

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет аеронавігації, електроніки та
телекомунікацій



ЗБІРНИК ТЕЗ

ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
**«СТАЛИЙ РОЗВИТОК ГЛОБАЛЬНОЇ
СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ,
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ
ПОВІТРЯНОГО РУХУ CNS/АТМ— 2023»**

29 листопада 2023 р.
Київ - 2023

Зміст

стр.

1. Рячко А.В., АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	4
2. Погурельський О.С., Мавренкова А.О, АЛЬТЕРНАТИВНІ СИСТЕМИ НАВИГАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	5
3. Ларін В.Ю., Блажей Б.В., КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ У БПЛА ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ.....	7
4. Несват І.І., Благая Л.В., ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД ПРИ СКАНУВАННІ ПРОСТОРУ БОРТОВИМ РАДАРІВ AESA.....	11
5. Шмельова Т.Ф., Шаптала С.О., ЗАСТОСУВАННЯ УГОРСЬКОГО МЕТОДУ ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БПЛА.....	14
6. O.E. Luppo, D.O. Marushchak, O.V. Hryshchenko, FLEXIBLE USE OF AIRSPACE BASICS.....	19
7. Галабір Т.О., Остроумов І.В. АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА НАПРЯМКОМ АЕРОНАВИГАЦІЯ У НАУКОМЕТРИЧНІЙ БАЗІ ДАНИХ SCOPUS.....	23
8. Любарєць М.С. ПРОЦЕДУРА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ В УКРАЇНІ.....	26
9. Любарєць М.С. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ.....	28
10.Пістолєтова Є.В, Григор'єва А.М., Знаковська Є.А., Авер'янова Ю.А., ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО TELEGRAM-БОТУ.....	30
11.Сімченко С.А., Шмельова Т.Ф., КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ЄДИНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР.....	34
12.Дишлок Ю.О., СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.....	37
13.Іващук О. Р. ВПЛИВ СТИХІЙНИХ ЛИХ НА АВІАЦІЮ.....	40
14.Li Haoyang THE INFLUENCE OF DRONES ON THE EFFICIENCY OF «LAST MILE» LOGISTICS.....	44
15.O.E. Luppo A. R. Kусуk, D. P. Sarantsev, CIVIL-MILITARY COORDINATION AND COOPERATION IN EUROPE.....	49
16.Кузьменко Є.Ю. МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЧНОГО ЗАЛЕЖНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	53
17.D.I. Makarova, V.A. Karnaukh O.E. Luppo ATM SECURITY.....	55
18.Pogurelskiy Olexiy, Didur Nicole, OPPORTUNITIES FOR NON-FORMAL AND INFORMAL EDUCATION TO TRAIN SPECIALISTS FOR AVIATION.....	59
19.Радченко А.В МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКІВ БПЛА.....	62

20. Залозний Т.І МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ І НАДІЙНОСТІ ДАНИХ В АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ НАВІГАЦІЇ.....	65
21. Конін В. В., Пархоменко П., МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПОСАДКИ HTOL ВАЖКИХ БПС ЗА СИГНАЛАМИ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ.....	67
22. Лобода О. А ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СТРУКТУРИ БПЛА З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ.....	69
23. Грішненко В.Ю., Авер'янова Ю.А., СПРОЩЕНИЙ АЛГОРИТМ РОБОТИ ДИЗАЙН ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИ СЕРТИФІКАЦІЇ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВЕЛИКИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЛІТАКІВ.....	73
24. I. S. Shestavin O.E. Lurpo, HOW PRACTICAL IS THE DEVELOPMENT OF THE “ЕСНО” PROJECT ?.....	76
25. Сушич О.П., Приходько І.А., АВТОПЛОТ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВІДКРИТИМ ВИХІДНИМ КОДОМ РХ4.....	80
26. Ishchenko O.M., Konin V.V., SENSITIVITY OF THE DEPTH OF SPOOFING SUPPRESSION IN THE TWO-ELEMENT CRPA TO THE DIRECTION OF ITS ARRIVAL.....	83
27. Іваницький М.С., Знаковська Є.А., Авер'янова Ю.А., РИЗИКИ ТА ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ПОЛЬОТІВ У ВІЙСЬКОВОМУ КОНТЕКСТІ.....	86
28. Михайлюк А.А. Погурельський О.С., ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕІДОУ ЗАСОБАМИ ВІДКРИТИХ ПРОГРАМНИХ ІНСТРУМЕНТІВ.....	88
29. Падун С.Ю МОДЕРНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ CNS/АТМ.....	91
30. Маршалок Д.О. Луппо О.Є., АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЇ ПРИ УПРАВЛІННІ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ТОЧКОВОГО ЗЛИТТЯ.....	92
31. Kichanova D., Shmelova T., DECISION MAKING IN EMERGENCY DESCENT.....	96
32. Мар'єнков І.С., Шмельова Т.Ф., ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СППР. СПІЛЬНІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ВІДМОВА ШАСІ».....	101
33. Chynchenko Yu.V., Lysytsia I.Ye., FREE ROUTE AIRSPACE IMPLEMENTATION AND ASSOCIATED SAFETY CONCERN.....	107
34. Chynchenko Yu.V., Moisiuk A.V., ORGANISATIONAL ACCIDENT CONCEPT APPLICATION IN FREE ROUTE AIRSPACE.....	112
35. Chynchenko Yu.V., Parkhomenko N., ADVANCED NEW FREE ROUTE AIRSPACE RELEVANT POINTS ASSIGNMENT IN UKRAINE'S NEIGHBOURING STATES INTERFACES.....	116
36. Chynchenko Yu.V., Bondarenko M., Dovhosheya R., Kucheruk D., Matiushenko A., Melnykova O., AERODROME CAPACITY CONSTRAINTS IMPACTED BY RECONSTRUCTION WORKS AT AERODROME MANOEUVRING AREA.....	120
37. Кологуша В., Бондарев Д.І., АДЕКВАТНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЕТАПІ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ.....	126

38.Стовба В.Д., Шмельова Т.Ф., ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СПІР ОПЕРАТОРА БАС: ПОСАДКА В СКЛАДНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВАХ.....	131
39.Полякова О.С., Шмельова Т.Ф., СПІЛЬНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В ОСОБЛИВОМУ ВИПАДКУ В ПОЛЬОТІ «НЕЗАКОННЕ ВТРУЧАННЯ». КОМПЛЕКСНА СПІР.....	137
40.Іванів А.І., Луппо О.С., АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ УПР.....	140
41.Alifirenko T.O., IN-DEPTH EXAMINATION OF AIRCRAFT TRAJECTORIES: A MATLAB ALGORITHMIC APPROACH.....	143
42.Ярмоленко Р.В., ВЗАЄМОДІЯ ПІЛОТІВ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ.....	146
43.Yarmolenko R., Lutaienko M., Luppo O. E., EUROPEAN HIGHER AIRSPACE OPERATIONS.....	148
44.Лутаєнко М. С., ВПЛИВ СНУ НА РОБОТУ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ.....	151
45.Yarmolenko R., Lutaienko M., Luppo O. E., BENEFITS OF FOUR- DIMENSIONAL TRAJECTORIES.....	154
46.Ковальчук М.Г., ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ. ВИКОРИСТАННЯ АІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ.....	156
47.Павловський І.В., Конін В.В., СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВИГАЦІЇ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЇ КОМПЛЕКСІВ.....	160
48.Безпаленко О.І., Конін В.В., СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВИГАЦІЇ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЇ КОМПЛЕКСІВ.....	163

УДК 004.932.2

Рябко А.В., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ

АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Супутникові знімки стали невід'ємним джерелом інформації у різних галузях: від моніторингу навколишнього середовища та міського планування до реагування на надзвичайні ситуації. Однак неопрацьовані дані, які надходять від супутників, вимагають ефективних методів сегментації для розбиття зображень на змістовні області. У даному дослідженні описується широкий набір методів, що використовуються для сегментації супутникових зображень. Від традиційних методів, таких як порогове значення та розширення регіону, до більш просунутих підходів, таких як методи, засновані на глибокому навчанні, ця робота розглядає сильні сторони, обмеження у застосуванні кожного методу.

Сегментація зображення — це фундаментальний процес аналізу зображення, який передбачає поділ зображення на значущі та узгоджені області. Мета полягає в тому, щоб згрупувати пікселі або елементи зі схожими атрибутами, такими як колір, текстура або інтенсивність, разом для того, щоб розрізнити різні об'єкти, області або особливості на зображеннях. Ця техніка необхідна для отримання цінної інформації зі складних супутникових зображень і полегшення більш детального аналізу.

Дослідження містить стислий огляд трьох ключових методів сегментації зображень: методу Оцу, алгоритму вододілу та методу k-середніх. Метод Оцу автоматизує вибір порогу шляхом оптимізації дисперсії інтенсивності пікселів. Алгоритм вододілу імітує затоплення для визначення меж об'єктів. Метод k-середніх виділяє групи пікселів на основі схожості ознак. Ці методи пропонують різні підходи до сегментації зображень, кожна з яких має свої переваги та недоліки застосування в різних сферах. Ефективність цих методів може змінюватися залежно від конкретних характеристик зображення та передбачуваного застосування. Вибір методу повинен бути зроблений на основі конкретних вимог і завдань проблеми сегментації.

У майбутньому планується розширити дослідження, щоб включити методи виявлення об'єктів у процес сегментації. Це доповнення дозволить ідентифікувати та локалізувати конкретні об'єкти чи особливості в межах сегментованих регіонів, додаючи до аналізу додатковий рівень деталей і контексту. Поєднання сегментації та виявлення об'єктів спрямоване на розробку поглибленої основи для детального аналізу супутникових зображень.

Список використаних джерел:

1. W. Emery, A. Camps "Introduction to Satellite Remote Sensing", 2017
2. Liu, Dongju "Otsu method and K-means". Ninth International Conference on Hybrid Intelligent Systems IEEE. 1: 344–349, 2009
3. G. Bertrand "On topological watersheds" Journal of Mathematical Imaging and Vision, 22(2–3), pp 217–230, 2005

УДК 623.746

Погурельський О.С., к.т.н., доц.
Мавренкова А.О., студент
Національний авіаційний університет, м. Київ

АЛЬТЕРНАТИВНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Одним з основних функціональних елементів у структурі безпілотного літального апарату (БПЛА), що забезпечує точність його позиціонування та витримування напрямку (траєкторії) польоту, є навігаційна система.

У сучасних БПЛА класів “мікро”, “міні” та “малі” (малого радіусу дії) навігаційна система конструктивно представляється у вигляді блоку датчиків, в якому реалізується комбінований метод навігації, заснований на раціональній взаємодії безплатформенної інерціальної (БІНС) і супутникової (СНС) навігаційних систем. Така інтегрована інерціально-супутникова навігаційна система (ІСНС) дозволяє певною мірою компенсувати основні недоліки БІНС, такі як зростання похибки визначення координат впродовж збільшення часу автономної роботи, а також порівняно низьку точність вбудованих мікромеханічних інерційних датчиків прискорення та кутової швидкості.

В [1] викладено основи функціонування супутникових та інерційних навігаційних систем, а також принципи їх поєднання.

Відсутність коригуючих сигналів від глобальних супутникових систем навігації (ГССН), таких як GPS, Galileo, Beidou може привести до “розвалу” ІСНС, втрати керованості БПЛА та його аварії. Причиною відсутності цих сигналів можуть бути різноманітні завади як природного, так і штучного походження.

Так, відсутність (низький рівень) сигналів від ГССН може спостерігатися в умовах мегаполісів, горах, щільної хмарності, у віддалених районах з низькою якістю навігаційного та радіозв'язкового забезпечення польотів, пов'язаною з недостатнім радіобачення навігаційних супутників, впливом високоширотної іоносфери, електромагнітними процесами у верхніх шарах атмосфери північних широт тощо.

Крім того, штучне подавлення сигналів ГССН на сьогодні є основним ефективним методом боротьби з БПЛА малого радіусу дії, підтвердженням чого є досвід застосування таких БПЛА в ході ведення бойових дій з російським агресором. Воєнними експертами відмічається доволі суттєвий негативний вплив на ефективність бойового застосування наших БПЛА в районах роботи засобів радіоелектронної боротьби противника, що подавляють сигнали навігаційних супутників і які досить щільно зосереджено на лінії бойового зіткнення [2].

Зазначене вище обумовлює актуальність оснащення БПЛА, зокрема, малого радіусу дії, альтернативними типами навігаційних систем, що здатні діяти автономно.

Серед типів перспективних автономних навігаційних систем, якими можуть оснащуватися БПЛА та розроблення яких активно ведеться провідними компаніями світу, найбільш відомими є системи, що засновуються на методах:

- відеонавігації;
- лазерної або Lidar-навігації;
- радарної (радіолокаційної) навігації;
- ультразвукової (акустичної) навігації;
- магнітної навігації (MAGNAV);
- застосування синтезованого білка очей птахів, чутливого до магнітних полів Землі;
- штучного інтелекту.

Метод відеонавігації передбачає використання електронних оптичних систем (в тому числі тепловізійних) для отримання зображення місцевості, її аналіз бортовим комп'ютером з використанням цифрових карт місцевості, супутникових знімків тощо та визначення координат і орієнтації БПЛА.

В основу відеонавігації покладено три базові способи:

1. Обчислення пройденого шляху на основі аналізу потоку відеоданих, що надходить із оптико-електронних приладів спостереження.

2. Точна прив'язка за рельєфом місцевості за стереоефектом, що виникає під час руху відеокамери.

3. Точна прив'язка за еталонними фотографіями – відеокадри порівнюються із закладеними в пам'ять зображеннями ділянок маршруту та у разі “впізнання” об'єктів визначаються точні координати та орієнтація БПЛА.

Метод лазерної або Lidar-навігації засновується на технологіях, що використовують лазерне випромінювання для вимірювання відстаней та створення точних тривимірних зображень навколишнього середовища.

Основні компоненти системи Lidar (Light Detection and Ranging) включають:

- лазерний випромінювач – створює короточасні лазерні імпульси, які спрямовуються у оточуючий простір;
- фотодетектор (приймач) – реєструє відображені лазерні імпульси, вимірюючи час затримки між їх відправкою та прийомом;
- скануючий пристрій – дозволяє направляти лазерне випромінювання у різні напрямки для створення точних 3D-зображень.

Методи радарної (радіолокаційної) та ультразвукової (акустичної) навігації за принципом дії аналогічні Lidar-навігації з тією різницею, що для створення тривимірних зображень в них використовуються радіо- та звукові хвилі, відповідно.

При цьому, перевагою ультразвукових (акустичних) систем відмічається можливість забезпечення поширення сигналів тільки у межах максимально можливої дальності між БПЛА, що забезпечує високу стійкість і прихованість. Однак, властиві їм недоліки – мала швидкодія, великі габарити апаратури і вплив неоднорідності атмосфери на розповсюдження звукових хвиль, на даний час не дозволяють створювати на їх основі достатньо ефективну систему навігації [3].

Метод MAGNAV (magnetic navigation) засновується на зчитуванні магнітного поля Землі. На думку експертів цей метод є найбільш простою та сучасною альтернативою СНС, який практично не потребує зміни бортового обладнання

БПЛА. Достатньо роботи радіокомпасу, що взаємодіє з системою автоматичного керування для коригування напрямку польоту. Проте цей метод потребує наявності актуальної максимально точної та докладної мапи магнітного поля того району Землі, де передбачається використання БПЛА.

Практичний проєкт навігації за магнітним полем як альтернативи СНС реалізується в США починаючи з 2016 року. Автори проєкту наголошують, що на сьогодні метод MAGNAV досягає точності близько 1 км, у той час, як зазвичай, СНС має точність близько 1 м. Але, маючи детальні мапи магнітного поля Землі, використовуючи вимірювання його аномалій та машинне навчання для вилучення даних з необроблених сигналів, а потім зіставляючи їх з точними мапами магнітних аномалій, можна забезпечити прийнятну точність повітряної навігації БПЛА, яка не залежить від ГССН.

Метод на основі використання синтезованого білка очей птахів є інноваційним проєктом, присвяченим можливості створення біотехнологічного або біофізичного приладу, що працює як засіб навігації на основі синтезованого білка очей птахів.

Цей проєкт базується на результатах орнітологічних досліджень, що визначили білок, завдяки якому можливо птахи мають “шосте чуття”. Птахи здатні відчувати магнітне поле Землі і ця здатність дозволяє їм повертатися додому з незнайомих місць або орієнтуватися при міграції на відстань у десятки тисяч кілометрів. У дослідженнях вивчався *Cry4* – світлочутливий білок, який був присутній у сітківці очей піддослідних птахів. Він належить до класу криптохромів, які, як відомо, беруть участь у циркадних ритмах. Однак, як мінімум, деякі з даних білків, як передбачається, здатні також реагувати на магнітне поле Землі – ймовірно, завдяки взаємодіям на квантовому рівні.

Даний проєкт перебуває на початкових етапах дослідження, але на думку вчених має великий потенціал і реальні перспективи впровадження у практику розвитку навігаційних систем майбутнього.

Впровадження штучного інтелекту (ШІ) в системах навігації БПЛА розширює їх функціональні можливості та робить більш ефективними та автономними. Використання ШІ у БПЛА допомагає вирішувати навігаційні завдання, пов'язані з картографією, розвідкою, уникненням перешкод, розпізнаванням об'єктів на траєкторії польоту, організацією польоту групи БПЛА (“ройові системи”) і багато інших. Безперечною перевагою систем ШІ є можливість одночасного оброблення великого обсягу інформації від бортових систем (датчиків), що використовують різні методи навігації.

Застосування ШІ в системах навігації БПЛА дозволяє підвищити їхню ефективність, безпеку та надійність у різних сферах, включаючи комерційний авіатранспорт, військове використання, агрономію та багато інших галузей.

У військовій сфері впровадження ШІ в системи навігації може використовуватися для створення більш ефективних перешкодозахищених систем наведення ударних БПЛА, що засновуються на технологіях комп'ютерного зору та аналізу зображень, що дозволяє уникати ураження дружніх сил, передбачати дії противника та прокладати (коригувати) маршрути польоту в реальному масштабі часу поза зонами можливого ураження.

При цьому, як показують дослідження та практика використання БПЛА, найбільш доцільним є використання комбінованих систем навігації на основі інтеграції двох і більше систем різного принципу автономної дії.

На рис. 1 наведено спрощену структурно-функціональну схему комбінованої системи навігації БПЛА на основі інтеграції системи відеонавігації та ІНС.

Центральним елементом такої комбінованої системи є бортовий комп'ютер (мікроконтроллер), заснований на технологіях ШІ, що дозволяє йому надшвидко обробляти великі масиви даних від різних джерел (датчиків) інформації. Такі дані включають сигнали ІНС, СНС, відеоінформації, цифрових мап місцевості, аерофото- або супутникові знімки. Порівнюючи сигнали фактичної та заданої траєкторій польоту бортовий комп'ютер формує керуючі сигнали в систему керування БПЛА для підтримання заданої траєкторії польоту.

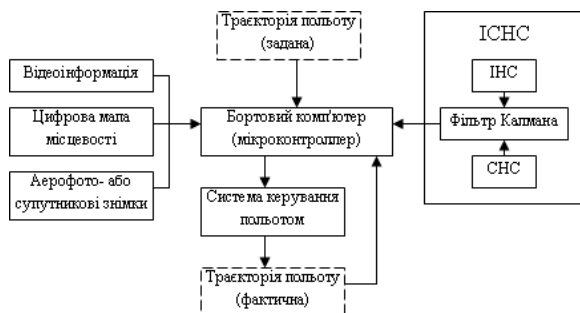


Рис. 1. Спрощена структурно-функціональна схема комбінованої системи навігації БПЛА

Надлишкова (дублююча) інформація про навігаційні параметри БПЛА, що поступає до бортового комп'ютера від різних датчиків, використовується для компенсації похибок, забезпечення автономності та працездатності системи у разі відсутності сигналів ГССН.

Таким чином, оснащення БПЛА навігаційними системами, заснованими на інноваційних методах навігації, які здатні діяти автономно з високою точністю без використання сигналів ГССН є важливим перспективним напрямом їх розвитку.

Список літератури

1. Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, and Angus P. Andrews. 2007. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. Wiley-Interscience, USA.
2. Стало відомо, чому військові втрачають так багато дронів на передовій / Електронний ресурс. Режим доступу: <https://focus.ua/uk/digital/539189-stalo-izvestno-pochemu-voennyeterayut-tak-mnogo-dronov-na-peredovoy-video> (дата звернення 27.10.2023).
3. Фустій В.С., Тимочко О.І., Ситник Ю.Б., Афанасьєв В.В., Титаренко О.Б., Степанов Г.С. Метод міжоб'єктової навігації БПЛА на основі комплексної обробки інформації від класичних та альтернативних систем навігації. / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2021.–№ 4(45).–С.65-74. <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.45.08>.

Ларін В.Ю., д. т. н., проф.

Блажей Б.В., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ

КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ У БПЛА ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ

На сьогодні не можливо уявити сучасний БПЛА, або БпАК без системи зв'язку. Система зв'язку є одним із ключових моментів конфігурації корисного навантаження БПЛА, яка приймає безпосередню участь у керуванні та взаємодію борту із оператором та, або іншими пристроями у мережі. Система зв'язку та керування С2 Рис. 1 визначається як лінія передачі даних, що відповідає за керування польотом, передачу команд, телеметричних даних, а також у сучасних варіантах виконання забезпечує передачу прямих команд ручного керування зовнішнього пілота і передачу протоколу TCP/IP (англ. Transmission Control Protocol — «протокол керування передаванням»), у свою чергу в якому передається відеозображення за наявності відповідного корисного навантаження, або інші IP сумісні данні. Зв'язок С2 відіграє ключову роль в управлінні БПЛА та забезпеченні виконання більшості задач які поставлені. [1].

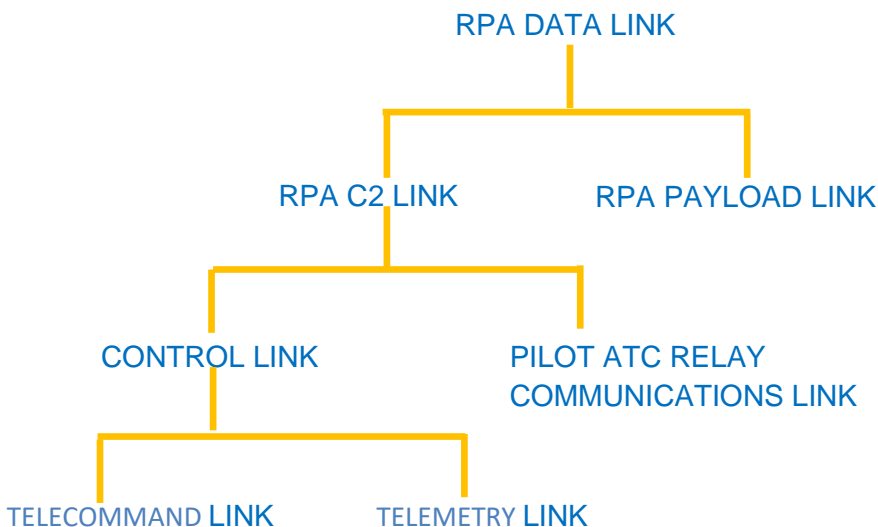


Рис. 1. Структура системи зв'язку БпАК

Забезпечення безперервності зв'язку з БпЛА є ключовим аспектом безпеки польотів. Резервування каналів зв'язку у авіації є стандартом. Технічний аспект реалізації системи дублювання каналів зв'язку у БпЛА має труднощі у зв'язку із фізичними розмірами літального апарату, зазвичай місце під корисне навантаження є дуже обмеженим, так само як і вага. Також важливим моментом є те, що на борту відсутня людина яка може вручну керувати пристроєм, перемикаючи модеми та частоти. У зв'язку із цим виникає необхідність повністю автоматизувати процес, забезпечити найкомпактніші габарити та енергоспоживання. На сьогоднішній час такі рішення є стандартом, або широко поширені.

Причини втрати зв'язку можуть бути різними, складні погодні умови (туман, дощ), складні радіоумови, навмисна постановка завади, вихід із ладу модему зв'язку. Спосіб одночасної передачі даних декількома модемами на різних частотах не є оптимальним із технічної точки зору, підвищення споживання бортової електроенергії та навантаження на центральний процесор автопілоту якому необхідно підтримувати декілька активних паралельних потоків даних.

Одним із методів комбінації модемів можна розглянути спосіб застосування мікроконтролеру на базі сімейства STM32 Рис. 2. Програмна частина керування модемами може виглядати достатньо просто, при аналізі повідомлень протокол обміну даними Mavlink2 можливо використовувати пакет "RADIO_STATUS (#109)", при виявленні "noise" або "rxerrors" вище порогового значення, виконати фізичне переключення живлення модему за допомогою керованого транзистору. Фізично сам контролер може одночасно бути відімкнутим до всіх модемів та керувати перемиканням даних через систему живлення, у свою чергу з'єднання автопілоту з системою зв'язку відбувається виключно через контролер [2]. Більшість сучасних БпЛА працює під керуванням операційної системи Ardupilot або PX4 які імплементують протокол Mavlink2, також деякі інші пропріетарні операційні системи підтримують цей протокол даних, отже можна сказати на сьогодні це є стандартним протоколом. Зазвичай на борт встановлюється один модем зв'язку, найпоширенішим вибором частоти є діапазон 902-928МГц, це такі модеми як RFDesign RFD900, Microhard P900, SiLabs Si1000. Також до стандартних можна віднести і наступні діапазони, 433 МГц, 868МГц, 2.4 ГГц, 5.8ГГц [3]. При комбінації декількох модемів на різних частотах за умови увімкнення по необхідності можливо значно підвищити надійність та забезпечити безперервний зв'язок БпЛА із НСК що у свою чергу суттєво підвищить безпеку та надійність польотів.

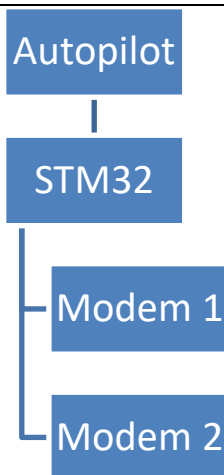


Рис. 2. Схема взаємодії контролера з модемами

Отже можна зазначити, що системи зв'язку та керування БПЛА є можливість вдосконалювати не стандартними способами які доступні, не потребуючі суттєвих інвестицій або придбання спеціальних систем зв'язку. Також перевагою цього способу можна назвати гнучкість та високу адаптаційну спроможність під конкретні випадки застосування, це рішення може бути основою для подальших розробок у цьому напрямку так як є можливість адаптуватися до нових проблем або їх варіацій без втручання у роботу вже готового обладнання.

Список літератури

1. Technology Workshop ICAO RPAS MANUAL C2 Link and Communications [Electronic resource] / Michael Neale and Dominique Colin. ICAO RPAS Symposium, 2015. URL: icao.int/Meetings/RPAS/RPASSymposiumPresentation/Forms/AllItems.aspx (viewed on November 12, 2023).
2. MAVLink Developer Guide. URL: <https://mavlink.io/en/messages/common.html> (viewed on November 12, 2023).
3. Ardupilot Telemetry (landing page). URL: <https://ardupilot.org/plane/docs/common-telemetry-landingpage.html> (viewed on November 12, 2023).

Несват І.І., студент
Благая Л.В., к.т.н., доц.
Національний авіаційний університет, м. Київ

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАВАД ПРИ СКАНУВАННІ ПРОСТОРУ БОРТОВИМ РАДАРом AESA

Чим більша кількість елементів в масиві антенної решітки тим більш вузько направлений промінь утвориться від масиву, що дозволяє радару зосереджувати свою енергію в певному напрямку, тим самим забезпечуючи більш високу точність виявлення цілі та її супроводження [1, 2, 6].

В радіолокаційних системах не лише важливо сформувати вузько направлений промінь, а ще отримати якісний сигнал від цілі, оскільки утворена діаграма спрямованості масивом має ще й небажане випромінювання в вигляді бічних пелюсток [1]. В випадку потрапляння сигналів завад електронної боротьби з напрямків небажаного випромінювання, це може створити помилкові цілі на приймачі або навіть засліпити приймач, підвищивши рівень шуму вище сигналів, які можна виявити [3]. За умови, якщо корисний сигнал переважає в співвідношенні сигнал-шум та завада, можливо вилучити інформацію про ціль [4]. З цих міркувань в перших системах AESA, щоб протидіяти впливу завад до кожного елемента масиву застосовувалось амплітудне зважування, що в свою чергу зменшувало рівень бічних пелюсток, але разом з тим збільшувало ширину головного променя, впливаючи на роздільну здатність радару [3, 6].

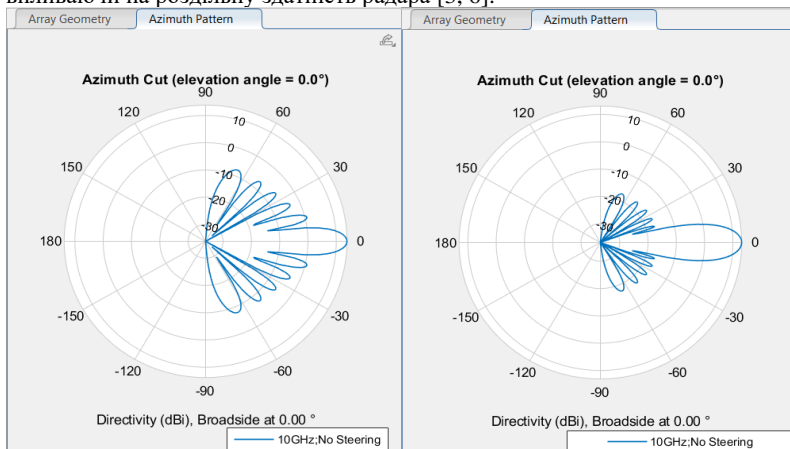


Рис.1 Діаграма спрямованості лінійною антенною решіткою з 12 елементів, зліва з рівномірним розподіленням посилення для кожного елемента, праворуч з застосуванням амплітудного зважування для кожного елемента.

В сучасних радіолокаційних системах AESA присутній повний цифровий контроль над фазою та амплітудою сигналу до кожного елементу масиву, які вносять свій внесок в загальну діаграму спрямованості [3]. Даний контроль амплітуди та фази, дозволяє адаптивне формування діаграми спрямованості. Коефіцієнти посилення та фази визначаються математично, оскільки випадкові комбінації коефіцієнтів не допоможуть отримати бажаний результат. Дані дії виконуються в процесорі цифрового формування діаграми спрямованості. Комплексна амплітудна та фазова вага для k -го елемента сигналу x_k , визначається як [5]:

$$\omega_k = a_k e^{j\varphi_k} \quad (1)$$

Тоді вихідний промінь, y , визначається як:

$$y = \sum_{k=1}^M \omega_k * X_k = w^H x \quad (2)$$

де

$$w = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \dots \\ \omega_M \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_M \end{bmatrix}$$

При адаптивному формуванні діаграми спрямованості враховуються реальні умови, тобто вагові коефіцієнти отримуються за допомогою алгоритму оптимізації на основі статистики отриманих даних [3].

В дослідженні було застосовано алгоритм оптимізації MVDR, який формує діаграму спрямованості з мінімальною дисперсією відгука без спотворень. Фактично при роботі даного алгоритму підтримується посилення в напрямку надходження сигналу від цілі та при цьому надходження сигналів з інших напрямків зводиться до мінімуму [5].

Роботу даного алгоритму можна описати наступним чином [5]:

1. Спочатку ми надаємо можливість отримати всю потужність при прийомі, яку в подальшому намагатимемося звести до мінімуму.
2. Після чого задається кут приходу сигналу, який приймається без спотворень, що обмежує роботу алгоритму для підтримання підсилення в напрямку приходу сигналу.

За роботи даного алгоритму вагові коефіцієнти оптимізуються таким чином, щоб загальна приймальна потужність була зведена до мінімуму, та при цьому зберігалась потужність в напрямку приходу сигналу [5].

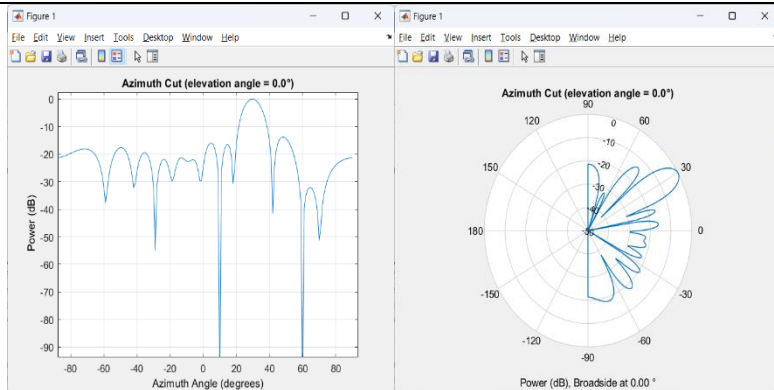


Рис.2 Адаптивне формування діаграми спрямованості лінійною антенною решіткою з 12 елементів при врахуванні завад, які надходять з 10 та 60 градусів за азимут, зліва діаграма спрямованості в прямокутній системі координат, праворуч в полярній системі координат.

Як ми можемо спостерігати з рис. 2 при адаптивному формуванні діаграми спрямованості, завади, які надходять з 10 та 60 градусів за азимут не приймаються масивом та фактично не вносять внесок в співвідношення сигнал-шум та завада. Таким чином, можливо вилучити якісну інформацію про ціль.

Список літератури

1. С.А. Balanis. Antenna theory analysis and design, 4th Edition. Kindle Edition, Wiley. 2016. 1104 p.
2. G.W. Stimson. Introduction to airborne radar. 3rd Scitech Publishing 2014. 774 p.
3. A.D. Brown. Active Electronically Scanned Arrays Fundamentals and Applications. Wiley-IEEE Press. 2021. 272 p.
4. Rahman H. Fundamental Principles of Radar. Boca Raton: CRC PRESS-TAYLOR & FRANCIS GROUP, 2019. 340 p.
5. Melvin W. L. Principles of Modern Radar / ed. by J. A. Scheer. Edison, NJ: SciTech Publishing, 2013. 876 p.
6. Несват І.І. Сканування простору за допомогою бортового радару на основі антенних фазованих решіток. «СТАЛІЙ РОЗВИТОК ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ, СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО РУХУ CNS/ATM»: ВСЕУКР. НАУКОВО-ТЕХН. КОНФ., м. Київ, 29 -31 трав. 2023 р. м. Київ, 2023. С. 37–38.

Шмельова Т.Ф., д.т.н., професор.

Шапгала С.О., аспірант

Національний авіаційний університет, м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ УГОРСЬКОГО МЕТОДУ ВІДБОРУ ПЕРСОНАЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ БПЛА

Наразі стрімко розвивається безпілотна авіація, активно інтегрується та впорядковується в авіаційну систему, важливе значення є підготовка персоналу – операторів безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Головною проблемою безпілотної авіації сьогодні є інтеграція та підпорядкування до загальної авіаційної системи [1].

Безпілотна авіація має переваги, а саме низьку експлуатаційну вартість, простоту, доступність, БПЛА можуть застосовуватися у випадках, коли використання пілотованих літальних апаратів є непрактичним, дорогим або небезпечним [2]. Перевагою використання БПЛА є завдання, що передбачають ризик для людей та ефективність вирішення економічних проблем. Важливою задачею є підготовка операторів БПЛА для ефективного виконання цільових завдань. Донедавна БПЛА мали військове призначення, наразі, застосування дистанційно пілотованих авіаційних станцій (ДПАС), як одного з різновидів безпілотної авіаційної системи (БАС), ефективно як у військових завданнях, так і завданнях цивільного призначення. Наприклад, при боротьбі з наслідками надзвичайних ситуацій, стихійними лихами, для сільськогосподарського застосування, для розвідки і аерофотозйомки, для термінової доставки вантажу, тощо [3; 4]. Одна з особливостей підготовки операторів БПЛА, що пред'являються підвищені вимоги до майбутньої багатопланової роботи, як фахівця з управління БПЛА взагалі і відповідно до конкретного типу, фахівця з ефективного вирішення цільової задачі-місії (сільськогосподарської, моніторингової, пошукової, логістичної, тощо), спеціаліста з управління повітряним рухом, інженера з обслуговування БАС, фахівця інформаційних технологій для організації виконання автономного польоту. Робота оператора БПЛА характеризується постійним психофізіологічним навантаженням, підвищеною емоційною напруженістю, винятковою увагою та відповідальністю за безпеку польотів, команди та інших людей (відповідно до місії, яку виконує БПЛА).

Розглянуто задачу підбору персоналу-операторів БПЛА для виконання цільових завдань-місії. Багато з цих завдань ефективно використовують одиночний чи груповий політ БПЛА [4]. У цьому сенсі використання БПЛА групових польотів є більш доцільним, наприклад, для моніторингу фото / відеозйомки; групове обстеження великих територій та районів патрулювання; доставка великої кількості. Велике значення має те, що оператор є представником групової професійної діяльності, тобто працює у складі команди, тому дуже важливо продовжувати дослідження в галузі інтеграції і оптимізації інтерфейсів концептуальної моделі SCHELL: “людина-людина”, “людина-культура”, “людина-людина”, “людина-технології” [5].

Працездатність людини, що працює в групі професіоналів, залежить від умов роботи, професійної етики, норм та стандартів, морального клімату в колективі, міжособистісних відносин команди (групи операторів), а також від усіх якостей, властивих людині.

Для оптимізації роботи операторів БПЛА, призначенням для управління конкретним типом БПЛА, узгодженості роботи в групі операторів використовуються наступні методи [5; 6]:

- для оптимального підбору операторів БПЛА - угорський метод призначень (метод потенціалів);
- для ефективної роботи операторів БПЛА використовуються методи авіаційної соціоніки (професійна ефективність на робочому місці) і соціометрії (узгодженість в групі операторів).

1. Рішення завдання вибору (про призначення персоналу). Складемо таблицю із задалегідь визначеними комплексними оцінками підготовленості кандидатів – операторів БПЛА, враховуючи рівень їх знань, навичок, умінь з спеціальних дисциплін, нормативним документам, англійської мови, тренажерної підготовки на конкретному типі БПЛА (Табл. 1). Потрібно знайти оптимальний розподіл кандидатів по основним типам БПЛА, наприклад, за конструкцією, за призначенням, за тривалістю польоту, за технологією злету/посадки тощо, що забезпечує максимальну комплексну оцінку підготовленості операторів БПЛА до управління безпілотними ЛА.

За конструкцією БПЛА є літакового і мультикоптерного типу (мультикоптери - літальні апарати (ЛА), в яких чотири і більше двигунів з несучими гвинтами), а також з крилом [3]). За призначенням їх можна класифікувати як сільськогосподарські, спостереження, ретранслятори зв'язку, пошук-рятування, моніторинг-зйомка, тощо. БПЛА класифікують за способом злету і посадки: аеродромного і безаеродромного, тобто зліт з ЗПС або за допомогою катапульти; посадка на ЗПС або на парашуті чи за допомогою тенет.

На прикладі розглянемо підготовку і оцінювання операторів БПЛА-кандидатів при призначенні для виконання наступних завдань:

- сільськогосподарські,
- спостереження, моніторинг-зйомка
- ретранслятори зв'язку,
- пошук-рятування,
- доставка вантажу.

Таблиця 1.

Комплексні оцінки рівня підготовленості операторів

	Типи БПЛА за призначенням	Оператори БПЛА - кандидати				
		1	2	3	4	5
1	Сільськогосподарські	3	4	2	2	1
2	Спостереження, моніторинг-зйомка	4	5	3	1	3
3	Ретранслятори зв'язку	4	3	1	1	1
4	Пошук-рятування	3	1	2	2	2
5	Доставка вантажу	1	3	1	2	1

На основі даних таблиці формуємо матрицю C і отримується за допомогою угорського методу рішення завдання вибору (рис.1):

$$C = \begin{pmatrix} 3 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ 4 & 5 & 3 & 1 & 3 \\ 4 & 3 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad C_{21} = \begin{pmatrix} 1 & 0^* & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 2 & 0^* \\ 0^* & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 3 & 0^* & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 1 & 0^* & 1 \end{pmatrix}$$

а) б)

Рис.1 Задача вибору персоналу: а) – оцінювання ефективності роботи, б) – рішення задачі

Таблиця 2.

Комплексні оцінки рівня підготовленості оператора БПЛА

	Типи БПЛА за призначенням	Оператори БПЛА - кандидати				
		1	2	3	4	5
1	Сільськогосподарські	3	4*	2	2	1
2	Спостереження, моніторинг-зйомка	4	5	3	1	3*
3	Ретранслятори зв'язку	4*	3	1	1	1
4	Пошук-рятування	3	1	2*	2	2
5	Доставка вантажу	1	3	1	2*	1

Оптимальний вибір (відповідний зазначеним зіркою нулям) має вигляд:
 $(C_{12}, C_{25}, C_{31}, C_{43}, C_{54})$.

Відповідна йому сума елементів вихідної матриці C :
 $C = C_{12} + C_{25} + C_{31} + C_{43} + C_{54} = 4 + 3 + 4 + 2 + 2 = 15$ у.о.

Таким чином, на роботу № 1 (сільськогосподарські) призначається кандидат № 2, на посаду № 2 (спостереження, моніторинг-зйомка) призначається кандидат № 5, на посаду № 3 (ретранслятори зв'язку) призначається кандидат № 1, на посаду № 4 (пошук-рятування) призначається кандидат № 3, на посаду № 5 (доставка вантажу) призначається кандидат № 4. При таких призначеннях сумарна продуктивність праці, що представляє собою сумарну комплексну оцінку підготовленості оператора до управління БПЛА буде максимальною і дорівнює - 15 умовних одиниць.

Математична модель задачі вибору (про призначення персоналу), як задачі лінійного програмування має наступний вигляд:

Цільова функція:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max;$$

Обмеження:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = \overline{1, m},$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = \overline{1, n},$$

$$x_{ij}=1 \text{ чи } x_{ij}=0$$

Маємо наступну модель:

$$\begin{aligned}
 Y &= 3x_{11} + 4x_{12} + 2x_{13} + 2x_{14} + 1x_{15} + 4x_{21} + 5x_{22} + 3x_{23} + 1x_{24} + 3x_{25} + 4x_{31} + 3x_{32} \\
 &+ 1x_{33} + 1x_{34} + 1x_{35} + 3x_{41} + 1x_{42} + 2x_{43} + 2x_{44} + 2x_{45} + 1x_{51} + 3x_{52} + 1x_{53} + 2x_{54} + 1x_{55} \\
 &\rightarrow \max
 \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned}
 &x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 1; \\
 &x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} = 1; \\
 &x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} = 1; \\
 &x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} = 1; \\
 &x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} = 1; \\
 &x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} = 1; \\
 &x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} = 1; \\
 &x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} = 1; \\
 &x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} + x_{54} = 1; \\
 &x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{55} = 1;
 \end{aligned} \right.$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

У такому вигляді завдання вирішується за допомогою програмного забезпечення MS Excel (рис. 1). Метод, обраний для рішення в MS Excel – симплекс-метод.

	x11	x12	x13	x14	x15	x21	x22	x23	x24	x25	x31	x32	x33	x34	x35	x41	x42	x43	x44	x45	x51	x52	x53	x54	x55
Цілієва	3	4	2	2	1	4	5	3	1	1	3	4	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1
Обмеження	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2 Вирішення завдання про відбір операторів БПЛА за допомогою програмного забезпечення MS Excel

Оптимальні рішення за допомогою MS Excel: $(C_{13}, C_{22}, C_{31}, C_{45}, C_{54})$.

$$C = C_{13} + C_{22} + C_{31} + C_{45} + C_{54} = 4 + 3 + 4 + 2 + 2 = 15 \text{ у.о.}$$

Порівняння відповідей, отриманих за допомогою угорського методу і симплекс методу показало однакове значення цільової функції, але різні результати набору змінних. Це додаткові рішення задачі підбору персоналу. В результаті пошуку рішення за допомогою MS Excel - пошук рішення нелінійним методом УПГ (узагальненого понижувального градієнту) отриманий результат:

$$C = C_{12} + C_{25} + C_{31} + C_{43} + C_{54} = 4 + 3 + 4 + 2 + 2 = 15 \text{ у.о.}$$

В залежності від задачі застосовують відповідні методи: для гладких нелінійних задач використовують пошук розв'язання нелінійних задач методом УПГ, для лінійних задач - пошук вирішення лінійних задач симплекс-методом.

Для визначення оцінок ефективної роботи операторів БПЛА використовуються методи авіаційної соціоніки (професійна ефективність на робочому місці) і соціометрії (узгодженість в групі операторів) [6].

На основі представленого матеріалу розроблені лабораторні роботи для підготовки операторів БПЛА, рf освітньо-кваліфікаційною програмою (ОПП) «бакалавр» і «магістр» і навчальних дисциплінах «Теорія прийняття рішень» (ОПП «бакалавр») і «Ефективність авіаційних систем» (ОПП «магістр») [7].

Планується застосувати методики оптимізації підбору персоналу для підвищення ефективності роботи операторів БПЛА в реальних умовах роботи.

Список літератури

1. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.
2. Cases on Modern Computer Systems in Aviation / Editors: Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda, Nina Rizun, Dmytro Kucherov. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. 2019. - P. 305
3. Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5 Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight /Tetiana Shmelova, Dmitriy Bondarev - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2019. – P. 167-204
4. Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Some Civil Problems / A.Śadkowski, W.Kamiński. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2019.
5. Шмельова Т. Моделі прийняття рішень при управлінні потоками БПЛА / Т. Шмельова, С. Шапгала, В. Стовба //АВІА-2023: XVI міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 18-20 квітня 2023 р.: тези доповідей. – К.: Національний авіаційний університет, 2023
6. Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport Chapter 11: Models of Decision-Making Operators of Socio-Technical System / T. Shmelova, Yu. Sikirda // Ed. D.B.A. Mehdi Khosrow-Pour. – USA : IGI-Global Publ, 2021. – P. 287–319. DOI: 10.4018/978-1-7998-5357-2.ch011
7. Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities: manuscript / Chapter 4 Socionic and Sociometric Diagnosting of Air Navigation System's Operators Yuliya Sikirda, Tetiana Shmelova, - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania.2018. – P. 108-137
8. Освітньо-професійні програми підготовки бакалаврів і магістрів на кафедрі аеронавігаційних систем, URL: <https://sites.google.com/npp.nau.edu.ua/faet/%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%84%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B0-%D0%B0%D0%BD%D1%81?authuser=0>

UDC 351.814.331.3

O.E. Luppo, Candidate of Science, Associate Professor
D.O. Marushchak, student
O.V. Hryshchenko, student
(National Aviation University)

FLEXIBLE USE OF AIRSPACE BASICS

These theses discuss the basics, main requirements and implementation of the concept of Flexible Use of Airspace.

During the last quarter of a century the density of air traffic flow in Europe significantly increased. According to statistics 33000 of flight are performed each day and 9000000 per year. At that time amount of military aircraft based in Europe is 12000 units. Because of increasing of civil and military air traffic flow the problem of their separation arises. We had to solve this task which includes division of civil and military air traffic while they are using the same airspace.[1]

In 1996 the Flexible Use of Airspace concept emerged and had started its implementation in a majority ECAC-member State.

To put FUA concept into practice correctly we must take into account all organizations and utilizers who uses an airspace.

Let us to set and examples of possible European Airspace Network stakeholders. This list consists of: civil (general aviation, sport aviation, airlines, air navigation services providers, air traffic flow & capacity management, airports, aerial work aviation) and military aviation.

All these users of airspace require particular conditions for airspace usage and perform their job effectively as much as possible. The main principle to satisfy all stakeholders' requirements is formed in applying of a Collaborative Decision Making concept. It is based on cooperation between states, military and civil operators and air traffic service units, central flow management unit, corresponding airports, and airspace management cells.

The partnership's main idea is to provide the maximum utilization of available airspace and, at times, segregation of airspace among various categories of users based on short term needs. The next task is the provision of safe, orderly and efficient air traffic service. Additionally we need to maintain the most effective air traffic flow and capacity management for air traffic control and aircraft operators. At the same time we need to consider air traffic demand, airspace and route availabilities and air traffic control capacity.

The main goal of FUA concept is not to divide airspace into separate civilian and military components, bit to use it for mutual benefit.

The practical applications of FUA concept relies on National Airspace Management Cells for the daily allocation and promulgation of flexible airspace structures. Another component is the Centralized Airspace Data Function within the EUROCONTROL

Network Manager Operations Center for the dissemination to aircraft operators of the daily availability of non-permanent ATS routes. [2]

The FUA concept implies the Airspace management on three levels:

- Strategic ASM at level 1. It consists of a joint civil-military process within a high-level civil-military national body, which formulates the national ASM policy and organization taking into account both national and international airspace requirements. The list of the main tasks of a Level 1 includes: maintaining and improvement of airspace management and its infrastructure, airspace organization and management regulation, shared use of national airspace accommodation by all user groups, harmonization of airspace management procedures with neighboring States, regular monitoring of compliance to the FUA concept, definitions of processes and procedures for civil-military coordination, airspace management cell establishment.

- Pre-tactical ASM at level 2. It consists of the day-to-day management and temporary allocation of airspace through national or sub-regional airspace management cells. They collect and analyze all airspace requests and decide the daily airspace allocation. Airspace management cells promulgate the airspace allocation as an airspace use plan (AUP) and amendments through updated airspace use plans (UUPs). The ECAC Centralized Airspace Data Function is established within Network Manager Operation Center. The CADF collects availability information on non-permanent ATS routes called Conditional routes from the various AUPs and compiles it into a consolidated list called the Conditional Route Availability Message and when necessary a CRAM Correction Message. Those lists are used by Aircraft Operators for flight planning purposes.

- Tactical ASM at level 3. It consists of the real-time activation, de-activation or real time reallocation of the airspace allocated at level 2 and the resolution of specific airspace problems or traffic situations between civil and military ATS units and controllers as appropriate. Flexibility in the use of airspace is enhanced by the real-time civil-military coordination capability. Real-time access to all necessary flight data including controller's intentions, with or without system support permits the optimized use of airspace and reduces the need to segregate it. [2]

Temporary airspace allocation process is one of the main procedures of FUA. It is composed of segregation of an airspace of defined dimensions assigned for the temporary reservation (TRA/TSA) or restriction (D/R). It is identified as an AMC manageable area in Aeronautical Information Publications. The temporary airspace allocation process permits activities requiring temporary reservation to be allocated on the day before operation. So, it will be possible to make available, if required, conditional routes established through them outside their planned hours.

In the context of the FUA concept all TRAs and TSAs are airspace reservations subject to management and allocation at level 2.

Temporary-segregated area is a defined volume of airspace under the jurisdiction of one aviation authority and temporarily segregated for the exclusive use by another aviation authority and through which other traffic will not be allowed to transit.

Temporary-reserved area is utilized for the specific use by aviation authority and through which other traffic may be allowed to transit under ATC clearance. [1]

Conditional Route (CDR) is an ATS route or a portion thereof which can be planned and used under certain specified conditions. Those routes complement the permanent ATS-route network. They are established through any potential area of temporary segregation identified under the generic term “AMC-manageable areas” (TRA/TSA, R/D areas) and usually they are resulted from associated military activities. Additionally, conditional routes are provided in need to content specific ATC conditions.

Depending on a foreseen availability and a flight planning potential, conditional routes are divided into a three categories:

- Category one: Permanently plannable CDR. CDRs 1 are conditional routes expected to be available for most of the time. Flights will be planned on CDR 1 in the same way as planned for all permanent ATS routes. Any re-routing around associated TRAs/TSAs will be made on ATC instructions only.

- Category two: Non-permanently plannable CDR. CDRs 2 are part of pre-defined routing scenarios which respond to specific capacity imbalances. Flights will be planned on CDR 2 only in accordance with conditions daily published in the CRAM. Conditional routes of this category cannot be planned on the repetitive flight plan basis. If there is no activity in CDR 2, they also may be used to satisfy current ATC needs in real-time mode (but with coordination with appropriate military agency which is responsible for all their activities in this area).

- Category three: Not plannable CDR. CDR 3 is never inserted in CRAM, so not planned prior flight. CDRs 3 are published as conditional routes usable on ATC instructions only. Flights will be re-routed on CDR 3 on ATC instructions as short notice routing proposals. ATS unit may recommend to flight crews to use CDR 3 only at absence of operations in appropriate zone and after co-ordination with military agency, which is responsible for activities in this area. [1]

If we are taking about the FUA Concept in Ukraine, that principle is developing and established by an Ministry of Defense and State Aviation Administration on a Level 1 and by a joint civil-military ATM units on Level 2 and Level 3. The Conditional Routes are being made available by UKRAEROCENTRE. This unit additionally publishes the planned activity and conditions for the use of TRA/TSA and D or R “AMC-manageable areas” in the AUP daily at 14:00 UTC. [3]

Conclusion

Having assessed the need for the FUA concept we can list the main advantages for the implementation of a given idea: an increase of a flight economy through a reduction in distance, time and fuel; more efficient ways to separate operational and general air traffic; an enhanced air traffic service route network and real-time civil-military coordination. Other advantages are reduction of ATC workload and airspace segregation needs.

References:

1. EUROCONRTOL Advanced FUA Concept 1.0 from 27.07.2015;
2. EUROCONTROL guidance document of FUA concept implementation from 18.08.2003;
3. Ministry of Infrastructure of Ukraine, Ministry of Defense of Ukraine Order №232/248 from 07.07.2016.

УДК 608.001 (043.2)

Галабір Т.О., Остроумов І.В.

Національний авіаційний університет, м. Київ

АНАЛІЗ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА НАПРЯМКОМ АЕРОНАВИГАЦІЯ У НАУКОМЕТРИЧНІЙ БАЗІ ДАНИХ SCOPUS

Наукометричні бази даних відіграють важливе місце у будьякому науковому дослідженні. На сьогодні найбільш поширенішими наукометричними базами технічних наук є SCOPUS, WoS, DBLP, Google Scholar. Особливість наукометричних баз SCOPUS та WoS полягає у тому, що наукові матеріали, що розміщуються в ній проходять спеціальну перевірку, важливе місце в якій відіграє анонімне рецензування провідними експертами галузі. Отже ці дві бази містять лише верифіковану широким колом експертів інформацію яку науковці у подальшому використовують як стартовий базис для проведення нових досліджень [1].

Scopus (Elsevier) започатковано у 2004 році. Scopus надає можливість відстежити наукові документи, статті з журналів та книжкових видань, а також матеріали конференцій. База даних має доволі зручний інтерфейс, що робить її легкою та швидкою у використанні. Автори, які опублікували в базі даних більше однієї статті, мають можливість створити профіль з унікальним ідентифікатором.

Станом на жовтень 2023 р. у базі Scopus міститься понад 92 млн документів, 17,6 млн. наукових профілів авторів, 94,8 тис. профілей наукових установ, та більше 1.8 блн цитувань. База містить наукові матеріали починаючи від 1788 р. по сьогоднішній день [2].

База охоплює 240 дисциплін, що розділені на 24 розділи, що групуються на Фізичні, Медичні, Соціогуманітарні науки та Науки про життя.

Також Scopus містить понад 49,2 млн. патентних записів, отриманих з п'яти патентних відомств:

- Всесвітня організація інтелектуальної власності (World Intellectual Property Organization (WIPO));
- Європейське патентне відомство (European Patent Office (EPO));
- Патентне відомство США (US Patent Office (USPTO));
- Японське патентне відомство (Japanese Patent Office (JPO));
- Відомство інтелектуальної власності Великої Британії (UK Intellectual Property Office).

Знайти будь-яку статтю в системі дуже легко - треба лише вписати ключове слово в поле пошуку бази. В налаштуваннях можна обрати, за чим саме Ви хочете знайти ту, чи іншу інформацію (це можна зробити написавши назву статті, реферату; зазначивши ім'я автора, організації, і, навіть, фінансового спонсора).

У нашому дослідженні ми використаємо ресурси наукометричної бази даних Scopus для аналізу наукометричних показників напрямку «Аеронавігація».

Користуючись спеціальним інструментом до побудови запитів було створено наступний запит: «*ALL(Navigation AND (Airplane OR Aircraft OR*

Helicopter OR UAV OR UAS OR RPAS OR Airship OR Rockets)). Станом на початок листопада 2023р. було знайдено 122.390 тис записів. Діапазон робіт включає записи з 1917 р. Тенденція публікацій показана на рис. 1.

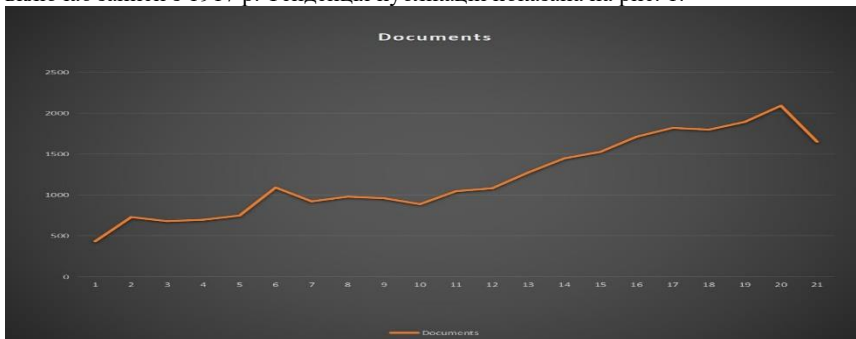


Рис.1. Тенденція публікацій за напрямом аеронавігація.
Переважає кількість робіт опублікована протягом 2003-2023 рр.

Лідуючими країнами за кількістю публікацій є:

1. Китай 38396,
2. Об'єднані Штати 31335
3. Німеччина 5550
4. Об'єднане Королівство 5331
5. Італія 4153,
20. Україна 1169 [3, 4]

Наукометричні бази даних є важливим інструментом наукового пошуку, що дозволяє детально проаналізувати не тільки наукометричні показники певного автора, а й дослідити історичний перебіг дослідження за певним напрямом.

Список літератури

1. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Classroom support service in learning process. Smart-education: sources and prospects: International Scientific and Methodical Conference. 2014. P. 21-23.

2. Основні показники. БД SCOPUS. Електронний ресурс: https://www.elsevier.com/products/scopus?dgcid=RN_AGCM_Sourced_300005030

3. Ivashchuk O., Ostroumov I.V. Impact of Closed Ukrainian Airspace on Global Air Transport System. International Scientific-Practical Conference Information Technology for Education, Science and Technics, ITEST. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2023. № 178. P. 51-64. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_4.

4. Ostroumov I.V., Ivashchuk O., Kuzmenko N.S. Preliminary Estimation of war Impact in Ukraine on the Global Air Transportation. 2022 12th International

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
«ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ, НАВІГАЦІЇ,
СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО РУХУ CNS/ATM»
20 – 22 Листопада 2020 р., Національний авіаційний університет, м. Київ

Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). 2022. P. 281-284. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913092>.

Любарець М.С.

Національний авіаційний університет, м. Київ

ПРОЦЕДУРА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ В УКРАЇНІ

В Україні єдиним уповноваженим органом з розслідування авіаційних подій (АП), аварій та інцидентів є Національне бюро розслідувань на транспорті (НБРТ). Згідно з [1], за 2022 рік до НБРТ надійшла інформація щодо 59 авіаційних подій, які сталися під час експлуатації повітряних суден (ПС) України, серед яких 2 катастрофи, 1 серйозний інцидент, 54 інциденти та 2 випадки порушення порядку використання повітряного простору України. Також в 2022 році на території України сталося 25 інцидентів з іноземними ПС та 1 катастрофа за межами України. Як зазначено в [2], всі вищезгадані авіаційні події мають бути розслідувані НБРТ згідно з положеннями і процедурами, визначеними в [3], [4], [5].

Попередня класифікація АП, об'єм і складність розслідування, чисельність і склад комісії з розслідування, визначається на нараді керівників НБРТ. Під час розслідування враховуються такі фактори: тілесні ушкодження, загибель або травми пасажирів або членів екіпажу, шкода, нанесена ПС, третім особам, і навколишньому середовищу; виявлені та потенційні проблеми безпеки польотів; повторення, можливість повторення та імовірність небажаних наслідків АП; історія АП і інцидентів, пов'язаних з даним типом польотів, розміром і типом ПС, експлуатантом, виробником та розробником ПС; фактичні та потенційні відхилення від авіаційних правил, стандартів, процедур, практики і положень цивільної авіації України по відношенню до забезпечення безпеки польотів і експлуатації. Безпосередньо розслідування АП проводить комісія з розслідування. Остаточне рішення щодо об'єму та складності розслідування приймає директор НБРТ.

НБРТ призначає голову комісії з розслідування та розслідувачів – експертів. В склад комісії входять співробітники НБРТ а також, за необхідності, представники інших зацікавлених державних органів України. Члени комісії мають необхідну підготовку та досвід в розслідуваннях АП. Якщо процес розслідування не передбачає додаткових досліджень, терміни розслідування не мають перевищувати: у випадку інцидента – 30 діб, серйозного інцидента – 6 місяців, катастрофи або аварії – 12 місяців. Термін розслідування може бути подовжено на підставі обґрунтованого ходатайства голови комісії.

Виходячи із складності процесу розслідування, згідно з рекомендаціями, зазначеними в [6], з метою підвищення ефективності розслідування АП, доцільно розглянути автоматизацію процесу розслідування, шляхом розробки та впровадження автоматизованої системи розслідування авіаційних подій. Розглянемо основні вимоги щодо функціонування такої системи:

- цілодобова автоматична реєстрація АП, поступаючих від різних джерел (email, факс, телефон, AFTN, сайт НБРТ);
- своєчасні і заплановані співіщення працівників НБРТ щодо настання АП;
- всеосяжний доступ до даних, що стосуються конкретного розслідування для голови та членів комісії;

- доступ до функцій системи з будь-якого пристрою (ноутбук, робоча станція, планшет, телефон) через мережу internet;
- високі стандарти безпеки на рівнях протоколу зв'язку, веб-застосунку, бази даних;
- візуалізація процесу розслідування, прогрес та тривалість розслідування вцілому та його окремих задач;
- зберігання та доступ до доказової бази розслідування – документів, зображень, відеозаписів;
- швидкий пошук необхідної інформації;
- автоматичне створення звітів;
- реєстрація дій користувачів, пошук дій користувачів за контекстом;
- архівування та відновлення даних;
- відповідність стандартам ICAO.

Очевидно, що процес розслідування авіаційних подій - складний, динамічний, нелінійний процес, що складається з декількох паралельних процесів. Управління таким складним процесом вимагає у голови комісії наявності комбінації фахових, психологічних і управлінських якостей, адже на кожному етапі розслідування присутній людський фактор, який в деяких випадках суттєво впливає на хід і якість розслідування. Автоматизація процесу розслідування авіаційних подій здатна суттєво підвищити його ефективність.

Список літератури

- [1] Аналіз стану безпеки польотів за результатами розслідування авіаційних подій та інцидентів з цивільними повітряними суднами України та іноземними повітряними суднами, що сталися в 2022 році №3.1-1.А від 05 травня 2023р.
- [2] Aircraft accident and Incident Investigation, Annex 13 to the convention on International Civil Aviation, ICAO, 2016.
- [3] International Civil Aviation Organization, Doc 9756 AN/965, Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation Part I Organization and Planning, 2000.
- [4] Авіаційний кодекс України, стаття 9, редакція №1965-VIII від 21.03.2017.
- [5] Правила технічного розслідування авіаційних подій в цивільній авіації, затв. Постановою Кабінету Міністрів України № 610 від 20.05.2022
- [6] Робочий документ ICAO A40-WP/99 від 23.07.2019

Любарець М.С.
Національний авіаційний університет, м. Київ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ

Процес розслідування авіаційних подій (АП) – за своєю сутністю складний, динамічний і нелінійний процес, який вимагає від голови комісії з розслідування високопрофесійних фахових навичок, включаючи управлінські. Для ефективного управління розслідуванням голові комісії критично необхідно в будь-який момент часу мати повну картину розслідування. Загальновідомий факт, що візуальна інформація сприймається і засвоюється людиною набагато швидше, ніж інші типи інформації.

Розглянемо один з найважливіших аспектів розслідування АП, який виникає на самому початку розслідування і має життєвий цикл до завершення розслідування. В якості приклада взято найскладнішу з точки зору розслідування АП – катастрофу або аварію. Згідно з [1], процес розслідування складається з 66 задач розслідування (ЗР), пронумерованих від 1 до 66. Члени комісії розподіляються на групи, в рамках яких вирішується певний набір задач, як це показано в Табл. 1.

Група розслідування	Набір задач
Голова комісії	1,64,65,66
Льотна експлуатація	3,17,31,42,50
Опитування свідків	5,19,33,44,52
Метеорологія	7,21,35,54
ОПР та Аеропорт	8,22,45,55,36
Вживання	9,23,37,46,56
Безпека кабіни	10,24,47,57,38
Медицина та ЛФ	2,4,18,32,43,51
Технічне обслуговування та записи	11,25,39,48,58
Бортові реєстратори	6,20,34,53
Системи ПС	12,26,40,59
Конструкція ПС	13,27,41,49,60
Силові установки	14,28,61
Складання кроків	15,29,62
Фото та відеозйомка	16,30,63

Табл. 1. Розподіл ЗР по групам розслідування.

Для візуалізації процесу розслідування доцільно використати граф, вершинами якого є ЗР, а дугами виступають зв'язки між ЗР і послідовність їх виконання. Додатково, для зручності сприйняття, вершини, відповідні до ЗР однієї групи розміщуються на одному рядку. Ця умова не стосується ЗР 1,2,64,65,66, з наступних причин: ЗР1 – першочергова; ЗР2 є передумовою виконання задач 4,6,12,13,14,15,16; задачі 64,65 – підсумкові по групам розслідування. ЗР66 – фінальна задача. Кожна ЗР складається з чеклістів і форм. В деяких випадках

виконання елементів чекліста вимагає обов'язкового заповнення відповідної текстової форми, зміст яких буде в подальшому використаний при підготовці звітності. Прогрес виконання окремої ЗР виражається у відсотках і залежить від кількості виконаних чеклістів і заповнених форм. Тож, доцільно на графі розслідування візуально відобразити відсоток виконання кожної ЗР, як це показано на Рис.1. Дуга зеленого кольору відповідає відсотку виконання ЗР. Завдяки даному типу візуалізації голова комісії з розслідування має можливість контролю як загального прогресу розслідування, так і прогресу розслідування конкретних ЗР.

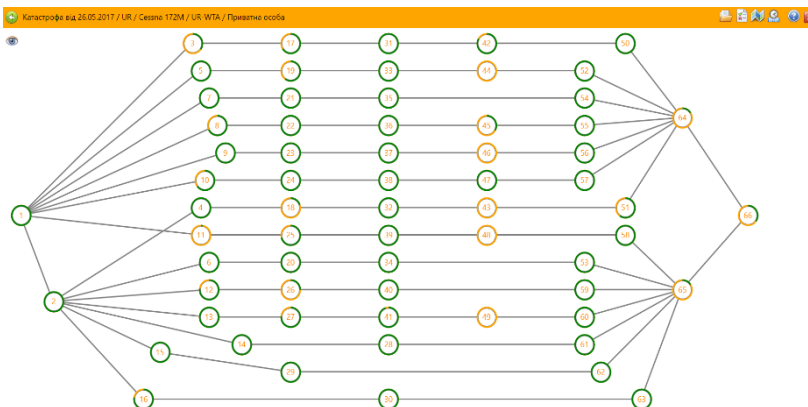


Рис.1. Граф розслідування катастрофи або аварії

Розглянуто автоматизацію лише однієї з багатьох частин процесу розслідування авіаційних подій – візуалізацію процесу розслідування. Використовуючи такий інструмент, голова комісії з розслідування зможе швидше орієнтуватись в прогресі як розслідування загалом, так і окремих ЗР, вчасно реагувати на затримки у виконання конкретних ЗР, перерозподіляти наявні ресурси з метою дотримання встановлених строків розслідування.

Список літератури

- [7] International Civil Aviation Organization, Doc 9756 AN/965, Manual of Aircraft Accident and Incident Investigation Part II Procedures and Checklists, 2012.

Пістолстова Є.В., студент

Григор'єва А.М., студент

Наук. керівник **Знаковська С.А.**, к.т.н., доц.

Наук. консультант **Авер'янова Ю.А.**, д.т.н., проф.

Національний авіаційний університет, м. Київ

ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО TELEGRAM-БОТУ

У цих тезах розглядається принцип роботи та сфери використання метеорологічного Telegram-боту.

Для кращого розуміння спершу треба згадати деякі визначення. Telegram-бот - це програмний додаток, що автоматизує взаємодію з користувачами в месенджері Telegram через використання інтерфейсу бота. Вони надають різноманітні сервіси, інформацію, розваги та багато іншого через чат у Telegram. Боти створюються розробниками з використанням Telegram API і надають різноманітний функціонал залежно від свого призначення. API (Application Programming Interface) Telegram - це програмний інтерфейс, який дає змогу розробникам взаємодіяти з функціоналом Telegram і створювати додатки, зокрема й боти, що використовують цей месенджер. Telegram API надає різні методи та функції для роботи з повідомленнями, користувачами, групами, файлами та іншими елементами Telegram.

Telegram-бот, який був нами розроблений, представляє собою багатофункціональний метеорологічний чат-бот, для всіх аеропортів Європи. Надання актуальних даних про погоду має вирішальне значення для безпеки та ефективності авіаційної галузі з таких причин:

- **Безпека польотів:** оперативна інформація про погоду дає змогу пілотам і диспетчерам приймати обґрунтовані рішення в умовах мінливих погодних умов і небезпечних явищ, таких як турбулентність, грози, сильні вітри тощо.

- **Оптимізація маршруту:** оперативні дані про погоду допомагають вибрати найкращий маршрут залежно від погодних умов, економлячи паливо та час. **Планування польотів:** запланований час відправлення та прибуття залежить від точності даних про погоду, що важливо для пасажирів, аеропортів та авіакомпаній.

- **Запобігання надзвичайним ситуаціям:** Раннє попередження про екстремальні погодні умови дає змогу запобігти можливим аваріям і позаштатним ситуаціям.

- **Економічні вигоди:** Ефективне використання метеоданих сприяє скороченню витрат на паливо, обслуговування та зменшенню затримок рейсів.

- **Сучасні технології та безпека:** З постійним розвитком технологій, включно з автоматизацією та вдосконаленими системами спостереження, актуальні метеорологічні дані стають основою для розроблення та вдосконалення авіаційних систем безпеки.

Таким чином, надання актуальних і надійних метеорологічних даних є невід'ємною частиною безпечного та ефективного функціонування авіаційної галузі.

В основі лежить мова програмування Python, що дозволяє створити ефективний та легко змінюваний продукт. Python був обраний для розробки через його простоту

та широкий спектр бібліотек, що сприяє швидкому розширенню функціоналу боту. В ході розробки були додані такі функції як:

- Видача короткої інформації про аеропорт.
- Надання закодованих та розкодованих даних по METAR.
- Надання закодованих та розкодованих даних по TAF.
- Посилання на сайт "FightRadar24".
- Додаткове посилання на інші аеропорти світу.

Для кращого розуміння роботи бота розглянемо такі типи діаграм, як Use-case та Activity [1].

Діаграми активності (Activity diagrams) - це частина Уніфікованої Мови Моделювання (UML), яка використовується для візуалізації послідовності дій або робочих процесів системи. Ця діаграма дозволяє моделювати логіку виконання дій, взаємозв'язки між ними та відображення різних станів системи. На рис. 1 представлені конкретні дії або кроки, які відбуваються в системі. Діаграми активності дозволила відобразити складні процеси або послідовності дій у більш зрозумілій формі від початку роботи чат-боту і до кінця, що сприяло аналізу, розробці та вдосконаленню коду.

Діаграми варіантів використання (Use Case diagrams) описують сценарій взаємодії учасників (як правило - користувача і системи), та типи ролей. Учасників може бути два і більше. Користувачем може виступати як людина, так і інша система.

Основні елементи цієї діаграми (рис. 2):

- Овали - це те, що може робити проєкт.
- Extend - це умова, яка може виконуватись або не виконуватись.
- 1 Extend - якщо введена неправильна кількість літер ICAO коду, то отримуємо помилку.
- 2 Extend - якщо введена правильна кількість літер ICAO коду, але відсутня в базі даних, то отримуємо помилку.
- Include - дані METAR та TAF, які включені в інформацію про аеропорти.
- Aviationweather.gov - це сторонній актор, від якого залежить інформація про аеропорти, дані METAR та TAF.
- Airmundo.com - це дані всіх ICAO кодів.

Таким чином діаграми використання допомагають визначити, як користувачі та інші системи взаємодіють з системою, які операції або функції вони виконують та які сценарії використання існують.

Даний метеорологічний бот може бути цікавим для різних груп людей. Викладачі або студенти можуть отримувати дані METAR та TAF відповідно до заданих завдань. Це може допомогти у практичному засвоєнні структури коду.

Студенти матимуть змогу самостійно тренуватися у декодуванні інформації та перевірці своїх навичок.

Пасажири зможуть скористатися ботом для отримання короткої оперативної інформації про аеропорти та погодні умови для планування подорожей.

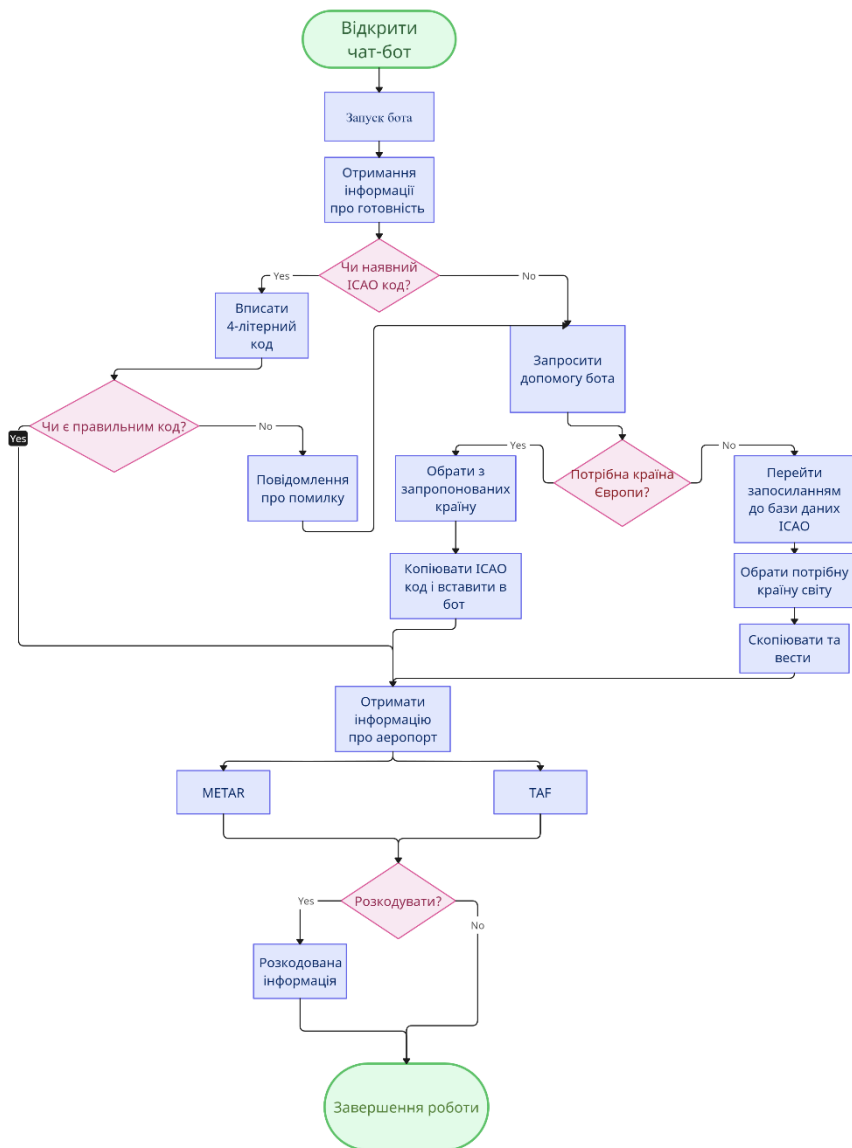


Рис. 1. Діаграма активності метеорологічного чат-боту

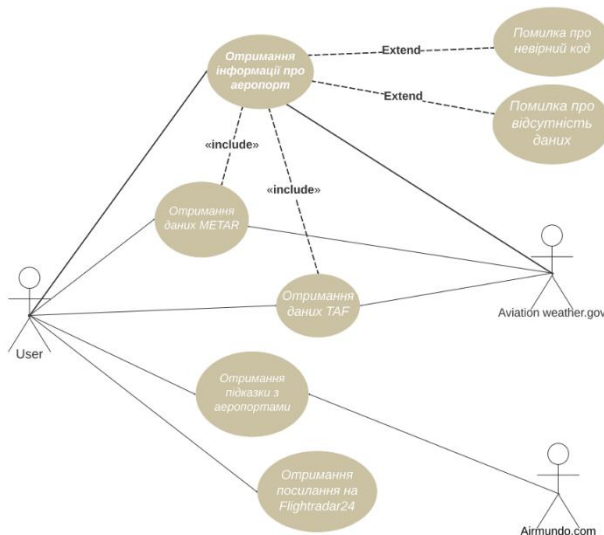


Рис. 2. Діаграма варіантів використання метеорологічного чат-боту

Авіаційні ентузіасти матимуть змогу вивчати погодні умови та використовувати посилання на Flightradar24 для відстеження польотів у реальному часі. Цей проект також буде корисним для початківців у розробці ботів, надаючи відмінний приклад для створення власних проєктів.

Бот може служити надійним навчальним інструментом для студентів, надаючи їм легкий доступ до важливих метеорологічних даних. Його використання може збільшити інтерес до метеорології та авіації, зробивши навчання більш захоплюючим. У планах на майбутнє є додавання таких даних, як GAMET, SIGMET/AIRMET – це зможе вплинути на більш розгорнуту інформацію про погоду на вибраному аеродромі.

Розроблений телеграм бот є потужним інструментом для отримання авіаційної інформації, що надає користувачам зручний доступ до погодних умов та ключових даних про аеропорти. Сьогодні важливо мати під рукою надійне та швидке джерело метеорологічної інформації, особливо в аеронавігації. Цей телеграм-бот не лише задовольняє цю потребу, а й прагне постійно вдосконалюватись. Використання Python дозволило створити функціональний продукт, що легко розвивається. Можливість отримувати надійні метеорологічні відомості простим і зрозумілим способом робить його доступним для метеорологів-початківців та авіаентузіастів, які прагнуть поглибити та покращити свої знання.

Список літератури

1. Як будувати UML-діаграми. Розбираємо три найпопулярніші варіанти [Electronic resource] / Ю. Каграманова. Державний Університет Телекомунікацій, 2022. URL: <https://dou.ua/forums/topic/40575/>

Сімченко С.А., аспірант
Шмельова Т.Ф., д.т.н., професор.
Національний авіаційний університет, м. Київ

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В ЄДИНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР

Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в єдиному повітряному просторі має широкий спектр застосувань та може призводити до позитивних впливів у різних галузях [1].

Однією з переваг БПЛА над звичайною авіацією – є можливість використання в труднодоступних місцях та у випадках надзвичайних ситуацій, коли використання пілотованого засобу з пілотом на борту небезпечно. Це дозволяє не менш ефективно виконувати поставлену задачу та зменшити витрати в разі не «неприємного» випадку. Також використання БПЛА доцільне в проведенні наукових досліджень в недоступних, або небезпечних регіонах. Використання БПЛА дозволить оптимізувати витрату ресурсів, за допомогою більш ефективної витрати «пального-енергії», польоту ефективнішими маршрутами, вимогливістю БПЛА перед пілотованою авіацією[2-5]. Використання БПЛА для транспортування товарів у великих містах та на короткі відстані між ними, дозволять поліпшити логістику та ефективність доставок.

Інтеграція БПЛА в єдиний повітряний простір вимагає комплексного підходу, який включає в себе технічні, організаційні, правові та безпекові аспекти.(рис.1).



Рис. 1 Комплексний підхід інтеграції БПЛА в єдиний повітряний простір.

Необхідність технічного аспекту полягає в забезпеченні безпеки, ефективності та координованості БПЛА в межах цивільного простору. До технічних аспектів відноситься необхідність створення та покращення існуючих систем управління трафіком, а саме створення систем управління трафіком для БПЛА (Рис.2) та встановлення протоколів обміну інформації для безпечної взаємодії між різними повітряними судами та системи управління трафіком[6]. Розробка або покращення існуючих в авіації систем, що забезпечать безпеку польоту, враховуючи можливі аварійні ситуації. Вдосконалення механізмів прийняття рішень в аварійних

ситуація, включаючи автономний спосіб уникнення зіткнень за допомогою зчитування інформації бортової апаратури та аварійної посадки. Розробка та покращення безпечних систем зв'язку для передачі даних між БПЛА та системою управління трафіку.



Рис.2. Модель системи управління трафіком для БПЛА

Організаційний аспект включає в себе ряд аспектів пов'язаних з регулюванням, управлінням та координацією дій різни учасників(організацій, установ, центрів). Однією з основних задач є визначення відповідальних органів, що відповідатимуть за регулювання та ліцензування діяльності БПЛА, які в свою чергу повинні розробити стандарти безпеки та протоколи оцінки відповідності БПЛА, технічні вимоги для безпілотних систем та стандартизувати системи та обладнання різних виробників для уникнення конфліктів та розвитку в одному векторі[7]. Встановлення процедур сертифікації операторів БПЛА, обслуговуючого персоналу та «диспетчерів» єдиної системи управління трафіку.

Правовий аспект розглядає визначення правил польоту БПЛА, включаючи зони, коридори, висоту, відстань до інших бортів та інші обмеження. Встановлює регулювання умов польоту в спеціальних зонах підвищеної завантаженості. Розробляє вимоги щодо кіберзахисту для запобігання несанкціонованому доступу та контролю БПЛА. Розробка норм, що дозволять забезпечити захист конфіденційної інформації, що зібрана під час польоту БПЛА. Встановлення процедур визначення відповідальності за події, та регулювання страхових вимог для операторів БПЛА для компенсації можливих збитків[8]. Встановлення норм контролю, щодо систем ідентифікації та трекінгу всіх БПЛА в повітрі.

Безпечовий аспект інтеграції БПЛА в єдиний повітряний простір є критично важливим для забезпечення безпеки авіації та уникнення можливих конфліктів з всіма учасниками повітряного руху. Оснащення БПЛА системами уникнення зіткнень, та системами для уникнення зіткнень з іншими повітряними судами. Розробка стандартів та протоколів для безпечного польоту БПЛА в населених районах та міському середовищі. Розробка та впровадження стандартів безпеки виготовлення та експлуатації, також вимог до документації, технічних перевірок та сертифікації. Визначення стандартів для систем дистанційного керування БПЛА.

Та визначення алгоритмів та механізмів автоматичного перехоплення БПЛА в разі втрати зв'язку.

Висновки. Розглянуто концепцію інтеграції БпЛА в єдиний повітряний простір, яка включає в себе низку задач, розробку правових документів, розробку зон та коридорів для БпЛА, розробку програм навчання та сертифікації та створення єдиної системи управління повітряним трафіком.

Список літератури

1. EASA. Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. Technical Opinion. A-NPA 2015-10 URL: <https://www.easa.europa.eu/>
2. Śladkowski A., Kamiński W. Cases on Modern Computer Systems in Aviation Chapter 3 Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Some Civil Problems. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2019, pp. 52-127 Manual on remotely piloted aircraft systems (RPAS) / Doc. 10019/AN 507. 1-ed. – Canada, Montreal: ICAO, 2015.-190 p.
3. Tenedório A., Estanqueiro R., and Delgado Henriques C. Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2021.
4. Shmelova T., Kovalyov Yu., Kucherov D., Stovba V. Organization of a safe and efficient system of air transportation in and around an urban area using Unmanned Aerial Vehicles. In 2022 IEEE 12th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT) - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 9-11 Dec. 2022 DOI: 10.1109/DESSERT58054.2022
5. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.
6. Unmanned Airspace. The information portal for unmanned air system traffic management (UTM), urban air mobility (UAM), counter-UAS (C-UAS), and space traffic management systems. 2021 URL: <https://www.unmannedairspace.info/>
7. Drone life. Urban Air Mobility, URL: <https://dronelife.com/2018/11/28/urban-air-mobility-the-first-uic2-forum-at-amsterdam-drone-week-shows-europes-commitment-to-smart-cities/>
8. Shmelova, T., Sterenharz, A., & Burlaka, O. Optimization of flows and flexible redistribution of autonomous UAV routes in multilevel airspace. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 704–715).

Дишлюк Ю.О., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ

СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ.

Машинне навчання - це широке поле комп'ютерних наук, що вивчає способи, які дозволяють комп'ютерам навчатися на основі даних та вдосконалювати свої навички без прямої людської інтервенції. Це включає в себе такі технології, як машинне навчання та глибинне навчання.

Машинне навчання (Machine Learning): Це галузь штучного інтелекту, яка зосереджена на створенні систем, які можуть самостійно навчатися на основі даних. Машинне навчання використовує алгоритми, які аналізують дані, виявляють закономірності та роблять прогнози або приймають рішення без явного програмування.

Глибинне навчання (Deep Learning): Це підгалузь машинного навчання, яка використовує нейронні мережі з багатьма рівнями (відомими як "глибокі" нейронні мережі). Вони здатні автоматично визначати абстракції у вхідних даних, що дозволяє розв'язувати складні завдання, такі як розпізнавання образів, обробка мови та багато інших.

У контексті безпілотних літальних апаратів, машинне навчання може допомагати в різних аспектах, від оптимізації дизайну та прогнозування ефективності до автономного управління на основі зібраних даних з сенсорів. Воно дозволяє аналізувати складні дані, приймати рішення та покращувати функціональність БПЛА.

Машинне навчання в структурно параметричному синтезі безпілотних літальних апаратів відіграє ключову роль у прискоренні процесу проектування та оптимізації цих апаратів. Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє автоматизувати або полегшити багато аспектів цього процесу:

Оптимізація параметрів: Алгоритми машинного навчання можуть допомогти знаходити оптимальні значення параметрів для конкретних характеристик БПЛА, таких як ефективність польоту, завантаження, аеродинаміка та інші фактори.

Генерація та аналіз концепцій: Машинне навчання може використовуватися для швидкої генерації та аналізу великої кількості варіантів дизайну, що дозволяє швидше знаходити оптимальні рішення.

Прогнозування характеристик: Моделі машинного навчання можуть допомогти прогнозувати характеристики БПЛА на основі вже наявних даних, що дозволяє прискорити процес тестування та оцінки.

Автоматизація процесів роботи з даними: Алгоритми машинного навчання допомагають в ефективному аналізі великого обсягу даних, що може бути використано для покращення конструкції БПЛА.

Ці методи дозволяють інженерам швидше визначати оптимальні рішення, ефективніше використовувати наявні дані та прискорювати весь процес розробки та тестування БПЛА.

Приведу приклад дослідження роботи одного з військових підрозділів який займається виключно використанням БПЛА в різних напрямках.

Оператор задає розвідувальному БПЛА територію для виконання розвідувальних дій і далі задача виконується автономно.

В базі даних БПЛА знаходиться велика кількість інформації про ворожу техніку і різні оборонні споруди. В процесі розвідки БПЛА аналізує та фіксує місце знаходження та координати техніки і оборонних споруд навіть якщо вони замасковані. Такі БПЛА складніше знищити установками РСБ та іншими видами зброї.

Після повернення на базу інформація про розвідку скачується і в роботу вступає артилерія або одноразові дрони камікадзе. В 80-90% розвіддані дають точну інформацію по виявленню замаскованих об'єктів.

Робота таких підрозділів все більше використовується на всіх лініях фронту. Використання штучного інтелекту в безпілотних літальних апаратах (БПЛА) в армії має значний потенціал і вплив на військові операції і значно підвищує точність інформації :

- 1. Розвідка та спостереження:** для виявлення ворожих сил, важливих об'єктів або потенційних загроз.
- 2. Автономне патрулювання та навігація:** БПЛА з штучним інтелектом можуть автономно патрулювати певні райони або маршрути, уникати перешкод та приймати рішення про найбезпечніший шлях на основі отриманих даних.
- 3. Місії пошуку та порятунку:** БПЛА, оснащені штучним інтелектом, можуть бути використані для пошуку та локалізації втрачених або потерпілих осіб в умовах боротьби або катастроф.
- 4. Атака та оборона:** Деякі системи БПЛА можуть мати можливість виконувати завдання атаки, наприклад, націлення на ворожі цілі, забезпечуючи ефективніші військові операції.
- 5. Контррозвідка та забезпечення безпеки:** Штучний інтелект в БПЛА може допомагати виявляти та протидіяти ворожим атакам або спробам перехоплення.
- 6. Стратегічне планування:** Алгоритми штучного інтелекту можуть допомагати в аналізі та плануванні військових операцій, розробці стратегій на основі різноманітних даних та використанні прогностичних моделей.

Структурно_параметричний синтез з застосування штучного інтелекту дозволяє БПЛА працювати більш ефективно, забезпечуючи ширший спектр можливостей у різних сценаріях використання. До обмежень такого підходу слід віднести етичні аспекти та безпеку під час впровадження даних технологій у безпілотні літальні системи.

ВПЛИВ СТИХІЙНИХ ЛИХ НА АВІАЦІЮ

Авіація дозволяє подолати величезні відстані швидко і з комфортом, тому є однією з самих швидко розвиваючихся галузей на планеті. За даними ІКАО у 2019 році було перевезено 4,5 млн пасажирів, перевезено близько 38 млн тонн вантажів [1, 2]. Проте на авіацію як і на інші галузі впливають різні процеси та події такі як війни, економічні кризи, розвиток технологій, впровадження нових методик та інше [3, 4]. І окремо в цьому списку стоїть природа, адже, як це не дивно по сьогоднішній день напрямок вітру може як вплинути на час польоту, сприяти або навпаки ускладнити приземлення і зліт літака. А коли ми починаємо розбирати стихійні лиха: пожежі, землетруси, торнадо чи виверження вулкана то ніколи не можна дивитися зверхньо на ці події, всі вони так чи інакше впливають на авіацію. Основною проблемою звісно являється затримка рейсів так, навіть якщо в результаті катастрофи не пошкодженні засоби наземної інфраструктури то повітряні маршрути можуть бути переорієнтовані за для уникнення потрапляння літака в несприятливі метео умови. Це звісно не говорячи про аварійні ситуації які можуть виникнути через прямий вплив цих подій на літак, при допустимо потраплянні в хмару вулканічного попелу, пошкодження літаків що були на пероні і т. ін.

В загалом на цю мить є дослідження, які орієнтовані на вивчення ефекту зміни клімату на авіацію чи допустимо ефектів обмороження в наслідок певної метео події, проте досліджень які вивчали саме затримки дуже мало. Відповідно в нашому дослідженні ми плануємо дослідити вплив природних катастроф які сталися у 2023 році, а саме виверження вулкана Етна, і землетрус в Туреччині для аналізу їх наслідків у авіації. Затримка рейсу в авіації це коли літак вилітає або приземляється пізніше ніж заплановано в графік. Відповідно до європейських стандартів [5] авіаперевізники якщо є обґрунтовані причини може очікувати на затримку рейсу на: 2 години при відстані рейс до 1500 км, на 3 або більше при відстані 1500-3500 км або 4 години чи більше. Пасажири відповідно до тих самих правил можуть вимагати компенсацію і забезпечення своїх прав а саме: безплатні обіди, проживання в готелі якщо необхідно, перевезення між аеропортом та місцем розміщення. При компенсації пасажир обирає між грошовою компенсацією або заміною рейса.

Для виконання дослідження ми збрали дані за допомоги системів автоматичного залежного спостереження – ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast), яка дозволяє відстежувати місце знаходження літака за рахунок даних від систем GNSS або інерційної системи та передає цю та іншу інформацію всім учасникам повітряного руху [6, 7]. Отримавши інформацію стосовно руху літаків, а також інформацію стосовно вильотів і прильотів в аеропортах наблизених до місця трагедії ми можемо проаналізувати її та визначити які саме наслідки мали стихійні лиха для авіації.

Одне із найбільших стихійних лих цього року є землетрус в Туреччині та Сирії 6 листопада він забрав тисячі життів, сотні об'єктів інфраструктури були зруйновані, наслідки цієї події відобразилися на всіх галузях економіки регіону і відповідно на авіації також. Треба зазначити що від початку російської агресії та санкцій проти Росії, повітряний маршрут став самим коротким маршрутом з Європи в східну Азію для західних авіакомпаній. Згідно з даними Євроконтролю [8] за 2022 рік в Туреччині в середньому виконувалося 2052 операцій щодо зльоту/вильоту щодня. Треба зазначити що згідно з тими самими від Євро контролю з 5 по 6 лютого кількість операцій не перевищувала 2 тис. проте в наступні дні ця цифра значно виросла і досягла піку в 2714 операцій 10 лютого як зображено на рис. 1, таке поживлення трафіку відбулося за рахунок великої кількості гуманітарних рейсів що прямували в Туреччину від інших країн.

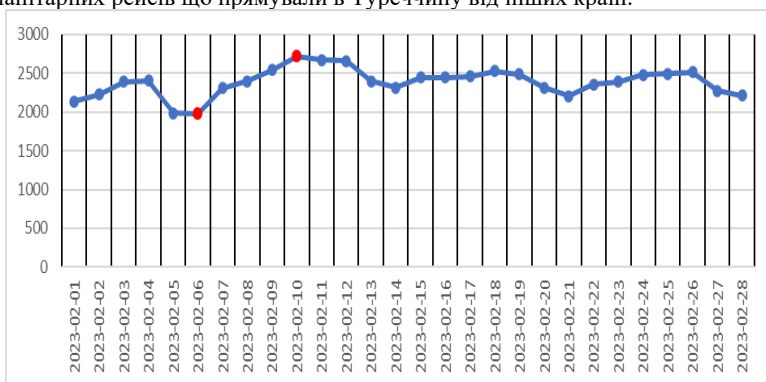


Рис. 1. Графік операцій щодо зльоту і посадки в Туреччині за лютий

Якщо говорити про пунктуальність виконаних рейсів то 06.02 він склав 43% для вильоту і 34% для прильоту, але найнижчого рівня досягли наступного дня (07.02), 27% для вильоту і 22% для прильоту. Кількість затриманих рейсів понад 5 хвилин досягла 90,8% від усього добового трафіку. Крім того, наземна інфраструктура обслужила 74% усього щоденного запланованого трафіку до та з турецьких аеропортів (рис.2). Турецька авіатранспортна система працює з високим рівнем навантаження протягом тривалого періоду перепланованих європейських повітряних потоків як це видно з даних щодо пунктуальності. Землетрус 6 лютого 2023 року завдав значних руйнувань наземній інфраструктурі аеропортів, в аеропорту Хатай було пошкоджено злітно посадочну смугу в наслідок чого він операції в ньому були призупиненні.

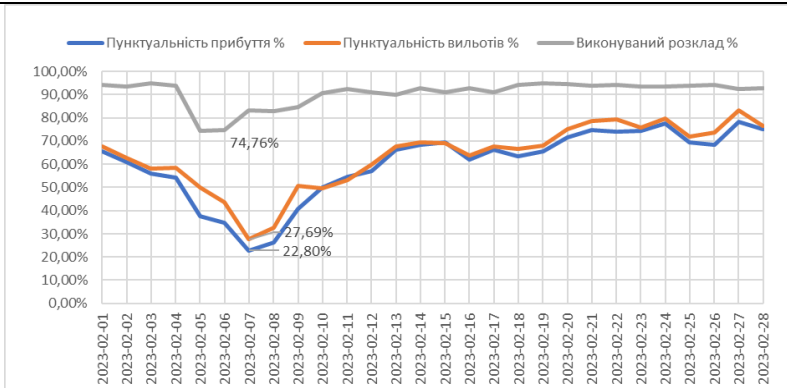


Рис. 2. Графік пунктуальності рейсів на території Туреччини за лютий 2023.

Проте, землетруси це не єдине стихійне лихо з яким стикнулося людство не менш загрозливим є виверження вулканів. Для авіації це теж дуже неприємна річ адже хмари вулканічного попелу можуть призвести до несправності двигуна, корозії поверхні літака. В принципі дана тематика вже не одноразово досліджувалася і є достатньо матеріалів в як документації ІКАО так і в періодичних виданнях. Єдине питання яке є в контексті мого дослідження це звісно наслідки у вигляді затримки рейсів чи відхилення від графіку. Для аналізу цього буде використано вулкан Етна на Сицилії що знаходиться поблизу аеропорту Катанії за даними від різних джерел [9, 10] в середньому аеропорт виконував до 220 операцій на день протягом року а тільки за жовтень було виконано 6.88 тис комерційних польотів. Середньо річна пунктуальність цього аеропорту 79,3% для вильотів і 80,4% для прильоту, виконання розкладу складає 99%. Треба зазначити що вулкан Етна є старовулканом з висотою більше 3300 м він є найвищим і найактивнішим вулканом Європи за останній рік було виверження 24 травня і 12 листопада. 24 травня в наслідок виверження було викинуто велику хмару попелу через що рейси були пере направленні після чого кількість операцій на день впала з 230 до 210 протягом 24-31 травня. Пунктуальність щодо виконання рейсів впала з 67% для прильоту і 63% для вильоту 23 травня до 56% для прильоту і 50% для вильоту 26 травня. Для справедливості треба зазначити що авіації не менш проблемним є і інші природні лиха, такі як торнадо, град чи навіть пожежа якщо вона відбувається поблизу аеропорту це можна побачити на прикладі тої самої Італії коли аеропорту Катанії 24 липня через пожежу виконав тільки 84 операції хоча перед тим виконував до 300 операцій на день а в загалом для Італії в цей день через вище згадані лиха мала пунктуальність 28% вильоту і 38% прильоту.

Отже на основі вище вказаних даних можна дійти висновку, що стихійні лиха завдають проблем для авіації не тільки у вигляді прямого впливу через пошкодження інфраструктури чи допустим самого літака але як результат змін у розкладі рейсів, переправлення маршруту тощо. Відповідно до даних і в Туреччині, і в Італії відбулося падіння пунктуальності операцій в 1.32 рази. Як наслідок це

призводить до фінансових втрат авіакомпанії а також до збільшення навантаження на авіаперсонал які повинні сприяти безпечному, економічному і ефективному виконанню польотів

Список літератури

1. Annual Report 2020, ICAO, 2020.
2. O. Ivashchuk et al. A Configuration Analysis of Ukrainian Flight Routes Network, 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), February 2021, pp. 6–10, <https://doi.org/10.1109/CADSM52681.2021.9385263>.
3. Ivashchuk O., Ostroumov I.V. Impact of Closed Ukrainian Airspace on Global Air Transport System. International Scientific-Practical Conference Information Technology for Education, Science and Technics, ITEST. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2023. № 178. P. 51–64. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35467-0_4.
4. Ostroumov I.V., Ivashchuk O., Kuzmenko N.S. Preliminary Estimation of war Impact in Ukraine on the Global Air Transportation. 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). 2022. P. 281–284. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913092>.
5. Регламент (ЄС) N 261/2004 Європейського Парламенту та Ради "Щодо встановлення загальних правил в галузі компенсації та сприяння пасажирам у разі відмови в посадці, відміни або тривалій затримці авіарейсу і про відміну Регламенту (ЄС) N 295/91" [Електронний ресурс] : Регламент Європ. Союзу від 11.02.2004 р. № 261/2004. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_912#Text (дата звернення: 27.11.2023). – Назва з екрана.
6. O. Ivashchuk, I.V. Ostroumov, and N.S. Kuzmenko, "A Graph Analysis of Aviation Enroute Network," 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), September 2022, pp. 396–399, <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913097>.
7. I.V. Ostroumov, O. Ivashchuk, and T. Shmeleva, "Risk of mid-air collision in a lateral plane," in Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings of the 1st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems CITRisk-2020, vol. 2805, 2021, pp. 297–307.
8. Daily Traffic Variation - States [Electronic resource] // EUROCONTROL | Supporting European Aviation | EUROCONTROL. – Mode of access: <https://www.eurocontrol.int/Economics/DailyTrafficVariation-States.html> (date of access: 27.11.2023).
9. Daily Traffic Variation - States [Electronic resource] // EUROCONTROL | Supporting European Aviation | EUROCONTROL. – Mode of access: <https://www.eurocontrol.int/Economics/DailyTrafficVariation-States.html> (date of access: 27.11.2023).
10. LICC Катанія Airport (LICC) - FlightAware [Електронний ресурс] // FlightAware. – Режим доступу: <https://ru.flightaware.com/live/airport/LICC> (дата звернення: 27.11.2023).

Li Haoyang, Ph.D.
*National Aviation University
China*

THE INFLUENCE OF DRONES ON THE EFFICIENCY OF "LAST MILE" LOGISTICS

1. Overview

Last-mile logistics has always been one of the most challenging links in the supply chain. It not only directly affects customer experience, but also has a profound impact on logistics costs and efficiency. The introduction of drones into the "last mile" logistics industry has revolutionized the process of delivering goods to customers. This means maximizing the ratio of benefits to the costs of obtaining them.

Drones offer several advantages that make them a powerful asset for the last-mile logistics industry, reducing delivery times and thus increasing the efficiency of the industry. See Figure 1 for details.

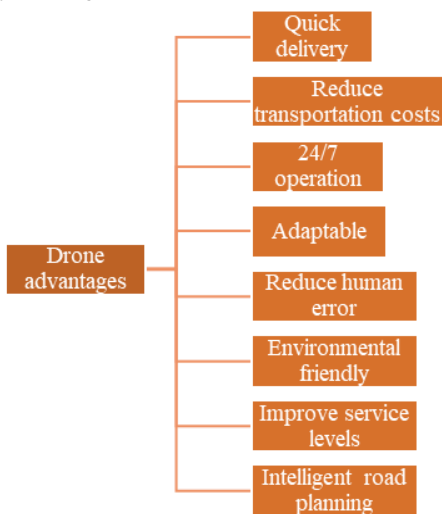


Fig.1 Advantages of drones in the "last mile" logistics industry

In terms of logistics, there are also difficulties in getting goods directly to customers. This is the so-called "last mile" task mentioned above.

Therefore, the problem of urgent delivery of goods can be considered as an automated system with objects of mass service with events that occur at random moments of time. Such events form a stochastic sequence, usually called a stream of events.

We will assume that the flow of events related to the request for the delivery of goods by the service object satisfies the following conditions:

- 1) for any two non-intersecting time intervals, the probability of any given number of events appearing during one of them does not depend on how many events appear during the second;
- 2) the probability of one event occurring within an infinitesimal time of the time interval $(t, t + \Delta t)$ is an infinitely small value of the order of Δt ;
- 3) the probability of more than one event occurring during an interval time $(t, t + \Delta t)$ is infinitely small of the highest order compared to Δt .

We denote by $P_m(t_1, t_2)$ the probability of occurrence of m events in the time interval (t_1, t_2) . Then conditions 2) and 3) will be written in the form:

$$P_1(t, t + \Delta t) = \lambda(t) + o(\Delta t), \quad (1)$$

$$\sum_{k=2}^{\infty} P_k(t + \Delta t) = o(\Delta t), \quad (2)$$

Where $\lambda(t)$ - some integral function.

2. The equation that the event will not occur.

Let's set the problem: for a stream of events satisfying conditions 1), 2) and 3), find the probabilities that m events will appear in a given time interval (t_0, t) ($m = 0, 1, 2, \dots$).

Considering the moment t_0 as fixed, we denote the probabilities $P_m(t)$ ($m = 0, 1, 2, \dots$).

To calculate $P_0(t)$, note that $P_0(t + \Delta t)$ represents the probability of the intersection of two events: no event in the interval (t_0, t) and no event in the interval $(t, t + \Delta t)$. According to condition 1) these events are independent. Ago:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) P_0(t, t + \Delta t). \quad (3)$$

Based on (1) and (2):

$$P_0(t, t + \Delta t) = 1 - \sum_{k=1}^{\infty} P_k(t, t + \Delta t) = 1 - \lambda(t)\Delta t + o(\Delta t). \quad (4)$$

Substituting this into expression (3), we get:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t) - P_0(t) \lambda(t) \Delta t + o(\Delta t),$$

Where

$$\frac{P_0(t + \Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = -\lambda(t)P_0(t) + \frac{o(\Delta t)}{\Delta t}.$$

When $\Delta t \rightarrow 0$, the right-hand side of this equality tends to a certain limit - $\lambda(t)P_0(t)$. Therefore, there is also a limit of the left part. Thus, the probability $P_0(t)$ is differentiable for any t and in the limit at $\Delta t \rightarrow 0$ we obtain the differential equation:

$$P_0'(t) = -\lambda(t)P_0(t). \quad (5)$$

To find the initial value of the probability $P_0(t)$, it is enough to set $t = t_0$ in (4) and go to the limit at $\Delta t \rightarrow 0$. Then we get $P_0(t_0) = 1$.

3. Equations for probabilities of different numbers of events.

To compile the equations for the probabilities $P_1(t), P_2(t), \dots$ we note that m events can appear in the time interval $(t_0, t + \Delta t)$ in one of the following $m + 1$ incompatible ways: all m events appear in the interval (t_0, t) and none in the interval

$(t, t + \Delta t)$, $m - 1$ events appear in the interval (t_0, t) and one in the interval $(t, t + \Delta t)$, etc., all m events appear in the interval $(t, t + \Delta t)$. Therefore, based on the axiom of addition of probabilities and the theorem of multiplication of probabilities of independent events $P(A_1 A_2 \dots A_n) = P(A_1) P(A_2) \dots P(A_n)$ we have:

$$P_m(t + \Delta t) = P_m(t) P_0(t, t + \Delta t) + P_{m-1}(t) P_1(t, t + \Delta t) + \dots + P_0(t) P_m(t, t + \Delta t).$$

Hence, according to (1), (2), (4), we get:

$$P_m(t + \Delta t) = P_m(t) + [P_{m-1}(t) - P_m(t)] \lambda(t) \Delta t + o(\Delta t).$$

So,

$$\frac{P_m(t + \Delta t) - p_m(t)}{\Delta t} = \lambda(t)[P_{m-1}(t) - P_m(t)] + \frac{o(\Delta t)}{\Delta t}.$$

Further reasoning in exactly the same way as when deriving equation (5), we obtain the differential equation:

$$P'_m(t) = \lambda(t) [P_{m-1}(t) - P_m(t)] \quad (m = 1, 2, \dots). \quad (6)$$

The initial values of the probabilities $P_1(t), P_2(t), \dots$ are all zero because $P_0(t_0) = 1, P_m(t_0) = 0 \quad (m = 1, 2, \dots)$.

4. Solving equations.

Taking it as an independent variable

$$\mu = \int_{t_0}^t \lambda(\tau) d\tau, \quad (7)$$

Let's reduce equations (5) and (6) to the form:

$$\frac{dP_0}{d\mu} = -P_0, \quad \frac{dP_m}{d\mu} = -P_m + P_{m-1} \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (8)$$

The initial conditions will take the form $P_0 = 1, P_m = 0, \quad (m = 1, 2, \dots)$ at $\mu = 0$. It is easy to verify by direct substitution that the integrals of equations (8) that satisfy the initial conditions are determined by the formula:

$$P_m = \frac{\mu^m}{m!} e^{-\mu} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (9)$$

Thus, for a given time interval (t_0, t) we have an even set of elementary events: no event in this interval, one, two, etc., and the probabilities of these events are determined by formula (9). Therefore, formula (9) determines the probability distribution. Therefore, a flow of events satisfying conditions 1), 2) and 3) is called a Poisson flow. The parameter μ of the Poisson distribution represents the average number of events occurring in a given time interval (t_0, t) . The function $\mu(t)$ is called the intensity of the Poisson flow.

5. EXAMPLE. Assessment of the probability of receiving applications for the delivery of goods.

In the service area there are $m=100$ service points (PO) that can apply for service. The probability that within t minutes the PO will get in touch is equal to $P_{\bar{z}}=0.01$.

It is necessary to estimate the probability that within t - minutes the following will be contacted:

- 1) three POs;
- 2) less than three POs;
- 3) more than three LAs;

4) at least one PO.

According to the condition $m = 100$, $P_z = 0.01$, and taking into account that the occurrence of POs are independent quantities with their large number and low probability of this event ($P_z = 0.01$), then you can use the Poisson formula:

$$P_m = \frac{\mu^m}{m!} e^{-\mu} \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

where μ - parameter of Poisson's law.

In this case, the quantity X is distributed according to the Poisson law and its probability takes the value m .

1) Find the value of the parameter μ :

$$\mu = m \cdot P_z = 100 \cdot 0,01 = 1.$$

The probability that three software will communicate at the same time ($m = 3$):

$$P_m(3) = \frac{e^{-1}}{3!} = \frac{0,367879}{6} = 0,0613.$$

2) Find the probability that less than three software will communicate.

$$P(<3) = P_{100}(0) + P_{100}(1) + P_m(2) = e^{-1} + e^{-1} + \frac{e^{-1}}{2} = \frac{5}{2}e^{-1} = \frac{5}{2} \cdot 0,367879 = 0,9197.$$

The probability that more than three POs will communicate ($P(>3)$) will have the following value.

Since the event "more than 3 POs will come into contact" and "no more than 3 LAs will come into contact" $P = P(>3)$ and $Q = P(<3)$ are opposite events, therefore $P + Q = 1$, that is

$$P(>3) = 1 - P(<3) = 1 - [P_{100}(0) + P_{100}(1) + P_{100}(2) + P_{100}(3)].$$

$$\text{Then } P(>3) = 1 - [0,9197 + 0,0613] = 0,019.$$

The probability that at least one PO (denote the probability of this event by P).

The event "at least one LA will communicate" and "no LA will communicate" (denote the probability of this event by Q) are opposites. Therefore, $P + Q = 1$.

Whence the probability that at least one PO will get in touch is equal to:

$$P = 1 - Q = 1 - P_{100}(0) = 1 - e^{-1} = 1 - 0,36788 = 0,632.$$

Other transport problems are solved in a similar way if the flow of events can be described by Poisson's law.

Conclusions:

As such, drones have revolutionized the last-mile logistics industry by enabling faster delivery, increased efficiency, and improved safety and security. The use of drones in this industry is expected to continue to grow as companies look to capitalize on their many benefits. Thus, it is obvious that drones are transforming the delivery process and making the "last mile" logistics more efficient.

References

1. Nonami, K. Drone technology, cutting-edge drone business, and prospects. *J. Robot. Mechatron.* 2016, 28, 262–272.
2. Office of Inspector General. *Public Perception of Drone Delivery in the United States*; Unpublished RARC Report, Report Number RARC-WP-17-001; United States Postal Services: Washington, DC, USA, 2016.

3. Rejeb, A.; Rejeb, K.; Simske, S.J.; Treiblmaier, H. Drones for supply chain management and logistics: A review and research agenda. *Int. J. Logist. Res. Appl.* **2021**, *26*, 708–731.

4. Eskandaripour, H.; Boldsai Khan, E. Last-mile drone delivery: Past, present, and future. *Drones* **2023**, *7*, 77.

5. Lokhande, A.P.; Shaikh, A.N.; Patil, O.S. Drones in production, supply chain and logistics. *Int. Res. J. Eng. Technol.* **2018**, *5*, 2179–2182.

UDC 351.814.331.3

О.Е. Luppo, *Candidate of Science, Associate Professor*

A. R. Kusyk, *student*

D. P. Sarantsev, *student*

National Aviation University

CIVIL-MILITARY COORDINATION AND COOPERATION IN EUROPE

These theses discuss the implementation of the concept of Civil-Military Coordination and cooperation in Europe, its foundations and organization.

The concept of Civil-Military Coordination (CIMIC) and cooperation in Europe is fundamental to ensuring effective collaboration between civilian and military entities in crisis response and management.

The basics of CIMIC involve establishing frameworks and protocols that facilitate joint planning, communication, and action between civil authorities, such as government agencies, humanitarian organizations, and military forces. This collaboration aims to optimize resources, expertise, and capabilities to address a wide range of crises, including natural disasters, conflicts, and humanitarian emergencies.

Key requirements for successful CIMIC implementation encompass the development of interoperable communication systems, mutual understanding of roles and responsibilities, and the establishment of shared goals and strategies. It demands a clear delineation of the respective roles of civilian and military actors, respecting the principles of humanitarian aid, and ensuring compliance with international law.

The implementation of CIMIC involves structured coordination mechanisms, regular joint exercises and training, and the integration of civilian and military assets into unified response plans. It necessitates the cultivation of trust and understanding between stakeholders, fostering a culture of collaboration, and adapting strategies to the evolving nature of crises.

In Europe, CIMIC is crucial for managing complex emergencies that transcend national borders. Institutions like the European Union (EU), NATO, and various national civil and military entities work collectively to harmonize CIMIC practices, enabling swift and effective responses to crises while upholding humanitarian principles and respecting national sovereignty. The continuous refinement of CIMIC strategies and practices stands as a cornerstone for Europe's preparedness and resilience in the face of multifaceted challenges. [6]

Who are the Civilians in the system of Civil-Military Coordination and cooperation in Europe?

1) Regulator:

The regulatory bodies responsible for establishing and enforcing aviation rules and standards:

- EU/EC: European Union/European Commission, responsible for developing aviation policies and regulations within the EU.

- EASA (European Union Aviation Safety Agency): Ensures aviation safety across Europe, overseeing certification, regulations, and safety compliance.
- National CAA (Civil Aviation Authority) within the EU: Individual country-based bodies ensuring compliance with aviation standards within their respective countries.
- National CAA (Civil Aviation Authority) outside the EU: Similar authorities in non-EU countries responsible for regulating aviation safety and compliance.

2) Oversight:

Entities responsible for overseeing compliance and safety:

- NSA/CAA (National Supervisory Authority/Civil Aviation Authority): Bodies responsible for overseeing safety compliance and regulation enforcement within a specific country or state, both within and outside the EU.

3) Business/Industry:

Commercial entities involved in the aviation sector:

- Airlines: Companies offering air transport services.
- ANSPs (Air Navigation Service Providers): Organizations managing air traffic control and navigation services.
- Airports: Facilities providing infrastructure and services for air travel.
- Manufacturers: Companies involved in aircraft and component manufacturing.
- Additional Service Providers: Various service providers integral to aviation operations.

4) Industry Associations:

Organizations representing and supporting the aviation industry:

- IATA (International Air Transport Association): Trade association for the world's airlines.
- A4E (Airlines for Europe): A European association representing leading airlines.
- CANSO (Civil Air Navigation Services Organization): Represents ANSPs globally.
- A6 (Airport Council International - ACI Europe): Represents European airports.
- Unions: Representing the workforce within the aviation sector. [1]

In the field of civil-military coordination and cooperation in Europe, the “military force” plays a key role, representing a cohesive force in ensuring the integrity and security of airspace.

- As a “government regulator”, they vigilantly monitor and enforce rules that ensure the orderly functioning of the airspace.
- Functioning as an “ATM/ATM service provider,” the military manages air traffic, precisely ensuring a continuous flow of civil and military flights.
- As a “military aviation operator,” they move purposefully through the skies, demonstrating strength and skill in air operations.
- As an “airspace user,” the military partners with civilian organizations to share airspace and navigation to maintain operational efficiency.

In European air traffic management (ATM), the challenge is twofold: managing sustained growth while addressing disruptions like the COVID-19 pandemic. Recent

years have shown insufficient airspace capacity, resulting in prolonged delays and operational hurdles, hindering overall air transport efficiency. These delays incur extra costs for airlines and increase the carbon footprint due to less fuel-efficient routes. ATM faces diverse challenges, including the need for scalable air traffic control capacity and environmental sustainability. The emergence of new entrants like drones adds complexity, demanding innovative solutions. The increasing digitization necessitates a stronger focus on safety and security against threats like cyberattacks.

The Single European Sky (SES) initiative, inaugurated in 2004, stands as a comprehensive response to the fragmentation of European airspace. Its primary objective is to enhance ATM performance across dimensions – safety, capacity, cost-efficiency, and environmental impact. A pivotal player in realizing these goals is the Single European Sky ATM Research (SESAR) Project, a collaborative effort uniting the resources and expertise of civil and military stakeholders alongside EU institutions. Through the development of cutting-edge technologies and innovative operational approaches, SESAR strives to elevate ATM performance to new heights.

In recognition of the immediate need to address flight delays in the European Union, the European Commission has entrusted Eurocontrol with the role of Network Manager until 2029. This appointment comes with a mandate to identify short-term congestion and delay reduction measures during peak travel periods. Complementary measures have been integrated into Commission Implementing Regulations, notably the Network Functions, and Performance and Charging Scheme Regulations.

Anticipating long-term challenges, the Commission has proposed a set of structural changes encapsulated in the SES2+ reform. Unveiled in 2020, this reform envisions a sector capable of realizing its economic potential in a balanced manner. It advocates for a more flexible and scalable provision of air navigation services, aligning with the evolving operating environment of today and the foreseeable future. Additionally, the SES2+ reform seeks to enhance environmental performance, making strides toward a sustainable and adaptive European aviation sector. This ambitious agenda includes proposed amendments, notably in 2020, accompanied by a proposal modifying the EASA Basic Regulation to bolster EASA's capacity as the Performance Review Body. In essence, the SES2+ reform serves as a blueprint for a European aviation sector that is resilient, adaptable, and environmentally conscious. [5]

The Military Position in SES

In the intricate tapestry of the Single European Sky (SES) initiative, the military assumes a multifaceted role that extends beyond crisis management, permeating the realms of air navigation service provision, airspace usage, airport operations, and governmental regulation on a daily basis. The implications of SES, coupled with its technological cornerstone, the Single European Sky Air Traffic Research (SESAR) program, hold profound significance for the military.

As an air navigation service provider, the military contributes not only to its traditional roles but also embraces a pivotal position in fostering the seamless integration of European skies. The directive from Member States to the European Defense Agency

(EDA) encapsulates three key objectives that underscore the military's central role within the SES framework:

Firstly, there is a mandate to connect the armed forces with each other and with European institutions. This directive recognizes the interconnected nature of military operations and emphasizes the need for collaborative efforts to enhance communication and coordination among European military entities.

Secondly, the military is tasked with developing strategies to involve European militaries actively in the SES initiative. This involves not only aligning military operations with SES objectives but also ensuring that the unique capabilities and expertise of armed forces are leveraged effectively to contribute to the overall success of SES.

Thirdly, the EDA is directed to facilitate Member States' access to EU funding for technology initiatives under the SESAR program. This underscores the commitment to leveraging the technological advancements brought forth by SESAR, ensuring that military entities are equipped with state-of-the-art tools and systems to enhance their operational efficiency within the SES framework. [7]

Conclusion

Civil-Military Coordination (CMC) in Europe remains pivotal, fostering collaboration among various entities to effectively manage crises. The cooperation between civilian and military sectors, facilitated by joint frameworks and shared strategies, optimizes resources and capabilities. This collaboration, overseen by regulatory bodies like the EU, EASA, and national authorities, emphasizes compliance, safety, and mutual understanding. The continuous refinement of CMC practices, coupled with initiatives like SES and SESAR, underscores Europe's commitment to enhancing airspace management. Through adaptation, technological advancements, and unified efforts, CMC in Europe ensures preparedness and resilience against multifaceted challenges while upholding humanitarian principles.

References:

4. EUROCONRTOL Advanced FUA Concept 1.0 from 27.07.2015;
5. Council Regulation (EC) n°219/2007 of 27/02/2007
6. REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the implementation of the Single European Sky from 22.9.2020
7. THE MILITARY IN THE SINGLE EUROPEAN SKY PARTNERING FOR EXCELLENCE IN GLOBAL AVIATION European Defence Agency Rue des Drapiers 17-23

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМАТИЧНОГО ЗАЛЕЖНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Концепція автоматичного залежного спостереження у ширококомовному режимі (ADS-B) являє собою трансформаційний прогрес у сучасній авіаційній техніці. Ця система відіграє ключову роль у підвищенні безпеки управління повітряним рухом, забезпеченні безпеки польотів та підвищенні ситуаційної обізнаності як пілотів, так і диспетчерів повітряного руху [1, 2]. ADS-B є важливим компонентом ширшої мережі ADS-B, яка використовує системи точного позиціонування для забезпечення положення літака в реальному часі, висоти, швидкості та ідентифікаційної інформації [3, 4]. ADS-B – це система цифрового обміну даними, встановлена на літаках, яка автономно транслює життєво важливу польотну інформацію на наземні станції та інші літаки. Ця інформація включає точне положення літака, висоту, швидкість та унікальний ідентифікаційний код. Ці трансляції відбуваються через регулярні проміжки часу, як правило, один раз на секунду, що дозволяє всебічно і в режимі реального часу відстежувати літаки в зоні покриття ADS-B [5]. ADS-B спирається на кілька ключових компонентів:

1. Приймач сигналів глобальної супутникової системи навігації для визначення координат місцеположення літака.

2. Літаковий відповідач. Транспондер ADS-B відповідає за трансляцію даних літака по певній радіочастоті.

3. Наземні станції: Наземні наземні станції ADS-B приймають і передають дані.

Багато авіаційних органів у всьому світі уповноважили прийняти обладнання ADS-B на певні типи повітряних суден, забезпечуючи дотримання цих правил необхідним для продовження операцій у контрольованому повітряному просторі. Ці дозволи підкреслюють критичну роль ADS-B у модернізації та вдосконаленні управління повітряним рухом.

Встановлення ADS-B пропонує безліч переваг, включаючи: підвищення безпеки в режимі реального часу, точні дані про положення літака допомагають уникнути зіткнень в управлінні повітряним рухом, зменшуючи ризик зіткнення в повітрі; ефективне управління повітряним простором шляхом оптимізації маршрутизації та зменшення заторів; багато аеропортів та маршрутів вимагають ADS-B для доступу до конкретного контрольованого повітряного простору, забезпечуючи авіакомпаніям більш прямі та економічні шляхи польотів; з плином часу встановлення ADS-B може призвести до економії коштів за рахунок підвищення ефективності, зменшення затримок та підвищення якості технічного обслуговування. Система ADS-B є наріжним каменем сучасної авіації, що веде в епоху підвищеної безпеки, ефективності та координації в небі. Автономно передаючи критичні дані польоту, ADS-B гарантує, що авіаційні фахівці володіють інструментами, необхідними для безпечного та ефективного переміщення складнощів сьогоденного повітряного простору, в кінцевому підсумку приносячи користь пасажиром та авіаційній галузі в цілому.

ADS-B є критичною системою спостереження у цивільній авіації для відстеження літаків, стикається з потенційними проблемами передачі даних, які можуть поставити під загрозу точність і надійність трансльованої інформації. Такі проблеми, як електронні перешкоди, антенні проблеми та проблеми цілісності даних, можуть порушити сигнал ADS-B, що призводить до пошкодженої або неповної передачі даних. Точна звітність про позицію, наріжний камінь функціональності ADS-B, залежить від надійних GPS або інших джерел позиції, що робить будь-які пов'язані з цим проблеми, в тому числі з GPS-приймачем або супутниковим покриттям, значною проблемою. Крім того, збої програмного забезпечення або прошивки та перевантаження мережі в зонах повітряного руху високої щільності можуть сприяти проблемам передачі. Нестабільність живлення та невідповідність правилам ADS-B також можуть вплинути на сумісність та надійність передачі.

Список літератури

1. Junzi Sun. The 1090 Megahertz Riddle (second edition) A Guide to Decoding Mode S and ADS-B Signals, <https://mode-s.org/decode>.
2. Харченко В.П., Остроумов І.В. Авіоніка. Київ: НАУ, 2013. 281с.
3. Ostroumov I.V., Kutsenko O. Software-Defined Transmitter to Support Automatic Dependent Surveillance-Broadcast. 2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). 2023. P. 14-17. <https://doi.org/10.1109/CADSM58174.2023.10076507>.
4. Ostroumov I.V., Statistical Analysis and Flight Route Extraction from Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Data. 2022 Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS). 2022. P. 1-9. <https://doi.org/10.1109/ICNS54818.2022.9771515>.
5. Ostroumov I.V., Kyzymchuk O. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Trajectory Data Processing. 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). 2022. P. 43-47. <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9767058>.

D.I. Makarova, V.A. Karnaukh
Candidate of Sciences, Associate Professor O.E. Luppó
(National Aviation University, Ukraine)

ATM SECURITY

Various measures are implemented to protect valuable assets against a variety of perils such as criminal activities, espionage, sabotage, and assaults. To ensure thorough security, these tactics encompass the use of monitoring, encryption, restrictions on access, and routine evaluations that target weaknesses.

A Definition for Security:

Safeguarding civil aviation against acts of unlawful interference. This objective is achieved by a combination of measures and human and material resources.

Safety and security are considered the airline industry's top priorities. However, disruptive passengers have, over the past several years, become more prevalent and unruly passenger incidents are currently a very real and serious threat to both safety and security.

There are numerous threats that can happen in airport or aircraft. These include, but are not limited to:

- Terrorist
- Criminal
- Extreme activists/hacktivists
- Disgruntled staff

Protection

Each airport security service can use several approaches:

- Physical measures.
- Personnel activities.
- Information (logical/electronic measures "ICT") and;
- Organizational measures

Annex 17 to the International Civil Aviation Organisation (ICAO) Chicago Convention (Convention on International Civil Aviation Security Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference).

Aviation Security is a national responsibility

- The national responsibility is in terms of prevention and response
- International cooperation is required

Doc 8973 (The Security Manual for Safeguarding Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference)

- assists Contracting States in implementing Annex 17
- it provides guidance on the application of the SARPs (Standards and Recommended Practices) of Annex 17.

Regulation No. 300/2008 on common rules in the field of civil aviation security

Provides the basis for a common interpretation of Annex 17 of ICAO. [1]

Objectives

- setting of common rules to protect civil aviation against acts of unlawful interference that jeopardize the security of civil aviation.
- mechanisms for monitoring compliance

Shall apply:

- (a) all airports that are not exclusively used for military purposes;
- (b) all operators, including air carriers, providing services at airports referred to in point (a);
- (c) all entities applying aviation security standards that operate from premises located inside or outside airport premises.

IR (EU) 2023/203 of 27 October 2022

- Amendment of BR 2018/1139, IR 2017/373 and many more
- These IR sets out the requirements to be met by the organisations and competent authorities in order:
 - (a) to identify and manage information security risks with potential impact on aviation safety which could affect information and communication technology systems and data used for civil aviation purposes,
 - (b) to detect information security events and identify those which are considered information security incidents with potential impact on aviation safety,
 - (c) to respond to, and recover from, those information security incidents.

Assets, Threats, Vulnerabilities, Controls

Aviation Assets to be Protected

- Service Provision
- Physical Infrastructure
- Infotainment System
- Vehicles
- Communication System
- Surveillance System
- Navigation System

Potential Threats

- Social Engineering
- Unauthorized Action
- Compromise of Information
- Loss of Essential Service

Vulnerability increases the risk of unwanted outcome from an incident, event or occurrence.

Types of Controls:

- Operation of ICT System
- Organisation, Culture and Management
- Corporate Direction and Policy
- Acquisition and Development
- Physical and Environment Security
- Compliance

Cyber scope (ICAO)

Cyber security or information technology security are the techniques of protecting computers, networks, programs and data from unauthorized access or attacks that are aimed for exploitation.

Aircraft Communications, Addressing and Reporting System. (ACARS) Message Security (AMS)

- confidentiality
- authentication

ACARS can protect many aspects of privacy when using ACARS Message Security (AMS)

- potential privacy breaches, we define four categories of aviation privacy: existence, intention, status, and passenger/cargo information.[3]

Our European Air Traffic Management Computer Emergency Response Team (EATM-CERT) protects against cyber threats that can impact the confidentiality, integrity and availability of operational IT assets and data.

EATM-CERT: catalogue of services

- Incident Response
- Cyber Threat Intelligence
- Security Assessment
- Alerts and Warnings

CERT services: Share info to prevent incidents and coordinates response to incidents

Federate multiple systems/services and their SOC(s)

- Proactive services ,
- Reactive services.

SOC services: (H24) monitoring of systems/services activities to detect abnormal situations

- Analyse abnormal situations detected by SIEM (Security Information and Event Management) tool
- Filter false positive alerts (e.g. within 45')
- Analyse true alerts/incidents and propose remediation actions (e.g. within 1 or 24 hours)
- Improvement of abnormal situation detection criteria/threshold (“correlation rules”) using

CERT info

- Update SIEM with info provided by CERT [2]

Conclusion

In essence, civil aviation security involves addressing diverse threats, including terrorism and cybersecurity risks, through international cooperation and regulatory compliance. The protection of aviation assets requires consideration of physical infrastructure and information systems, with a focus on identifying and mitigating vulnerabilities. Technologies like ACARS Message Security and entities like EATM-CERT showcase the industry's commitment to proactive security measures. In conclusion, ongoing

adaptation, collaboration, and adherence to standards are vital for ensuring the continued safety and security of civil aviation.

References

1. Unruly Passengers | SKYbrary Aviation Safety [Concept 1] // SKYbrary Aviation Safety. – Mode of access: <https://skybrary.aero/articles/unruly-passengers> (date of access: 24.11.2023).
2. What You Need to Know About Aviation Security [Concept 2] // IATA - Home. – Mode of access: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-you-need-to-know-about-aviation-security/> (date of access: 24.11.2023).
3. Cybersecurity [Electronic resource] // EUROCONTROL | Supporting European Aviation | EUROCONTROL. – Mode of access: <https://www.eurocontrol.int/cybersecurity> (date of access: 24.11.2023).

and. on tech. sc., Pogurelskiy Olexiy, associate professor
Didur Nikol, bachelor student
National aviation university, Kyiv

OPPORTUNITIES FOR NON-FORMAL AND INFORMAL EDUCATION TO TRAIN SPECIALISTS FOR AVIATION

Education in modern society occupies one of the fundamental niches in the formation of a person's personality, and self-education, in turn, is its extension to strengthen development.

The Law of Ukraine "On Education" defines the educational process as a system of scientific-methodical and pedagogical measures aimed at the development of the individual through the formation and application of his competencies. The Article 8 of the Law of Ukraine "On Education" states that a person realizes his right to education throughout his life through formal, informal and informal education. [1]

Formal education is education that is obtained according to educational programs in accordance with the levels of education, fields of knowledge, specialties (professions) determined by law and provides for the achievement by the students of education of the learning outcomes of the corresponding level of education and the acquisition of qualifications recognized by the state, determined by the education standards.

Non-formal education is education that is obtained, as a rule, through educational programs and does not involve the awarding of state-recognized educational qualifications by education level, but may end with the awarding of professional and/or the awarding of partial educational qualifications.

Informal education (self-education) is education that involves the self-organized acquisition of certain competencies by a person, in particular during everyday activities related to professional, social or other activities, family or leisure.

The Law of Ukraine "On Education" Learning outcomes obtained through non-formal and/or informal education are recognized in the formal education system in accordance with the procedure established by legislation.

The terms "non-formal" and "informal" education appeared in the scientific circulation of the European educational space in the last two decades and were a reaction to the transformation of approaches to creating freer access to education for broad categories of society. This transformation took place in an evolutionary way along with the development of communication technologies, which contributed to the emergence of alternative forms of education. By the latter we understand those listed in Article 9 of the Law on Education: distance, network, workplace, dual education. [3]

It is important for all young people to focus on the aspects of education not only superficially, but also to deepen their knowledge with the help of auxiliary resources in order to occupy their stable and confident place in modern society.

Online courses and platforms are one of the auxiliary resources that help to acquire knowledge in the relevant field. They contain a lot of useful information that a student can use not only to improve their knowledge during formal education, but also to improve their skills during practical training for work, which, by the way, is highly valued by employers.

In the field of aviation, self-education is not an exception. On the contrary, the more various courses and training a student has completed, the higher the level of his knowledge and practical skills are.

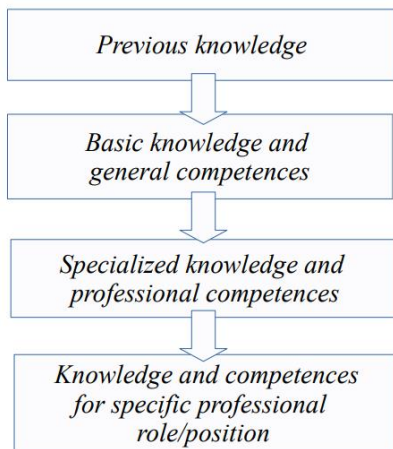


Fig. 1 The process of forming professional knowledge and competences

In Figure 1 the process of formation of professional knowledge and competences of a person who is occupying a specific role / position is shown. At the first level the previously acquired knowledge (at school, college) plays the role of a base for the basic knowledge and general competences that are acquired during the first years of higher education at the university. Later, as a result of studying professionally oriented disciplines and obtaining a bachelor's/master's degree in a chosen specialization, specialized knowledge and professional competences should be added. The final stage is the acquisition of knowledge, competences and skills that allow the individual to become professional for a specific role or position. This type of knowledge could be acquired at the beginning of a career as a trainee or intern. Non-formal and informal forms of education make it possible to supplement the process of education at intermediate levels by diversifying its methods and sources, both basic and specialized knowledge and skills.

The most reliable and professionally oriented courses for self-education in the field of aviation are specialized courses from the world-famous international organization ICAO. [2]

The ICAO official website (fig. 2) offers many trainings and courses that anyone can purchase and complete, such as “Aeronautical Spectrum Use with Special Focus on VHF (ASU)”, “Aviation Data-driven Decision Making”, “Aviation Fundamentals” and a lot of others. The student only needs to have the Internet, a digital device and knowledge of the language in which the course is written. All courses are usually available in English, but some of them are offered in additional French and Spanish languages. The student can independently choose the language of study according to his desire and relevant knowledge.

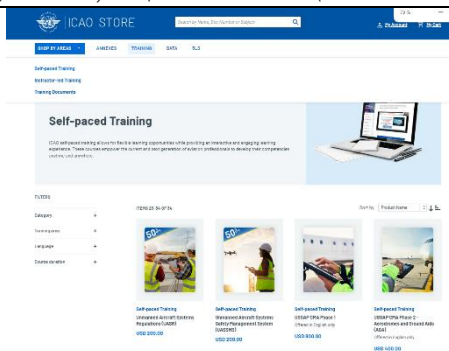


Fig.2 ICAO self-paced training site

Each course consists of several modules, a block of active vocabulary and a final test, which will determine the result of the student's knowledge after completing the course. Accordingly, the format of training does not differ from the format of presenting information at universities, which will be familiar and comfortable for anyone. Upon completion of the course, the student receives a special certificate issued directly by the ICAO organization, which is, accordingly, international.

The price of such a course can vary from 200 to 800 US dollars, and for more in-depth training, which is conducted not only online, but also face-to-face, it will be from 1000 dollars and higher. Nevertheless, the ICAO organization often offers discounts of up to -50% on certain options, so the most detailed and up-to-date information should be monitored on the ICAO official website regularly.

Список літератури

1. Law of Ukraine on Education, No. 2145-VIII. Available online: <https://mon.gov.ua/ua/npa/law-education> (successfully accessed 24.11.2023)
2. Official website with aviation trainings and courses <https://store.icao.int/en/training/self-paced?p=3> (successfully accessed 24.11.2023)
3. Н.Павлик “Теорія і практика організації неформальної освіти молоді” (навчальний посібник), вид-во ЖДУ ім. І.Франка, Житомир, 2017

Радченко А.В., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДАТЧИКІВ БПЛА

За останні роки використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) значно зростає, і вони стають невід'ємною частиною різних галузей, включаючи військові, комерційні та наукові застосування. Однак це збільшення використання БПЛА ставить перед нами підвищені вимоги до точності та надійності збирання та обробки вхідної інформації з датчиків [1, 2]. Досягнення цих вимог є критичним завданням, оскільки точність інформації, отриманої від датчиків, безпосередньо впливає на безпеку, ефективність і функціональність БПЛА.

Точність визначення місцезнаходження, оцінка оточуючого середовища та навігація є критичними для багатьох застосувань, де використовуються БПЛА. З плином часу точність даних, отриманих з датчиків БПЛА, може погіршуватися через різноманітні фактори, такі як зношеність датчиків, магнітні впливи, помилки GPS-сигналу та погодні умови. Ці обмеження можуть призводити до втрати даних, некоректної навігації та навіть аварій.

Є можливість використовувати методи ф'юзії даних, які дозволяють об'єднувати інформацію з різних датчиків, аналізувати її та надавати більш точну і надійну інформацію для прийняття рішень і контролю над БПЛА.

Один з головних викликів використання датчиків у БПЛА полягає в тому, що кожен датчик має свої обмеження та точність. Наприклад, GPS може бути схильним до помилок в зоні обмеженого супутникового зв'язку або в умовах високої міської забудови. Акселерометри піддатливі до шуму та дрейфу. Лідари можуть бути обмеженими об'єктами, що перекривають лінію видимості.

Ф'юзія даних надає можливість компенсувати недоліки одного датчика за допомогою іншого. Наприклад, якщо GPS сигнал стає недоступним, БПЛА може використовувати дані від жирометрів і акселерометрів для визначення свого положення і орієнтації. Таке об'єднання даних з різних датчиків дозволяє підвищити загальну точність та надійність системи навігації та контролю БПЛА.

Проведемо порівняння точності навігації БПЛА при використанні прямого розрахунку та адаптивної ф'юзії даних.

За прямим розрахунком, якщо маємо наступні вхідні дані:

– точність датчику GPS – 5 м;

– точність інерціальних датчиків – 0,1 м/с²

Тоді для 5 секунд руху БПЛА без оновлень даних GPS (що можливо у випадку попадання в зону завад) отримаємо наступну точність:

$$Acc_{GPS} = \delta d * \text{sqrt}(\Delta t),$$

де:

δd - початкова похибка GPS (метри);

Δt - час вимірювання (секунди, але в формулі краще використовувати безрозмірний формат).

$$Acc_{GPS} = 5 \text{ м} \cdot (5 \text{ сек})^{0.5} = 11,18 \text{ м}.$$

де Acc_{GPS} – точність GPS з часом.

У контексті навігаційних систем, таких як GPS, похибки вимірювань зазвичай розподіляються статистично. Це означає, що помилки вимірювань мають випадковий ймовірнісний характер і можуть бути описані розподілом ймовірності, таким як нормальний (гаусовий) розподіл.

У такому випадку, якщо точність GPS визначена на певному рівні, то ця точність відноситься до стандартного відхилення розподілу помилок. Щоб визначити точність після певного часу, ми використовуємо принцип "квадратного кореня з часу", оскільки дисперсія (квадрат стандартного відхилення) зростає пропорційно часу.

Ця формула є загальною та використовується для оцінки точності навігаційних систем в залежності від часу використання інструментів.

У випадку отримання оновлень координат GPS через короткі проміжки часу, формула точності від часу буде мати іншу інтерпретацію. Якщо регулярно отримувати оновлення координат GPS і вони не є накопичувальними (тобто вони надходять без зміни попередніх даних), то точність положення може покращуватися з кожним новим вимірюванням.

Для визначення точності після кожного оновлення GPS координат необов'язково потрібно враховувати квадратний корінь з часу. В цьому випадку, якщо точність GPS оцінюється як 5 метрів, то з новими вимірюваннями через короткий проміжок часу ваша точність також залишатиметься близькою до 5 метрів, за умови, що помилки вимірювань залишаються приблизно на тому ж рівні. траєкторії за допомогою інерціальних датчиків.

З урахуванням цього підходу: Acc_{GPS} може приймати значення в діапазоні від 5 до 11,11 м.

Проведемо розрахунок точності траєкторії за допомогою інерціальних датчиків.

Для правильного розрахунку точності траєкторії (Acc_{IS}) за допомогою інерціальних датчиків можна використовувати наступну формулу:

$$Acc_{IS} = (\delta a \cdot \Delta t^2) / 2,$$

де:

δa - початкова похибка інерціальних датчиків (m/c^2);

Δt - час вимірювання (секунди).

$$Acc_{IS} = 0.1 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \text{ с} \cdot (5 \text{ с} / 2) = 1,25 \text{ м}.$$

де Acc_{IS} – точність траєкторії за допомогою інерціальних датчиків.

Загальна точність траєкторії від 6,25 м до 12,36 м.

Розрахуємо точність за адаптивним підходом [3, 4].

Припустимо, що:

$$\omega_{GPS} = 0.8, \omega_{IS} = 0.2.$$

де ω_{GPS} – вага GPS;

ω_{IS} – вага інерціальних датчиків.

Для розрахунку точності траєкторії за допомогою адаптивного підходу до ф'юзії даних (Acc_{CAD}) з вагами $\omega_{GPS} = 0.8$ та $\omega_{IS} = 0.2$ використовується наступна формула:

$$Acc_{CAD} = ((\omega_{GPS} \cdot Acc_{GPS})^2 + (\omega_{IS} \cdot Acc_{IS})^2)^{0.5},$$

де:

A_{CCGPS} - точність GPS (5 м)§

A_{CCIS} - точність інерціальних датчиків (0.1 м/с²)§

ω_{GPS} - вага GPS (0.8)§

ω_{IS} - вага інерціальних датчиків (0.2).

Підставимо значення і розрахуємо:

$$A_{CCAD} = \sqrt{((0.8 \cdot 5 \text{ м})^2 + (0.2 \cdot 0.1 \text{ м/с}^2)^2)} = \sqrt{(4 \text{ м}^2 + 0.0004 \text{ м}^2)} = \\ = \sqrt{(16 + 0.0004)} \approx 4.0001 \text{ м.}$$

Отже, точність траскторії (A_{CCAD}) за допомогою адаптивного підходу до ф'юзії даних дорівнює приблизно 4.0001 метра.

Як бачимо адаптивний підхід забезпечує значно кращі результати точності.

Висновки

Метод ф'юзії даних надає можливість поєднати інформацію з різних датчиків, компенсуючи обмеження та неточності окремих датчиків. Це дозволяє досягти значного підвищення точності і надійності визначення місцезнаходження, орієнтації та навігації БПЛА, що в свою чергу сприяє безпеці та ефективності їх застосування.

Також слід зазначити необхідність подальших досліджень та розвитку області ф'юзії даних для безпілотних літальних апаратів. Сучасний розвиток технологій та зростання обсягу використання БПЛА призводять до нових викликів та завдань у галузі точності і надійності систем.

Майбутні дослідження можуть спрямовуватися на розробку більш складних та ефективних методів ф'юзії даних, а також на впровадження сучасних алгоритмів машинного навчання для автоматичного виявлення та компенсації недоліків в роботі датчиків. Розвиток цієї області сприятиме поліпшенню функціональних характеристик та безпеки БПЛА, що, у свою чергу, відкриватиме нові можливості для їх використання в різних галузях.

Список літератури

1. Naixia Wang, Qingfeng Wu, Xiangbin Wu, Qiuyi Zhang. «Application research of multi-sensorfusion in robot position perception», Mechanical and Electrical Engineering Technology, 49(12): 89-91, 2020
2. Ruiqi Zhang, «Research on multi-sensor data fusion algorithm for unmanned vehicles under extreme conditions», Journal of Physics Conference Series, 2021. DOI: 10.1088/1742-6596/1952/3/032001.
3. Javed Y., Mansoor M., Shah I. A. «A review of principles of mems pressure sensing withits aerospace applications», Sensor Review, 39(5), 652-664, 2019.
4. Yin H, Li D, Wang Y, Hong X., «Adaptive Data Fusion Method of Multisensors Based on LSTM-GWFA Hybrid Model for Tracking Dynamic Targets», Sensors, 22(15), 5800, 2022.
4. Yin H, Li D, Wang Y, Hong X., «Adaptive Data Fusion Method of Multisensors Based on LSTM-GWFA Hybrid Model for Tracking Dynamic Targets», Sensors, 22(15), 5800, 2022.

Залозний Т.І., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ І НАДІЙНОСТІ ДАНИХ В АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ НАВІГАЦІЇ

Автономні системи навігації є важливою складовою сучасних технологій і знаходять широке застосування у різних сферах, включаючи безпілотні літальні апарати (БПЛА) і автомобілі, роботи, а також в системах моніторингу та навігації для військових, комерційних і цивільних цілей. Основними вимогами до цих систем є точність та стійкість, оскільки вони повинні забезпечувати безперебійну роботу навіть у вимогливих умовах та в умовах обмеженої доступності земних або супутникових сигналів.

Актуальність даного дослідження очевидна, оскільки зростання використання автономних систем навігації в різних сферах потребує нових методів та стратегій для забезпечення їх стійкості та надійності [1]. Збільшення кількості автономних транспортних засобів, розширення діапазону застосування дронів і роботів, а також потреба в надійних системах навігації для військових операцій вимагають розробки і впровадження нових методів та технологій.

Інноваційні підходи для підвищення стійкості в автономних системах навігації можуть включати в себе наступні аспекти:

1) використання сучасних супутникових систем, що передбачає використання не тільки основних гравців на ринку надання послуг з визначення координат (GPS і GLONASS), а також використовувати нові системи, такі як Galileo і BeiDou (в залежності від території покриття);

2) використання ф'юзії даних, що передбачає комбінування інформації з різних датчиків (GPS, інерціальні датчики, лідари, радары та камери). Використання адаптивних алгоритмів ф'юзії даних дозволяє автоматично враховувати зміни умов і підвищувати надійність систем;

3) використання машинного навчання і штучного інтелекту для аналізу та передбачення даних, що може допомогти виявляти аномалії, вдосконалювати алгоритми коригування, а також вдосконалювати взаємодію системи з користувачем.

4) використання сенсорів нового покоління з покращеною точністю і стійкістю до різних умов сприятиме підвищенню якості збору інформації;

5) підвищення рівня кіберзахисту для уникнення та попередження втручання в роботу систем навігації.

Використання ф'юзії даних та штучного інтелекту є на даний момент найбільш перспективними напрямками, які можна впроваджувати без огляду на технології систем навігації і датчиків.

Ф'юзія даних дозволяє комбінувати інформацію з різних джерел [2], таких як GPS, лідари, радары, інерціальні датчики, що призводить до підвищення точності визначення положення та швидкості, що є критично важливим для автономної навігації.

Поєднання даних з різних джерел дозволяє системі бути більш надійною та стійкою до відмов окремих датчиків. Якщо один датчик не працює або дає неточні дані, інші можуть компенсувати цю втрату, що підвищує безпеку та надійність системи навігації.

Використання штучного інтелекту дозволяє системам навігації аналізувати та адаптуватися до різних умов, таких як погодні умови, різні типи поверхонь, рух транспортних засобів тощо [3].

Окрім стандартного використання ф'юзії даних для авіаційної та морської навігації з'явилися нові практичні застосування ф'юзії даних:

1) автономні автомобілі (ф'юзія даних з GPS, лідарів, камер, радарів і інерціальних датчиків для точної навігації та визначення оточуючого середовища;

2) доставка дронами (навігація в різних умовах, включаючи зміни погоди та перешкоди на шляху, аналіз вхідних даних з GPS, камер та інших датчиків);

3) навігація у закритих приміщеннях (в аеропортах, музеях і інших великих будівлях дозволяє запровадити системи навігації, які допомагають користувачам знайти шлях усередині приміщення, навіть якщо сигнал GPS відсутній або слабкий);

4) морська навігація: У морській навігації ф'юзія даних з GPS, супутниковими системами та радарми допомагає кораблям точно визначити своє місцезнаходження та уникати зіткнень з іншими суднами.

Висновки

Інноваційні підходи підвищення стійкості і надійності даних навігації відіграють важливу роль у підвищенні ефективності і стійкості багатьох автономних систем. Розвиток сучасних технологій, вдосконалення алгоритмів та апаратного забезпечення дозволяє досягти високих показників точності та надійності цих систем, що має важливе значення у багатьох галузях, включаючи транспорт, оборону, моніторинг навколишнього середовища та багато інших.

Список літератури

1. Javed Y., Mansoor M., Shah I. A. «A review of principles of mems pressure sensing withits aerospace applications», *Sensor Review*, 39(5), 652-664, 2019.

2. Yin H, Li D, Wang Y, Hong X., «Adaptive Data Fusion Method of Multisensors Based on LSTM-GWFA Hybrid Model for Tracking Dynamic Targets», *Sensors*, 22(15), 5800, 2022.

3. Wang D., Lv H., Wu J. «In-flight initial alignment for small uav mems-based navigationvia adaptive unscented kalman filtering approach», *Aerospace Science & Technology*, 61(FEB.), 73-84, 2017.

3. Wang D., Lv H., Wu J. «In-flight initial alignment for small uav mems-based navigationvia adaptive unscented kalman filtering approach», *Aerospace Science & Technology*, 61(FEB.), 73-84, 2017.

UDC 656.7.05; 351.814.2 (043.2)

Конін В. В., доктор техн. наук,
професор,
Пархоменко П., студент
National Aviation University, Kyiv

МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПОСАДКИ НТОЛ ВАЖКИХ БПС ЗА СИГНАЛАМИ ГЛОБАЛЬНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ

Вступ

У сфері цивільної авіації дослідницька діяльність спрямована на підвищення ефективності та посилення цілей безпеки шляхом надання нових стратегій операцій, все це досягається шляхом впровадження сучасних і нових процесів зв'язку, навігації, спостереження та управління повітряним рухом. В аеронавігації ці цілі досягаються шляхом вдосконалення існуючих послуг та впровадження нових, що застосовуються для навігації з метою забезпечення безпеки, більш надійного підходу за будь-яких погодних умов. Глобальна навігаційна супутникова система (GNSS) була визначена як ключова технологія, що забезпечує необхідну інформацію про місцезнаходження і час, що підтримує польоти і операції з управління повітряним рухом (ATM). GNSS можна спостерігати в оснащенні нових літаків CA Air, оскільки більшість з них зараз обладнані її приймачами. GNSS містить численні супутники, наприклад, GPS для Сполучених Штатів Америки, Глонасс для російської федерації, Галілео для Європейського Союзу, Бейдоу для Китаю та багато інших, які все ще знаходяться в стадії розробки. Ця робота продемонструвала можливості та переваги поєднання трьох чи більше супутників для кращої продуктивності. Ця теза зосереджена на кінцевому заході на посадку літака з використанням комбінованих сигналів для забезпечення надійності та безпеки навігації в умовах експлуатації CAT I.

Експериментальні дослідження моделі системи посадки

В нашій роботі представлено результати обробки експериментальних даних за характеристиками захисту. Результати відносяться до параметрів, записаних одночасно при інтеграції GPS, ГЛОНАСС, Galileo (1 система) і GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou (2 система). Дані записувалися при підключенні двох навігаційних приймачів до однієї антени. Координати антени прив'язано з геодезичною точністю. Вимірювання проводилися 20.11.2023. Для систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo характеристики записувалися протягом 4522 секунд, для GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou - протягом 7769 секунд.

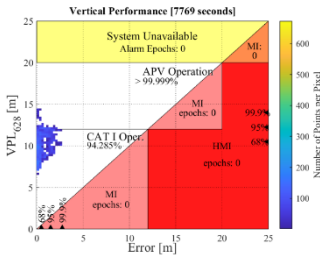


Рис. 1

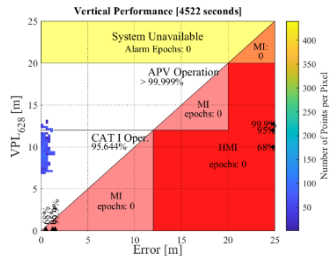


Рис. 2

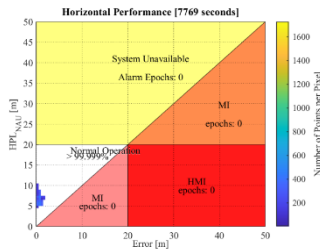


Рис. 3

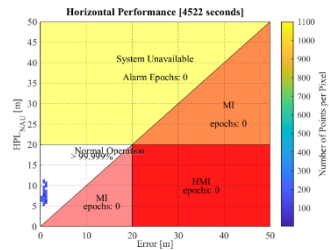


Рис. 4

Ми отримали наступні данні:

Рис. 1, рис. 2 - захисні рівні у вертикальній площині дають змогу на заданому інтервалі часу виконувати операції посадки за CAT 1 у 95.644% для першої системи і в 94.285% для другої. Доступність операцій для посадки з вертикальним наведенням (APV) - понад 99.999%.

Рис. 3, рис. 4 - доступність операцій для посадки в горизонтальній площині для CAT 1 понад 99.999%.

Висновок

За виконаними дослідженнями можна зробити висновки що друга система, що складається з GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, має гірші захисні рівні порівняно з першою системою. Однак, не можна стверджувати, що це остаточний висновок. Необхідно провести подальші дослідження, виявити внесок кожного сузір'я в характеристики захисних рівнів і набрати статистику. Обидві системи з певними обмеженнями можуть використовуватися для посадки.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СТРУКТУРИ БПЛА З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

У більшості невеликих БПЛА застосовуються електродвигуни, що живляться від акумуляторів. Тривалість польоту таких БПЛА обмежена ємністю акумуляторної батареї. Для подовження часу перебування літального апарату в повітрі може бути використано відновлюване джерело електроживлення у вигляді сонячної фотоелектричної панелі. Такі літальні апарати матимуть подовжений час польоту та зможуть використовуватись для спостереження, збору даних та використовуватись в якості псевдо-спутника (атмосферний супутник). Подібні експериментальні конструкції вже реалізовувались, наприклад Silent Falcon (рис.1) – БПЛА, для картографування та розвідки[1]. Airbus Zephyr 8/S (рис.2) – експериментальний БПЛА для дослідження атмосфери та спостережень за поверхнею землі, що у 2022 році здійснив безперервний політ протягом 64 днів.[2]



Рис.1



Рис.2

Проектування подібного типу БПЛА вимагає гармонічного поєднання всіх компонентів, що прямо впливають один на одного. Основною задачею є оптимальний і раціональний вибір компонентів літального апарату, враховуючи баланс між енергоефективністю сонячних панелей, площею крила, на якому розміщуватимуться панелі та енергозатратами БПЛА для підтримки польоту.

Для розрахунку ефективності енергоустановки необхідно враховувати територію застосування БПЛА. Найважливішим фактором ефективного використання сонячних панелей є інтенсивність сонячного випромінювання, яка розраховується як потужність випромінювання Сонця на одиницю площі поверхні і вимірюється в ватах (Вт) на квадратний метр. Для прикладу розглянемо сонячні панелі виробника SUNPOWER модель C60 SOLAR CELL MONO CRYSTALLINE SILICON. Виробник зазначає максимальну ефективність при сонячному випромінюванні 1000 Вт/м^2 (рис.3) [3].

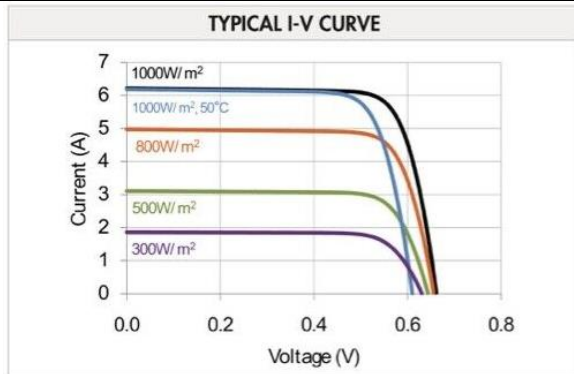


Рис. 3

На наведеній карті (Рис.4) приводиться аналіз даних сонячного випромінювання в Україні[4]. Як видно, в південних районах країни середньорічне значення рівня сонячного випромінювання вище, ніж в північних районах. На жаль, цього значення недостатньо для максимальної енергоефективності, проте його цілком достатньо для роботи енергоустановки.

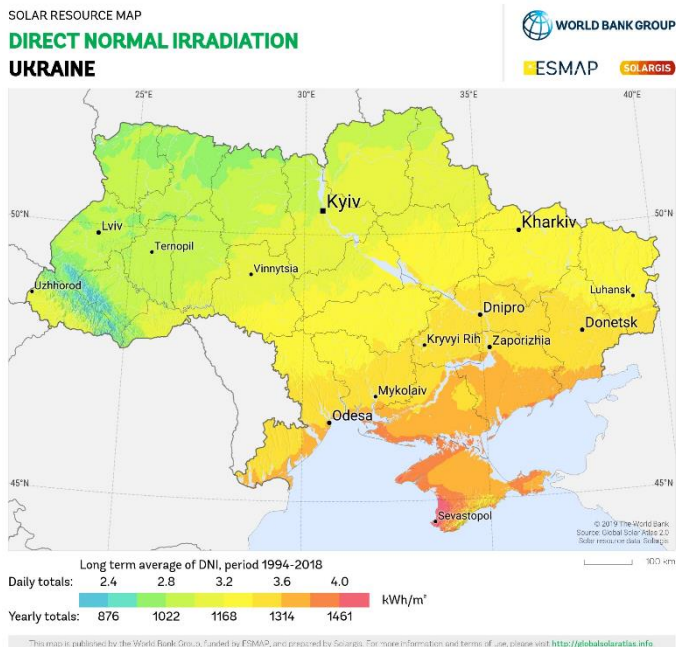


Рис.4

Варто також враховувати, що ці значення середньорічні і напряду залежать від пори року, погодних умов та довжини світлового дня. Провівши більш глибокий аналіз, на графіку нижче можна побачити рівень сонячного випромінювання помісячно (Рис.5) та погодинно (Рис.6). [5]

Monthly averages

Direct normal irradiation

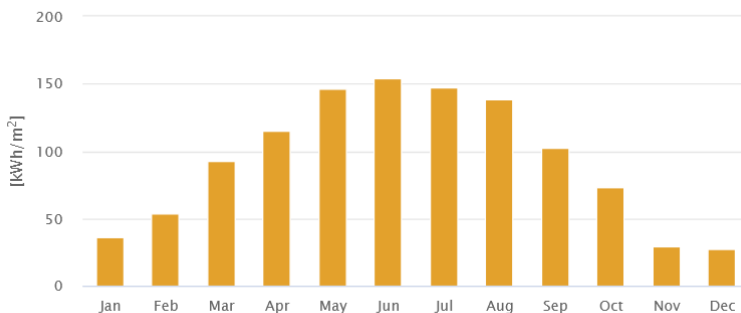


Рис.5

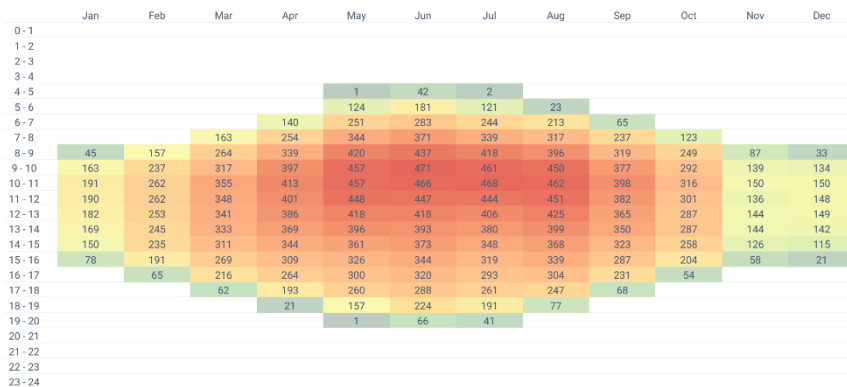


Рис.6

З наведених графіків можна зробити висновок, що оптимальним періодом застосування подібного типу БПЛА в наших широтах буде період з квітня по вересень, в період з 8:00 ранку до 17:00 вечора, коли довжина світлового дня більша і рівень сонячного випромінювання перевищує 300Вт/м². Звісно, цього може бути недостатньо для покриття всіх енергозатрат БПЛА, проте дана структура може суттєво подовжити час перебування літального апарату в повітрі.

Список літератури

1. Silent Falcon™ Small Unmanned Aircraft System (March 2014). URL: <https://www.homelandsecurity-technology.com/projects/silent-falcon-small-unmanned-aircraft-system/> (22.11.2023)
2. Stratoplanes: The aircraft that will fly at the edge of space. 14.06.2023. URL: <https://www.bbc.com/future/article/20230613-the-planes-that-will-fly-at-the-edge-of-space> (22.11.2023)
3. Технічні характеристики виробника сонячних фотоелектричних панелей, 2010. URL: http://eshop.terms.eu/_data/s_3386/files/1379942540-sunpower_c60_bin_ghi.pdf (22.11.2023)
4. GLOBAL SOLAR ATLAS. URL: <https://globalsolaratlas.info/> (22.11.2023)
5. SOLARGIS. URL: <https://solargis.com/> (22.11.2023)

Грішненко В.Ю., аспірант.
Авер'янова Ю.А., д.т.н., проф.

Національний авіаційний університет, м. Київ

СПРОЩЕНИЙ АЛГОРИТМ РОБОТИ ДИЗАЙН ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИ СЕРТИФІКАЦІЇ АЕРОНАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВЕЛИКИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЛІТАКІВ

Сучасні системи аеронавігації вимагають високої точності, надійності та безпеки для забезпечення безперешкодного руху повітряних суден в часи стрімкого розвитку авіаційної індустрії. З метою ефективного досягнення цих вимог, дизайн організація [1], що розробляє технічну документацію для встановлення таких системи, повинні мати чіткий алгоритм роботи організації та комунікаційної взаємодії з відповідними агентствами безпеки польотів (FAA, EASA). Важливо, щоб проекти по розробці та впровадженню систем аеронавігації відповідали стандартам безпеки та нормам льотної придатності[1].

Метою даного дослідження є комбінування спрощеного алгоритму роботи дизайн організації, для полегшення розуміння процесу сертифікації технічної документації аеронавігаційних систем. Дослідження спрямоване на поліпшення ефективності та точності процесу розробки, для забезпечення повної відповідності до вимог агентств безпеки польотів, а також підвищення надійності цих систем.

В рамках дослідження будуть визначені критичні аспекти у процесі роботи дизайн організації, встановлені процедури взаємодії з агентствами безпеки польотів, та розроблені контрольні механізми забезпечення якості та безпеки процесу. Висновки цього дослідження допоможуть покращити розуміння робочих процесів при розробці та впровадженні систем аеронавігації, сприяючи швидкій сертифікації та підвищенню безпеки польотів.

На прикладі вимог та процедур, для схвалення технічної документації розроблених дизайн організаціями («EASA Part 21, Subpart J – DOA»), складемо детальний алгоритм роботи представленого на рис.1 [1].

На початковому етапі проекту визначається класифікація інженерних змін «Minor» or «Major». Для більшості «Minor» схваленень використовують креслення/моделі, план/звіти випробувань додатки до посібника обладнання, а для «Major» потрібна програма сертифікації. Після цього, використовуючи чек-лист, визначають необхідність проведення допоміжної інженерної перевірки. На основі попередніх перевірок та комунікації з агентством EASA можна розпочинати етап розробки технічної документації та сертифікації згідно розробленого алгоритму.

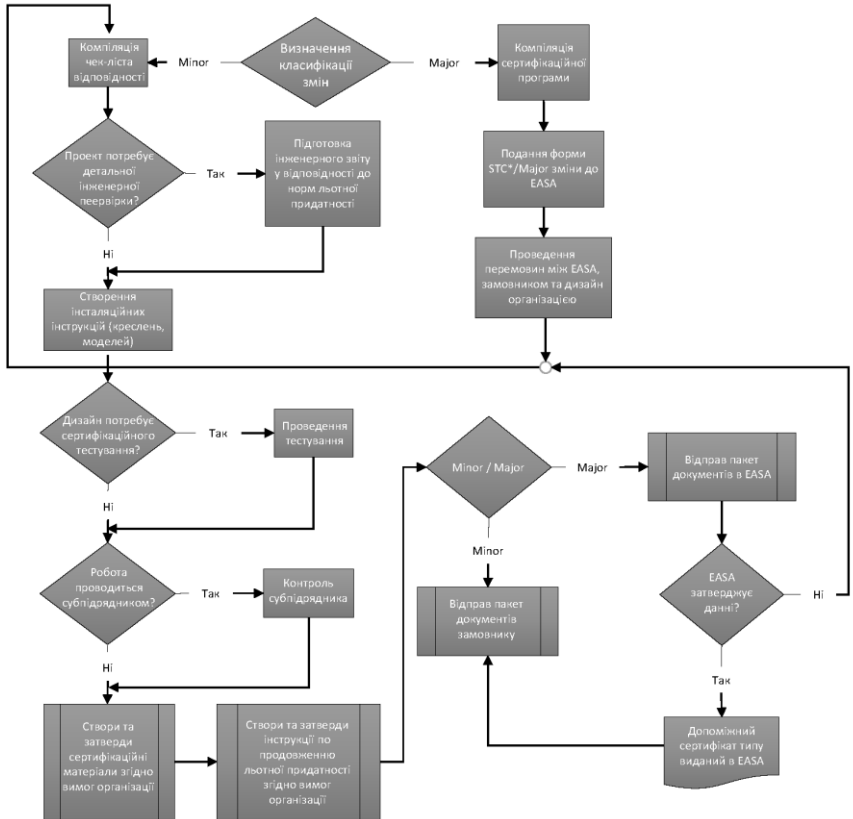


Рис.1. Алгоритм роботи дизайн організації згідно вимог EASA Part 21, Subpart J – DOA.

Отже, розроблений алгоритм дизайн організації та взаємодії з EASA дозволяє забезпечити повну та вчасну відповідь на всі вимоги і рекомендації агентства під час розробки проєктів для впровадження систем аеронавігації.

Інтегруючи елементи контролю якості та системи забезпечення безпеки в алгоритм, організація може забезпечити високу якість та безпеку своїх робочих процесів.

Використання алгоритму дозволяє організації ефективно спілкуватися та взаємодіяти з EASA, сприяючи швидкому затвердженню проєктів та впровадженню систем аеронавігації.

Список літератури

1. Easy Access Rules for Airworthiness and Environmental Certification (Regulation (EU) No 748/2012) [Електронний ресурс]. — режим доступу: <https://www.easa.europa.eu/document-library>

UDC 351.814.331.3

I. S. Shestavin, *Candidate of Sciences*,
Associate Professor **O.E. Luppo** (*National Aviation University, Ukraine*)

HOW PRACTICAL IS THE DEVELOPMENT OF THE ‘ECHO’ PROJECT ? (EUROPEAN CONCEPT OF HIGER AIRSPACE OPERATIONS)

SESAR partners have initiated efforts to conduct a thorough demand analysis and develop a concept of operations for higher airspace. The primary goal is to enable safe, efficient, and scalable operations above the conventional flight levels. This initiative is part of the SESAR 2020 project called the European concept for higher airspace operations (ECHO). The project involves collaboration with partners such as Airbus UTM (Airbus Operations SL), CIRA, DASSAULT AVIATION, the DLR, the DSN, ENAC (Italian NAA), ENAV, EUROCONTROL, ONERA, and THALES Alenia Space.

Project Objectives

1. Conduct a Thorough Research on current procedures and formulated concepts related to traffic management in higher airspace. Evaluate existing literature and categorize the essential elements designed for preparing the use case and developing the Concept of Operations (ConOps).

2. Comprehensive Demand Analysis all vehicles and their activities that traverse or operate in Higher Airspace. Conduct a detailed examination of the demand, considering both the volume and characteristics of vehicles and operations.

3. Develop Concept of Operations integrate, from a European network operations standpoint, the diverse use cases presented by new entrants and the operational requirements outlined by various network stakeholders. Establish a unified foundation for operations, identifying crucial shared network resources

HAO represent one of the most profound changes to the aviation ecosystem for many years. The number of space operations, HAPS, supersonic and hypersonic vehicles is set to steadily increase in the years ahead. Therefore, it is imperative that such operations can take place safely, efficiently and without a disproportional impact on more conventional air traffic operations. Change is needed to evolve from how we work today to fully support the new HAO and space activities so these operations are able to fully achieve their objectives. Currently space operations are rapidly developing both in terms of the number of potential spaceport locations, proposed launches and launch methods. They can take place from land, sea and air with reusable components that return to the surface. Traditionally large airspace volumes are

reserved for a considerable time to enable a launch or return to take place safely. However, with the increasing number of expected launches, their impact on the European aviation network will significantly grow. Therefore, new processes and procedures at European network level are needed to mitigate the impact of such launches, reducing the need for segregation, and to prepare for both planned and unplanned returns (e.g. debris)

Over a period of two years, EUROCONTROL is leading a project aimed at conducting a comprehensive demand analysis and formulating the concept of operations (ConOps) for higher airspace. The ConOps covers everything from low- to high-speed activities to space missions. Preflight strategic deconfliction was conceptualised, in order to ensure the separation of operations on agreed trajectories and avoid collisions. The goal is to enable safe, efficient, and scalable operations. The ConOps will not only establish a foundation for identifying future infrastructure needs for Higher Airspace Operations (HAO) but will also be designed for short, medium, and long-term perspectives. The primary objective is to ensure that the ConOps encompasses both current operations of existing vehicles and those yet to be developed.

The increasing demand for higher airspace is evident, fueled by new aircraft operating above FL500 with capabilities for extended missions and the growing commercial space industry. This expansion has led to the establishment of new spaceports in Europe to meet the rising global demand for commercial space launches. Consequently, the European air traffic management (ATM) system is undergoing a transformation to rapidly integrate these new entrants safely and efficiently, securing a leading role for European industries and operators.

Acknowledging the necessity for a Higher Airspace Operations (HAO) concept aligned with the foundations of the Single European Sky agreed upon by Member States and the EU, the European Commission called upon EUROCONTROL in April 2019 to lead the ECHO consortium. This consortium, comprising leading European industry, organizations, institutes, and research centers, was entrusted with developing an ambitious and innovative ConOps for higher airspace operations. Funded through the SESAR Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation program, the ECHO consortium has submitted a fully detailed European ConOps draft to the SESAR 3 Joint Undertaking for finalization in the coming months.

This achievement signifies significant progress, as an agreed ConOps is crucial for implementing new technologies and procedures across the entire European ATM network. Higher Airspace Operations present specific challenges concerning the intersection of civil and military requirements and the intricacies of the European ATM network, where State sovereignty over national airspace is a fundamental operational cornerstone. Leveraging the unique features of the European ATM system, the ECHO ConOps provides a blueprint for developing essential elements to drive future validation and regulatory developments in Europe for HAO.

Challenges Arising from Operations of New Entrants While existing ATM processes currently offer limited support for Higher Airspace Operations (HAO), ongoing innovation is anticipated to result in a substantial increase in the number of operations in the coming years. This growth will encompass varying geographical distributions and types of vehicles, ranging from slow- moving High Altitude Platform Stations (HAPS) to very high-speed vehicles. New entrants will introduce challenges related to flight-performance envelopes, operating at altitude bands not utilized currently, where their behavior and performance may introduce additional uncertainty in ATM. Consequently, the primary challenge is to develop new solutions required for the safe and effective integration of these new entrants into the evolving operational environment.

Key Assumptions. In the context of the ECHO Concept of Operations (ConOps), assumptions are regarded as factors expected to exist presently or to be established in the future.

The key assumptions considered in the project are outlined below:

- **Trajectory-Based Operations.** Operations follow a 4D trajectory with all relevant information exchanged during the planning, execution, and termination of operations among all airspace users and service providers. Interoperability of different systems is crucial to facilitate such exchanges. However, it is acknowledged that space operations, due to their short transit time in Higher Airspace (HA), may not necessitate the same level of exchanges as Higher Airspace Operations remaining within HA for their entire mission.
- **Notification of Flight/Mission Intentions.** All new entrants possess the capability to notify authorities responsible for the respective airspace they will penetrate about their flight/mission intentions.
- **Integration of All Operations in National Defense/Security.** Plans Real-time plans and operations of new airspace users will be processed by existing systems to notify defense/security authorities as needed. Existing diplomatic clearance arrangements will continue to apply for overflights by state/military aircraft.
- **Higher Airspace Design.** While respecting the sovereignty of each participating State, it is assumed that, operationally, Higher Airspace will aim to be a volume free from the fragmentation existing in the ATS airspace volume below HA. The design will be driven by the needs of new users, emphasizing simplicity, ease of understanding, and straightforward planning and operation of operations.
- **ATM/STM Interface.** The ATM/STM interface will be determined using elements related to planning, contingency management, and traffic management, considering all key factors. A single planning process is considered essential for space operations.
- **Global Operations.** Certain users are anticipated to conduct operations globally, necessitating compliance with regulations, rules, procedures, and standards

across the globe. Initially, this consistency must apply across European States for a given activity type.

In summary, the upper airspace has largely remained vacant until now. The "Concorde" operated near the FL600 boundary, and certain military aircraft reached even higher altitudes. Any object traveling into space and re-entering the Earth's atmosphere must traverse through Superior Airspace. This explains why space operations have become integral to the ECHO project, and detailed examinations of interface requirements with Space Traffic Management are underway.

Technological progress, including the development of lighter and stronger materials, along with advancements in battery and propulsion technologies, has facilitated entry into Higher Airspace.

For a better understanding, consider, for example, High Altitude Platform Stations (HAPS), which involve balloons or solar- powered airplanes capable of lingering in the Upper Airspace for extended periods, potentially spanning months. These innovations align with significant strides in space travel, exemplified by companies like SpaceX and Virgin Galactic, among others. The combined impact of these advancements underscores the increasing necessity for higher airspace.

References:

1. European concept for higher airspace operation. EUROCONTROL. URL: <https://www.eurocontrol.int/project/european-concept-higher-airspace-operation> (date of access: 24.11.2023).
2. Concept of operations for higher airspace published. SESAR Joint Undertaking. URL: <https://www.sesarju.eu/news/concept-operations-higher-airspace-published> (date of access: 24.11.2023).
3. European Higher Airspace - Home - ECHO Project. <https://higherairspace.eu>. URL: <https://higherairspace.eu/echo-project/> (date of access: 24.11.2023).
4. EuropeanConceptForHigerAirspaceOperation.URL: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/D4.3_ConOps_1.0_public.pdf (date of access: 24.11.2023).

Сушич О.П., доцент каф. АНС, к.т.н., доцент
Приходько І.А., старший викладач каф. АНС
Національний авіаційний університет, м. Київ

АВТОПІЛОТ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ З ВІДКРИТИМ ВИХІДНИМ КОДОМ PX4

Сучасний стан і постійний розвиток безпілотних авіаційних систем (БАС) призводять до зростання потреб у програмному забезпеченні контролера польоту БАС. Ситуація ускладнюється відсутністю стандартів та використанням розробниками БАС пропрієтарного програмного забезпечення контролера польоту БАС із закритим вихідним кодом.

Вирішенням проблеми є розробка та використання програмного забезпечення з відкритим кодом, що дозволяє перенесення рішень, розроблених для одного польотного контролера, на інший без істотної адаптації програмного коду та процедури льотних випробувань.

Програмний комплекс PX4 – це професійний автопілот з відкритим вихідним кодом, що дозволяє керувати різними безпілотними транспортними засобами. PX4 створено спільно з глобальною спільнотою розробників. Програмний комплекс забезпечує гнучкими інструментами користувачів безпілотних авіаційних систем для створення індивідуальних рішень та обміну технологіями. PX4 є частиною некомерційної організації Dronocode, яка керується LinuxFoundation [1].

Симулятори, які підтримуються програмним комплексом PX4, дозволяють керувати змодельованим транспортним засобом у симульованому середовищі. Користувач може взаємодіяти із змодельованим транспортним засобом як із справжнім, використовуючи додаткові продукти Dronocode, наприклад QGroundControl.

PX4 підтримує різні види симуляції, як наприклад SoftwareIntheLoop (SITL) або HardwareIntheLoop (HITL). Програмне моделювання (SITL) дозволяє симулювати польотний стек на комп'ютері, або на додатковому комп'ютері в той саме мережі. Апаратне моделювання (HITL) використовує вбудоване програмне забезпечення на реальній платі контролера польоту.

Програмні симулятори, які рекомендовані розробником:

- Gazebo – це набір бібліотек програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом, призначений для спрощення розробки високопродуктивних програм. Цей симулятор надає реалістичне віртуальне середовище для розробки та тестування робото-технічних рішень перед їхнім впровадженням в реальному світі. Gazebo встановлюється за замовчуванням в Ubuntu 22.04. Підтримувані транспортні засоби: квадроцикл, стандартний вертикальний зліт та посадка (VTOL), літак.[2].

- Gazebo Classic – попередня версія симулятора, яка встановлюється в Ubuntu Linux 20.04. Симулятор також можна використовувати з HITL та для моделювання кількох транспортних засобів. Підтримувані транспортні засоби: Quad (Iris, Hex (Turboon H480), стандартний вертикальний зліт та посадка (VTOL), літак, всюдихід, підводний човен.

- jMAVSim – це простий симулятор який використовує програмний комплекс PX4, для симуляції керування БАС типу коптер. jMAVSim достатньо легко встановлюється та налаштовується, дозволяє перевіряти, чи може БАС злітати, літати, приземлятися належним чином, реагувати на різні умови, наприклад, збій GPS. JMAVSim також може використовуватися для апаратного моделювання (HITL).

Переважна більшість симуляторів взаємодіють з програмним комплексом PX4 через API Simulator MAVLink. Цей інтерфейс визначає набір повідомлень MAVLink, які надають данні від сенсорів з симульованого середовища в PX4, та повертають польотні данні, які були застосовані в симульованому БПЛА. Повідомлення типу HIL_SENSOR, HIL_GPS, HIL_OPTICAL_FLOW та інші описані в специфікації протокола MAVLink [3].

Для зв'язку з наземними станціями, такими як QGroundControl, та з програмними симуляторами, через протокол MAVLink, PX4 використовує загальновідомі порти UDP. Порт UDP 14550 використовується для комунікації з наземними станція, а порт UDP 14540 – для зв'язку з програмними симуляторами.

Весь комплекс зазначених програм було встановлено на базі Ubuntu 22.04. Послідовність команд в терміналі та етапи розгортки системи детально прописано на сайті розробника [4]. Налаштування місії, встановлення початкової та кінцевої точки польоту відбувається за допомогою наземної контрольної станції QGroundControl. Виконання місії візуалізується в симуляторі jMAVSim (рис.1).

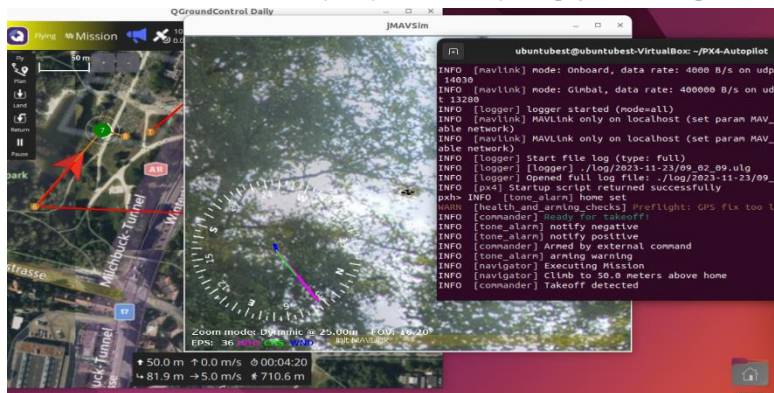


Рис.1 Візуалізація виконання місії в симуляторі jMAVSim

Використання програмного симулятора PX4 надає операторам БАС можливості оцінки функціональних можливостей програмного забезпечення контролерів польоту БАС перед виконанням реальних польотних місій з відпрацюванням ситуацій пов'язаних з набуттям навичок керування БАС та ситуацій пов'язаних з ризиком втрати керування БАС під час польотів.

Список літератури

1. PX4. Software overview. URL: <https://px4.io/software/software-overview/>
2. Gazebo classic. URL: <https://classic.gazebosim.org/>

3. Mavlink. URL: https://mavlink.io/en/messages/common.html#HIL_SENSOR

4. PX4. Ubuntu Development Environment. URL: https://docs.px4.io/main/en/dev_setup/dev_env_linux_ubuntu.html

Ishchenko O.M., PhD student
Konin V.V., DScTech., professor
National Aviation University, Kyiv

SENSITIVITY OF THE DEPTH OF SPOOFING SUPPRESSION IN THE TWO-ELEMENT CRPA TO THE DIRECTION OF ITS ARRIVAL

The effect of changing the direction of arrival of a false signal such as spoofing on its suppression by a two-element antenna array with a controlled radiation pattern array (CRPA) is considered.

Two-element CRPA is considered in [1]. It is shown, that when the weight coefficients are accurately determined, the suppression of spoofing is practically zero (the calculated value is close to -300 dB). When installing CRPA on a dynamic object, the antenna detects the direction of arrival of spoofing, the navigation receiver captures and tracks the signal, calculates the weighting coefficients and suppresses the false signal. Since moving an object changes the direction of spoofing, it is necessary to continuously recalculate the weighting coefficients. An urgent question is how much the direction of arrival of a false signal can change with constant weight coefficients.

We applied the following research method to obtain preliminary results. For a given direction of arrival, weighting coefficients were calculated, the CRPA radiation pattern was obtained, and the suppression value was recorded. Then, without changing the values of the weighting coefficients, the direction of arrival was changed within one degree at the elevation and azimuth angles and the amount of spoofing suppression was determined. The magnitude of changes within one degree is due to the need to form weighting coefficients with eight-bit binary numbers within 360 degrees.

Figures 1,2,3,4,5 show the characteristics of the CRPA, which provides suppression of spoofing during navigation using GPS and GLONASS systems. Experimental data from 19 navigation satellites (10 GPS, 9 GLONASS) were used in the modeling.

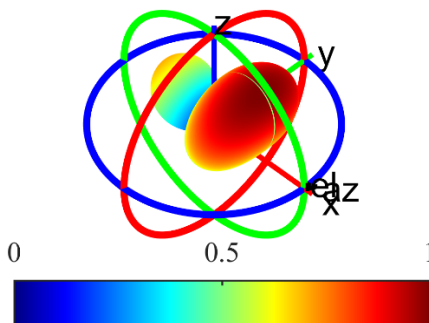


Fig.1. Radiation pattern of the CRPA

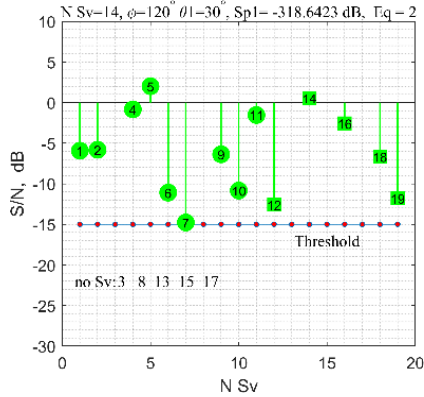


Fig. 2. Satellites remaining to solve the navigation problem

$N_{Sv}=14, \phi=120^\circ, \theta=60^\circ, Sp1=-318.6423 \text{ dB}, E_q=2$

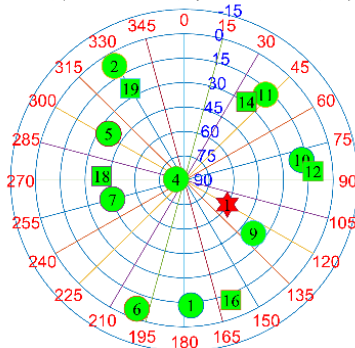


Fig. 3. Visible satellites in the coordinates of the navigation receiver

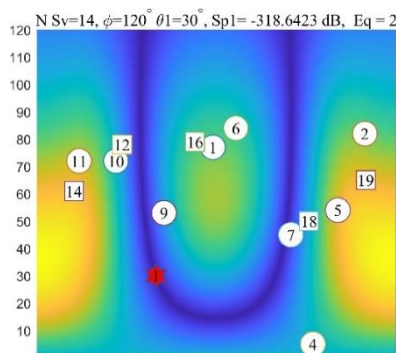


Fig. 4. Radiation pattern in Cartesian coordinates

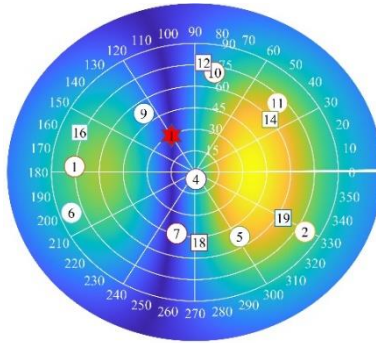


Fig. 5. Radiation pattern in polar coordinates

For the given direction of arrival spoofing, the weighting coefficients have the following values:

$$A1 = 0.470553966254967, + 0.186283470332550i;$$

$$A2 = -0.201009595358004, - 0.464454205548222i.$$

After A1, A2 were recorded, the directions of spoofing arrival were changed and the suppression depth was calculated. The results are shown in the Table 1.

Table 1.

Directions of arrival and depth of spoofing suppression

ϕ \ θ	120°	119°	121°	122°	123°
30°	-318.64	-31.89	-31.97		
29°	-31.85	-25.96	-59.78		
31°	-32.02	59.86	-25.87		-19.85
32°				-19.81	-17.85
33°					-16.26

The results obtained show that the two-element CRPA is sensitive to changes in the direction of arrival of interference and requires monitoring this direction, at least within less than one degree. Otherwise, the depth of suppression is significantly reduced.

References

1. V. Konin, Y. Averyanova and O. Ishchenko, "Virtual Radiation Pattern of a Digital Antenna Array for Satellite Navigation", Proc. 2023 IEEE Sixth International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), Ukraine, 2023.

Іваницький М.С., студент
Наук. керівник **Знаковська Є.А.**, к.т.н., доц.
Наук. керівник **Авер'янова Ю.А.**, д.т.н., проф.
Національний авіаційний університет, м. Київ

РИЗИКИ ТА ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ПОЛЬОТІВ У ВІЙСЬКОВОМУ КОНТЕКСТІ.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), відомі як дрони, стали невід'ємною частиною військових операцій, виконуючи ключові ролі в розвідці, спостереженні та різних місіях. Хоча ці «іграшки» пропонують стратегічні в плані технічного потенціалу переваги та ефективного виконання завдання, проте вони можуть підпадати під кібератаку (викрадання даних про місцезнаходження бази операторів), перехоплення безпілотника та також ставити військовій операції на ризик. В цій статті розглянуто ризики, пов'язані з захистом БПЛА, його слабкі програмні та технічні неполадки та запропоновано заходи безпеки для зменшення цих провалів.

Основним впливом на літальний апарат та на базу даних, в якій будується маршрут виконання місії, метеодані та аналіз польоту є кіберзагрози й вплив у інформацію. Несанкціонований доступ до даних БПЛА може призвести до витоку конфіденційної інформації, що загрожуватиме військовому розвідуванню. Це ставить під загрозу не тільки місію, яку виконують, а все, що встигли накопити за час аналізу та розвідки тих чи інших служб.

Це відбувається завдяки імітації та перешкодженню GPS [1]. Всі мають доступ до хвилі, які є в просторі. Так, військові використовують свою межу частот та шифрують їх для того, щоб противники або прості користувачі не мали доступу до цінних даних. Противники можуть намагатися маніпулювати навігацією БПЛА шляхом імітації сигналів GPS або перешкодження їх передачі. Завдяки цьому, можна перехопити безпілотник та використати його та дані, взяті з датчиків для своїх цілей.

Які заходи можуть бути використані для безпеки польотів та якісного використання БПЛА військовими?

По-перше, впровадження нових та сучасних протоколів кібербезпеки, включаючи шифрування та системи виявлення вторгнень, для захисту каналів зв'язку та управління й використання безпечних засобів зберігання даних, контролю доступу та шифрування для захисту інформації, створеної БПЛА, від несанкціонованого доступу.

По-друге, впровадження антиспуфінгових технологій та використання альтернативних методів навігації для протидії втручанню в сигнали GPS [2]. Крім того, слід не забувати, що дрон можна перехопити в польоті, підбити або на землі його викинути. Тому треба прописати технічно, щоб дані не мали попасти в руки противнику.

Використовуючи ці заходи, можна ефективно та безперешкодно виконувати місію. Важливим моментом є чіткий алгоритм роботи баз безпеки з даними, що

оперує БПЛА та оператор, що ними керує. Також необхідно мати на увазі, що дані не мають висвітлюватися у відкритому доступі, бо їх можна перехопити та використати у своїх цілях.

Список літератури

1. The Application of Unmanned Aerial Systems In Surface Transportation - Volume II-F: Drone Cyber Security: Assurance Methods and Standards. December 2019.
2. Aircraft Antenna Array for Spoofing Suppression from Upper and Lower Hemispheres Konin, V., Averyanova, Y., Ishchenko, O. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week, UkrMW 2022 - Proceedings, 2022, pp. 596–599

УДК 629,7

Михайлюк А.А.

Науковий верівник – Погурельський О.С.

Національний авіаційний університет, м. Київ

BEIDOU ЯК НАЙЕФЕКТИВНІША СУПУТНИКОВА СИСТЕМА

Період XX – XXI віків вважається початком епохи впровадження та застосування супутникової радіонавігації. Вона має міліметрову точність на глобальному рівні. Особлива роль відводиться навігації, управлінню та контролю авіаційних морських та наземних засобів, адже це надмасштабні системи обслуговування.

Сьогодні буде йти річ про BEIDOU та як відрізняється покриття її супутниками в різних частинах землі. Ця система офіційна в складі ІКАО (спеціалізована установа ООН), що відіграє важливу роль міжнародній авіації. Ціль створення – це посилення всесвітнього співробітництва для спільного використання результатів розвитку в галузі супутникової навігації.

Геостационарні супутники – рух у них не відбувається, тож зона покриття є значно більшою. Вона розташовані навколо всієї земної орбіти. У рамках вивчення дисципліни Основи радіонавігації та телекомунікацій з Погурельський Олександром Сергійовичем ми завантажували програму Satellite Simulation. Вона має в собі завантажені базові супутники, проте щоб отримати саме BEIDOU, треба було ще додатковий файл.

Розглянемо наступні малюнки:

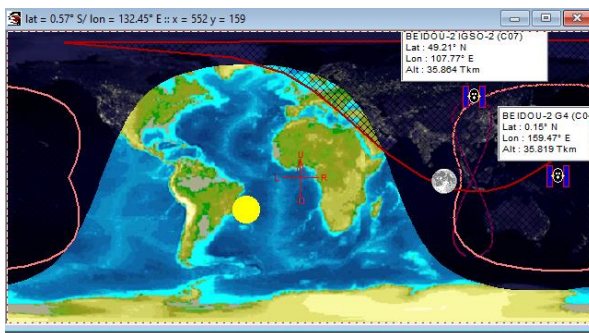


Рис. 1.

На першому ми можемо побачити місцезрештування супутника.

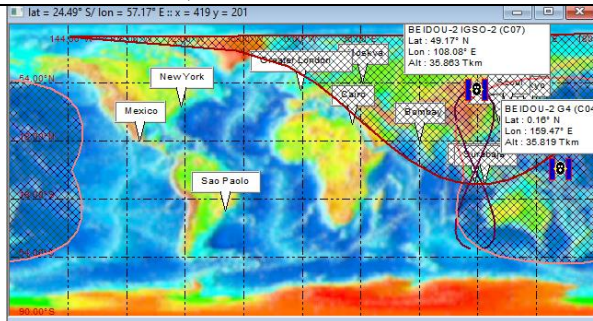


Рис. 2.

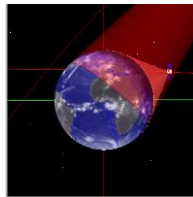


Рис. 3.

На другому та третьому – зону покриття, яку він охоплює. Отримуючи додаткову інформацію від геостаціонарних супутників ми будемо мати дуже якісну загальну інформацію, з мінімальними похибками. Це особливість китайської системи.

Тепер розглянемо gnsplanning. Завдяки цій програмі ми можемо спостерігати за супутниками з позиції людини. Наприклад, наше перше розташування буде в місті Київ.

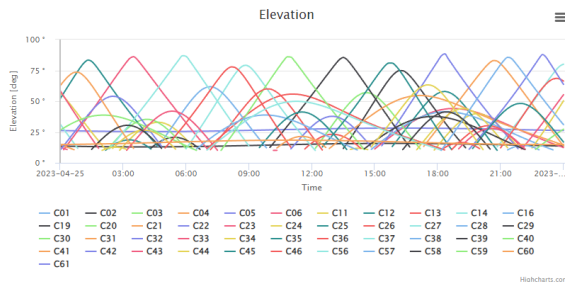


Рис. 4.

А друге розташування буде в Китаї.

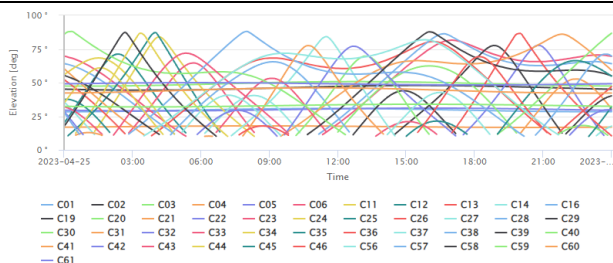


Рис. 5.

Бачимо, на скільки відрізняється діаграма. Кількість супутників – значно різна.

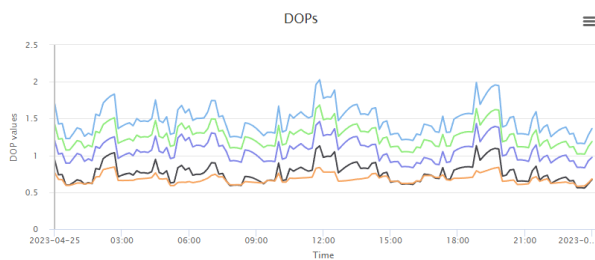


Рис. 6.

З малюнку ми можемо зробити висновок, що чим нижче висота, тим вище якість супутника.

Загальна думка про китайську супутникову система така, що це надякісний продукт, який є затребуваний. Підхід китайців такий складний до розробок не тільки через те, щоб покращити міжнародне співробітництво, а ще й для того, щоб вони могли реалізувати якісні умови в своєму регіоні. Це один з ключових технічних проєктів, який підтримує розвиток не тільки країні, а й світу загалом.

Список літератури

1. Програма для розгляду супутників у реальному часі. URL: <https://www.gnssplanning.com/#/charts>.
2. Beidou – китайська навігаційна система. URL: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/WhitePaper/201806/P020180608507822432019.pdf>

УДК 629.735.05:621.396.4(043.2)

Падун С.Ю., ст.гр 3646

Національний авіаційний університет, м. Київ

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ CNS/ATM

ICAO передбачає модернізацію систем. Відповідно до Глобального авіаційного плану (Doc 9750) передбачаються наступні дії:

Обслуговування ОВС (Забезпечення Повітряної Діяльності):

-Суворі стандартизація і нормування характеристик, процедур, служб і технічних засобів для забезпечення безпеки польотів.

-Розроблення та розгортання інструментів реалізації, зокрема ліній зв'язку на основі мультимедійних технологій, для підтримки служб ОВС.

Обслуговування, пов'язане з інформацією:

-Розвиток менш жорстких вимог до характеристик, процедур і технічних засобів для обслуговування інформації.

Наукові дослідження і розробки:

-Роботи в трьох галузях, де розробляються стандарти: аеропорти, SATCOM (спутниковий зв'язок) і наземна система.

Дослідження мовного зв'язку:

-Розгляд ролі мовного зв'язку в контексті довгострокової концепції, орієнтованої на обробку даних.

-Можливе створення нової системи цифрового мовного зв'язку для континентального повітряного простору.

Акцент на безпеці польотів:

-Регулювання радіозв'язку та розгляд певних інформаційних служб як служб, пов'язаних із забезпеченням безпеки польотів.

Три галузі наукових досліджень і розробок:

-Аеропорти (АероMACS).

-SATCOM (спутниковий зв'язок).

-Наземна система (L-DACS).

Дорожня карта 1 передбачає такі кроки та інструменти в рамках блоку 0:

Інструменти реалізації:

-ОВЧ-ACARS і VDL режиму 2/ATN у континентальних районах;

-SATCOM ACARS буде продовжувати використовуватися в океанічних і віддалених районах.

Дорожня карта 1. Терміни, передбачені блоками 1 і 2

Інструменти реалізації:

-Використання наявних технічних засобів у континентальних районах

-Перехід до нових технологій в умовах аеропортів і виробництва польотів;

-Прогресивне зняття ОВЧ-ACARS з експлуатації;

-Адаптація мережі авіаційного електрозв'язку до нових широкосмугових супутникових систем.

УДК 351.814.3-043.86

Маршалок Д.О., аспірант.
Луцко О.Є., к.пед.н., доц. доц. кафедри АНС
Національний авіаційний університет, м. Київ

АЛГОРИТМ ВИРІШЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ УПРАВЛІННІ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ТОЧКОВОГО ЗЛИТТЯ

У сфері авіації, що щороку стрімко розвивається, потреба в надійному вирішенні надзвичайних ситуацій в управлінні повітряним рухом є завжди гострою. Оскільки традиційні методи виявляються недостатніми для вирішення зростаючих складностей авіаперевезень, було приділено особливу увагу плавній інтеграції системи Point Merge (PMS) для покращення процесу прийняття рішень та оптимізації реагування на надзвичайні ситуації, сприяючи створенню безпечного та більш адаптивного середовища повітряного руху. Це дослідження має на меті поєднати теоретичні досягнення з практичними застосуваннями, пропонуючи розуміння трансформаційного потенціалу PMS у формуванні стійкого управління повітряним рухом.

Метод злиття точок представляє новаторську зміну парадигми в управлінні повітряним рухом, спеціально розроблений для оптимізації злиття та розміщення літаків, що прибувають. За своєю суттю цей метод використовує вдосконалену автоматизацію та алгоритми для спрощення переходу від повітряного простору на маршруті до термінального, забезпечуючи ефективну послідовність, мінімізуючи затримки та підвищуючи загальну пропускну здатність повітряного простору. Система злиття точок використовує концепцію злиття на основі точок, коли літак дотримується визначених точок злиття, керуючись точними алгоритмами послідовності прибуття. Шляхом динамічного коригування швидкості літака та маршрутів на основі даних у реальному часі, метод злиття точок сприяє більш плавним переходам, зменшує навантаження на диспетчера та сприяє більш плавному та передбачуваному потоку повітряного руху. Цей інноваційний підхід не тільки вирішує проблеми збільшення обсягу повітряного руху, але й узгоджується з ширшою галузевою метою підвищення безпеки, пунктуальності та загальної ефективності управління повітряним рухом.

Хоча метод об'єднання точок пропонує значні успіхи в оптимізації потоку повітряного руху, не можна ігнорувати можливість виникнення надзвичайних ситуацій під час його використання. Сценарії надзвичайних ситуацій, починаючи від раптової несправності літака і закінчуючи непередбачуваними погодними явищами, вимагають надійної реакції в рамках структурованої PMS. Алгоритмічна точність, яка визначає метод об'єднання точок, повинна інтегрувати адаптивні механізми для швидкого й ефективного вирішення непередбачених проблем.

Створення алгоритму вирішення надзвичайних ситуацій у рамках методу Point Merge передбачає врахування кількох критичних критеріїв для забезпечення його ефективності та надійності. Ці критерії охоплюють як технічні аспекти алгоритму, так і ширший контекст операцій управління повітряним рухом.

На рис. 1 зображено синергію критеріїв, які застосовуються в процесі створення алгоритму.

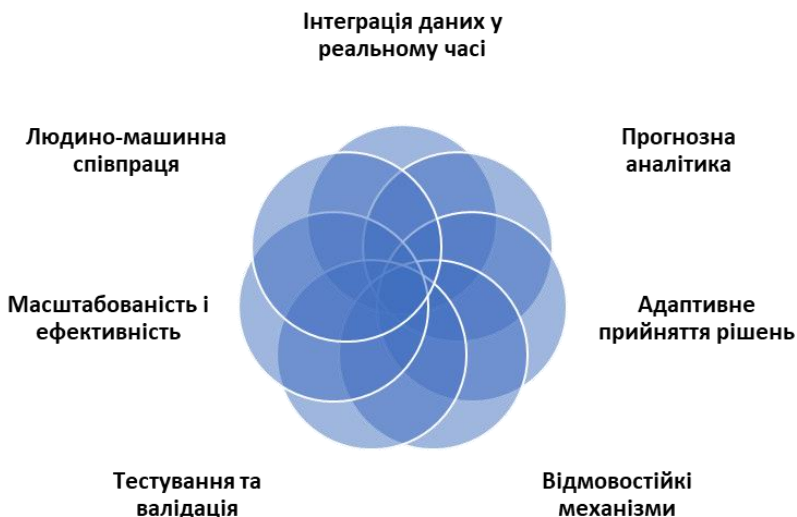


Рис. 1 Ключові критерії в процесі створення алгоритму

Після встановлення критеріїв для створення алгоритму наступний етап передбачає систематичну розробку та процеси перевірки. Для створення алгоритму необхідна співпраця між експертами з авіації, науки про дані та алгоритмічного проектування, щоб забезпечити комплексне та ефективне рішення. На рисунку №2 продемонстровано етапи життя алгоритму в контексті його створення, вдосконалення, використання та можливого вилучення створення алгоритму, який включає ітераційні елементи.

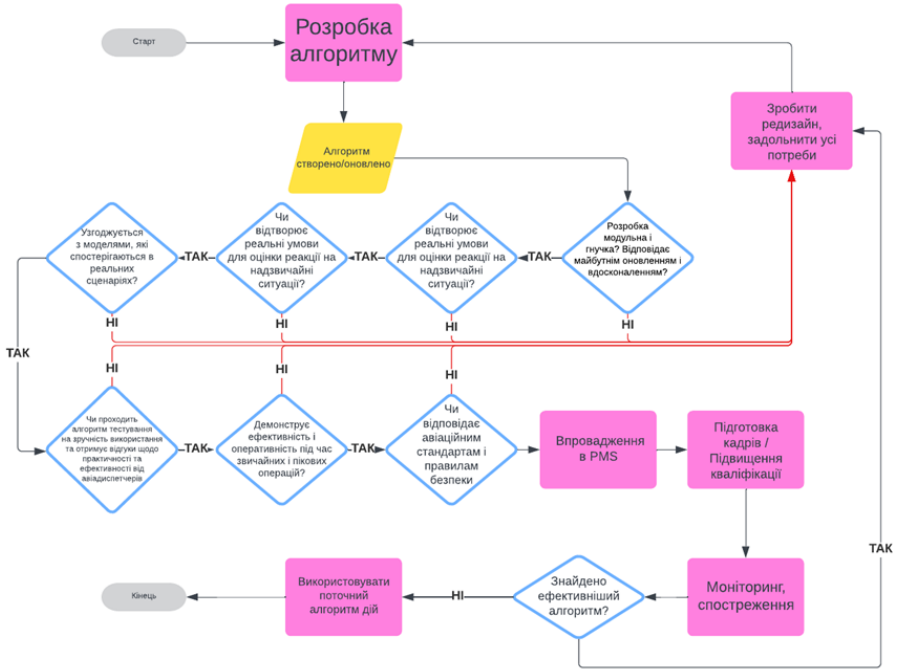


Рис. 2 Життєвий цикл алгоритму

Оскільки такий алгоритм вирішення надзвичайних ситуацій у рамках PMS може бути реалізовано та інтегровано в системи УПР, необхідно сформулювати основні елементи моніторингу і вдосконалення, які стану невід’ємними компонентами його життєвого циклу.

Оперативний моніторинг - Аналіз даних у реальному часі, оцінку часу відгуку та підтвердження того, що алгоритм узгоджується з очікуваними результатами в звичайних і екстрених ситуаціях.

Механізми зворотного зв'язку - Створення циклів зворотного зв'язку з авіадиспетчерами, системними операторами та зацікавленими сторонами дозволяє збирати цінну інформацію.

Адаптивне навчання - Включення механізмів адаптивного навчання в алгоритм полегшує його еволюцію та вдосконалення з часом.

Аналіз інцидентів та звітування - Визначає області вдосконалення та інформує про майбутні оновлення для підвищення загальної стійкості системи.

Співпраця з галузевими стандартами - Гарантія, що алгоритм залишається попереду в технологічних досягненнях і відповідності нормативним вимогам.

Кібербезпека та цілісність системи - Регулярні перевірки безпеки та оновлення зменшують потенційну вразливість, забезпечуючи цілісність інфраструктури управління повітряним рухом

Навчання та обізнаність - Навчальні кампанії як гарантія, що зацікавлені сторони розуміють можливості, обмеження та найкращі практики алгоритму для оптимального використання

Дослідження та інновації - Участь у дослідженнях вивчає нові технології та підходи, покращуючи продуктивність і сприяючи вдосконаленню управління повітряним рухом

Алгоритми вирішення надзвичайних ситуацій у рамках PMS не тільки концептуалізовані, але й ретельно перевірені, точні та бездоганно інтегровані у системи управління повітряним рухом. Цей комплексний підхід спрямований на підвищення безпеки, ефективності та оперативності в динамічному авіаційному ландшафті. Застосування підходу життєвого циклу, включаючи безперервний моніторинг, адаптивне навчання та співпрацю, гарантує, що алгоритм залишається динамічним та розвивається рішенням, що відповідає вимогам авіаційного ландшафту, що постійно змінюється.

DC: 629.7.07(043.2)

Kichanova D., student
Shmelova T., Dr.Sc., Prof.
National Aviation University, Kyiv

DECISION MAKING IN EMERGENCY DESCENT

Introduction. As frequent studies say, the main reason for most of the accidents is human factors. Personnel is trained at an efficient level to become professionals; aviation security organizations provide a proactive way of preventing aviation events. In order to prevent or predict accidents, such a concept as Collaborative Decision making (CDM) is implemented. In such a way personnel from different spheres can evaluate and analyze different possible outcomes and obtain optimal decisions. It's vitally important to collaborate in a broader context and on various sides [1; 2].

Decision-making (DM) by air traffic control operator (ATCO) in emergency situation under certainty. The analysis of actions by the air traffic controller in the event of emergency descent and the construction of a deterministic model in the form of a network graph (Table 1., Fig.1) are carried out in accordance with the technology of actions of an air traffic service specialist using the principles of *ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time)* [3].

Table 1

Technology of the work of ATCO during emergency descent

1	Acknowledge emergency descent	A ₁
2	Take all necessary actions to safeguard all aircraft concerned	A ₂
3	Separate the aircraft from other traffic	A ₃
4	Suggest a heading	A ₄
5	Silence the non-urgent calls	A ₅
6	State the minimum altitude	A ₆
7	Inform other aircraft	A ₇
8	Request intentions about diversions	A ₈
9	Give time to pilot to make a decision	A ₉
10	Consider aircraft still to be in an emergency situation	A ₁₀

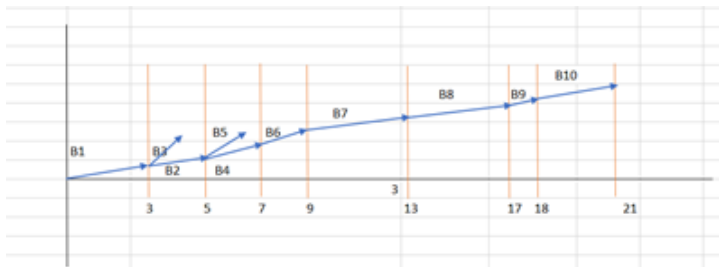


Fig 1. The network graph of executing of ASSIST actions during emergency descent.

Decision making by a pilot in emergency situation under uncertainty. There are various factors that impact the decision made by a pilot. Among them there are:

F₁ – cabin pressurization issues

F₂ – engine failure

F₃ – fire onboard

F₄ – structural damage

F₅ – medical emergency

F₆ – fuel emergency

F₇ – security threats

F₈ – weather conditions

F₉ – fuel dumping

It's important to clarify that pilots don't make spontaneous decisions to descend in emergency situations. They assess the circumstances and adhere to established protocols outlined in their aircraft's manual and regulations. After the pilot found a cause for emergency descent, ATCO creates the optimal conditions for pilot to conduct the descent. The algorithm of ATCO actions during emergency descent is shown below (Fig,2):

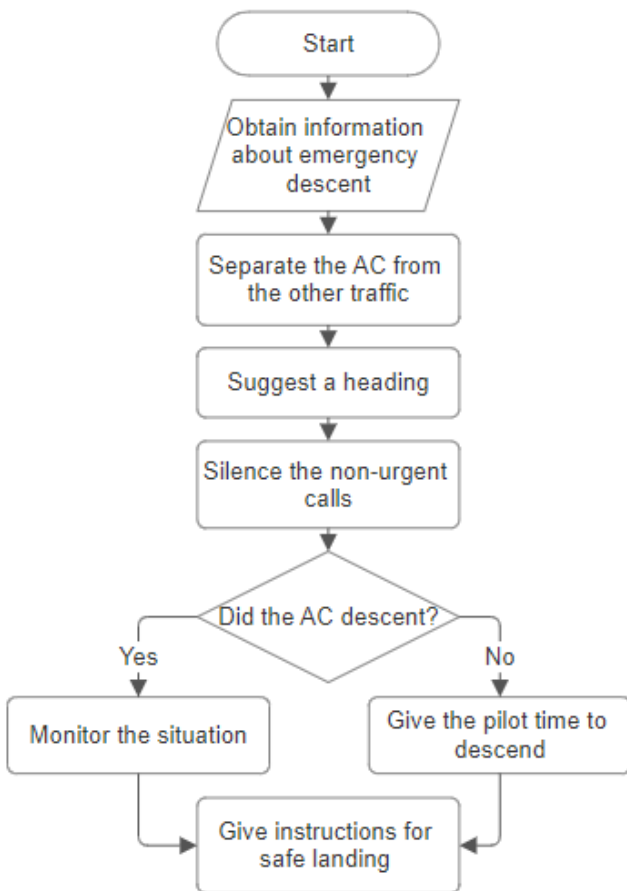


Fig 2. Block-scheme of algorithm of DM in emergency

Example of collaborative decision making under the uncertainty. All decisions for each operator with the help of the criteria of Wald, Laplace, Hurwicz (Table 2 and Table 3). Main characteristics of situation.

- 1) Route: Kharkiv – Mykolayv
- 2) Aircraft – Airbus 319
- 3) Alternate aerodrome – Poltava, Dnipro, Kryvyi Rig.
- 4) Emergency - emergency landing caused by medical condition of the passenger

Factors:

f_1 – Availability of fuel on board;

f_2 – Remoteness;

f_3 – Technical characteristics of RWY;

f_4 – Weather conditions;

f_5 – Light system;

f_6 – Approach system;

f_7 – Navigation system approach;

f_8 – Characteristics of the apron, taxiway;

Table 2

Matrix of DM in uncertainty during emergency descent for pilot

The matrix 1		Factors, influencing on DM pilot								Calculations			
Alternative {A}		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	W	L	H, $\alpha=0,5$	S
Departure	Kharkiv (A_1)	3	1	7	3	8	7	8	7	1	5,5	4,5	6
Destination	Mykolaiv (A_2)	4	1	5	6	7	8	7	7	1	5,6	4,5	9
Alternate aerodromes	Poltava (A_3)	8	6	7	8	9	8	7	7	6	7,5	7,5	4
	Dnipro (A_4)	5	7	7	4	8	7	7	7	4	6,5	6	3
	Kyryvi Rig (A_5)	5	1	6	4	7	6	8	7	1	5,5	4,5	6

Optimal decisions for pilot with the help of the criteria of Wald, Laplace, Hurwicz. - Poltava (A_3), and for Savage criteria - Dnipro (A_4).

Table 3

Matrix of DM in uncertainty during emergency descent for ATC

The matrix 2		Factors, influencing on DM of ATCO								Calculations			
Set of alternative decisions {A}		f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	W	L	H, $\alpha=0,5$	S
Departure	Kharkiv (A_1)	4	9	9	10	9	10	10	7	4	8,5	7	7
Destination	Mykolaiv (A_2)	10	1	9	3	8	8	8	8	1	6,9	5,5	9
Alternate	Poltava (A_3)	10	6	7	8	9	8	7	8	6	7,9	8	6

aerodromes	<i>Dnipro (A₄)</i>	4	8	1 0	1 0	6	8	6	5	4	7, 1	7	5
	<i>Kryvyi Rig (A₅)</i>	8	4	1 0	1 0	7	7	4	8	4	7, 3	7	6

Optimal decisions for ATCO with the help of the criteria of Wald, Hurwicz. - Poltava (A₃)), for Laplace criteria - Kharkiv (A₁), and for Savage criteria - Dnipro (A₄).

Collective solutions - CDM. To determine the consistency of the operators, it is necessary to build collective matrices, in which the factors influencing the DM are the previous opinions of the operators.

Collective solutions - CDM. To determine the CDM models in an emergency, it is necessary to build collective DM matrices, in which the factors affecting the DM are the previous opinions of the operators.

In the example, decision matrices are built for two operators (pilot and dispatcher). To obtain joint solutions (CDM), it is necessary to invite participants, according to the type of situation (engineer, flight dispatcher, ground services). For example, in the emergency "incapacitation of the pilot in take-of flight", participants who are related to medicine were invited [4].

Conclusion

Overall, emergency descents, a critical procedure in aviation, address immediate in-flight emergencies stemming from factors such as loss of cabin pressure, fire, engine failure, medical emergencies, and more. Using the ASSIST principles ATCOs follow a technology-assisted model to ensure the safe execution of emergency procedures as under both certainty and uncertainty considering all the factors that can impact the emergency descent.

References

1. Airport CDM Implementation: Manual. Belgium, Brussels: EUROCONTROL, 2017. 363 p.
2. ASSIST Skybrary, 2023 – UTL: <https://skybrary.aero/articles/guidelines-dealing-unusualemergency-situations-atc>
3. Collaborative-Factor Models of Decision-Making by Operators of the Air Navigation System in Conflict or Emergency Situations /Shmelova, T., Yatsko, M., Sikirda, Y.// Communications in Computer and Information Science, 2022, 1635 Springer, CCIS, pp. 391–409 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-14841-5_26
4. Collaborative Decision Making (CDM) in Emergency Caused by Captain Incapacitation: Deterministic and Stochastic Modelling Proceeding International Journal of Decision Support Systems and Technologies (IJDSST), Tetiana Shmelova, Maxim Yatsko, Iurii Sierostanov (USA) <https://www.igi-global.com/journal/international-journal-decision-support-system/1120>, DOI: 10.4018/IJDSST.320477, 2023, 15(1).

УДК: 629.7.07(043.2)

Мар'єнков І.С., магістр
Шмельова Т.Ф., д.т.н., професор.
Національний авіаційний університет, м. Київ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СППР. СПІЛЬНІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ВІДМОВА ШАСІ»

Згідно зі статистикою Boeing (рис. 1) відносна частота аварій зі смертельними наслідками та загиблих на борту за 2009-2018 роки має наступний розподіл [1]:

- на етап посадки (Landing) припадає 24% інцидентів;
- на етапи зльоту (Take off) – 6%, підходу (Final approach) – 25%;
- на початковий етап набору висоти (Initial climb) – 6%.

Доцільно, також, звернути увагу на статистичні дані IATA за 2005-2022 [2] щодо кількості інцидентів в залежності від етапу польоту (рис 2):

- на етап посадки припадає 724 інцидентів,
- на етап зльоту – 116 інцидентів,
- на етап підходу – 111 інцидентів,
- початковий етап набору висоти – 84 інцидентів.

Таким чином, можна побачити великий розрив в кількості інцидентів, які відбуваються на етапі посадки, від кількості інцидентів на інших етапах.

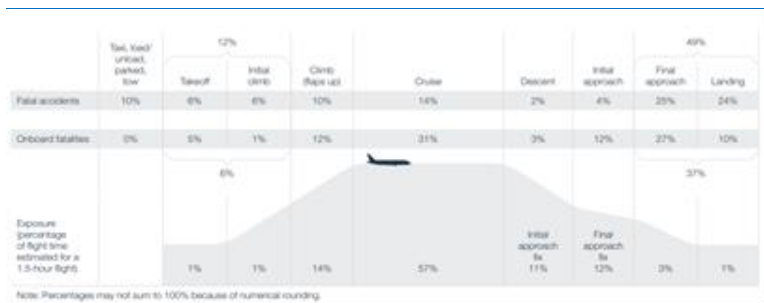


Рис. 1 Відсоток аварій зі смертельними наслідками та загиблих на борту з 2009 по 2018 роки [1]

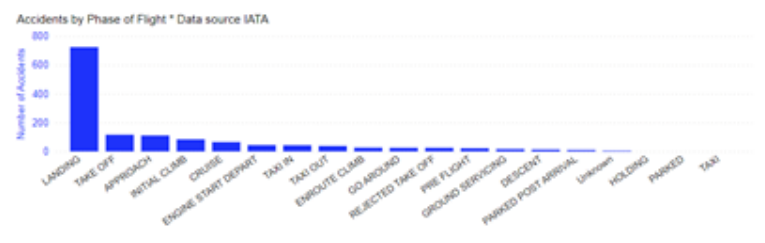


Рис. 2 Кількість інцидентів в залежності від етапу польоту [2]

Спираючись на дані FAA, які були взяті з аналізу авіаційних інцидентів за 1984-2004 роки, виходить, що проблеми з шасі були основною причиною інцидентів як в одномоторних, так і в багатомоторних літаках та склали 48,3% від всіх причин, 11% інцидентів припадає на проблеми з поршневим двигуном, 7.6% на проблеми з електрикою, 6.5% на паливо [3; 4]. Детальний розподіл причин зображений на рисунку 3.



Рис. 3 Розподіл причин інцидентів [3; 4]

Як відомо, вибір оптимального рішення для завершення польоту в позаштатних ситуаціях, які вимагають високого рівня професійної компетентності, вимагає від оператора аналізу значних обсягів різноманітної інформації [5].

Для повного врахування факторів, що впливають на формування авіадиспетчером ключових рішень, необхідно розробити адаптивну систему підтримки прийняття рішень, яка дозволить враховувати динамічні характеристики стану повітряного судна (ПС) та зовнішнього середовища - характеристики зони управління повітряного руху (УПР). Основні компоненти системи підтримки прийняття рішень (СППР) наводяться на рис. 4.

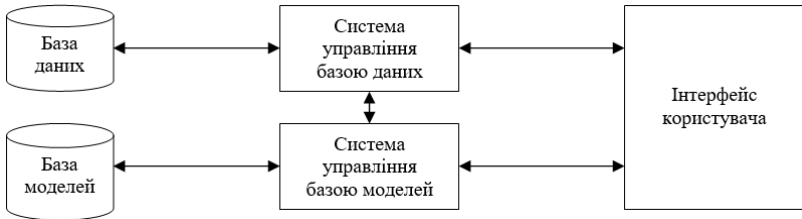


Рис. 4. Основні компоненти СППР

База даних СППР авіаційного диспетчера включає інформацію щодо тактико-технічних характеристик повітряних суден, планової інформації щодо руху та характеристик аеродромів. База даних, також, містить дані про критичний час для вирішення особливих ситуацій в польоті відповідно до технологічних карт та положень ASSIST (Acknowledge, Separate, Silence, Inform, Support, Time) [5]. База моделей включає детерміновані моделі для ПР з використанням як детермінованого, так і стохастичного часу для виконання операційних процедур. Також в базу моделей входять моделі розвитку особливих ситуацій в польоті (від звичайних умов до кризових ситуацій) та моделі для їх вирішення.

Під час розробки СППР однією з задач є створення бази моделей для оптимізації прийняття рішень (ПР) в аварійній ситуації [5]. Побудовано детерміновані моделі ПР оператором-диспетчером УПР в умовах визначеності в надзвичайній ситуації «Проблеми з шасі» під час зльоту [6]. У забезпеченні безпеки польотів важливо організувати оперативне спільне прийняття рішень (collaborative decision-making – CDM) між операторами, що задіяні у ПР, а саме екіпажем ПС, диспетчером УПР та іншими учасниками [7]. Для оптимізації сумісного прийняття рішень (CDM) розроблені моделі ПР в умовах стохастичної і нестохастичної невизначеності [8].

В умовах ризику для ПР і прогнозування розвитку подальшої ситуації послідовність дій оператора-диспетчера УПР модель ПР в умовах стохастичної невизначеності відображена у вигляді дерева рішень, що надає можливість провести структурний аналіз даної проблеми. Дерево рішень у разі проблеми з шасі під час зльоту представлено на рис. 5.

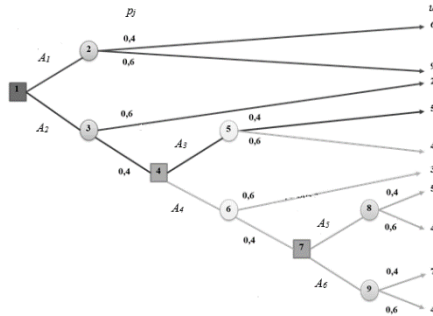


Рис.5 Дерево рішень аварійної ситуації «Відмова шасі»

Сформовані вхідні дані для подальшого розв'язку завдання відповідно до рекомендацій ASSIST [9]:

p_1 – ймовірність того, що посадка пройде успішно;

p_2 – ймовірність розвитку ситуації у разі аварійної посадки;

$\{U\}$ – втрати, яких зазнає оператор у результаті певних дій (множина);

$\{R\}$ – очікувані ризики (множина);

$\{A\}$ – оптимальні альтернативні рішення для оператора в даному особливому випадку в польоті (множина).

Для моделювання ПР оператором-диспетчером УПП в особливому випадку в польоті «Проблема з шасі» обрані наступні дані:

1) Альтернативні рішення:

A_1 – продовження польоту до запасного аеродрому;

A_2 – посадка на аеродромі вильоту;

A_3 – злив пального; A_4 – без зливу пального; A_5 – політ до зони очікування зі зливом пального; A_6 – негайна аварійна посадка.

2) Етапи прийняття рішення: перший етап (вершина 1) - вибір між запасним або аеродромом вильоту; другий етап (вершина 4) - вибір між зливанням або не зливанням пального; третій етап (вершина 7) - вибір між польотом до зони очікування зі зливом пального або негайною аварійною посадкою (рис.5).

3) Результати u_{ij} і ймовірності p_j розвитку ситуації для кожного ПР: $p_1=0,4$ – нормальна посадка; $p_2=0,6$ – складна посадка.

За допомогою моделювання ПР в аварійній ситуації «Відмова шасі» для оператора-диспетчера УПП згідно з рекомендаціями ASSIST за критерієм очікуваного значення отримано наступне оптимальне рішення:

$R_{78} < R_{79}$, тому $A_5 = R_{78} = 4,4$; $R_{45} < R_{46}$, тому $A_3 = R_{45} = 4,4$; $R_{12} > R_{13}$, тому $A_2 = R_{13} = 7,2$

$R_{min} = 7,2$ у.о. - посадка на аеродромі вильоту зі зливом пального.

В наступному дослідженні було розглянуте моделювання спільного прийняття рішень (СПР) на прикладі аварійної ситуації «відмова шасі на зльоті» [10]. У СПР приймали участь пілот, авіадиспетчер, наземні (аварійні) служби).

Обрані конкретні типи літаків. Відповідно до QRH літаків Boeing 737-400, Boeing 747-800, Boeing 747-400 та Іл-76Т повернення на аеродром вильоту не є обов'язковим [11]. Розрахунки СПР (Boeing 737-400) показали, що рішенням пілота в аварійній ситуації «Відмова шасі» за критеріями Вальда і Гурвіца є посадка на запасний аеродром, після спалювання палива. Рішенням наземних служб отримано як посадка на запасний аеродром/аеродром призначення, авіадиспетчера – запасний аеродром/аеродром вильоту. Спільні рішення для учасників ситуації (пілот, авіадиспетчер, наземні (аварійні) служби) отримано за допомогою методу об'єктивно -суб'єктивних рішень, спільним рішенням стало: є посадка на запасний аеродром. Наукова робота була представлена на Міжнародному семінарі з інтелектуальних інформаційних технологій та систем інформаційної безпеки (IntelTISIS-2023) у Хмельницькому [11].

В майбутньому пропонується розробити інтелектуальну СППР авіадиспетчера для ПР в позаштатних ситуаціях, що потребують вимушеної посадки ПС для всіх можливих аварійних ситуацій, які можуть виникнути та різних етапах польоту із застосуванням модулю спільних рішень в процесі тренінгу CDM-E (Спільне прийняття рішень у навчанні).

Список літератури

1. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents [Electronic resource]. 2022. URL: https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf
2. IATA Safety report [Electronic resource]. 2022. URL: <https://www.iata.org/en/publications/safety-report/interactive-safety-report/>
3. Causal Factors for General Aviation Accidents/Incidents Between January 1984 and October 2004 [Electronic resource]. URL: <https://www.faa.gov/aircraft>
4. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations | 1959 – 2018 50th Edition [Electronic resource]. URL: https://www.faa.gov/data_research/aviation_data_statistics
5. Encyclopedia of Information Science and Technology, Fifth Edition Chapter 46: Applications of Decision Support Systems in Aviation /Tetiana Shmelova, Yuliya Sikirda– USA: IGI-Global Publ, 2021. – P 658-674
6. Мар'єнков І.С. Детермінована модель прийняття рішень оператором-диспетчером в умовах визначеності в надзвичайній ситуації «проблеми з шасі» під час зльоту / І.С. Мар'єнков, Т.Ф. Шмельова. – К.: НАУ, 2023. – 205 с.
7. Airport CDM Implementation: Manual. Belgium, Brussels: EUROCONTROL, 2017. 363 p.
8. Shmelova T., Yatsko M., Sikirda Yu. Collaborative-factor models of decision making by operators of the Air Navigation System in conflict or emergency situations. Communications in Computer and Information Science (CCIS), 2022. Vol. 1635. P. 391–409. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14841-5_26.

9. Landing Gear Problems: Guidance for Controllers [Electronic resource]. URL: <https://skybrary.aero/articles/landing-gear-problems-guidance-controllers>
10. Collaborative Decision-Making Models in Flight Emergency “Landing Gear Failure on Takeoff”. / Shmelova, T., Sikirda, Y., Yatsko, M., Marienkov, I., Sahun, Y. // CEUR Workshop Proceedings, 2023, 3373, pp. 15–33.
11. B737 Flight Crew Operations Manual (FCOM): Quick Reference Handbook (QRH), Boeing Company, Chicago, USA, 2018. URL: <http://www.737ng.co.uk/737NG%20POH.pdf>
12. Shmelova T., Sikirda Yu., Yatsko M., Marienkov I., Sahun Ye. Collaborative Decision-Making Models in Flight Emergency “Landing Gear Failure on Takeoff”. 4rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntellITSIS-2023) Khmelnytskyi, Ukraine, March 22–24, 2023

UDC 656.7.05; 351.814.2 (043.2)

Chynchenko Yu.V., cand. sc., associate professor,
Ukrainian State Air Traffic Service Enterprise (UkSATSE), Kyiv
Lysytsia I.E., student
National Aviation University, Kyiv

FREE ROUTE AIRSPACE IMPLEMENTATION AND ASSOCIATED SAFETY CONCERNS

Introduction

Free Route Airspace (FRA) is a contemporary concept in European aviation industry that allows aircraft to freely plan and fly the preferred routes, subject to certain restrictions, without being constrained by traditional fixed Air Traffic Services (ATS) route network or predefined routes along waypoints. The primary idea of FRA concept is to increase the efficiency and flexibility of the airspace and reduce operational costs for airlines (fuel consumption and flight trajectory reduction).

FRA makes possible for aircraft operators to plan their flexible routes (direct routes, DCT) through designated airspace without reference to fixed ATS routes or waypoints. This flexibility enables airlines to choose the most efficient and direct trajectories, leading to fuel savings and reduced flight times.

FRA projects are typically implemented in specific regions of national airspace (sometimes multinational projects possible) and limited by lateral and vertical boundaries. The appropriate ATS units are responsible for managing the FRA, providing separation between aircraft, and ensuring safety of flights. Aircraft operators shall submit flight plans (FPLs), and ATS units provide relevant clearances eligible to chosen DCTs.

FRA projects are typically introduced in specific areas or routes where it's practical (production goals) and safe (protection goals) to implement. As a management of change regulation process, the detailed safety analysis is an obligatory prerequisite prior any FRA project implementation to study and reveal all possible hazards and associated risks [1-4]. After the safety analysis, the airspace availability may also be subject to time-of-day restrictions or other operational considerations.

Due to high importance to development of national airspaces, the implementation of FRA involves collaboration between airspace authorities, air navigation service providers, and airline operators. It requires careful planning and coordination to ensure safety and efficiency.

Although FRA offers more routing flexibility, safety remains a paramount concern. Air traffic controllers and aircraft operators must work together to ensure that aircraft maintain appropriate separation and follow their planned routes to prevent potential conflict situations in controlled airspace [5].

To sum up, the FRA is a significant step toward modernizing and optimizing the use of national airspace, and it has the potential to bring several benefits to the aviation industry. It allows airlines to operate more efficiently and has the potential to reduce the environmental impact of aviation by decreasing fuel consumption and emissions.

But important thing is that its implementation requires careful planning and coordination to maintain the highest standards of safety.

FRA implementation in Ukraine

With the rapid growth of air travel, the traditional airway systems became increasingly congested, leading to inefficiencies, longer flight times, and increased fuel consumption. The need for a more flexible and efficient airspace management system became evident. The idea of FRA began to take shape in the late 20th century as aviation authorities and organizations recognized the need for more flexible routing options. Initial FRA implementations were developed in various regions, allowing for greater route flexibility within specified airspace boundaries.

In Europe, the Single European Sky ATM Research (SESAR) program and in the United States, the Next Generation Air Transportation System (NextGen) initiatives played pivotal roles in advancing the concept of Free Route Airspace. These programs aimed to modernize and optimize airspace management, reduce congestion, and improve the efficiency of air traffic flow.

The implementation of FRA continues to expand, contributing to increased efficiency and reduced environmental impact. Ukraine, as a member of Eurocontrol, is actively working on refining air navigation system regarding policy programs and operational concepts for improving air traffic management in the European Region.

With regard to Commission Regulation (EU) No. 677/2011 of 7 July 2011, the European Route Network Improvement Plan (ERNIP) and target task AOM21.2 «Free Route Airspace» of the «Local Single Sky Implementation» (LSSIP) document for Ukraine, main objectives are: increasing capacity in air traffic management system (ATM) in European region, increasing flight efficiency and improving environment on the basis of advanced operating concepts, such as FRA.

FRA Ukraine (FRAU) design task is to develop optimal trajectories within a defined significant entry/exit points to/from FRAU and intermediate significant points, ATS sectors determination for further developments of operational scenarios for FRAU with the help of operationally driven approach (Fig. 1) [6,7].

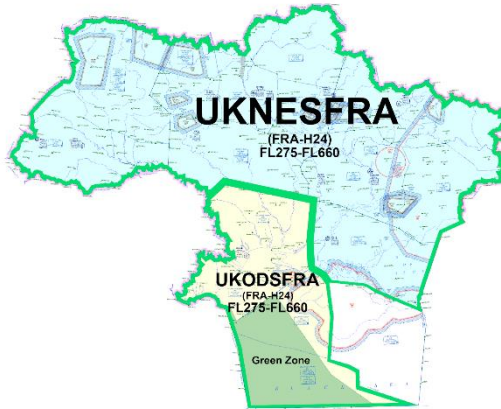


Fig. 1. FRA areas (Scenario 2a, Phase 2)

According to the concept, FRAU implementation is divided into two steps [6,7]:

Step 1:

- scenario 1a - FRA-Night within individual FRA areas defined by AIP of Ukraine;
- scenario 1b, phase 1 - FRA H24 within FRA Lviv (UTA Lviv);
- scenario 1b, phase 2 - cross-border FRA H24 within FRA KIDRO (UTA Kyiv, UTA Dnipro-North and UTA Dnipro-South (DVS sector))
- scenario 1b, phase 3 - FRA H24 within FRA Odesa (UTA Odesa-North).

Step 2:

- scenario 2a, phase 1 - implementation of cross-border FRA H24 within certain UKNESFRA covering UTA Kyiv, UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South (DVK Zone 1 only) and UTA Lviv;
- scenario 2a, phase 2 - implementation of FRA H24 within certain UKODSFRA covering UTA Odesa-North and UTA Odesa-South (only within the Green Zone);
- scenario 2a, phase 3 - implementation of cross-border FRA H24 procedures throughout UIR Kyiv - UKBUFRA covering UTA Kyiv, UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South, UTA Lviv, UTA Odesa-North and UTA Odesa-South.
- scenario 2.b - implementation of cross-border FRA H24 procedures within FIR and UFIR of Ukraine in ATS class C controlled airspace (excluding TMA and CTR) - UKRAINEFRA.

FRA associated safety concerns and their possible solutions

The implementation of FRA typically involves a phased approach and coordination with various stakeholders, including the national aviation authority, air navigation service providers, and airlines. When FRA is introduced in a specific region or airspace, it allows aircraft operators to plan their own preferred routes,

subject to certain restrictions, to optimize efficiency and reduce operational costs while maintaining safety.

Following a comprehensive safety assessment procedure in accordance with the EUROCONTROL methodology, a quantitative/qualitative risk assessment was carried out and it was determined [7]:

- potential hazards;
- hazard effects;
- safety objectives for each hazard;
- possible causes of hazards and failure modes;
- mitigation means;
- safety requirements.

The criteria for assessment are to mitigate risks while implementing changes in components of the air navigation system of Ukraine, their analysis and consideration in daily operations in order to prevent emergencies, consequence of which may be resulted in aviation accidents, incidents and safety related events in the ATM system.

The typical examples of hazards (codes) and operational consequences (hazard effects) regarding FRAU implementation is available in Table 1.

Table 1 – The hazards and risk mitigation means related to FRAU implementation

Hazard description	Risk mitigation means
Air traffic controllers will not have information about the aircraft	Coordination procedures Fixed ATS route network use Getting relevant information from the flight crew
Additional workload of air traffic controllers	Refresher and simulator training Competency scheme Capacity analysis and update (if needed)
Lack of coordination between sectors	Fixed ATS route network use LoA update Operational manuals update
Aircraft intrusion to restricted airspace	Civil-military coordination on tactical phase MONA and APW functions use Buffers zones management
Conflict situations near sector borders (especially international)	MTCD function use Refresher and simulator training

	Coordination procedures
MONA, MTCD, STCA, MSAW or APW errors	Simulator training in emergencies and in case of system malfunctions Competency scheme Automated ATC system further improvement
Aircraft crossing sector in random entry/exit points resulting in additional complexity in monitoring by air traffic controller	Coordination procedures Refresher and simulator training MTCD, MONA, APW and STCA functions use

Conclusions

Overall, the FRA concept has the potential to enhance the safety of flights, primarily by reducing congestion, providing more efficient routing options, and enabling better weather avoidance. However, achieving this potential requires careful planning, effective coordination, robust safety protocols, and adherence to established procedures by all stakeholders involved in the operation of FRA airspace. Safety remains a primary concern in the design and management of FRA to ensure that flexibility and efficiency do not compromise aviation safety.

References

1. Air Navigation System Safety Assessment Methodology. – Brussels: Eurocontrol, 2023.
2. ESARR 4 – Risk Assessment and Mitigation in ATM. – Brussels: Eurocontrol, 2001.
3. Regulations on the supervision of flight safety in the air traffic management system, Regulation № 320. – K.: Ministry of Transport, 2020.
4. ICAO Doc 9859 Safety Management Manual. – Montreal: ICAO, 2018.
5. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) – Part 2: European ATS Route Network. – Brussels: Eurocontrol, 2023.
6. FRA Ukraine (FRAU). Airspace Design Working Plan. – K.: UkSATSE, 2018.
7. Safety case on introduction of Free-route airspace in the UkSATSE ATM system. – K.: UkSATSE, 2022.

UDC 656.7.05; 351.814.2 (043.2)

Chynchenko Yu.V., cand. sc., associate professor,
Ukrainian State Air Traffic Service Enterprise (UkSATSE), Kyiv
Moisiuk A.V., student
National Aviation University, Kyiv

ORGANISATIONAL ACCIDENT CONCEPT APPLICATION IN FREE ROUTE AIRSPACE

Introduction

ICAO promotes the implementation of Safety Management Systems as a proactive and systematic approach to managing safety in aviation. SMS is a comprehensive and integrated set of regulations, policies, procedures, and practices for managing risks and ensuring the safety of aviation operations. Organizations are encouraged to continuously improve their safety performance through ongoing monitoring, evaluation, and enhancement of safety processes. The goal is to create a learning culture where lessons from incidents and accidents are applied to prevent their recurrence.

ICAO encourages the identification, assessment, and mitigation of risks throughout the aviation system. Risk management processes within an organization should be used to proactively identify potential hazards and assess the associated risks to prevent accidents.

The multiple latent conditions can exist in the aviation system (airline, air navigation service provider, etc.) well before a damaging outcome, such as incident or even accident. The consequences of latent conditions may exist in operational environment for a long time before “triggering” from some casual circumstances. Initially, these latent conditions are not harmful, but under certain conditions may breach the operational level defences leading to some negative events in the system. Even personnel or equipment far removed in time and space from the event can create these conditions.

The latent conditions include (the most typical examples) [1]:

- safety culture;
- equipment;
- procedural design;
- conflicting organizational goals;
- defective organizational systems or not relevant management decisions.

The organizational accident concept assists by identifying latent conditions on a system-wide basis, provides more dedicated accidents investigation, rather than through localized efforts, to minimize active failures by operational personnel. As previously mentioned, the organizational accident concept involves a systemic approach to understanding and preventing accidents. It focuses on the entire aviation system, including people, technology, procedures, and the organizational environment. Key principles include the implementation of SMS, a just culture, risk management, and continuous improvement.

Organizational accident is a shift of emphasis in the accident investigation from personnel to organization (to core organizational flaws). Instead of searching for the

“victim”, a systematic (ongoing basis) search for global, system-wide “gaps” in the aviation organization’s activities that might cause accidents are carried out.

According to this concept, system is imperfect by default, it is believed that in every aviation organization there is always a decent number of hidden conditions (see the Swiss cheese concept), that are “triggers” of possible accidents. The number of these hidden conditions directly depends on the quality of SMS in the aviation organization, flight safety culture, safety funding, etc. - that why, it strictly depends on the organization and its operational processes. On the contrary, a person who directly brought to accident, as a result of his/her mistakes and/or suboptimal actions, is considered a “victim of unfavourable circumstances” of an irresistible forces

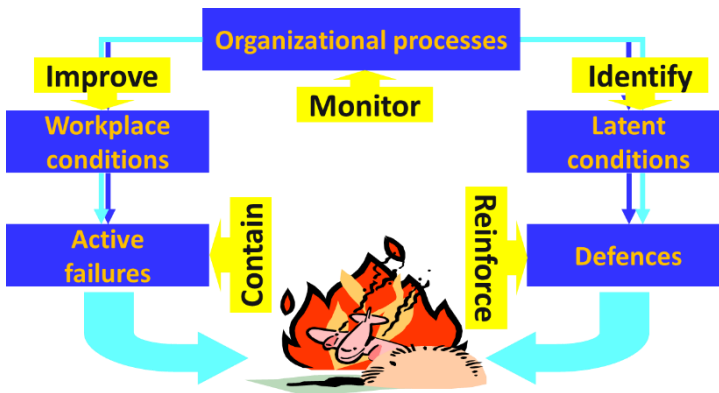


Fig. 1. Organisational accident concept application in air traffic control

Therefore, the organisational accident concept is considered as the new scheme and it helps to find hidden flaws in fundamental organisational processes, improve safety defences, find multiple latent conditions and neutralise them, prevent accidents, fair/just culture.

Principles of application of organisational accident concept in free route airspace

FRA is a specified airspace within which users may freely plan a route between a defined entry point and a defined exit point, with the possibility to route via intermediate (published or unpublished) significant points, without reference to the ATS route network, subject to airspace availability. Within the class C airspace, flights remain subject to air traffic control.

The purpose of FRA implementation is to grant airspace users the right to plan flights on direct routes, making aligned routes currently in operation at the tactical level available for their planning, optimising economic efficiency of aircraft flights and increasing predictability of air traffic flows. The FRA concept does not envisage implementation of a free-flight concept.

FRA Ukraine Scenario 2a, Step 2 implementation will be carried out gradually, taking into account the following aspects [2]:

- current state of functionality of ATS systems;
- readiness to implement cross-border FRA procedures taking into account functionality of the ATS systems of Kyiv, Dnipro, Odesa and L'viv ATM centres.

The implementation of FRA Ukraine Scenario 2a, Step 2 includes:

- - the first Phase (Step 2, Scenario 2a, Phase 1) - implementation of a cross-border FRA-H24 within the defined limits of UKNESFRA covering UTA Kyiv, UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South (only DVK Zone1) and UTA Lviv;
- - the second Phase (Step 2, Scenario 2a, Phase 2) - implementation of FRA-H24 within the defined UKODSFRA covering UTA Odesa-North and UTA Odesa-South (only within the Green Zone);
- - the third Phase (Step 2, Scenario 2a, Phase 3) - implementation of FRA-H24 procedures within whole UIR Kyiv - UKBUFRA covering UTA Kyiv, UTA Dnipro-North, UTA Dnipro-South, UTA Lviv, UTA Odesa-North and UTA Odesa-South.

The organisational accident concept potentially might cover such free route airspace Ukraine areas: Risk Management, Collaboration and Communication, Training and Competency, Performance Monitoring, Data Sharing and Analysis, Flexibility and Adaptability and many other important areas.

Based on general organisational accident concept principles, there are perspective areas for improvement on all phases of free route implementation in Ukraine:

1. **Workplace conditions (improvement):**

- simulations to evaluate ACC sectors capacity and maximum number of aircraft that can be under ATC service simultaneously in those ATS sectors;
- the optimisation of structure of intermediate FRA points (I);
- capacity and workload constraints, staff shortage;
- provision of cross-border FRA-H24 in the respective FRA areas.

2. **Active failures (contain):**

- monitoring of dynamic air situation on FRA areas;
- deviation of aircraft from flight-planned trajectory;
- tactical reserved airspace use and infringement prevention;
- lack of coordination with adjacent ATS Units;
- civil-military coordination (pre-tactical and tactical phases).

3. **Latent conditions (identify):**

- planning system capabilities;
- flight plan processing;
- LoA uncertain or not clearly defined procedures;
- coordination with adjacent ACCs;
- airspace provided for military activities used during a published period of time within the horizontal and vertical limits of specially designated routes and zones [3];

- airspace structure and interfaces hidden flaws;
- FRA areas capacity assessment.
- 4. **Defences (reinforce):**
 - expert evaluation of readiness of ATS Systems of ACC to support FRA procedures;
 - ATS Personnel competence scheme utilisation (according to the Eurocontrol specifications);
 - training of ATS, ATFM, ASM and air traffic monitoring and coordination personnel;
 - monitoring changes after implementation.
- 5. **Organisational processes (monitor):**
 - changes to the airspace structure (according to the respective phase);
 - pre-validation check of FRA structure/procedures in the Eurocontrol NM environment;
 - agreement with the State Aviation Administration of Ukraine;
 - changes in the instructional and technological documents of ATM Centres;
 - ICAO EUR/NAT notification on airspace structure changes (FRA phase).

Conclusions

ICAO emphasizes a system approach to safety, recognizing that accidents are often the result of a combination of multiple factors and not just isolated events or individual errors. The organizational accident concept involves considering the entire aviation system, including the people, technology, procedures, and the organizational environment, to understand and address the root causes of accidents.

By integrating the ICAO organizational accident concept into the implementation of Free Route Airspace, aviation stakeholders can enhance safety, mitigate risks, and promote a proactive approach to the management of potential hazards. The goal is to create a safety culture that prioritizes continuous improvement and the prevention of accidents in the dynamic environment of Free Route Airspace.

The organizational accident concept application in a process of free route airspace Ukraine implementation helps in revealing some gaps in many important aspects, such as: workplace conditions, active failures, latent conditions, defences and organisational processes. It might greatly help in seamless FRA Ukraine implementation on all phases and possible processes.

References

1. ICAO Doc 9859 Safety Management Manual. – Montreal: ICAO, 2018.
2. FRA Ukraine (FRAU). Airspace Design Working Plan. – К.: UkSATSE, 2018.
3. Safety case on introduction of Free-route airspace in the UkSATSE ATM system. – К.: UkSATSE, 2022.

UDC 656.7.05; 351.814.2 (043.2)

Chynchenko Yu.V., cand. sc., associate professor,
Ukrainian State Air Traffic Service Enterprise (UkSATSE), Kyiv
Parkhomenko N., student
National Aviation University, Kyiv

ADVANCED NEW FREE ROUTE AIRSPACE RELEVANT POINTS ASSIGNMENT IN UKRAINE'S NEIGHBOURING STATES INTERFACES

Introduction

Free Route Airspace (FRA) is a concept that allows aircraft to fly user-preferred routes between defined entry and exit points without following predefined airways. This approach provides more flexibility for flight planning and allows airlines to optimize their routes based on fuel efficiency and operational considerations.

The Free Route Airspace implementation includes such processes as Direct Routing (reducing flight distances and fuel consumption), Increased Flexibility (greater flexibility in choosing preferred routes), Regional Collaboration and Coordination (cross-border FRA application), but also encounters multiple challenges in the long process of implementation (for example, in Ukraine FRA is under implementation since 2016, still ongoing process with not defined date of final implementation).

In FRA implementation process is very important the Cross-Border Information Sharing, that includes sharing data on air traffic flows, weather conditions, and any relevant operational information that could impact the safety and efficiency of flights.

FRA should be safe, that is why it is necessary to introduce the Safety Management System (SMS). Implement or enhance Safety Management Systems that account for the unique challenges and risks associated with FRA in interfaces between neighbouring states. This includes joint risk assessments and a commitment to continuous safety improvement.

Also, it is needed to ensure that air traffic controllers, pilots, and other relevant personnel in both neighbouring states are adequately trained and competent in the procedures associated with FRA. This may involve joint training programs and the sharing of best practices.

Actual prerequisite according to the EU directives is the Environmental Considerations. Consider environmental factors, such as emissions reduction and noise abatement, when designing FRA in interfaces between neighbouring states. Collaborate on initiatives to minimize the environmental impact of aviation activities.

Principles of new FRA relevant points assignment

The new FRA relevant points establishment is a natural evolution process during growth and development of any national FRA project structures (including points in FRA interfaces with adjacent states). One of issues here, with the high topicality and priority, is the verification (including Eurocontrol validation) of assignment of New Free Route Airspace relevant points. This process is an actual challenge in many

European countries, including the Ukrainian airspace [1]. To solve this problem, it is necessary to establish efficient interfaces with all FRA areas of adjacent states. The successful solution of abovementioned includes [2-5]:

- International Coordination, which consists of establishing effective communication channels and agreements on FRA procedures and airspace design, which are essential to ensure seamless cross-border operations (LoA and regional meetings);
- Harmonization of Procedures, which covers areas of aligning air traffic management procedures and regulations across neighbouring states, that helps to create a consistent and standardized environment for airspace users (harmonizing route planning, communication protocols and contingency procedures);
- Common (Seamless) Airspace Design, that is a work towards a common airspace design, which optimizes route efficiency and minimizes restrictions (coordinating the design of entry and exit points, waypoints to facilitate smooth transitions between neighbouring states).

The assignment of New Free Route Airspace relevant points covers both safety and efficiency aspects of Air Navigation Service provider activities.

The safety aspect means that the reasonable placement of FRA relevant points (especially intermediate points) regulates traffic flows and might help potential conflict situations solution and reduce total airspace structure complexity.

The efficiency aspect means that optimal placement of FRA relevant points (especially exit points) regulates transit traffic flows and might attract new airlines to use the national airspace. That will highly probably increase number of aircraft in national airspace and, accordingly, increase route charges for the Air Navigation Service provider.

The purpose of the work is to develop applied techniques for optimal new Free Route Airspace relevant points assignment in interfaces with adjacent states.

In order to achieve the purpose of the work, it is necessary to solve the following tasks:

1. Analyse the general principles of new Free Route Airspace relevant points assignment in interfaces with adjacent states (based on Eurocontrol manuals and applicable to the Ukrainian airspace).
2. Review the theoretical models of traffic flows distribution and their optimisation in Free Route Airspace. There is a need to select among them the relevant to the purpose of the work.
3. Develop the applied techniques for optimal new Free Route Airspace relevant points assignment in interfaces with adjacent states (using the Eurocontrol NEST software). The full compatibility of the techniques to Ukrainian airspace conditions and limitations is required.

The example of new Free Route Airspace relevant points assignment in interfaces with adjacent states (using the Eurocontrol NEST software) is shown on Fig. 1.

The assignment of new FRA relevant points involves careful planning and consideration of various factors to optimize airspace utilization, enhance efficiency, and maintain safety.

The application of the Eurocontrol NEST software helps in:

- Optimization of Routes, identify and select relevant points in a way that optimizes routes for airspace users. Consider factors such as direct routing, fuel efficiency, and overall flight path optimization;
- Strategic Location, choose FRA relevant points strategically to facilitate the smooth flow of air traffic. These points should align with major air routes, waypoints, and air navigation infrastructure to support efficient route planning;
- Continuous Review and Update, FRA relevant points should be subject to continuous review and update based on changes in air traffic patterns, airspace demand, and technological advancements. Regularly assess the effectiveness of existing points and be prepared to make adjustments;
- Integration with Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM), ensure that FRA relevant points are integrated into broader Air Traffic Flow Management systems. This coordination helps manage traffic flows, optimize airspace capacity, and prevent congestion;
- Safety Considerations, prioritize safety in the assignment of FRA relevant points. Consider factors such as airspace congestion, potential conflicts, and safety margins when determining the location and spacing of points.

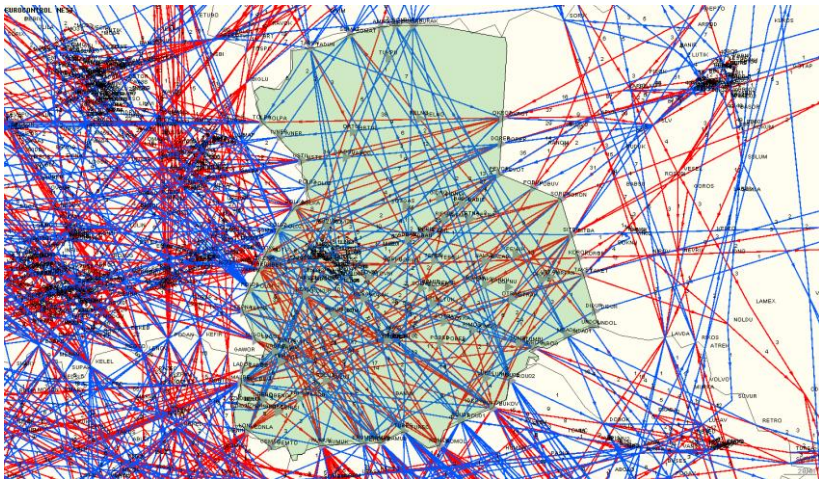


Fig. 1. Example of Free Route Airspace relevant points assignment in interfaces with adjacent states (using the Eurocontrol NEST software)

Conclusions

The solution of these tasks might result in both theoretical and practical benefits in Air Navigation Service Provider activities. From the practical point of view, it might help in revealing the critically weak areas (gaps on the state border), that might

possibly require the additional FRA relevant points placement in the appropriate interface with the certain adjacent state. Also, it will simplify the process of traffic flows calculations, based on which (cost-efficiency wise) the selection and approval on new FRA relevant points will be performed [6,7]. It will be realistic task to approximately assess the reconfiguration in transit traffic flows (increase or decrease of them) resulted from the establishment of the new FRA relevant point. The process of putting in place the new point is expected to be simple and clear, based on some standardised calculations and obligatory considering the safety standards (to achieve the target safety level of the FRA procedures).

From the theoretical point of view, it might help in formal approaches to assessment of the transit traffic flows and based on this information, establishing the basic principles of choosing FRA points in interfaces with adjacent states. Also, might be used in discussion with adjacent states requesting the new FRA relevant points on border from Ukraine's party (establishment of formal validation procedure for approval or reject of such request).

References

1. FRA Ukraine (FRAU). Airspace Design Working Plan. – K.: UkSATSE, 2018.
2. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 1: European Airspace Design Methodology – Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, 2020.
3. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 2: European ATS Route Network. – Brussels: EUROCONTROL, 2019.
4. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 3: Airspace Management Handbook. – Brussels: EUROCONTROL, 2019.
5. European Route Network Improvement Plan (ERNIP) - Part 4: RAD User's Manual. – Brussels: EUROCONTROL, 2020.
6. Free Route Airspace (FRA) Design Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, видання 1, 2019.
7. NM Flight Planning Requirements – Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, видання 1.3, 2020.

UDC 656.7.05; 351.814.2 (043.2)

Chynchenko Yu.V., cand. sc., associate professor,
Ukrainian State Air Traffic Service Enterprise (UkSATSE), Kyiv
Bondarenko M., Dovhosheya R., Kucheruk D., Matiushenko A., Melnykova O.,
students
National Aviation University, Kyiv

AERODROME CAPACITY CONSTRAINTS IMPACTED BY RECONSTRUCTION WORKS AT AERODROME MANOEUVRING AREA

Introduction

The Eurocontrol is intended to provide Flow Management Positions (FMPs) and Network Manager (NM) with common understanding of their roles in delivering the most effective Air Traffic Flow and Capacity Management (ATFCM) services to Air Traffic Control (ATC) and Aircraft Operators (AOs). This process also includes solutions in case of different disruptions in airspace utilisation, such as **aerodrome reconstructions**. The aerodrome reconstruction is usually a long-term process, which, without appropriate planning (strategic ATFCM phase and tactical measures), would result in significant decrease both **capacity of aeronautical system and safety of operations**.

Air Traffic Flow and Capacity Management is one of core parts of Air Traffic Management (ATM). The Network Manager Operations Centre (NMOC) provides an ATFCM service to airspace users throughout the European Civil Aviation Conference (ECAC) states [1]. The NMOC is the successor of the Central Flow Management Unit (CFMU).

The ATFCM endeavours to make airspace and aerodrome capacity meet traffic demand and, when the latest capacity opportunities have been exhausted, make the demand meet the maximum available capacity. The latter part may result in flow measures which imply the allocation of individual aircraft departure times (slots), as appropriate, to combat bottlenecks and reduce safety risks as much as possible. Throughout all this activity, there is continuous communication and exchange of information with all the European air traffic control units and aircraft operators.

The ATFCM provision in the ECAC region is carried out in four phases [2]:

- **Strategic flow management** takes place seven days or more prior to the day of operations and includes research, planning and coordination activities through a Collaborative Decision Making (CDM) process. This phase comprises a continuous data collection with a review of procedures and measures directed towards an early identification of major demand / capacity imbalances (such as: axis management, air shows, major sport events, military exercises, etc.). When imbalances are identified, and depending on the type of the event, the NM is responsible for the overall coordination and execution of strategic ATFCM planning to optimise all available capacity and achieve performance targets;
- **Pre-tactical flow management** is applied during the six days prior to the day of operations and consists of planning and coordination activities.

- **Tactical flow management** takes place on the day of operations and involves considering, in real time, those events that affect the ADP and making the necessary modifications to it.

The new NM architecture includes a technical framework and business applications [3]. The technical framework builds on the deliverables from the n-CONNECT programme, and further extends it, introducing the transformational technologies that will support the digital transformation of NM. The business applications include the current NM applications and the support for the new business capabilities derived from the ATM Master Plan and validated by SESAR, according to the Network Strategy Plan (Fig. 1).

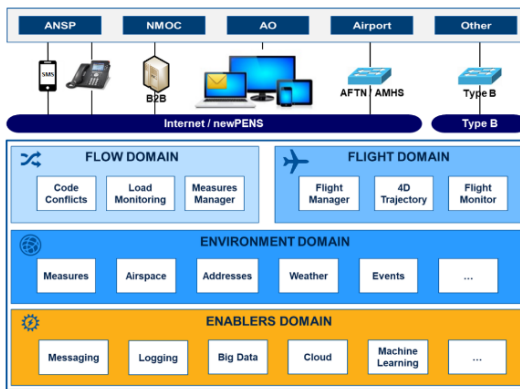


Fig. 1. The NM System architecture

EUROCONTROL has just started operations in the New Network Manager Operations Centre. This state-of-the-art building will house the NMOC as it is transformed over the coming years as part of the iNM programme to make the Network Manager even more able to smooth the flow of air traffic across Europe – around 11 million flights expected in 2024 and 16 million flights/year by 2050.

The transition to the new Ops Room took place on 30/31 October 2023 (Fig. 2). As planned, it was a seamless transition without any disruption or changes for our operational partners. Extensive testing and shadow operations were performed to ensure a smooth transition [4].



Fig. 2. The New Network Manager Operations Centre

The EUROCONTROL Network Manager's ten-year **integrated Network Management (iNM) programme** comprises a series of incremental renewals of all the NM's main operational systems by 2030 [5]. NM's legacy operational systems have been operational for over 25 years but are now reaching their technical limits in terms of performance and agility.

EUROCONTROL has entered into a strategic partnership with technology companies Indra and Atos-Cronos to work with other EUROCONTROL partners Cegeka and Sopra Steria to deliver the iNM programme. iNM will result in a scalable solution that meets NM's performance requirements for decades to come.

At the heart of iNM will be advanced capabilities and new services that support the evolution of operational concepts over the next decade and beyond, encompassing:

- Enterprise architecture;
- Agile development;
- Artificial intelligence and machine learning;
- Big data and data analytics;
- Probability modelling;
- Predictive analysis;
- Cloud solutions;
- Scalable systems;
- Cyber resilience.

iNM will enable NM to transform its business services, resulting in three key deliverables: a single flight manager system that seamlessly manages both flight and flow domains; a unique dynamic airspace system that eliminates overlaps and inconsistencies between legacy systems and databases; and one API for internal and external human machine interfaces.

1. **ATFCM Solutions to Capacity Shortfalls**

Following the SES concept of Collaborative Decision Making, the NM shall consider continuously and pro-actively all possible ATFCM solutions through a continual and seamless process as from the strategic planning until the execution of operations [1].

The anticipation of any event according to new information allows to minimise its impact on the Network or to take benefit of any opportunity and fine tune the plan accordingly.

To resolve capacity shortfalls and improve the management of the Network capacity whilst minimising constraints, the following ATFCM solutions have to be considered, as depicted in the figure following below. These solutions will have to be thoroughly evaluated before a decision to implement them could be taken.

Events at Airports Impacting Capacity or Demand

Events impacting air traffic control capacity or air traffic demand shall be notified by airport managing bodies either directly or through the local ATFM unit or ATS unit [1].

The Airport Corner, which is a EUROCONTROL internet-based tool, enables airport stakeholders to easily provide information at any time to better assess the ATC/ATFCM impact. This reporting channel supports a coordinated input between the local ANSP and the airport operator.

The Airport Corner covers a set of airport information relevant to the network as current and future airport capacities, local traffic forecasts, weather management info, local operational contacts as well as the 'planned events' impacting capacity, efficiency or demand.

1. **Study of aerodrome capacity constraints impacted by reconstruction works at aerodrome manoeuvring area**

During reconstruction works at aerodrome there are possible threats affecting aerodrome capacity for:

1. **Air Traffic Services:**

- No working meetings were held between the airport administration and the ATC regarding the specifics of controlling construction activities on the airfield;
- Changing the pavement type from asphalt to concrete requires careful planning to ensure compatibility with existing infrastructure;
- : Construction activities in this area may impact the normal operation of TWYs and apron, potentially restricting access for aircraft;
- Widening the runway may introduce changes in taxiing paths and require adjustments in aircraft operations;
- Construction at the intersection may lead to changes in taxiing routes and require coordination between essential traffic and ATC Units;
- The airport administration may not have developed a contingency plan for interaction with airlines during the reconstruction.

2. **Flight Operations:**

- Increased Operational Load: Continuous utilization of RWYs during reconstruction can lead to heightened air traffic on a single runway. This increased load may result

in congestion, delays, or scheduling challenges for both arrivals and departures, potentially impacting flight safety due to increased pressure on operational efficiency;

- **Limited Runway Options:** The closure of RWY for reconstruction limits the available runways for flight operations. Reduced options for runways might restrict flexibility during adverse weather conditions, emergencies, or unusual circumstances. It may also limit the availability of alternate runways for different aircraft types, potentially impacting safe landings and take-offs;
- **Increased Pilot and ATC Workload:** Pilots and air traffic controllers may experience increased workload and stress due to the single-runway operation. This situation might increase the risk of miscommunication or errors, potentially compromising flight safety;
- **Limited Contingency Planning:** The project plan might lack robust contingency measures to address unexpected scenarios or emergencies. Inadequate planning for alternate operations or quick resolution of issues could disrupt flight operations and compromise safety;
- **Continued Construction Impact:** With the ongoing construction on RWY, the potential for restricted access or partial closures might persist, impacting flight schedules and operations. Reduced runway availability or altered configurations could lead to delays, diversions, or congestion on the operational runway, affecting flight safety;
- **Limited Contingency Planning:** Potential inadequate contingency planning for unexpected events or emergencies could disrupt flight operations;
- **Potential Disruptions to Flight Operations:** The ongoing construction in a central area of the runway could lead to partial or complete closures, limiting available runway length or width. This could cause flight diversions, delays, or restrictions, potentially affecting flight schedules and causing congestion or unexpected scenarios impacting safety.

3. **Aerodrome Services and Infrastructure:**

- Closure of RWY without providing an alternative may lead to increased congestion and potential delays;
- Extension of RWY without proper coordination might lead to changes in approach and departure procedures, impacting flight safety;
- Increased air traffic on remaining open runways may lead to congestion and reduced safety margins;
- Changes in RWY dimensions and materials during the extension could pose challenges for pilots, affecting safe landings and take-offs;
- Limited access to certain areas may disrupt normal traffic flow and emergency services;
- Completion of construction work without proper coordination may lead to uncertainties in airfield operations;
- Operational uncertainties may result in miscommunication and potential conflicts in air traffic management;

- Changes in pavement materials may impact aircraft braking and overall safety during landings.

To sum up, the typical problems/shortcomings of any reconstruction project as follows: lack of coordination with aviation stakeholders, insufficient consideration of the impact on flight operations and absence of a contingency plan for managing changes.

By identifying these potential threats and consequences at each reconstruction stage, appropriate mitigation strategies can be implemented to ensure a smooth transition and minimize disruptions to ATS Unit, Flight Operations, and Aerodrome Services.

As a **countermeasures, applicable on strategic ATFCM phase** in close coordination with NM and all involved stakeholders, advanced reconstruction plan for any international aerodrome, taking in view CDM Strategy should include such principles, as follows:

1. **Mitigation Strategy:**

- Construction during off-peak hours to minimize disruptions;
- Development and communication of alternative procedures for pilots during critical construction phases.

2. **Avoidance Strategy:**

- Temporary closure of the entire airfield during crucial construction phases to ensure safety.
- Strict scheduling to complete construction quickly, reducing overall safety risks.

Conclusions

The advanced aerodrome reconstruction plans shall incorporate appropriate technical means use, such as light bar stops and Surface Movement Radar, excels over the old plan by significantly enhancing safety measures, reducing the risk of incidents such as runway incursions. Beyond safety benefits, the incorporation of modern technologies supports operational efficiency, leading to quicker turnaround times and improved airfield capacity. This not only fosters a safer operational environment but also positions the airfield as more economically viable, attracting increased air traffic and contributing to long-term profitability.

References

1. ATFCM Operations Manual. – Brussels: EUROCONTROL, 2023.
2. NM Flight Planning Requirements – Guidelines. – Brussels: EUROCONTROL, 2020.
3. New NM System Architecture. – Brussels: EUROCONTROL, 2019.
4. <https://www.eurocontrol.int/article/moving-new-network-manager-ops-centre-step-change-european-airspace-digitisation>.
5. <https://www.eurocontrol.int/project/integrated-network-management>.

УДК 656.7.086 (45)

В. Колотуша, *к.т.н., доцент*
(Національний авіаційний університет, Україна, Київ)
Д. Бондарев, *старший викладач*
(Національний авіаційний університет, Україна, Київ)

АДЕКВАТНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЕТАПІ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Вступ. Тренажерна підготовка авіаційних операторів, зокрема пілотів та диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) є надзвичайно важливою складовою надбання ними певного спектру професійних компетенцій. На етапі практичної (прим. тренажерної підготовки) здійснюється трансформація отриманих слухачем теоретичних знань у потрібні вміння та навички. За рахунок застосування тренажерних засобів виникає можливість:

- забезпечити етапність «від простого до складного» формування професійних компетенцій у безпечному (імітаційному робочому середовищі), особливо при відпрацюванні непередбачених та аварійних умов польоту;
- скорочення витрат на навчання (виникає можливість залучати до підготовки інструкторів які не є діючими);
- декілька разового повторення тренажерних вправ.

Постановка проблеми. Відповідно до [1] тренажер це синтетичний засіб підготовки, що забезпечує представлення важливих аспектів реального операційного середовища та відтворює операційні умови, в яких особа, що проходить підготовку, має можливість безпосередньо відпрацювати завдання, що виконуються у реальному часі.

Згідно з [2] кожний навчальний тренажер, який передбачається застосовувати для підготовки необхідно до початку його використання надати відповідному повноважному органу з видачі свідоцтв з метою визначення доцільності використання тренажера для цілей навчання

Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО) не публікує ніяких критеріїв кваліфікаційної оцінки ні для яких імітаційних тренажерів крім пілотажних [3]. Відповідно на уповноважений орган з видачі свідоцтв покладається відповідальність з встановлення критеріїв для визначення доцільності використання таких тренажерів та їх спроможності забезпечити бажаний результат підготовки, в даному випадку, диспетчерів УПР.

Вирішення питання. Відповідність тренажерного засобу робочому середовищу, в якому працює диспетчер УПР та в якому формуються потрібні професійні компетенції, є основоположною концепцією. Відповідність складається з наступних основних критеріїв:

- адекватності часового-просторового моделювання динамічної повітряної обстановки;

- адекватності картографічної та іншої статичної інформації;
- адекватності процедур координації та взаємодії з «екіпажами ПС», суміжними органами та секторами обслуговування повітряного руху (ОПР), відомчими органами та іншими службами забезпечення польотів.

Таким чином, адекватність сприйняття є узагальненим (акумуляюючим) критерієм при якому слухач, суб'єктивно для себе, сприймає тренажерний засіб як власне професійне середовище.

Однак не можна сказати, що висока точність імітування, а відповідно й вартість навчання, дорівнюється більш якісній підготовці. Додатково слід розуміти ступінь відповідності тренажера завданням підготовки. Й під адекватністю пропонується вважати спроможність тренажерного засобу сприяти формуванню потрібних, для даного етапу підготовки (даної тренажерної вправи), професійних компетенцій.

Відповідно можна запропонувати концепцію: «певний тренажерний засіб для імітування певного робочого середовища з метою відпрацювання певних завдань підготовки»

Одним з методів визначення відповідності (адекватності) сприйняття є суб'єктивна оцінка експертом того наскільки їх власне сприйняття процесів, що моделюються відповідає (нет не реальному професійному середовищу) а тим компетенціям, що повинні бути придбані слухачем. В якості експертів пропонується залучати досвідчених диспетчерів УПР (досвід роботи 5 років та більше) та диспетчерів УПР-інструкторів.

Інформаційні моделі, якими є диспетчерські тренажери (прим. з різним ступенем подібності реальним системам ОПР) є важливішим елементом практичної підготовки майбутніх диспетчерів УПР. Сучасний стан апаратно-програмної складової, враховуючи розвиток інформаційних технологій дозволяє довести сучасні диспетчерські тренажери до такого рівня, коли підготовка на них стає більш ефективною ніж на реальному обладнанні, завдяки їх можливостей до забезпечення більш високої інтенсивності навчання додаючи до цього й економічну привабливість.

В процесі імітування практичної діяльності на засобах для відпрацювання часткових завдань, диспетчерському тренажері, майбутній авіадиспетчер приймає рішення та виробляє уміння та навички які забезпечують йому виконання своїх функціональних обов'язків з дотриманням потрібного рівня безпеки польотів.

Таким чином, якщо інформаційна модель реальної повітряної обстановки та обладнання відображає професійне середовище диспетчера УПР не адекватно або за межами припустимих похибок, то вона не може бути застосована для відпрацювання практичної складової підготовки.

Питанням є обґрунтування точності моделювання, враховуючи той факт, що певні процеси, що відбуваються при обслуговуванні повітряного руху, мають різну (за впливом на безпеку польотів) значущість. До того ж, на початкових етапах формування базових практичних умінь та навиків (наприклад «проводка» одного повітряного судна без змін вертикального

профіля польоту) економічно недоцільно застосовувати диспетчерські тренажери з високим ступенем відтворення процесів ОПР (прим. одна година роботи такого тренажера коштує декілька тис. грн.). Звідси – тренажер та інформаційна модель, яка може бути відтворена на ньому, повинні відповідати цілям підготовки.

Базуючись на [4] засоби тренажерної підготовки диспетчерів УПР можна охарактеризувати наступним чином:

1. Тренажер з високою точністю відтворення робочого середовища (HI FI SIM – High-fidelity Simulator). Він є повно розмірною копією робочого місця диспетчера УПР, включаючи обладнання та відповідне програмне забезпечення, необхідних для відтворення всіх функцій та задач, що вирішуються даним робочим місцем.

2. Тренажер (SIM - Simulator). Засіб, який надає слухачу репрезентацію важливих особливостей реальної ситуації та відтворює умови робочого середовища, що дозволяє відпрацьовувати задачі у режимі реального часу.

3. Тренажер для часткового відпрацювання завдань підготовки (РТТ – Part-Task Trainer). Тренажер, який дозволяє слухачу відпрацьовувати окремі функціональні обов'язки незалежно від інших задач, на відміну від реального професійного середовища, де вони взаємопов'язані.

4. Інший засіб підготовки (OTD – Other Training Device). Тренажер, який дозволяє відпрацьовувати деякі операційні задачі на не реалістичній копії діючого операційного обладнання та не є модифікованим для конкретних цілей ОПР. Наприклад апаратно-програмний засіб, для практикування фразеології радіообміну з повітряними суднами, визначення просторово-часових параметрів рухомих об'єктів у 3D середовищі та ін.)

Різниця між реальністю та моделюванням полягає в тому, що реальність це єдине ціле, а моделювання є лише частиною відображення реального світу. Таким чином, імітація реальності за допомогою моделювання завжди буде приблизна [5]. Питання у тому – наскільки імітація реальності є приблизною?

В узагальненому вигляді, навчаючи ефективність інформаційної моделі засобу тренажерної підготовки (*ІМТр*) пропонується оцінювати пропорційно реалістичності відтворення інформаційної моделі діючої системи ОПР (*ІМопр*) при відпрацюванні завдань підготовки.

Оцінку адекватності пропонується проводити через визначення величини припустимої розбіжності $Q_{\text{прип.розб.}}$ між *ІМТр* та (*ІМопр*). Порівняння $Q_{\text{прип.розб.}}$ із заданим гранично-припустимим значенням (нормою) $Q_{\text{норм.}}$ й дозволить прийняти рішення щодо можливості застосування даного тренажерного засобу на певному етапі підготовки.

Кожна *ІМ* тренажера складається з множини підсистем (елементів), див. рис. 1. Позначивши множину підсистем, що імітуються *ІМТр* через *МТр*, а множина підсистем інформаційної моделі діючої системи ОПР через *Мопр*, умови подібності *ІМТр* можна записати наступним чином:

$$M_{Tr} - M_{OpP} \leq Q_{\text{прип.розб.}}$$

де, $Q_{\text{прип.розб.}}$ – припустима величина різниці або припустимий норматив відхилення між інформаційними моделями (прим. при відпрацюванні завдань підготовки).

В ідеальному випадку множить елементів $M_{TP} - M_{OPR} = 0$, але у дійсності величина припустимої розбіжності знаходиться у межах $0 \leq Q_{\text{прип.розб.}} \leq 1$. Умовою достатньої подібності інформаційних моделей пропонується вважати величину, яка знаходиться, в межах 20-30% розбіжностей (прим. за аналогом коефіцієнту варіації). Таким чином, за аналогом визначення [3] до розгляду пропонується наступна градація щодо точності відтворення професійного середовища диспетчера УПР:

$1\% \leq Q_{\text{прип.розб.}} \leq 10\%$ - **S - Specific** (висока точність відтворення робочого середовища диспетчера УПР);

$10\% < Q_{\text{прип.розб.}} \leq 20\%$ - **R – Representative** (типова точність відтворення робочого середовища диспетчера УПР);

$20\% < Q_{\text{прип.розб.}} \leq 30\%$ - **G – Generic** (базова точність відтворення робочого середовища диспетчера УПР);

$Q_{\text{прип.розб.}} > 30\%$ - **N – Not Applicable** – (вимоги до точності відтворення робочого середовища диспетчера УПР не висуваються).

В таблиці 1, в якості пропозицій, приведена характеристика застосування засобів тренажерної підготовки характеристика щодо точності відтворення професійного середовища диспетчера УПР в залежності від виду відпрацювання практичної діяльності.

Табл. 1.

Застосування засобів тренажерної підготовки в залежності від виду відпрацювання практичної діяльності

Вид практичної діяльності	Засіб тренажерної підготовки та його характеристика щодо точності відтворення професійного середовища диспетчера УПР			
	OTD – Not Applicable Набуття: умінь	PTT - Generic Набуття: умінь/навичок ів	SIM - Representative Набуття: навичоків	HI FI SIM - Specific Набуття: навичоків
Придбання навичок (умінь)	Найбільш придатний	Застосування не є обов'язковим	Застосування не є обов'язковим	Застосування не є обов'язковим
Відпрацювання часткових завдань	Ефективність незначна	Найбільш придатний	Найбільш придатний	Застосування не є обов'язковим

Індивідуальна тренажерна підготовка	Ефективність незначна	Ефективність незначна	Найбільш придатний	Найбільш придатний
Тренажерна підготовка у складі групи	Ефективність незначна	Ефективність незначна	Найбільш придатний	Найбільш придатний
Тренажерна підготовка у складі команди	Ефективність незначна	Ефективність незначна	Найбільш придатний	Найбільш придатний

Базуючись на матеріалах [4]

Висновки

1. Застосування підходів, що базуються на заданій точності відтворення професійного середовища в залежності від виду відпрацювання практичної діяльності диспетчера УПР дозволяє оптимізувати використання матеріальних та людських ресурсів.

2. Пропонується викладені підходи до встановлення критеріїв визначення та використання диспетчерських тренажерів застосовувати при розробці національних технічних стандартів оцінці тренажерних засобів для підготовки диспетчерів УПР.

УДК: 629.7.07(043.2)

Стовба В.Д., магістр.
Шмельова Т.Ф., *д.т.н., професор*
Національний авіаційний університет, м. Київ

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНА СППР ОПЕРАТОРА БАС: ПОСАДКА В СКЛАДНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Безпека і ефективність – терміни, що супроводжують авіацію вже майже сторіччя. Через це, і розуміння представниками міжнародних організацій неминучості появи у контрольованому просторі безпілотних авіаційних систем (БАС), вже тривалий час створюється підґрунтя для їх впровадження у загальну систему управління повітряним рухом (УПР) [1; 2].

Звичайно, що потреба внесення БАС до УПР і загалом стрімкий розвиток БАС стали можливими, завдяки складним електронним і цифровим технологіям, що дозволяють збільшити ефективність авіаційних операцій шляхом зменшення розмірів і забезпечити найціннішу складову – людину. Та, нажаль, платою за вигоди є збільшення чутливості до зовнішніх, в основному, до метеорологічних, умов. Невеликі розміри безпілотного літального апарату (БПЛА) розміри роблять його більш вразливими до сильних вітрів, обмерзань, турбулентності тощо. А, необхідний для безпечного функціонування, зв'язок С2 на великих відстанях може бути втрачено через наявність хмар і це лише частина відмінностей від пілотованої авіації [3].

Способи, за якими відбувається керування і контроль за БПЛА в певних випадках, можуть значним чином підвищити небезпеку від впливу СМУ [2; 3]. На даний момент єдиними, основними рекомендаціями для операторів є циркуляри, рекомендації і документи ІСАО відповідно до яких, актуальним є необхідність, як навчання дистанційних пілотів діям у подібних ситуаціях, так і створення інструментів, що у критичній ситуації дали б перевагу у прийнятті ефективного рішення [4; 5]. До таких інструментів можуть належати вже запропоновані раніше моделі прийняття рішень (ПР) в умовах невизначеності на основі критеріїв Севіджа, Гурвіца, Вальда, Лапласа та багатокритеріальна оцінка очікуваних результатів в матриці рішень для отримання оптимального рішення [6; 7]. Було розглянуто задачу вибору оптимального місця посадки в разі аварійної ситуації, викликаній метеорологічними умовами; цільове завдання - «доставка вантажу за допомогою БПЛА»; аеродром вильоту - Полтава, аеродром призначення - Житомир, запасні аеродроми/вертипорти - Бориспіль, Біла Церква, Черкаси (рис.1) [6]. В результаті моделювання, відповідних початкових даних і розрахунків знайдене оптимальне рішення – Черкаси, що забезпечує мінімальні ризики і максимальну ефективність для посадки БПЛА [6].

В цьому випадку рішення приймається досить ефективно, але все ще є дуже строгим, бо формується завдяки математичним методам і не є адаптивним до змінюваних умов і швидкого ПР. Задля забезпечення прогнозованості і

адаптивності в УПР, ICAO рекомендує схилитись до застосування моделей штучного інтелекту (ШІ) [8; 9], що насправді варто використати і до систем підтримки прийняття рішення (СППР) дистанційних пілотів БАС, оскільки ті виконують деякі функції диспетчера УПР, але з необхідністю керувати БПЛА.

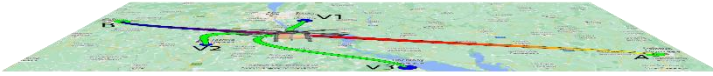


Рис.1 Задача вибору оптимального місця посадки для маршруту: «Полтава-Житомир» в разі аварійної ситуації «СМУ»

В даному дослідженні мова йде про Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішення (ІСППР), що вирізняються з поміж звичайних – інтелектуальністю. По суті це заміна операційних знань (алгоритмів), де логічні ланцюжки до рішень запрограмовані лінійно, на базу знань, що складається із правил, котрі пов'язують факти[10]. Задачею дослідження є вибір ефективних методів ШІ (нейронних мереж) для створення прототипу підсистеми «ШІ» для ефективної обробки даних у разі зміни умов польоту БПЛА в СМУ і для підтримки ПР оператора БАС (рис.2).

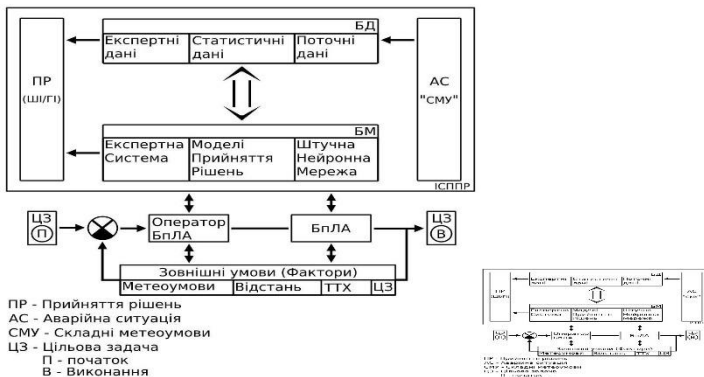


Рис.2 Структурна схема ІСППР для посадки в СМУ

Наразі планується застосувати для опрацювання вхідних даних про ситуацію один з методів Machine Learning, а саме Нейронні мережі(НМ)[11]. Цей метод визначний для сфери ПР можливістю «навчати» модель на основі раніше прийнятих рішень, наприклад експертних даних, чи рішень самої моделі. На відміну від моделей дискретного вибору, НМ, по суті, не вимагає апріорних переконань щодо природи зв'язків між змінними [10], що пояснює чому її називають універсальним «апроксиматором», оскільки за своєю суттю, той усереднює знання згідно з навчальними даними. Вибір найбільш відповідної архітектури НМ залежить від характеру даних, що обробляються, і проблеми, що розглядається. Тому, варто виділити декілька складових, що допоможуть у виборі [13,14]:

1. Визначення завдання ПР. Рішення в даному випадку приймається щодо місця посадки, яке було б найбільш оптимальним для забезпечення подальшого ефективного і безпечного виконання цільової задачі, що собою являє типову задачу дискретного вибору [6; 12]
2. Збір, пояснення природи даних і обробка даних. Для прототипу моделі достатньо узагальнених критеріїв, як в дослідженні, тобто:
 - λ_1 - наявність палива/енергії на борту БПЛА;
 - λ_2 - відстань БПЛА від аеродрому/місця/вертипорту;
 - λ_3 - характеристики аеродрому/місця/вертипорту;
 - λ_4 - метеорологічні умови на аеродромі /місці/вертипорті;
 - λ_5 - надійність ліній C2 для з'єднання з РПА, можливість зв'язку з підрозділами УПР;
 - λ_6 - цільове завдання, наприклад, «логістичне завдання», терміново / нетермінова доставка вантажу. [6]

Дані собою представляють цілі числа унормовані в шкалі від 0 до 10 для кожного з критеріїв. Даними для навчання і тестування будуть штучні, випадковим чином згенеровані Експертні дані, а ПР за цими даними для навчання симулюватимуть критерії ПР у невизначеності [6]. Об'єднавши ці складові, одразу можна відкинути рекурентні (*RNN*) і *RNN* подібні моделі оскільки їх основна задача працювати із потоком даних, що потребує послідовної обробки. Інші дві основні архітектури: це повнозв'язні (*FNN*) і згорткові (*CNN*) краще працюють з даними, що надходять водночас (паралельно). Особливість *CNN* полягає в здатності виявляти та виділяти корисні ознаки з вхідних даних, що застосовується в деяких дослідженнях при поєднанні моделей дискретного вибору і НМ [12], та хоч вони й використовуються для подібних задач, все ж там мова йде про виділення ознак вибору і їх систематизація, а не про сам вибір. Ще варто врахувати, що без повного розуміння обох складових цих досліджень не можна вважати якісними і це, тому варто відкласти дослідження на наступний етап. Щодо *FNN*, то вона є фундаментальною і здебільшого використовується в задачах класифікації, регресії і розпізнавання, що корелює з задачею вибору. В той же час у звичайної *FNN* є мінус, вона зменшує адаптивність щодо даної задачі на етапі, коли

змінюється кількість місць для посадки, оскільки кількість ваг, що є основою усіх знань НМ, є залежними від кількості вхідних даних, тобто:

$$K_{\theta} = (K_{мп} \cdot K_{к}) + K_{кк}$$

де

K_{θ} – кількість ваг;

$K_{мп}$ - кількість місць посадки;

$K_{к}$ - кількість критеріїв;

$K_{кк}$ - кількість ваг між прихованими шарами (залежить від архітектури)

Для тестування системи було визначено політ за маршрутом, з аеродромом вильоту в місті А (Полтава), аеродром призначення В (Житомир), запасні аеродроми/вертипоорти V1 (Бориспіль), V2 (Біла Церква) [6].

Більшість інформації про побудову НМ наголошують про емпіричність визначення кількості, як шарів так і нейронів. Принципіальна схема прототипу НМ зображена на Рис.3. У програмному виконанні за допомогою гіперпараметрів буде визначено кількість вхідних нейронів, як – 24 (місця посадки•кількість критеріїв), кількість прихованих шарів в кількості - 2, а вихідних нейронів відповідно кількості аеродромів. Так як вхідні дані унормовані і завжди позитивні, а в якості результату необхідно отримати теж позитивні значення з лінійним переходом, то в якості функції активації обрано RELU [15].

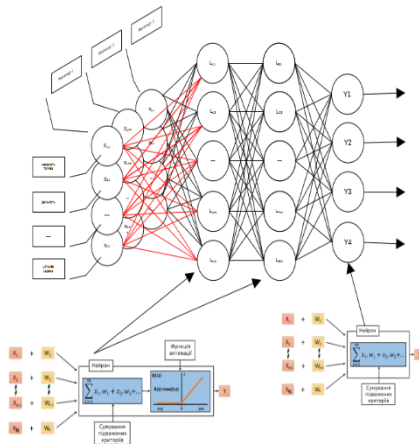


Рис.3. Принципіальну схему НМ для вибору з 3 місць посадки.

Так як, дані дозволяють провести повністю контрольоване навчання НМ, то воно буде відбуватись за принципом зворотного розповсюдження помилок (backpropagation), визначає градієнт функції помилок щодо ваг нейронної мережі. Основний компонент подання навчання кодує вхідні дані та зводить великі вектори до малих. Крихітні вектори записують найважливіші векторні характеристики, які допомагають у стисненні даних, зменшенні розмірності та реконструкції даних [12]. Як результат, очікується отримати прототип моделі НМ, котра після навчання на штучних експертних даних зможе при запиті запропонувати рішення з достатньою для визначення конкретного місця посадки з точністю. У випадку успіху моделювання системи варто продовжити дослідження щодо інших моделей побудови НМ або гібридів і окремо дослідити процес прийняття рішень в інтервалі між появою СМУ на маршруті і посадкою, щоб визначити, які критерії варто визначати для якісної роботи системи.

Список літератури

1. Śladowski A., Kamiński W. Cases on Modern Computer Systems in Aviation Chapter 3 Using Unmanned Aerial Vehicles to Solve Some Civil Problems International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2019, pp. 52-127
2. Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism. Chapter 15: Unmanned Aerial Vehicles for Smart Cities: Estimations of Urban Locality for Optimization Flights / Shmelova T., Lazorenko V., Burlaka O. /USA, Pennsylvania, 2021.– P. 444-477
3. Exploring the range of weather impacts on UAS operations. Range and Aerospace Meteorology: 18th Conference on Aviation, м. Seattle, WA, 01.01.2017 р. Colorado, 2017.
4. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir. 328/AN 190. Canada, Montreal: ICAO, 2011.
5. Manual of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), 1st ed., Doc. 10019/AN 507. Canada, Montreal: ICAO, 2015.
6. Organization of a safe and efficient system of air transportation in and around an urban area using Unmanned Aerial Vehicles / T. F. Shmelova, V. D. Stovba, et al. DESSERT'2022: The 12th IEEE International Conference on Dependable Systems, Athens, 9–11 December 2022.
7. Unmanned Aerial Vehicles: Breakthroughs in Research and Practice. Information Resources Management Association (USA)/ Chapter 8: Applications of Decision Support Systems in Socio-Technical Systems / T. Shmelova, Y. Sikirda - USA, Pennsylvania. IRMA 2019. – P.182-214
8. Potential of Artificial Intelligence in Air Traffic Management (ATM). In: Thirteenth Air Navigation Conference ICAO, Montréal, Canada, 9-19 October 2018

9. Artificial Intelligence Roadmap V2: A human-centric approach to AI in aviation, European Union Aviation Safety Agency, Cologne, Germany, 2020.
10. Understanding The Difference Between AI, ML, And DL: Using An Incredibly Simple Example 2023. URL: <https://www.advancinganalytics.co.uk/blog/2021/12/15/understanding-the-difference-between-ai-ml-and-dl-using-an-incredibly-simple-example>
11. Нестеренко О., Ковтунець О., Фаловський О. Інтелектуальні системи і технології : Навч. посіб. Київ : ВНЗ "Нац. акад. упр.", 2017. 90 с
12. Y. Han, F. C. Pereira, M. Ben-Akiva, C. Zegras, A neural-embedded discrete choice model: Learning taste representation with strengthened interpretability, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 163, 2022.
13. Machine Learning in Python 2023. URL: <https://scikit-learn.org/stable/>
14. Taherdoost, H. Deep Learning and Neural Networks: Decision-Making Implications. Symmetry 2023, 15, 1723.
15. Activation Functions in Neural Networks [12 Types & Use Cases] URL: <https://www.v7labs.com/blog/neural-networks-activation-functions>

УДК: 629.7.07(043.2)

Полякова О. С., магістр
Шмельова Т.Ф., д.т.н., професор
Національний авіаційний університет, м. Київ

СПІЛЬНІ МОДЕЛІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ В ОСОБЛИВОМУ ВИПАДКУ В ПОЛЬОТІ «НЕЗАКОННЕ ВТРУЧАННЯ». КОМПЛЕКСНА СППР

Рішення, які приймаються перед польотом, визначають ефективність, регулярність та безпеку. Сьогодні авіаційному персоналу доводиться вирішувати безліч складних завдань. Одне з них - організація ефективної роботи авіапідприємства. Спосіб вирішення цієї задачі полягає в застосуванні синергетичного моделювання авіакомпанії - комплексного дослідження стану підприємства, використання інформаційних технологій та методів управління для покращення комерційної діяльності авіакомпаній на міжнародних маршрутах [1].

Метою роботи розробка системи підтримки прийняття рішення (СППР) для декількох операторів, що задіяні у спільному прийнятті рішення: пілота, диспетчера з обслуговування повітряного руху (ОПР), льотного диспетчера в особливому випадку в польоті «Незаконне втручання». Комплексна СППР призначена для вдосконалення ситуаційної досвідченості та процесу прийняття рішень фахівцями. Комплексна СППР є модулем існуючої СППР авіадиспетчера для дій в особливому випадку в польоті [2].

Управління повітряним рухом вимагає готовності диспетчерського персоналу працювати не лише в звичайних умовах, але й у випадку нестандартних та аварійних ситуацій, що виникають на борту повітряних суден або в системі управління повітряним рухом. Основним завданням диспетчера є надання своєчасної та кваліфікованої допомоги екіпажам повітряних суден, які потрапили у складні ситуації або стали жертвами лиха. В таких ситуаціях важливо, щоб диспетчер мав знання про аеродинаміку та конструкцію повітряних суден, а також про метеорологію, навігацію та радіоелектронні засоби спостереження та зв'язку. Це допомагає диспетчеру приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності та обмеженого часу [3; 4]. СППР є обов'язковими для забезпечення оптимальних дій авіадиспетчерів у надзвичайних аварійних ситуаціях. Ці системи сприяють авіаційній галузі в підтримці безпеки, ефективності та надійності польотів, сприяючи поліпшенню процесів прийняття рішень і підвищенню рівня координації та комунікації [1; 5].

Акти незаконного втручання в авіаційну сферу можуть призвести до серйозних людських жертв, руйнувань, екологічних катастроф, завдати шкоди важливим, стратегічним або особливо небезпечним об'єктам, порушити їхню діяльність, спричинити паніку серед населення, завдати значних матеріальних збитків і підірвати довіру громадськості до авіаційного транспорту. Тому

боротьба з актами незаконного втручання в авіаційну сферу має вельми важливе значення і привертає увагу світової спільноти [3]. Акти незаконного втручання включають в себе такі дії або спроби дій, які створюють загрозу для безпеки цивільної авіації, і вони охоплюють, серед іншого, такі ситуації:

1. Незаконне захоплення повітряних суден.
2. Руйнування повітряного судна, яке знаходиться в експлуатації.
3. Захоплення заручників на борту повітряних суден або на аеродромах.
4. Насильницьке проникнення на борт повітряного судна, в аеропорт або на місце розташування аеронавігаційних засобів або служби.
5. Розміщення на борту повітряного судна або в аеропорту зброї, небезпечних пристроїв або матеріалів, призначених для здійснення злочинних дій.
6. Використання повітряного судна, яке перебуває в експлуатації, з метою завдання тілесних ушкоджень, інших травм особам, смерті або значних матеріальних збитків чи шкоди довкіллю.
7. Представлення навмисно неправдивої інформації, яка ставить під загрозу безпеку повітряного судна під час польоту або на землі, а також безпеку пасажирів, членів екіпажу, наземного персоналу або громадськості в аеропорту або на місцях розташування засобів або підрозділів цивільної авіації.

Проводячи аналіз актів незаконного втручання в авіаційну сферу, можна класифікувати їх наступним чином [3]:

1. Терористичні акти, які вважаються найбільш небезпечними для суспільства і призводять до значних збитків, зазвичай супроводжуються людськими жертвами.
2. Незаконне захоплення повітряних суден (за визначенням статті 1 Гаазької конвенції), угон і піратство. У таких випадках злочинець зазвичай не має на меті задачі шкоди людям чи повітряному судну, але це може трапитися.
3. Інші протиправні дії, які створюють загрозу безпеці цивільної авіації, можуть відбуватися не тільки на борту повітряних суден, але й на аеропортах.

Однією з найпоширеніших форм актів незаконного втручання в авіаційну діяльність є захоплення (угон) повітряних суден. Термін «незаконне захоплення повітряного судна» означає дії, коли особа, яка перебуває на борту, незаконно за допомогою насильства або загрози насильством вживає акції, щоб отримати контроль над повітряним судном під час польоту.

Комплексна система підтримки прийняття рішень (КСППР) - це інноваційний інструмент, що поєднує в собі різноманітні бази даних, математичні моделі та інтерактивні платформи для аналізу та ефективного розв'язання складних завдань відповідно до прийняття участі декількох операторів [6]. ІССПР дозволяє враховувати як структуровані, так і неструктуровані дані, надаючи можливість виявлення необхідної інформації для прийняття рішень у реальному часі. Комплексні системи СППР розширюють можливості аналізу, моделювання та взаємодії з даними, забезпечуючи інтуїтивний інструментарій для ефективного управління та оптимізації процесів прийняття стратегічних рішень (рис.1).

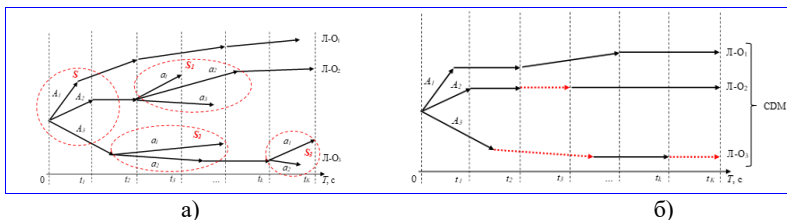


Рис.1 Детерміновані моделі операторів (а) і модель спільного рішення (б)

Комплексні системи СППР забезпечують цілісний підхід до управління процесами прийняття рішень, об'єднуючи технології, які включають аналітичні інструменти, штучний інтелект, методи оптимізації та моделювання. Вони допомагають організаціям здійснювати аналіз великого обсягу даних різної природи за допомогою методів штучного інтелекту, від структурованих до неструктурованих, що дозволяє отримувати додаткові дані для прийняття найбільш обґрунтованих та ефективних рішень [7].

Ці системи також створюють можливість інтерактивної роботи з даними, дозволяючи користувачам взаємодіяти з інформацією в реальному часі. Інтуїтивний інтерфейс сприяє зручному аналізу та представленню даних, що сприяє кращому розумінню ситуації і допомагає у прийнятті обґрунтованих стратегічних рішень для оптимізації бізнес-процесів та управлінських завдань.

Список літератури

1. Safety Management Manual (SMM) / Doc. ICAO 9859-AN 474. – 3ed ed. – Canada, Montreal : ICAO, 2013. – 251 p.
2. Харченко В.П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда. – Кіровоград: КЛІА НАУ, 2012. – 292 с.
3. Управління повітряним рухом в особливих умовах та аварійних ситуаціях. Методичний комплекс 7 семестр напрям підготовки 6.070102 «Аеронавігація» / Г.Ф. Аргунов. – Київ: НАУ. Інститут аеронавігації, 2010. – 123с.
4. Procedures for Air Navigation Services Air Traffic Management / Doc. 4444 ATM/501. – Canada, Montreal: ICAO, 2007.
5. Manual on Collaborative Decision-Making (CDM). Doc. 9971. Second Edition. – Canada, Montreal: ICAO, 2014. – 166 p.
6. Сікірда Ю. В., Шмельова Т. Ф., Касаткін М. В., Ситник Ю. Б. Інтелектуальна оцінка ризику сумісного прийняття помилкових рішень пілотом та авіадиспетчером в особливих випадках в польоті. Наука і техніка Збройних Сил Повітряних Сил України. 2022. № 1 (46). С. 44–50.
7. Artificial Intelligence Methods and Applications in Aviation: Chapter 49 / Т. Shmelova, М. Yatsko, Іu. Sierostanov, V.Kolotusha // Handbook of Research on AI Methods and Applications in Computer Engineering / Ed. Sanaa Kaddoura (Zayed University, UAE). – USA : IGI-Global Publ, 2023. – P. 108–140. DOI: 10.4018/978-1-6684-6937-8

УДК 656.7.022.1 - 65-05

Іванів А.І., аспірант
Лушно О.Є., к.пед.н., доцент, доцент кафедри АНС
Національний авіаційний університет, м. Київ

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ ДИСПЕТЧЕРІВ УПР

За останні роки у світовому масштабі спостерігається зростання інтенсивності повітряного руху. Після початку COVID-19, та в результаті впровадження глобального карантину та різкого спаду авіаперевезень, пасажиропотік почав відновлюватись – цьогоріч авіаперельоти здійснили близько 4,35 мільярда людей, що наближається до 4,54 мільярда в 2019 році. Натомість обсяги вантажоперевезень очікуються на рівні 57,8 млн тонн – нижче 61,5 млн тонн, перевезених у 2019 році. [6]

Figure 1. Monthly Passengers on World Scheduled Airlines Seasonally Adjusted January 2020-January2023



Рис. 1. Графік зміни об'ємів авіаперевезень пасажирів

І дані показники об'єму авіаперевезень прогноуються з кожним наступним роком тільки збільшуватись. В результаті, через великий об'єм трафіку, підвищується вірогідність припущення помилок з боку диспетчерів управління повітряним рухом (УПР), не зважаючи на застосування ними сучасних методів контролю, регулювання і обслуговування повітряного руху та використання новітніх засобів автоматизації УПР.[2]

Забезпечення належного рівня безпеки та ефективності польотів висуває високі вимоги до рівня підготовки авіадиспетчерів. Теоретична і практична професійна підготовка на диспетчерських тренажерах є найважливішим компонентом базової підготовки диспетчерів УПР, в ході якої

формується, підтримується та вдосконалюється система професійних знань, навичок і вмінь авіадиспетчерів.

Все більше сучасних технологічних досягнень в авіаційній галузі свідчать про те, що вдосконалення тренажерної підготовки авіадиспетчерів стає критично

важливим завданням. Зокрема, висока ступінь відповідальності та складність їхньої роботи вимагає постійного підтримання та підвищення рівня професійної компетентності. В контексті сучасних викликів, пов'язаних з ростом обсягів повітряного руху та необхідністю забезпечення безпеки польотів, важливим елементом підготовки авіадиспетчерів є використання передових технологій. Отже важливу роль у підготовці та перепідготовці авіадиспетчерів відіграє Автоматизація тренажерної підготовки.[1,2]

Автоматизація тренажерної підготовки диспетчерів Управління повітряним рухом (УПР) визначається як важливий стрижень сучасної авіаційної безпеки та ефективності. Ця інноваційна система дозволяє підвищити рівень навичок та кваліфікації диспетчерів шляхом віртуального моделювання різних сценаріїв повітряного руху та надзвичайних ситуацій.

Однією з ключових переваг автоматизації тренажерної підготовки є можливість відтворення реальних умов роботи диспетчерів, забезпечуючи їм можливість взаємодії з віртуальним повітряним простором та літаками.[3] Це дозволяє тренуватися в обробці різних ситуацій, включаючи погіршення погодних умов, технічні несправності, та інші фактори, які можуть виникнути в реальному повітряному русі.

На сьогоднішній день в існуючих тренажерних комплексах не в повній мірі враховується індивідуальні особливості людини, яка навчається. В системах не реалізуються можливість оцінювання впливу індивідуальних якостей (психологічних, професійних, психомоторних) на ефективність підготовки. Це не дозволяє підібрати індивідуальну корекцію підготовки диспетчера УПР для ліквідації хибних навичок, розвивати позитивні здібності, закріплювати існуючі навички шляхом перерозподілу часу на виконання завдань, складності виконання завдань, підбору саме тих завдань, які актуальні для конкретного спеціаліста.[5]

Системи автоматизації дозволяють ефективно відслідковувати та оцінювати роботу диспетчерів. Інтегровані системи аналізу дозволяють визначити слабкі місця та покращити навички.[4] Також, автоматизація сприяє зниженню витрат на тренування, оскільки вона використовує віртуальне моделювання, що замінює дорогі фізичні тренажери.

Завдяки високому ступеню реалізму та гнучкості, що надає автоматизація тренажерної підготовки, диспетчери можуть ефективно тренуватися в різноманітних умовах та сценаріях, що підвищує їхню готовність до роботи в реальних умовах повітряного руху.

Автоматизовані тренажери не лише дозволяють диспетчерам відпрацьовувати навички в реалістичних умовах, але і надають можливість стандартизації, моніторингу та оцінювання їхньої діяльності. Враховуючи швидкі темпи розвитку авіаційних технологій, автоматизація тренажерної підготовки стає невід'ємною складовою для підтримки високого рівня професійної компетентності диспетчерів та забезпечення безпеки повітряного руху в умовах зростаючого обсягу повітряного трафіку.

Висновок: Таким чином, необхідно удосконалити традиційну систему професійної підготовки диспетчерів УПП з використанням системи адаптивної

тренажерної підготовки, здійснювати корекцію помилкових знань, умінь та хибних навичок шляхом використання на тренажерах інтелектуальних інформаційних технологій.

Список літератури

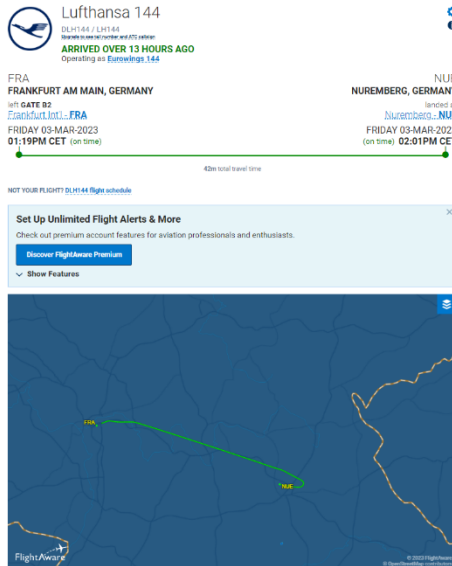
1. “EUROCONTROL Specification for the ATCO Common corecontent initial training,” Brussels: EUROCONTROL, 2015.
2. Wickens, C.D., Hutchins, S., Carolan, T., Cumming, J. Effectiveness of Part Task Training and Increasing-Difficulty Train-ing Strategies: A Meta-Analysis Approach, Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, July 2012. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Christopher_Wickens/publication/236926003_Effectiveness_of_Part_Task_Training_and_Increasing_Difficulty_Training_Strategies_A_MetaAnalysis_Approach/links/570515c408ae74a08e27108f/Effectiveness-of-Part-Task-Training-andIncreasing-Difficulty-Training-Strategies-A-Meta-Analysis-Approach.pdf (accessed 03.05.2018)
3. Oxman, S. White paper: adaptive learning systems / S. Oxman, W. Wong // DV X Innovations DeVry Education Group, February 2014.
4. Декомпозиція діяльності диспетчерів управління повітряним рухом в адаптивній тренажерній системі / К. Surkov // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 6 (52). – С. 30-37.
5. Ломакіна М. Є. Засоби корекції професійної підготовки майбутніх авіадиспетчерів / М. Є. Ломакіна, К. В. Суркова, К. Ю. Сурков //Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЛА НАУ, 2018. – вип. 4. – С. 138-144.
6. <https://www.epravda.com.ua/news/2023/06/5/700812/>

UDC 629.7.054.07 (043.2)

Alifirenko T.O.

IN-DEPTH EXAMINATION OF AIRCRAFT TRAJECTORIES: A MATLAB ALGORITHMIC APPROACH

Radar, a cornerstone technology in aviation, profoundly shapes the trajectory of aircraft through its indispensable contributions across various operational domains. In the realm of navigation, radar stands as a linchpin, furnishing real-time, high-precision data that ensures the accurate tracking and navigation of aircraft [1, 2]. Air traffic control relies heavily on radar systems, empowering controllers to vigilantly monitor and regulate air traffic movements with meticulous precision, thereby upholding safety standards (Fig. 1).



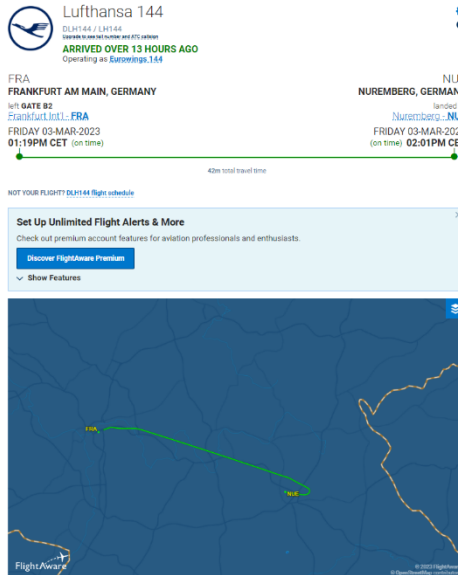


Fig. 1. Input trajectory of airplane

The influence of radar extends into critical safety measures, notably in collision avoidance strategies. During the intricate phases of approach and landing, radar systems assume a guiding role, especially in challenging weather conditions or terrains [3, 4]. Their contribution ensures the smooth navigation of aircraft during these critical stages. When it comes to processing airplane trajectory data in MATLAB [5], there are standards steps and algorithms involved to ensure accurate analysis and visualization (Fig. 2).

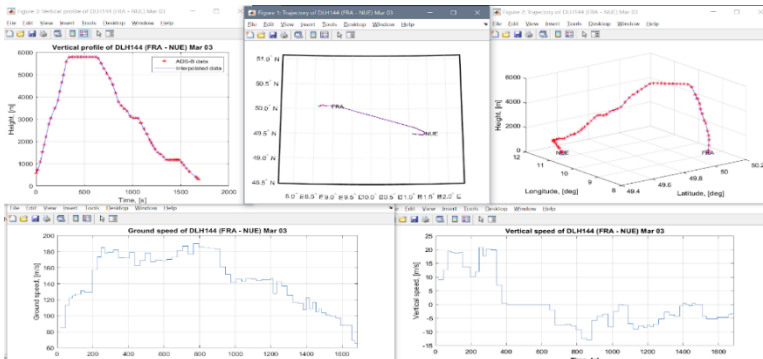


Fig. 2. Sample of possible results

The creation of ground and vertical speed diagrams, coupled with statistical analyses and algorithm development for error correction, has enhanced our understanding of aircraft performance and trajectory accuracy. This work not only contributes to the scientific understanding of flight dynamics but also holds significance for advancements in aviation safety, navigation systems, and the development of improved data processing methodologies.

References

1. Ostroumov I.V., Larin V., Averyanova Yu., Sushchenko O., Zaliskyi M., Bezkorovainyi Y. Performance Analysis of Alpha-Beta-Gamma Filter for Airplane Tracking Using Automatic Dependent Surveillance-Broadcast. Ostroumov, I., Zaliskyi, M. (eds) Proceedings of the International Workshop on Advances in Civil Aviation Systems Development. ACASD 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. № 736. P. 60-72 https://doi.org/10.1007/978-3-031-38082-2_5.
2. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S., Kyzymchuk O. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Trajectory Data Processing. 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). 2022. P. 43-47. <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9767058>.
3. Ostroumov I.V., Kuzmenko N.S. Statistical Analysis and Flight Route Extraction from Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Data. 2022 Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS). 2022. P. 1-9. <https://doi.org/10.1109/ICNS54818.2022.9771515>.
4. Ostroumov I.V. Performance Evaluation of Positioning Methods Used in the Flight Management System. Ostroumov, I., Zaliskyi, M. (eds) Proceedings of the International Workshop on Advances in Civil Aviation Systems Development. ACASD 2023. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. № 736. P. 3-16 https://doi.org/10.1007/978-3-031-38082-2_1.
5. Visualization of airplane trajectory based on ADS-B data messages [Electronic resource] / I.V. Ostroumov, 2023. URL: https://www.ostroumov.sciary.com/codes_airplane-trajectory-visualization (viewed on Nov 23, 2023).

УКД 629.735.051.(043.2)

Ярмоленко Р. В., студентка
Національний авіаційний університет, м. Київ

ВЗАЄМОДІЯ ПІЛОТІВ ЯК ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

В центрі авіації стоїть людина і саме її навички, прийняття рішень та комунікація стали невідмінною частиною авіаційних операцій. Сьогоднішні технології можуть бути передовими, але успіх у сфері авіації залежить від того, наскільки ефективно люди працюють разом, сприймають інформацію та реагують на непередбачені ситуації.

Людський Фактор в авіації може бути визначений як набір властивих людям-авіаторам фізіологічних і психологічних можливостей і обмежень, які, в разі неприйняття їх до уваги, можуть стати причиною неправильних дій. Людський фактор - одне з центральних понять, які використовуються при розгляді проблеми забезпечення безпеки польотів [1].

До людських чинників можна віднести:

- Наземне обслуговування повітряних суден;
- Психоемоційна стійкість;
- Фізичний стан людини
- Рівень професіоналізму та багаж досвіду, знань;
- Рівень злагодженості екіпажу.

Виокремлюючи останній пункт, варто наголосити, що відповідно до статистики «Розподіл нещасних випадків, спричинених людиною», низький рівень взаємодії пілотів займає 2 місце (22%). В сучасному світі авіації, успішне управління та організація повітряного руху неможливі без ефективної взаємодії між членами екіпажу. Це один із ключових факторів, який визначає безпеку та надійність авіаційних операцій.

Фактори, які впливають на взаємодію пілотів.

- Єдина фразеологія. Практично із самого початку виникнення авіації у світі, своє місце почала займати професійна фразеологія, вона була запроваджена не лише для комунікації пілотів з авіадиспетчерами, адже траєкторії міжнародних польотів проходять через різні країни, а і для членів екіпажу, тому що важливість авіаційної мови стає критичною, коли розглядаємо сучасні екіпажі з представниками різних країн. Саме для уникнення мовних непорозумінь, чіткої та чистої комунікації, авіаційна мова була встановлена як єдиною та обов'язковою в кабіні і стала основою ефективності та взаєморозуміння.
- Стерильна кабіна. Стерильна кабіна льотного екіпажу (sterile flight crew compartment) - будь-який період часу, коли членів льотного екіпажу не турбують або не відволікають, за винятком питань, що мають важливе значення для безпечної експлуатації повітряного судна або безпеки пасажирів[2]. Ці правила було створено для забезпечення концентрації пілотів на важливих етапах польоту, такими як руління, зліт, набір висоти та зниження до/від 10 000

футів, захід на посадку та посадка. Окремо «стерильними» будуть аварійні ситуації.

- Розподілення обов'язків під час екстреної ситуації. Екстрена ситуація – найстресовіша, в якій пілоти можуть опинитися. Розподілення обов'язків у кабіні під час екстреної ситуації спрямоване на максимізацію ресурсів та навичок екіпажу для забезпечення безпеки та ефективності польоту. Для дотримання вимог при зльоті, на маршруті та на посадці експлуатант має встановити порядок реагування на аварійні ситуації; також, він зобов'язаний забезпечити безпечний маршрут з униканням перешкод для того, щоб літак зміг продовжити політ [3]. Дуже важливо зберігати свіжий розум та діяти швидко, тому лише злагодженість екіпажу та швидкість реагування допоможе уникнути фатальних наслідків надзвичайних подій. А швидкість реакції тренується під час підготовки пілотів на симуляторі, яку вони проходять при отриманні ліцензії, а також на регулярних навчаннях.

Світова історія авіації переповнена прикладами катастроф та інцидентів, які сталися через непорозуміння між пілотами в кабіні. Поглиблення знань фразеології, розуміння стерильної кабіни та чітке визначення обов'язків можуть уберегти від подій такого роду в майбутньому.

Список літератури

1. Олішевська Т. О. «Працездатність та обмеження авіаційного персоналу під час технічного обслуговування ПС» Факультет аеронавігації електроніки та телекомунікацій, Кафедра авіоніки.
2. Наказ 05.07.2018 Про затвердження Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо льотної експлуатації в цивільній авіації, стерильна кабіна
3. Додаток IV до Авіаційних правил України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо льотної експлуатації в цивільній авіації»

UKD 629.735.051.(043.2)

Yarmolenko R., Lutaienko M., student
Luppo O. E., *Candidate of Sciences, Associate Professor*
National Aviation University, Kyiv

EUROPEAN HIGHER AIRSPACE OPERATIONS

An increasing number of vehicles are utilizing the upper airspace, situated between the airspace normally used by aircraft and the commencement of space, to provide various commercial services such as surveillance, broadband connectivity, supersonic and hypersonic travel. Managing the diverse combination of unmanned and manned vehicles, fast and slow-moving crafts necessitates a sturdy operational framework to guarantee safety in operations.

The number of new users is constantly growing in this airspace. The variety of vehicles is large, covering unmanned balloons, airships, and long-range solar-powered aircraft, collectively known as high-altitude platform systems (HAPS), as well as supersonic and hypersonic aircraft, trans-atmospheric, and suborbital vehicles. In addition, both commercial and government space operations traverse upper airspace for activities such as launches and re-entries [1].

The European concept for higher airspace operation (ECHO) is a European project dedicated to the development of innovative air traffic services concepts to enable the expansion of air traffic services to operations in "higher airspace". The first project of this program started on November 1, 2020 and lasted until October 30, 2022. The goal was to facilitate secure, efficient, and scalable operations beyond the flight levels used by conventional air traffic. Additionally, the project opens avenues for the economic advancement of inventive and commercial ideas utilizing the upper airspace, incorporating aspects such as system-wide information management and trajectory-based operations. The result of the ECHO project involves conducting an extensive analysis of demand and creating a fundamental concept of operations (ConOps) for the higher airspace.

The second Project (ECHO 2) started in September 2023. The ECHO 2 project objectives: the project will build on research from the ECHO project, which centered on formulating a concept of operations (CONOPS) for higher airspace. In particular, the project will concentrate on integrating a module into the CONOPS for real-time monitoring of space launches and will include comprehensive packages detailing operational integration procedures for both ground and air-ground activities. [2].

In higher airspace, civil-military coordination will serve as a foundation for operational stakeholders and the Network Manager. Considering future military airspace needs, which hinge on advanced technologies and the performance of a new era of manned and unmanned aircraft/platforms, civil/military coordination is imperative to ensure safe, secure, and efficient flight operations. It is essential to

respect the states' requirement to maintain the capability to detect and identify any object flying over their territory or territorial waters. Therefore, surveillance and trajectory data should be shared with states in advance of flight execution to address security and separation concerns [3]. Collaborative decision-making (CDM) applies in HAO as an integral mechanism of civil-military cooperation/coordination that enables optimal solution-making at the planning stage and joint tactical decision-making at the execution stage, taking into consideration the preferences and priorities of civil and military operational stakeholders.

The majority of the Earth's weather occurs in the troposphere, marked by its diversity and constant temperature decrease with height (Fig.1).

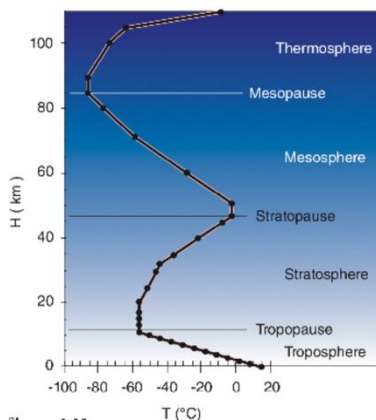


Fig. 1. Middle atmosphere – the relationship between temperature and altitude.

Weather in the troposphere is generally well investigated with global networks exchanging observations and forecasts, especially for aviation purposes. High Altitude Operations (HAO) will be impacted by tropospheric weather, particularly during slow-speed operations to and from higher altitudes. Upon surpassing this tropospheric "weather layer," HAO will enter the stratosphere and mesosphere.

Weather data above FL600 is not easily accessible and surpasses the capabilities of most numerical weather prediction systems. However, above FL600, where the atmosphere is extremely thin, the predominant weather considerations include wind patterns and space weather phenomena, including notably low temperatures that may affect vehicle operations. To facilitate High Altitude Operations (HAO), additional investments in High Altitude weather forecasting will be required [5].

LIST OF SOURCES

1. SESAR Exploratory research project. ECHO - European Concept of operations for Higher airspace Operations <https://www.sesarju.eu/projects/echo>
2. INDUSTRIAL RESEARCH PROJECT. ECHO 2- European Concept for Higher Altitude Operations Phase 2: Towards the integration between Air Traffic Management and Higher Altitude Operations <https://www.sesarju.eu/projects/ECHO2>
3. Civil/military coordination and cooperation in HA. A concept for operations (ConOps) publication Delivered by the SESAR 3 JU ECHO project, led by EUROCONTROL.
4. Civil-military coordination. A concept for operations (ConOps) publication Delivered by the SESAR 3 JU ECHO project, led by EUROCONTROL.
5. Meteorology. A concept for operations (ConOps) publication Delivered by the SESAR 3 JU ECHO project, led by EUROCONTROL.

УДК 629.735.051 (043.2)

Лутаєнко М. С., студентка
Національний авіаційний університет, м. Київ

ВПЛИВ СНУ НА РОБОТУ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

Людський фактор – безумовно один з найважливіших факторів роботи авіації. Людський фактор – психофізіологічні здібності людини, притаманні кожній людині, яка навчена виконувати роботу, яка передбачає необхідну співпрацю з різними видами машин, програмного забезпечення, процедур та інших людей, які знаходяться в тій самій команді. Людина є найбільш важливою, так само як і найбільш вразливою ланкою в авіації. Наразі відомо, що близько 80% всіх авіаційних подій відбуваються по вині саме людини, 31% з яких – авіаційні події, причиною яких є недостатня психоемоційна стійкість при прийнятті рішень [5].

На якість роботи авіадиспетчера впливають різні фактори та чинники, серед яких присутні такі, як рівень шуму, мікроклімат в приміщенні, але також і психоемоційний та фізичний стан людини в роботі. Відомо, що близько 90% популяції планети отримують постійний стрес, 80% людей – вигоряння та втому [5], що ніяк не є гарною статистикою, враховуючи те, що робота авіадиспетчера потребує постійної концентрації, вміння швидко та правильно приймати рішення, стресостійкості, впевненості, та багато інших характеристик. Сон є надзвичайно важливим фактором стабільного емоційного та фізичного стану людини, отже, не може не впливати на роботу авіадиспетчера.

Наука вивчає сон та його вплив на роботу організму вже не перший десяток років, та за ці часи було проведено чимало експериментів та наукових досліджень, про які далі йтиметься в доповіді. Відомо, що організм людини перебуває під постійним впливом внутрішніх (ендогенних) та зовнішніх (екзогенних) ритмів. Одними з ендогенних ритмів є циркадні ритми – добові ритми, які частково відповідають за сон. Отже, наш організм має свій внутрішній біологічний годинник, який знає, коли людині треба йти спати та прокидатись. Одним з джерел інформації, за допомогою якого біологічний годинник людини отримує інформацію, є очі. Освітлення напряму впливає на сприйняття нами часу. В організмі людини присутні фоторецептори, які відповідають за оцінку світлової ситуації. Зранку, при «холодному» сонячному яскравому світлі з короткою довжиною хвилі, фоторецептори посилають в мозок знак, який є сигналом про початок дня, а ввечері, коли домінує «тепле» тускле світло з довгою довжиною хвилі, фоторецептори з наших очей сигналізують мозку про кінець дня та готовність відходити до сну [4]. Саме через це науковцями рекомендовано перевести гаджети в режим з теплим освітленням екрану. В роботі диспетчера та його робочому місці є багато нюансів – починаючи від освітлення, закінчуючи позмінною роботою, що серйозно впливає на внутрішні біологічні ритми. Робоче місце авіадиспетчера має бути оснащене лампами, що імітують денне світло. Якщо мова йде про

робоче місце диспетчера вишки, який безпосередньо працює перед вікнами, через які потрапляє денне світло, то таке робоче місце обов'язково має бути гарно освітлено, щоб організм людини, що працює на такій позиції, не сприймав зміну освітлення при заході сонця, як сигнал про кінець робочого дня та готовність відходу до сну.

Також одним з факторів, який впливає на готовність організму до сну, є температура. Відомо, що найвища температура тіла людини припадає на вечір, в той час як найнижча – приблизно на четверту годину ранку. Важливо пам'ятати та дотримуватись особливостей нашого організму: ближче до сну необхідно, щоб температура тіла спадала. Через це важливо, щоб температура повітря на робочому місці авіадиспетчера не перевищувала та не була нижчою за норму, якою вважається 22-24°C, інакше диспетчера на зміні почне клонити в сон при низькій температурі приміщення, та при вищій можуть початися процеси, притаманні будь-якій людині, такі як: потіння, спрага, пониження здатності до терморегуляції, тощо [1].

Важливим є і врахування хронотипів авіадиспетчерів. Наразі вчені виділяють три найяскравіші хронотипи: радикально-ранковий (так звані, «жайворонки»), вечірній («сови») та змішаний («голуби»). Залежно від хронотипу, пік активності людини припадає на різні години, будь то 8-10 ранку, чи 20-22 вечора. Позмінна робота диспетчерів, що включає в себе, як правило, ранкову, вечірню (денну) та нічну зміну, негативно впливає на сон спеціалістів, що може спричинити захворювання різного типу, такі як хронічний стрес, діабет, безсоння, апное сну, гіперсомнія, гіперсомнія, і навіть депресія [3]. Медики «рекомендують порушувати» нормальний час сну не більше трьох діб на тиждень із чітким дотриманням графіка в інші чотири дні. Але ж авіадиспетчери, перебуваючи в постійній напрузі та стресі на робочому місці, мають більшу схильність до розладів сну, ніж люди, які не працюють в нічний час позмінно.

Прийнято вважати, що одним з гарних способів боротися з сонливістю, в тому числі, під час роботи, є кофеїн. Кавові, енергетичні, газовані напої допомагають людям в житті залишатися бадьорими протягом дня. Вчені рекомендують пити каву не пізніше, ніж за 6 годин до початку сну, адже періодом напіввиведення кофеїну є саме шість годин. Після проходження цього часу в організмі людини все ще залишається частка кофеїну, тож навіть ранкова кава авіадиспетчерів впливає на їх сон уночі. Ближче до вечора, коли організм вже готовий за своїми власними циркадними ритмами відходити до сну, спеціаліст може відчутти сонливість та прийняти рішення спожити ще один кавовий або енергетичний напій, що в подальшому буде негативно впливати на його сон [2].

Отже, існує багато факторів, які впливають на сон людини, та недотримання санітарних норм сну може призвести до серйозних порушень роботи організму. Тому так важливо підтримувати якісний рівень сну в авіадиспетчерів, адже в інтересах людей цієї професії, так само як і в роботодавців, є здоровий спосіб життя та стійка емоційна та психологічна стабільність.

Список літератури:

1. Температурний режим праці [Електронне джерело] / Професійна спілка працівників охорони здоров'я України, 2009. URL: <http://poltava.medprof.org.ua/poltava/zakhist-trudovikh-ta-socialno-ekonomichnikh-prav-pracivnikov-galuzi/pravova-dopomoga/temperaturnii-rezhim-praci-jakim-vin-maje-butii/>
2. Коли я нарешті висплюся? / О. Маслова, Н. Бельська. – К.: Віхола, 2023.
3. Sleep and Chronic Disease [Електронне джерело] / Centers for Disease Control and Prevention, 2022. URL: https://www.cdc.gov/sleep/about_sleep/chronic_disease.html
4. Good Light, Bad Light and Better Sleep [Електронне джерело] / National Sleep Foundation, 2022. URL: <https://www.thensf.org/good-light-bad-light-and-better-sleep/>
5. Sleep / О. Луппо, Кафедра Аеронавігаційних Систем, Національний авіаційний університет, 2023. URL: https://docs.google.com/presentation/d/16N1BepRYf5GJY_LBcS86nYMOAM3hy_X8gtFfa36kKtKk/edit#slide=id.p1

УДК 629.735.051 (043.2)

Lutaienko M. S., Yarmolenko R. V.

*Candidate of Sciences, Associate Professor, Luppó O. E.
National Aviation University, Kyiv*

BENEFITS OF FOUR-DIMENSIONAL TRAJECTORIES

Nowadays, every Aviation Organization which is working to improve the operation of the Single Sky over Europe is interested in optimization of flights operations. One of the most effective concepts is implementation of the Four-Dimension Trajectory.

The Four-Dimensional (4D) trajectory is the key to the future Air Traffic Management (ATM) system being developed by the Single European Sky ATM Research (SESAR) program. Such trajectories facilitate flight management: earlier management of flights was provided by a complex system of many components, both machines and people, then now 4D trajectories allow to focus on strategic planning and tactical intervention in flight if necessary [1]. This contributes to the design of the airspace and increases the efficiency of flights. Airspace users agree their wanted trajectory with the Air Traffic Services (ATS), taking into account the capacity of the ground part of trajectory, which is airports, and the capacity of Air Traffic Service units.

The 4D trajectory is basically the trajectory is flown in four dimensions: latitude, longitude, altitude (or Flight Level (FL)), and time. Such trajectories are called Business trajectories in case of civil aviation flights and Mission trajectories in case of military flights. Both of them aim to give the most effective use of airspace, in order to accomplish the mission [3]. Once agreed, the 4D trajectory becomes the reference trajectory on which the airspace user agrees to fly and on which all service providers agree to facilitate this flight, providing the service. This means, in every single moment of flight, all the ground services should know the actual position of the aircraft, which is flying by 4D trajectory. The main goal of implementing four-dimensional trajectories is improvement of safety, efficiency and on-time operations.

There are a lot of benefits of four-dimension trajectories, such as predictability, safety, increasing capacity, automatization, cost efficiency, and, of course, environmental impact, which is really important nowadays in our reality [2]. For example, safety is considered in the fact that the position of every single aircraft is known in each moment of time. Both pilots and air traffic controllers can have more capacity in order to monitor other flights and prevent collisions. This allows us to construct and use the Single European Sky as efficient as possible, including cost efficiency. Due to the known exact position of aircraft and ability to calculate accurate route of each flight, we can optimize these routings and fuel usage. And as aircraft will carry less fuel, it allows us to get smaller weight of aircraft, what, in turn, allows us to reduce fuel consumption by the environment. Optimal routing and reduced fuel usage leads to lower CO₂ emissions and impact on the climate change. It is known, that increase of the take-off weight of the modern jet liner just by 3-4% leads to

increase in CO₂ emissions into the atmosphere by, sometimes, more than 500 kg, which is dangerous for people and aviation in the near future [4].

The main differences between Business trajectory and Mission trajectory are the following: Business trajectory is driven by business needs, and occurs in accordance with International Civil Aviation Organization (ICAO) standards and recommendations, while Mission trajectory is driven by National Defense and Security and occurs in accordance not only with ICAO rules and procedures, but also with National rules and standards. Business trajectory could depend on availability of passengers and airspace, airports throughput and Air Traffic Control (ATC) capacity, and relies on Air Navigation Service (ANS) provisions. Mission trajectory depends on availability of aircraft, airspace, and geographical location, mission type and objectives, and relies on mission support services. Of course, both of 4D trajectory types also rely on efficient planning and up-to-date aeronautical and meteorological information.

The concept of four-dimensional trajectories is already ready to be implemented in the nowadays' aviation, but there are couple of challenges, such as agreeing the standard procedures, methodologies and definitions in order to start using 4D-trajectory system all over the Single European Sky; using the global standards for the data exchange. Business/Mission trajectories are the new way to describe and use trajectory filled with information, which is richer than today's flight plans, share the information about the flight in all its stages: planning, execution, consequences. And one of the most important goals of the new concept of flying is providing the future aviation with on-time operations, safety and efficiency.

References:

1. GEN CIV-MIL Civil-Military Coordination EUROCONTROL [Electronic resource] / EUROCONTROL Headquarter, Brussels, 2023. URL: <https://docs.google.com/document/d/13xDFNgYUav8h4jtFIqJXjQVT5TIY-xwnshKb23GdnMs/edit>
2. SESAR factsheet Business Trajectory / '4D' Trajectory [Electronic resource] / SESAR Joint Undertaking, Brussels, 2010. URL: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/SESAR_Factsheet_4DTrajectory_2_.pdf
3. Introduction to the Mission Trajectory [Electronic resource] / EUROCONTROL, 2010. URL: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/cmacc-introduction-to-the-mission-trajectory-v1.0-20100604.pdf>
4. І. Л. Трофімов, «Аналіз впливу авіаційного транспорту на забруднення атмосфери», ISSN 2308-7382. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. Національний авіаційний університет, 2014, с. 4.

УДК 629.054

Ковальчук М.Г., аспірант
Національний авіаційний університет, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ. ВИКОРИСТАННЯ АІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

CNS/ATM - Це скорочення від "Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management" (Зв'язок, Навігація, Спостереження / Управління повітряним рухом), що представляє інтегровану систему для управління повітряним рухом.

Зв'язок (Communication): CNS/ATM передбачає використання новітніх технологій для забезпечення ефективного зв'язку між повітряними суднами та землею. Це включає в себе використання супутникових систем, цифрових технологій, даних через радіо та інші канали зв'язку для покращення передачі інформації.

Навігація (Navigation): CNS/ATM спрямована на вдосконалення систем навігації повітряних суден. Це може включати в себе використання супутникових систем (наприклад, GPS), розробку більш точних та надійних методів навігації та підтримку автоматизованої системи керування навігацією.

Спостереження (Surveillance): CNS/ATM орієнтована на вдосконалення систем спостереження за повітряним простором. Це включає в себе використання різних технологій, таких як радары, супутникові системи та сенсори, для збору інформації про рух повітряних суден у реальному часі.

Управління повітряним рухом (Air Traffic Management): CNS/ATM ставить своїм завданням покращення ефективності та безпеки управління повітряним рухом. Це включає в себе розробку систем для оптимізації маршрутів, зменшення затримок, використання даних для прийняття рішень та підтримку взаємодії між повітряними суднами та контрольними пунктами.

Розвиток систем CNS/ATM спрямований на покращення безпеки та ефективності повітряного транспорту за допомогою новітніх технологій та інтегрованих підходів до управління повітряним простором.

Зв'язок, навігація, спостереження та організація повітряного руху (CNS/ATM) постійно розвиваються, використовуючи передові технології для вдосконалення авіаційних процесів. Останні тенденції включають:

Сучасні технології зв'язку: Розширення можливостей зв'язку між повітряними суднами та землею за допомогою новітніх супутникових систем та використання широкомугових мереж для передачі даних.

Покращення навігаційних систем: Вдосконалення систем позиціонування, таких як покращення точності GPS, впровадження нових методів навігації, які

дозволяють оптимізувати маршрути та ефективно використовувати повітряний простір.

Розвиток систем спостереження: Використання новітніх технологій для підвищення точності та обсягу зіткнення з іншими повітряними суднами або перешкодами на шляху.

Впровадження штучного інтелекту та аналіз даних: Використання AI для оптимізації управління повітряним рухом, прогнозування шляхів польотів, аналізу ризиків та покращення прийняття рішень.

Удосконалення управління повітряним простором: Впровадження цифрових систем, які дозволяють більш гнучко регулювати потік повітряного руху, підвищуючи ефективність та зменшуючи затримки.

Цей постійний розвиток спрямований на забезпечення безпеки польотів, оптимізацію маршрутів, зменшення впливу на довкілля та підвищення загальної ефективності авіаційних операцій.

Впровадження штучного інтелекту (AI) у системи управління повітряним рухом має великий потенціал для покращення ефективності, безпеки та зменшення затримок у повітряній промисловості. Проте існують деякі виклики та проблеми, які варто враховувати під час впровадження таких систем:

Навчання та надійність моделей AI: Навчання AI моделей для управління повітряним рухом потребує великої кількості даних, що може бути складним, оскільки повітряні простори відрізняються за умовами, обмеженнями та протоколами. Надійність цих моделей є критичною для безпеки авіаційних операцій.

Безпека та етика: Забезпечення безпеки та етичного використання AI в авіації є пріоритетним завданням. Потрібно гарантувати, що системи AI не тільки ефективні, але й безпечні, а також відповідають вимогам щодо приватності та етики.

Інтеграція з існуючими системами: Впровадження AI у вже функціонуючі системи управління повітряним рухом може бути складним процесом через необхідність інтеграції з вже існуючими протоколами та системами.

Взаємодія з людьми: Важливо забезпечити взаємодію між системами AI та людьми, особливо у випадках, коли приймаються критичні рішення щодо управління повітряним рухом. Розуміння та довіра до прийнятих системою рішень важливі для забезпечення безпеки польотів.

Регулювання та стандартизація: Встановлення стандартів та правил використання систем штучного інтелекту в авіації є важливим аспектом для забезпечення сумісності та безпеки усіх авіаційних процесів.

Дослідження цих проблем та розробка відповідних стратегій може сприяти успішному впровадженню та ефективному використанню систем штучного інтелекту для оптимізації управління повітряним рухом.

Зокрема, дослідники активно вивчають способи подолання цих викликів:

Алгоритмічна надійність: Розвиток алгоритмів навчання, які враховують різноманітні умови та сценарії в повітряному просторі. Це означає створення

моделей, які можуть адаптуватись до змінних умов, таких як погодні умови чи технічні неполадки.

Безпека та етика використання: Розробка стандартів безпеки та етичного використання систем штучного інтелекту в авіації. Це включає в себе забезпечення захисту даних, відповідального використання алгоритмів при управлінні польотами та гарантування безпеки для пасажирів та екіпажу.

Інтеграція та сумісність з існуючими системами: Розробка методів інтеграції AI з існуючими системами управління повітряним рухом, щоб забезпечити сумісність, безпеку та ефективність роботи в єдиній системі.

Навчання та розвиток людських ресурсів: Підготовка персоналу, який буде працювати з цими системами, включаючи навчання та підтримку для керування новими технологіями, а також розуміння їх можливостей та обмежень.

Стандартизація та регулювання: Створення міжнародних стандартів та правил щодо використання AI в авіації для забезпечення спільної роботи систем та безпеки авіаційних процесів у всьому світі.

Ці напрямки досліджень та вдосконалення спрямовані на створення надійних, безпечних та ефективних систем штучного інтелекту для оптимізації управління повітряним рухом.

Деякі з відомих досліджень використання штучного інтелекту для оптимізації управління повітряним рухом включають:

SESAR (Single European Sky ATM Research): Це програма досліджень Європейського Союзу, спрямована на вдосконалення управління повітряним рухом в Європі. SESAR включає в себе роботу над впровадженням штучного інтелекту та автоматизованими системами для оптимізації управління повітряним рухом.

NextGen в США: NextGen — це ініціатива Федеральної авіаційної адміністрації США для модернізації національної системи повітряного руху. Програма фокусується на використанні технологій AI та автоматизованих систем для покращення безпеки та ефективності польотів.

ICAO (International Civil Aviation Organization): ICAO активно вивчає можливості використання штучного інтелекту для оптимізації управління повітряним рухом та розробляє стандарти та рекомендації щодо впровадження таких систем.

Дослідження університетів та дослідницьких центрів: Багато університетів та наукових установ проводять дослідження в галузі застосування штучного інтелекту для авіаційних цілей, зокрема, для розробки систем управління повітряним рухом.

Ці дослідження орієнтовані на вдосконалення систем управління повітряним рухом шляхом використання сучасних технологій штучного інтелекту, аналізу даних та автоматизації процесів, спрямованих на покращення ефективності, безпеки та економічної доцільності авіаційних операцій.

Впровадження штучного інтелекту та аналізу даних у системи управління повітряним рухом має значний потенціал для трансформації авіаційної індустрії. Однак цей процес пов'язаний з рядом викликів, які вимагають уважного розгляду та розв'язання:

Навчання та надійність моделей: Потрібно продовжувати дослідження для створення надійних, адаптивних та точних моделей AI, які можуть працювати в різних умовах та забезпечувати безпеку польотів.

Безпека та етика: Важливо розробляти стандарти безпеки та етики для використання систем штучного інтелекту в авіації з урахуванням конфіденційності, безпеки та відповідальності за прийняття рішень.

Інтеграція та сумісність: Необхідно забезпечити ефективну інтеграцію AI з існуючими системами управління повітряним рухом, щоб уникнути конфліктів та забезпечити їх взаємодію та сумісність.

Підготовка персоналу: Кадри, які володіють навичками в роботі з AI, є ключовим чинником успішного впровадження. Навчання персоналу та розвиток їхніх умінь є важливим завданням.

Стандартизація та регулювання: Встановлення міжнародних стандартів та правил для використання систем штучного інтелекту в авіації є необхідним для забезпечення їхньої спільної роботи та безпеки.

Інтеграція штучного інтелекту може принести величезні переваги для авіаційної індустрії, але її впровадження потребує уважного аналізу, розробки та підготовки. Вирішення вищезазначених аспектів допоможе забезпечити успішну і безпечну інтеграцію систем штучного інтелекту в управління повітряним рухом.

УДК

**Павловський І.В.,
Конін В.В., д.т.н. проф.**
Національний авіаційний університет, Київ

СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙ КОМПЛЕКСІВ

Сучасні супутникові системи відіграють важливу роль у великому спектрі діяльностей, від навігації та телекомунікацій до наукових досліджень та оборони. Однак, для забезпечення їхньої ефективності та точності, необхідно проводити інтенсивне тестування. У зв'язку з цим виникає питання ефективного використання ресурсів та підвищення об'єктивності процесу тестування. Однією зі стратегій, яка привертає увагу, є використання лише одного записаного файлу для тестування різних супутникових систем.

Цей підхід пропонує не лише спростити управління тестуванням, але й створити умови для об'єктивного порівняння різних систем, зберігаючи при цьому консистентність та ефективність аналізу результатів. У даній роботі розглядається переваги використання єдиного запису для тестування різних супутникових систем та аналізується його вплив на точність, об'єктивність та ресурсозбереження в процесі оцінки супутникових технологій.

Ефективність ресурсів: Замість того, щоб створювати та управляти окремими записами для кожної супутникової системи, ви можете зосередити зусилля на створенні і тестуванні одного універсального файлу. Це полегшує управління ресурсами та робить процес більш ефективним.

Однакові умови для порівняння: Використання одного файлу дозволяє вам тестувати різні супутникові системи в однакових умовах. Це забезпечує більш об'єктивні результати порівняння між різними системами, оскільки вони будуть оцінюватися в однакових умовах з однаковими вхідними даними.

Зменшення ризику помилок: Уникнення потреби в реєстрації та обробці різноманітних файлів може зменшити ризик помилок. Один універсальний файл спрощує управління даними, а отже, може знизити ймовірність виникнення помилок під час тестування.

Зручність аналізу: Використання єдиного файлу спрощує процес аналізу результатів тестування. Замість того, щоб проводити аналіз окремо для кожної системи, ви можете зосередитися на одному наборі даних, що полегшує порівняння та висновки.

Зменшення обсягу зберігання даних: Використання одного файлу може допомогти зменшити обсяг зберігання даних, оскільки вам не потрібно буде зберігати кожен запис окремо для кожної системи. Це може бути особливо важливим у випадках, коли обсяг даних є обмеженим чи цінним ресурсом.

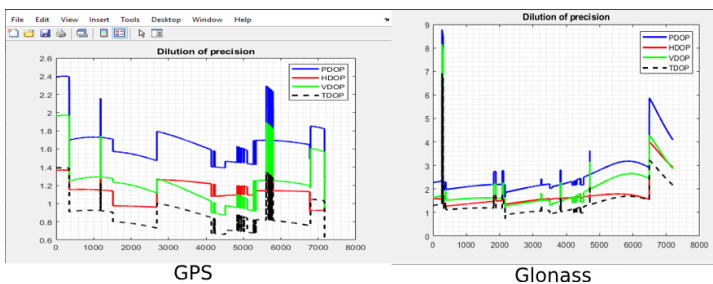


Рис.1

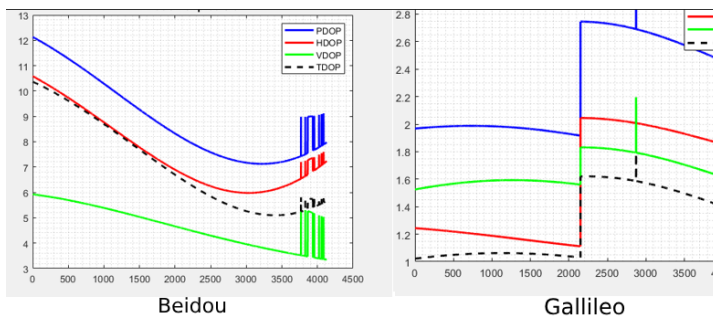


Рис.2

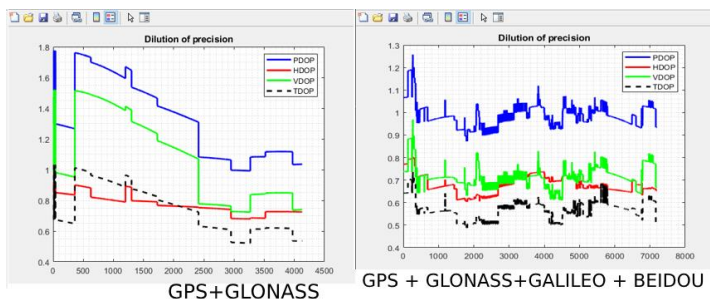


Рис.3

Дослідження функціонування ГНСС (глобальної навігаційної супутникової системи) у режимах одиночного та кооперативного використання призвело до отримання значущих висновків стосовно ефективності цієї технології в різноманітних умовах та сферах застосування.

У режимі одиночного використання ГНСС відзначається вражаючою точністю визначення місцезнаходження користувача в умовах відкритого неба. Збільшення кількості використовуваних супутників сприяє покращенню стабільності та достовірності сигналу. Тим не менше, у ситуаціях затінення, таких як глибокі долини чи міські каньйони, або при електромагнітних перешкодах, точність може істотно знизитися.

У кооперативному режимі ГНСС об'єднання даних від різних користувачів та використання додаткових джерел інформації, таких як інерційні сенсори чи внутрішні засоби комунікації, може значно підвищити точність та надійність навігації. Цей підхід особливо корисний у ситуаціях обмеженої видимості супутників або в місцях із значними перешкодами.

Застосування ГНСС у режимі одиночного використання ідеально підходить для більшості сценаріїв, де доступно супутникове покриття. З іншого боку, кооперативний режим може бути вирішальним у критичних областях, таких як автономні автомобілі, беспілотні літальні апарати та армійські системи, де точність та надійність навігації є невід'ємною частиною життєво важливих функцій.

УДК 629.7.07(043.2)

**Безпаленко О.І.,
Конін В.В., д.т.н. проф**
Національний авіаційний університет, Київ

СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙ КОМПЛЕКСІВ

Приводиться модель супутникових навігаційно-телекомунікаційних систем, для вирішення навігаційного завдання у сфері безпілотної авіації. Зі збільшенням кількості безпілотної авіаційних комплексів у повітрі та їх імплементацією у повітряний простір зростає необхідність у підвищенні точності визначення координат для забезпечення безпеки польотів БЛА.

Основною функцією навігаційно-телекомунікаційних систем є визначення швидкості та координат споживача, а важливими характеристиками для визначення є розташування супутників, кут маски та псевдодальність.

У моделі використовується ітераційно псевдодальномірний метод в умовах недостатньої або надлишкової кількості супутників для телекомунікаційної та навігаційних систем.

Вирішувана задача виконується наступним чином. Маємо 3 телекомунікаційні системи OneWeb, GlobalStar, Starlink та 2 навігаційні системи GPS і GLONASS. За допомогою кожної телекомунікаційної системи вирішимо навігаційне завдання і наведемо значення геометричного погіршення точності. У випадку неможливості вирішення навігаційного завдання за допомогою навігаційно-телекомунікаційних систем, наведемо вирішення такої задачі за допомогою навігаційних систем.

Маємо координати цілі та ефемериди супутників. Ефемериди супутників ми отримуємо експериментальними шляхом за допомогою приймача, далі за допомогою написаного коду у середовищі Matlab конвертуємо отримані дані з формату TLE у формат YUMA.

Використовуючи ітераційний метод маючи альманах визначають псевдодальність до супутників за допомогою середовища Matlab.

Далі наведені зміни значення матриць у процесі ітераційного рішення.

Початкові значення:

0 0 0 0

0 0 0 0

.....

Перша ітерація:

100812.679576983 34345.3752052265 74344.4737552604 0

100812.679576983 34345.3752052265 74344.4737552604 0

...

Остання Ітерація:

3509757.58247474 2061599.22711917 4894180.94969840 0

3509757.58247474 2061599.22711917 4894180.94969840 0

...

В результаті остання ітерація, це визначені координати шуканого об'єкту.

Нижче приводяться результати досліджень, що показують реалізацію моделі через різні навігаційно-телекомунікаційні системи. На рис. 1-3 зображено розташування супутників щодо приймача для телекомунікаційних систем Starlink, GlobalStar та OneWeb відповідно. На рис. 4 відображення розташування навігаційних супутників GPS та GLONASS

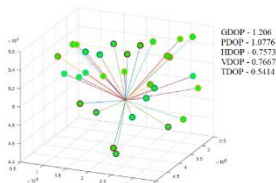


Рис. 1

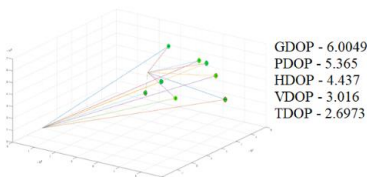


Рис. 2

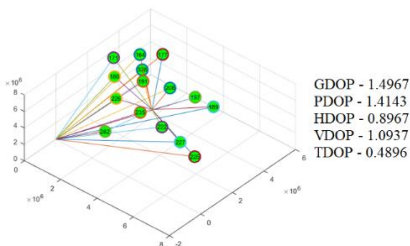


Рис. 3

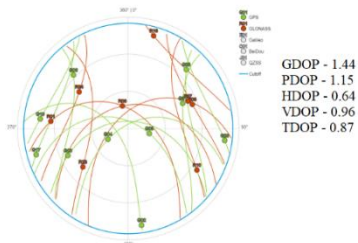


Рис. 4

Оскільки геометричний фактор безпосередньо пов'язаний з похибками оцінки координат, можна зробити висновок, що Starlink, OneWeb, GPS та GLONASS можуть забезпечувати надійну навігацію. Система GlobalStar має високий геометричний фактор і буде обмежено використовуватися для навігаційних застосувань.

Вище приведені результати досліджень показують, що спільне використання систем навігації та телекомунікації у перспективі збільшать точність вимірювання координат та безпеку виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами.