

*Т. Шмельова, д.т.н., професор,
М. Яцко, к.т.н., доцент,
І. Цимбалюк., магістр
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Інтелектуально-гібридна система для прийняття рішень авіаційних операторів в аварійних ситуаціях

Моделювання системи підтримки спільного прийняття рішень (СДМ) авіаційними операторами (пілотами пілотованих та безпілотних літальних апаратів, авіадиспетчерами, інженерами) в умовах невизначеності та в аварійних ситуаціях.

Найбезпечнішими засобами пересування вважаються літаки та потяги. Якщо проаналізувати статистику аварій на різних видах транспорту, то прослідковується тенденція, що потрапити в ДТП в автобусі набагато легше, ніж стати жертвою авіакатастрофи. Здебільшого аварійні ситуації в повітрі виникають через недогляд влади (теракт) або помилку пілота та технічних служб [1].

Згідно з вимогами нормативних документів Міжнародної організації цивільної авіації [2, 4], необхідною умовою, для підвищення рівня безпеки польотів, особливо в аварійних ситуаціях, є оперативна та ефективна взаємодія операторів аеронавігаційної системи (АНС). Такі умови може забезпечити організація процесів підтримки спільного прийняття рішень шляхом безперервного представлення інформації з бази знань та індивідуального прийняття рішень взаємодіючими учасниками, а також забезпечення узгодженості дій та обміну інформацією між учасниками за допомогою інтелектуально-гібридної системи підтримки прийняття рішень (ІГСППР).

Існує велика кількість визначень систем підтримки прийняття рішень (СППР - Decision Support System), одне з яких пропонує розглядати таку систему як комп'ютерну інформаційну систему, яка використовується для різних видів діяльності з метою отримання рішення в ситуації, де неможливо або небажано мати автоматичну систему, яка повністю виконує весь процес самостійно. Наголос потрібно зробити на тому, що система не намагається замінити людину, шляхом повної автоматизації процедури прийняття рішення, а забезпечує підтримку для оператора цієї системи [4].

Наразі авіаційні спеціалісти зіштовхуються з двома основними проблемами під час оцінювання аварійної ситуації: відсутність доступу до інформації для підтримки прийняття рішень і трудомісткий процес пошуку відповідної інформації. Ці проблеми часто призводять до затримок і додаткових витрат і вказують на три більші проблеми в області підтримки прийняття рішень:

- нестача моделей підтримки прийняття рішень;
- відносно мало зусиль щодо застосування та оцінки артефактів в експериментальних і реальних робочих умовах;

– відсутність систематичної розробки, застосування та оцінки зусиль з оцифрування та автоматизації складних процесів прийняття рішень в аварійній ситуації.

Відповідно до оперативної концепції управління глобальним повітряним рухом [5] є необхідність змоделювати та реалізувати інтелектуально-гібридну систему підтримки спільного прийняття рішень (Collaborative Decision Making - CDM) для усіх оперативних учасників процесу [5-8]. Впровадження такої системи потребує використання сучасного інформаційного середовища, заснованого на концепціях системного управління інформацією (System Wide Information Management - SWIM) та використання інформації про польоти та потоки для спільного середовища (Flight & Flow Information for a Collaborative Environmen - FF-ICE) [6; 7; 8]. Концепції CDM, SWIM та FF-ICE – це нові технологічні рішення для впровадження таких інновацій з метою підвищення рівня безпеки польотів та мінімізації ризиків при прийнятті рішень (ПР) в умовах невизначеності:

– ефективне використання інформаційного середовища, заснованого на концепції SWIM загальносистемного управління інформацією;

– ефективне застосування інформації про повітряні та транспортні потоки для спільного використання повітряного простору (FF-ICE);

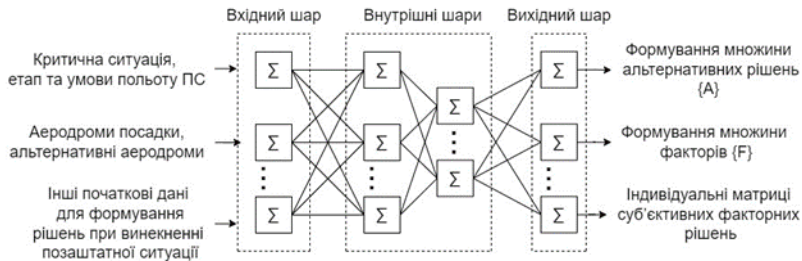
– ефективне ПР різними взаємодіючими учасниками, а також забезпечення синхронізації прийнятих учасниками рішень та обміну інформацією між ними (CDM).

Завдання концепції Аеропорт CDM (A-CDM) — це підвищення оперативної ефективності авіаційних операторів в аеропортах шляхом поліпшення передбачуваності подій, що можуть виникнути під час польотів, а також оптимізації використання ресурсів та інфраструктури аеропортів. Впровадження A-CDM надає можливість кожному з учасників процесу оптимізувати своє рішення у співпраці з іншими партнерами, маючи інформацію про їх переваги та обмеження, а також фактичну та прогнозовану ситуацію. Наразі система A-CDM впроваджена у більшості аеропортів світу [8].

Використання гібридної системи, котра включає в себе штучний інтелект, обумовлене значним обсягом вхідної інформації. Для оптимізації процесу пропонуємо змоделювати та реалізувати з метою подальшого використання систему штучного інтелекту, що підтримуватиме процес спільного прийняття рішень.

Метою досліджень є підвищення рівня безпеки польотів шляхом аналізу функцій існуючих CDM, моделювання та розробки індивідуальних і спільних моделей ПР операторами АНС (пілотами, авіадиспетчерами, льотними диспетчерами, інженерами наземних служб тощо) та Штучним Інтелектом (ШІ) в умовах неповноти інформації та невизначеності ситуації.

Нижче наведено процедуру спільного прийняття рішень (CDM) операторами аеронавігаційної системи (пілотами повітряних суден (ПС), авіадиспетчерами, інженерами) при виникненні особливого випадку в польоті, застосовуючи Інтелектуально-Гібридну СППР (Рис. 1).



Внутрішні шари: експертні оцінки авіаційних спеціалістів щодо аварійних ситуацій

Рисунок 1 Інтелектуально-гібридна СППР в аварійних ситуаціях
Вхідні дані для формування рішень при виникненні аварійної ситуації:

1. Критична ситуація, етап та умови польоту ПС.
2. Особливий випадок (у даній роботі розглядається аварійна ситуація викликана відмовою двигуна).

3. Тип та тактико-технічні характеристики (ТТХ) ПС.

4. Можливі аеродроми посадки, місця вимушеної посадки ПС (аеродром вильоту, аеродром посадки, альтернативні (запасні) аеродроми, місця посадки).

5. Актуальна інформація про місце перебування та запаси (запас палива; віддаленість від місця виникнення ОВП до місця вимушеної посадки; метеорологічна ситуація (на аеродромах вильоту, призначення, запасних та по маршруту); можливості літака (наявне обладнання на борту, існуючі експлуатаційні обмеження); можливості аеродрому (наявні системи заходу, технічні характеристики злітно-посадкових смуг та руліжних доріжок, світлотехнічні системи, обмеження робочого часу, категорія аеродрому, категорії пожежної та пошуково-рятувальної служби, аварійних служб); можливості екіпажу (мінімуми екіпажу, час роботи екіпажу); розташування перешкод у секторах заходу, відходу на друге коло та вильоту; повітряна обстановка (інтенсивність сектору управління повітряним рухом, перевантаження радіочастот); комерційні (аеропортові збори, відстань від аеродрому призначення, наявність контрактів з хендлінговими службами, наявність митної служби, служби прикордонного та міграційного контролю тощо).

6. Оцінки можливих наслідків при впливі факторів на ПР в ОВП, що визначається за допомогою методу експертних оцінок за оціночною шкалою відповідно до даних за довідковою та нормативною літературою.

7. Аналіз ситуації та вибір критерію ПР (критерій Вальда, Лапласа, Гурвиця, Севіджа). Якщо політ нерегулярний, вперше, то ефективним є застосування критерію Вальда. Якщо політ регулярний – критерій Лапласа. За допомогою критерію Гурвиця отримуються рішення різної ступеня оптимізму, за допомогою коефіцієнту песимізму/оптимізму. За критерієм Севіджа здійснюється перерахунок можливих ризиків ПР після польоту і посадки ПС.

Рішення розглянуто на прикладі аварійної ситуації в польоті, повітряне судно Ан-148, маршрут Харків-Львів [9]. В таблицях 1-4 представлені індивідуальні рішення операторів (пілот, диспетчер, інженер) і Штучного інтелекту (ШІ, AI – Artificial Intelligence)/

Таблиця 1. Фактори впливу на оператора О1 – пілот

$\{A\}$	Фактори впливу на оператора О1 – пілот							Рішення			
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	W	L	$H, a=0,7$	
Kharkiv (A_1)	3	7	8	7	7	7	4	3	6,14	6,5	
Lviv (A_2)	9	4	8	6	9	8	9	4	7,57	7,5	
Boryspil' (A_{z1})	5	5	9	8	9	9	3	3	6,86	7,2	
Hostomel' (A_{z2})	5	5	7	7	9	7	3	3	6,14	7,2	

Таблиця 2. Фактори впливу на оператора О2 – диспетчер

$\{A\}$	Фактори впливу на оператора О2 – диспетчер							Рішення			
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	W	L	$H, a=0,5$	
Kharkiv (A_1)	2	7	8	7	7	7	4	2	6,00	5	
Lviv (A_2)	9	4	8	6	9	8	9	4	7,57	6,5	
Boryspil' (A_{z1})	5	6	9	8	9	9	2	2	6,86	5,5	
Hostomel' (A_{z2})	5	6	7	7	9	7	2	2	6,14	5,5	

Таблиця 3. Фактори впливу на оператора О3 – інженер

$\{A\}$	Фактори впливу на оператора О3 – інженер							Рішення			
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	W	L	$H, a=0,3$	
Kharkiv (A_1)	3	7	8	7	7	7	4	3	6,14	4,5	
Lviv (A_2)	9	4	8	9	9	8	9	4	8,00	5,5	
Boryspil' (A_{z1})	5	5	9	8	9	9	3	3	6,86	4,8	
Hostomel' (A_{z2})	5	5	7	9	9	7	3	3	6,43	4,8	

Таблиця 4. Фактори впливу на оператора О4 – ШІ

$\{A\}$	Фактори впливу на оператора О4 – ШІ							Рішення			
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	W	L	$H, a=0,7$	
Kharkiv (A_1)	3	8	9	8	7	7	4	3	6,57	7,2	
Lviv (A_2)	8	4	8	6	9	8	10	4	7,57	8,2	
Boryspil' (A_{z1})	6	5	9	8	9	9	3	3	7,00	7,2	
Hostomel' (A_{z2})	7	5	8	8	9	7	3	3	6,71	7,2	

Таблиця 5. Спільне рішення операторів (пілот, диспетчер, інженер) і ШІ

$\{A\}$	Operators and AI															
	O_1	O_2	O_3	O_4	W	O_1	O_2	O_3	O_4	L	O_1	O_2	O_3	O_4	$H, a=0,3$	
Kharkiv (A_1)	2	4	4	3	2	6,14	6,00	6,14	6,57	6,21	6,5	5	4,5	7,2	5,85	
Lviv (A_2)	2	3	3	4	2	7,57	7,57	8,00	7,57	7,68	7,5	6,5	5,5	8,2	6,85	
Boryspil' (A_{z1})	0	3	3	3	0	6,86	6,86	6,86	7,00	6,89	7,2	5,5	4,8	7,2	6	
Hostomel' (A_{z2})	0	0	0	3	0	6,14	6,14	6,43	6,71	6,36	7,2	5,5	4,8	7,2	6	

Оптимальним аеродромом для посадки в аварійній ситуації «Відмова двигуна при зльоті через зіткнення з птахами» під час польоту повітряного судна за маршрутом Харків-Львів за критеріями Вальда, Лапласа і Гурвіца є аеродром прибуття Львів. Це рішення приймається на основі як об'єктивних факторів (погодні умови на відповідних аеродромах, відстань до відповідних аеродромів, технічні характеристики злітно-посадкових смуг, кількість палива на борту, наявних навігаційних засобів, стійкість радіозв'язку тощо), так і суб'єктивних факторів. (особливості пілота, диспетчера, інженера). Рахунки продемонстрували баланс між безпекою польоту та цінністю польоту (максимізація безпеки польоту та мінімізація втрат).

Висновки. Продемонстровано етапи створення інтелектуальної системи прийняття рішень для авіаційних операторів в надзвичайних ситуаціях. Визначено статичні, динамічні та експертні вхідні дані, необхідні інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень для операторів АНС у надзвичайних ситуаціях. Розроблено порядок спільного прийняття рішення різними авіаційними співробітниками для вибору найбільш підходящого посадкового аеродрому в аварійній ситуації під час польоту повітряного судна

в єдиному повітряному просторі. Наведено приклади індивідуальної та колективної моделей прийняття рішень пілотом, диспетчером та інженером в аварійній ситуації «Відмова двигуна під час зльоту внаслідок зіткнення з птахом». Напрямок подальших досліджень – розробка моделей індивідуального та колективного прийняття рішень усіма авіаційними співробітниками в надзвичайних ситуаціях для використання в складі IDSS для взаємодії людини та штучного інтелекту. Наступні дослідження необхідні для розробки методології ефективної взаємодії між системами штучного інтелекту та суб'єктами АНС (пілот, дистанційний пілот, диспетчер повітряного руху, наземний оператор, інженер тощо).

Список літератури

1. Лейченко С.Д. Человеческий фактор в авиации: монография в 2-х книгах / С.Д. Лейченко, А.В. Малышевский, Н.Ф. Михайлик. – Кн. 1. – Кировоград: ИМЕКС, 2006. – 512 с.
2. Global Performance of the Air Navigation System. Doc. 9883. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2009. – 176 p.
3. Safety Management Manual (SMM). Doc. 9859-AN 474. Third Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2013. – 300 p.
4. Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering Chapter 56 Applications of Decision Support Systems in Aviation / Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda – USA: IGI-Global Publ, 2021. – P. 1177-1195
5. Manual on Collaborative Decision-Making (CDM). Doc. 9971. Second Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2014. – 166 p.
6. Manual on Flight and Flow Information for a Collaborative Environment (FF-ICE). Doc. 9965. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2012. – 140 p.
7. Global Air Traffic Management Operational Concept. Doc. 9854. First Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2005. – 82 p.
8. Airport CDM Implementation Manual Edition Number 5.0 Edition Validity Date 31 March 2017 EUROCONTROL Airport CDM Team
9. Shmelova, T., Sikirda, Y., Yatsko, M., Kasatkin, M. Collective Models of the Aviation Human-Operators in Emergency for Intelligent Decision Support System CEUR Workshop Proceedingsthis link is disabled, 2022, 3156, стр. 160–174