним є **літеро-цифрове кодування**, що широко застосовують у ЗВІ. Важливою умовою розрізнення літер і цифр є вибір їхньої форми. Кращими вважають шрифт Макворта, в якому похилі лінії у знаках розташовані під кутом в 45° , і шрифт Бергера, в якому літери й цифри складені прямими лініями.

Для виключення ймовірності змішування знаків виділяють характерні ознаки, що відрізняють знаки один від одного. При цьому необхідно витримувати оптимальні співвідношення основних параметрів знака: висоти, ширини, товщини лінії.

Читаність цифр і букв. Легше й швидше упізнаються цифри, утворені прямими лініями. Легкість упізнання цифр у порядку убудування: 1, 4, 7, 5, 3, 0, 8, 2, 6, 9. Бергером запропонований шрифт цифр, утворених прямолінійними елементами. За накресленням кращими вважаються цифри Макворта. Із всіх шрифтів кращими за впізнанням є цифри Слейта.

З російських літер краще упізнаються літери букви О, З, Т, Р, В, Ф, И, Д, Н, Ъ, Г, А, Е, при впізнанні літер Ш, З, М, Ц, Ы, Э, Ю, Я, Б, В, Щ, П частіше допускаються помилки.

Високі, вузькі цифри краще упізнаються при слабкому освітленні. Розміри знаків повинні відповідати відстані спостереження.

Е.1.5 Кодування яскравістю знаків. Яскравість знаків вибирають із урахуванням освітленості в конкретних умовах, частоти й діапазону зміни освітленості, перепадів яскравості в полі зору оператора.

Е.1.6 Колірний алфавіт використовують для передачі інформації про стан або значимість об'єктів. При цьому варто керуватися положеннями розділу В.1.4.

Кодування кольором підвищує ефективність виконання операцій з прийому й переробки зорової інформації, збільшуючи точність і швидкість виконання завдань пошуку й упізнання при одночасному використанні символічного коду й кольору.

Е.1.7 Частота мерехтінь може бути використана для залучення уваги оператора:

гранична частота мерехтінь – 4...6 Гц:

частота мерехтінь попереджувальних сигналів - 0,5...6 Гц:

частота мерехтінь аварійної сигналізації – 5...6 Гц.

Число одночасно мерехтуючих знаків повинне бути не більше 3.

Варто уникати перекручування сприйняття контуру мерехтуючого знака. Для цього доцільно, щоб мерехтінь не весь знак, а його частина.

Кодування частотою мелькання використовується для виділення об'єкта в загальному обсязі відображення й дозволяє істотно скоротити час пошуку. Рекомендується використовувати не більше чотирьох градацій цієї ознаки.

Е.1.8 Підстава коду для різних видів алфавіту повинна становити такі величини: розмір – 5; просторова орієнтація – 8; літеро-цифровий алфавіт – необмежена кількість комбінацій позначень; яскравість – 4; колірний алфавіт – 11; частота мерехтінь – 4.

Е.1.9 Як розпізнавальні ознаки знаків у межах одного алфавіту не можна використовувати такі:

- кількість елементів у знаку (виключення можуть скласти знаки, що позначають ознаку множинності без точної кількісної характеристики, наприклад, ті, що відображають поняття "мало – багато", "одиначний – груповий");

- відмінність знаків за ознакою "позитив" – "негатив";

- відмінність знаків за ознакою "пряме" – "дзеркальне відбиття" (за винятком випадків, коли це необхідно для відображення просторової орієнтації або спрямованості за принципом "нагору – вниз", "вліво – вправо", "вперед – назад" і тощо).

Е.1.10 Принципи, які рекомендуються щодо вибору алфавіту символів для формування ІМ:

- 1) найважливіші символи приймають більших розмірів, ніж інші;
- 2) символи виділяють основними й додатковими ознаками;
- 3) рекомендується кількість знаків у цифровому алфавіті – 10, у літерному – 20, у колірному – 7 (8);
- 4) символи повинні за можливістю нагадувати об'єкт, що кодується або відповідати нормативно встановленому виду;
- 5) символи з однаковою формою доцільно наділяти більшою кількістю додаткових ознак.

Оптимальну довжину алфавіту визначають із урахуванням оперативної пам'яті людини експериментальним шляхом. Довжина алфавіту при літеро-

цифровому кодуванні практично не обмежена. Найбільш доцільним способом збільшення довжини кодового алфавіту є використання багатомірного кодування, тобто збільшення кількості значимих і мінливих параметрів сигналу.

У структурі багатомірного коду можуть бути використані сполучення різних видів алфавіту: форми й кольору; форми й просторової орієнтації; розміру, яскравості й частоти миготінь.

При побудові багатомірних алфавітів варто враховувати переваги того або іншого виду алфавіту при вирішенні різних задач.

Е.2 Групування знаків

Е.2.1 При групуванні знаків у кодові позначення (формуляри) варто віддавати перевагу змішаним алфавітам коду.

Е.2.2 Структура кодового позначення повинна бути незмінною. Переважним має бути, щоб крайні знаки кодового позначення передавали найбільш важливу інформацію.

Е.2.3 Оптимальна кількість знаків кодового позначення – 8, гранична кількість знаків – 12, в окремих випадках – до 20 знаків.

Характеристики компонування знаків у значній мірі визначають їхнє розрізнення й упізнаваність. Вимоги до компонування знаків визначаються величиною оперативного поля зору й розподільчою здатністю рухової системи ока. Величина оперативного поля зору обмежує кількість об'єктів для одномоментної (200-300 мс) переробки зорової інформації.

Е.3 Розміри, яскравість і контраст знаків

Розміри, яскравість і контраст знаків істотно впливають на час і помилки сприйняття інформації.

Е.3.1 Розміри знаків істотно впливають на час і точність їхнього сприйняття й упізнання та залежать від умов їхнього сприйняття, характеристик зорового аналізатора та їхньої складності. Як основного використовують кутовий розмір знака по висоті – β .

Зазвичай алфавіт знаків ІМ містить знаки різної складності (прості, середньої складності й складні). Більш точно впізнаються знаки, контур яких має різкі перепади. Для оптимального впізнання простих знаків рекомендується приймати їх кутовий розмір $\beta=18'+1'$, знаків середньої складності – $\beta= 21'$ і для складних знаків $\beta= 35'$. При використанні знаків, що мають розміри менше припустимих, час сприйняття й число помилок. З урахуванням розглянутого положення рекомендовані лінійні розміри знаків матимуть такі значення.

Е.3.1.1 Висота знаків: $h = 2L \operatorname{tg}\alpha/2$, де L – відстань зорового сприйняття (віддалення від екрана).

Величину L варто вибирати з такого міркування: кутовий розмір корисної ширини екрана (звичайно ширина екрана більше висоти) не повинен перевищувати оптимального кута зору $\pm 15^\circ$ по вертикалі й горизонталі від нормальної лінії погляду, коли знаки впізнаються без повороту голови, а м'язи очей, шиї й плечей не напружуються. З огляду на цю рекомендацію, отримаємо:

$$L = H/2\operatorname{tg}\alpha/2 \text{ см,}$$

де H – ширина екрана (см); α – кутовий розмір корисної ширини екрана (град).

При $\alpha/2 = 15$ маємо:

$$L_{\text{опт}} = H.$$

Наприклад, при використанні монітора 17'' маємо $L_{\text{опт}} = 60$ см, для $\beta = 18'$ маємо $h = 3,2$ мм.

Е.3.1.2 Ширина цифр: $l = 2/3 h$.

Е.3.1.3 Відстань між знаками $r_c = (0,25-0,5)h$, між словами – $r_c = (0,75-1)h$.

Е.3.1.4 Відстань між знаками табло:по вертикалі $d_v \geq (1-1,5)h$;по горизонталі $d_r \leq 2/3 h$.**Е.3.1.5** Товщина ліній:чорних цифр на білому тлі $d = 0,17 h$;білих цифр на чорному тлі $d = 0,1 h$.

У таблиці Е.1 наведені розміри знаків, що рекомендуються, залежно від L.

Таблиця Е.1 – Розміри знаків, що рекомендуються

Лінійні розміри символу, мм	Відстань до оператора, м									
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
Висота	6	12	25	35	45	60	70	85	95	105
Ширина	4	7	15	21	27	36	42	50	57	63
Товщина контуру	0,7	1,5	3	4	6	7,5	9	10,5	12	12,5

Оптимальні умови сприйняття символів по кутовому розміру, контрасту наведені в таблиці Е.2.

Таблиця Е.2 – Умови сприйняття символів по кутовому розмірі

Умови сприйняття й упізнання	Знаки		
	прості	середні	складні
Кутові розміри, кут. хв	18	21 - 26	35 - 40
Коефіцієнт контрасту, %	75	85	90
Час безпомилкового сприйняття, с	3,25	4,53	5,78
Час безпомилкового впізнання, с	1,79	1,52	1,52

Е.3.2 Яскравість знаків. Оптимальною вважається така яскравість, при якій максимально проявляється контрастна чутливість ока, гострота зору й швидкість розрізнення сигналів. Нижньою комфортною границею рівня яскравості сигналів можна вважати 30 кд/м^2 , верхня комфортною границею яскравості визначається значенням сліпучої яскравості. Яскравість символів на екрані повинна бути обов'язково погоджена з яскравістю фону екрана й навколишнім освітленням.

Е.3.3 Контраст. При зворотному контрасті яскравіший контраст повинен перебувати в межах 85–90% з можливістю регулювання яскравості знака, а при прямому контрасті – 75–80% з можливістю регулювання яскравості фону. Прямий контраст є більш важливим зворотного. Оптимальне співвідношення між екраном дисплея, його найближчим оточенням і далеким оточенням (периферійна зорова зона) становить 5:2:1.

Зображення з прямим контрастом створюють кращі умови для роботи ока (вище гострота зору, менше стомлення).

Е.4 Колір знаків

У завданнях зорового пошуку перевага має **колірне кодування**. Найменший час пошуку об'єктів – з кольором, а найбільший – за яскравістю й розміром.

У додатку наведені рекомендації з використання кольору при формуванні інформаційних моделей обстановки.

Е.4.1 В алфавіті варто віддавати перевагу зеленому, червоному, блакитному, жовтому і фіолетовому кольорам.

Е.4.2 Загальну кількість використовуваних кольорів може бути збільшено, якщо позначення міняються не тільки за колірним тоном, але й за яскравістю.

Е.4.3 Знаки алфавіту повинні бути добре помітними при точному впізнанні кольору.

Е.4.3.1 Колірний код застосовують при висвітленні білим кольором, оскільки видимий колір залежить від загального висвітлення.

Е.4.3.2 Припустима яскравість кольорових знаків, кд/м²:

- мінімальна – 10;

- рекомендована – 170;

- для відбитого світла, а також в умовах темної адаптації (темнова адаптація – підвищення чутливості зорового аналізатора в умовах зниженої освітленості) – 30...70.

Е.4.3.3 Оптимальна кутова величина колірного знака – 35 - 45'.

Е.4.3.4 Для знаків алфавіту використовують кольори відповідно до таблиці Е.3.

Таблиця Е.3. Рекомендований алфавіт кольору

Категорія інформації	Рекомендований колір	
	основний	додатковий
1. Попередження інформаційного характеру, містить відомості про загальну обстановку (крім аварійного) і рекомендації для прийняття рішень	Жовтий	Білий
Приписи носять командний характер, вимагають або дозволяють виконання строго певних дій	Зелений	Синій
3. Інформація носить аварійний характер, накладає строгі обмеження на виконання або заборону тих або інших дій	Червоний	Помаранчевий

Е.4.3.5 Для виділення особливо важливої інформації усередині алфавіту (наприклад, для інформації, що вимагає екстреного ухвалення рішення) застосовують додатковий колір.

Е.4.3.6 Для кодування інформації, що містить повідомлення про те, що відбулося одне із двох (так, ні) рівноімовірних подій, можуть бути використані червоний і синій кольори.

Додаток Ж

Результати експериментальних досліджень

		Час рішення				Середній час	Кількість помилок
		Тип ситуації	Склад об'єктів	Висота	Швидкість		
Оператор 1	1-е накладення	25	28	33	36	30,5	
	2-х накладення	77	75	89	92	83,25	3
	Без накладення	12	15	14	12	13,25	
Оператор 2	1-е накладення	27	30	31	34	30,5	
	2-х накладення	78	74	89	93	83,5	2
	Без накладення	13	16	13	14	14	1
Оператор 3	1-е накладення	28	27	29	32	29	2
	2-х накладення	78	77	81	79	78,75	3
	Без накладення	12	13	16	15	14	
Оператор 4	1-е накладення	24	24	27	31	26,5	
	2-х накладення	78	75	86	88	81,75	2
	Без накладення	14	14	16	15	14,75	1
Оператор 5	1-е накладення	25	28	33	31	29,25	2
	2-х накладення	77	74	80	89	80	1
	Без накладення	12	15	14	12	13,25	1
Оператор 6	1-е накладення	21	27	30	31	27,25	1
	2-х накладення	73	74	93	87	81,75	2
	Без накладення	14	12	11	15	13	
Оператор 7	1-е накладення	25	28	33	36	30,5	2
	2-х накладення	77	76	82	89	81	1
	Без накладення	12	15	14	12	13,25	
Оператор 8	1-е накладення	23	25	27	29	26	1
	2-х накладення	78	74	89	90	82,75	2
	Без накладення	13	16	13	14	14	
Оператор 9	1-е накладення	25	27	30	36	29,5	1
	2-х накладення	78	75	89	90	83	2
	Без накладення	12	13	16	15	14	
Оператор 10	1-е накладення	27	25	31	29	28	1
	2-х накладення	78	74	88	90	84,75	2
	Без накладення	12	15	14	12	13,25	
Оператор 11	1-е накладення	25	28	33	36	30,5	2
	2-х накладення	77	76	82	89	81	1
	Без накладення	12	15	14	13	13,25	

Додаток 3

Акти впровадження результатів досліджень

ЗАТВЕРДЖУЮ
 ТВО директором Харківського
 регіонального структурного підрозділу
 «Укроборух»



В.А.ШТАНЬКО

« 21 » 3 2019 року

А К Т

про впровадження результатів наукових досліджень отриманих в ході
 виконання дисертаційної роботи
 ДМІТРІЄВА Олега Миколайовича

Комісія у складі:

Голова комісії – заступник директора із ЗНС Чебунін Ю.В.

Члени комісії:

- Начальник комплексу АРЛК Білицький О.А.;
- Провідний інженер АС УПР Козіхін С.В.;

розглянула використання наукових результатів дисертаційної роботи
 Дмитрієва Олега Миколайовича в ході дослідницьких навчань.

Комісія встановила:

в ході дослідницьких робіт були використані наукові результати
 дисертаційної роботи Дмитрієва Олега Миколайовича - розроблені автором
 методи:

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

метод проектування системи інформаційних моделей для центрів
 обслуговування повітряного руху, що базується на удосконаленій

функціональній мережевій моделі, що дозволяє підвищити адекватність відображення повітряної обстановки.

Запропоновані методи використовуються при удосконаленні системи інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішення авіадиспетчерами та дозволяють:

розробляти структуру пристроїв відображення автоматизованих робочих місць, відповідних до інтелектуальної вирішальної діяльності оператора, формувати і управляти інформаційними моделями в АС УПР на основі розпізнавання зміни обстановки і функціональної діяльності оператора.

Розроблені методи використані в науково-дослідній роботі вважати реалізованими.

Голова комісії:

заступник директора із ЗНС



Ю.В.ЧЕБУНІН

Члени комісії:

Начальник комплексу АРЛК

Провідний інженер АС УПР



О.А.БІЛИЦЬКИЙ

С.В.КОЗИХІН



ЗАТВЕРДЖУЮ

Командир військової частини А4465
полковник С. САМОЙЛОВ

Акт

про впровадження результатів дисертаційної роботи Дмитрієва О.М.
«Інформаційні технології та моделі підтримки прийняття рішень та їх
використання при ситуаційному аналізі повітряної обстановки», поданої на
здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Комісія у складі: голова комісії: начальник ГУП військової частини
А4465 підполковник В. Буцинський, члени комісії старший штурман
військової частини А4465 підполковник І. Стромило, заступник начальника
ГУП військової частини А446 підполковник С. Терновський склали справжній
акт про наступне:

Результати дисертаційної роботи Дмитрієва Олега Миколайовича
впроваджено при підготовці персоналу центрів обслуговування повітряного
руху, а саме:

- 1) Модель оцінки оператора системи обслуговування повітряного руху.
- 2) Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень при
ситуаційному аналізі повітряної обстановки.

Впровадження матеріалів докторської дисертації Дмитрієва О.М.
«Інформаційні технології та моделі підтримки прийняття рішень та їх
використання при ситуаційному аналізі повітряної обстановки» дозволило
підвищити якість професійного відбору та підготовки операторів центрів
обслуговування повітряного руху.

Голова комісії:
Начальник ГУП військової частини А4465
підполковник

В. БУЦИНСЬКИЙ

Члени комісії:
Старший штурман військової частини А4465
підполковник

І. СТРОМИЛО

Заступник начальника ГУП військової частини А4465
підполковник

С. ТЕРНОВСЬКИЙ



« 18 » вересня 2019

№ 17/028

ЗАТВЕРДЖУЮ

Командир військової частини А4608

ПОЛКОВНИК

В.ПАЛАГУТА

« 18 » 09 2019 р.

Акт

про впровадження результатів дисертаційної роботи Дмитрієва О.М.
“Інформаційні технології та моделі підтримки прийняття рішень та їх
використання при ситуаційному аналізі повітряної обстановки”, поданої на
здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Комісія у складі ТВО заступника командира військової частини А4608 підполковник Клачков В.С.; ТВО начальника штабу – першого заступника командира військової частини А4608 підполковник Гомельський М.М.; начальник командного пункту – заступник начальника штабу з бойового управління військової частини А4608 майор Матвієнко К.Г., склала чинний акт стосовно того, що результати дисертаційної роботи Дмитрієва О.М. використано при аналізі ефективності функціонування АСУ “Байкал-1” 73Н6 військової частини А4608 у вигляді:

1. Проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, що враховує особливості їх когнітивної поведінки в процесі зміни умов управління повітряними суднами;

2. Методу синтезу проекційної багаторівневої моделі діяльності операторів, що доповнена автоматним підходом до побудови подібних моделей когнітивними аспектами процесів обробки інформації при прийнятті рішень операторами.

Запропоновані автором моделі та методи дозволяють оптимізувати процеси проектування АСУ з використанням методу поетапного моделювання та оптимізувати режими роботи операторів та розробляти рекомендації щодо вдосконалення існуючих систем управління ергатичній типу, а також обґрунтовувати вимоги до комплексу технічних засобів та складу і структури підсистеми інформаційного забезпечення діяльності осіб, що приймають рішення.

Члени комісії:

Клачков В.С.

Гомельський М.М.

Матвієнко К.Г.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Командир військової частини А4608
полковник

В. ПАЛАГУТА

18.09.2019 року

Акт

про реалізацію результатів наукових досліджень
отриманих Дмитрієвим Олегом Миколайовичем в дисертаційній роботі на
тему: “Інформаційна технологія та методи підтримки прийняття рішень та їх
використання при ситуаційному аналізі повітряної обстановки” на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук та спеціальністю

05.22.06 – Інформаційні технології

Комісія у складі:

Голова – ТВО заступника командира військової частини А4608
підполковник Клачков В.С.;

Члени комісії:

ТВО начальника штабу – першого заступника командира військової
частини А4608 підполковник Гомельський М.М.;

начальник командного пункту – заступник начальника штабу з бойового
управління військової частини А4608 майор Матвієнко К.Г.

встановила, що результати дисертаційного дослідження, отримані
особисто Дмитрієвим О.М., а саме:

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

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

Запропоновані методи використовуються при удосконаленні системи інформаційного забезпечення підтримки прийняття рішення операторами та дозволяють:

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

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

Голова комісії:

Члени комісії:



В. КЛАЧКОВ

М. ГОМЕЛЬСЬКИЙ

К. МАТВИЄНКО