

MINISTRY OF EDUCATION AND
SCIENCE OF UKRAINE

STATE UNIVERSITY
"KYIV AVIATION INSTITUTE"

FACULTY OF AERONAUTICS,
ELECTRONICS AND
TELECOMMUNICATIONS

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ
ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ



Abstracts of
XXV International conference of
higher education students
and young scientists

**POLIT.
CHALLENGES OF SCIENCE TODAY**

Тези доповідей
XXV Міжнародної науково-практичної
конференції здобувачів
вищої освіти і молодих учених

**ПОЛІТ.
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ**

AIR NAVIGATION. ELECTRONICS.
TELECOMMUNICATIONS

АЕРОНАВІГАЦІЯ. ЕЛЕКТРОНІКА.
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Тези доповідей
XXV Міжнародної
науково-практичної конференції здобувачів
вищої освіти і молодих учених

ПОЛІТ.
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ

АЕРОНАВІГАЦІЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

ПОЛІТ. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ. АЕРОНАВІГАЦІЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ: Тези доповідей XXV Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, Київ, 2025, Державний університет «Київський авіаційний інститут» / Редакційна колегія К. Семенова [та ін.]. – К.: КАІ, 2025. – 205 с.

Матеріали науково-практичної конференції містять узагальнення доповідей науково-дослідних робіт здобувачів вищої освіти та молодих учених у галузі «АЕРОНАВІГАЦІЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ».

*Рекомендовано до друку Вченою радою факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій
(Протокол № 4 від 15 травня 2025 р.)*

Голова оргкомітету:

К. Семенова, в. о. президента, Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Заступники голови оргкомітету:

С. Гнатюк, проректор з наукових досліджень та трансферу технологій, доктор технічних наук, професор, Державний університет «Київський авіаційний інститут».

Р. Одарченко, декан факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, д.т.н., професор

Члени оргкомітету:

Д. Бахтіяров, к.т.н., доцент, заступник декана з наукової роботи

В. Гнатюк, к.т.н., доцент, завідувач кафедри телекомунікаційних та радіоелектронних систем

І. Морозова, к.т.н., доцент, завідувач кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

О. Тачиніна, д.т.н., професор, завідувач кафедри авіоніки та систем управління

Ю. Ларін, д.т.н., професор, завідувач кафедри аеронавігаційних систем

В. Синсглазов, д.т.н., професор, завідувач кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів

Р. Топала, інженер

Ю. Дука, студент

О. Юрченко, асистент

А. Іванів, аспірант

О. Ключко, к.ю.н., доцент

Верстка:

П. Наконешний, студент

ЗМІСТ

<i>МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕХАНІЧНОЮ РУКОЮ</i>	
Левченко С.В., Носенко В.В., Сенчук Д.В.	11
<i>ДЕЯКІ СПОСОБИ ПОДОЛАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД У СУЧАСНИХ УМОВАХ</i>	
Артем Мулькін	13
<i>ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ БІПОЛЯРНОГО НАНОТРАН-ЗИСТОРА</i>	
Олександр Нагайченко	15
<i>ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЛЬОТНОЮ ПРИДАТНІСТЮ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ</i>	
Антон Плуговий	17
<i>СТИСНЕННЯ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ</i>	
Микола Шутко, Антоній Шутко, Іван Шутко	20
<i>ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОСМ ДРОНІВ. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ</i>	
Олександр Бондаренко	23
<i>МОНІТОРИНГ АЕРОПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН</i>	
Олексій Горностаєв	26
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГРУП БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ</i>	
Олексій Шостак	28
<i>ІНТЕРНЕТ НА БОРТУ: РОЛЬ СУПУТНИКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ КОМЕРЦІЙНОЇ АВІАЦІЇ. НОВИЙ ВИКЛИК ДЛЯ СЕРТИФІКАЦІЇ</i>	
Віталій Грішненко	31
<i>ГІБРИДНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІЙ АВІАДИСПЕТЧЕРА АДАПТАЦІЇ СЦЕНАРІЇВ ТРЕНУВАНЬ</i>	
Андрій Іванів	34
<i>АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ НІМЕЧИННИ</i>	
Івашук Олег	36
<i>УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІЯВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ</i>	
Даниїл Кльокта	38
<i>МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ НАВІГАЦІЇ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ</i>	
Максим Ковальчук	40
<i>СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН: ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</i>	
Кузьменко Євгеній	43
<i>РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОЛЬОТІВ</i>	
Кучменко Вадим	46

<i>ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СФЕРИ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ</i>	
Ліщук Назар	51
<i>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІА-ЦІЙНИХ ПОДІЙ: СТРУКТУРА, КОНЦЕПЦІЯ, ВИМОГИ</i>	
Максим Любарець	53
<i>РАДІОЛОКАЦІЙНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ФЛУКТУАЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ ПЛОЩІ РОЗСІЮВАННЯ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ</i>	
Анастасія Мавренкова	56
<i>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЯКОСТІ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ МЕТОДОМ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ</i>	
Ілля Мар'єнков	58
<i>МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТОДУ ТОЧКОВОГО ЗЛИТТЯ</i>	
Даніїл Маршалок	62
<i>КЕРІВНИЦТВО З ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БПАК: ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ РОЗДІЛИ</i>	
Данило Павлюк	64
<i>СЕМАНТИЧНО-КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ВТРАТА GPS»</i>	
Степан Сімченко	66
<i>МЕТОДИ BRISK ТА ORB ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БІНАРНИХ ЛОКАЛЬНИХ ОЗНАК НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ</i>	
Артем Рябко	70
<i>АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ МАЛОПОМІТНИХ БПС</i>	
Фіщук Кирило	71
<i>MAINTAINING THE AIRSPACE SAFETY LEVEL BY DYNAMIC U-SPACE RECONFIGURATION</i>	
Oleh Hryhorenko	73
<i>SCANNING METHOD FOR DETECTING INTERFERENCE FROM ONE DIRECTION USING CRPA</i>	
Oksana Ishchenko	76
<i>MODELING THE KAZ CRASH ON AN AVIATION SIMULATOR</i>	
Denys Kolesnichenko, Daria Tkachuk	78
<i>INTERNATIONAL EXPERIENCE IN UNMANNED AVIATION REGULATION: INNOVATIVE SOFTWARE SOLUTIONS</i>	
Anastasiia Mavrenkova, Liudmyla Nemlii	81
<i>ANALYSIS OF AVIATION EVENTS CAUSED BY MILITARY INFLUENCE</i>	
Daria Tkachuk, Denys Kolesnichenko	84
 <i>ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-СКАНУ-ВАННЯ ПІД ЧАС МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ</i>	

Володимир Харченко	87
<i>ШВИДКІСНА СИСТЕМА ПІДМОТУВАННЯ ПАЛИВНОГО ШЛАНГА ПРИ ДОЗАПРАВЦІ У ПОВІТРІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ</i>	
Анастасія Серебрянська	90
<i>ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГІРИДНОГО РОТОРА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ</i>	
Бондаренко Микола	92
<i>БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ ДЛЯ МЕТАМОНІТОРИНГУ</i>	
Гринкевич Юрій	97
<i>ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕФЕКТУ СПЛИВАННЯ КОНУСУ ПІД ЧАС ЗБЛИЖЕННЯ ЗАПРАВНИХ ПРИСТРОЇВ У ПОВІТРІ</i>	
Сергій Гурин	99
<i>АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЦЕСУ РОЗЛИВУ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ</i>	
Ілля Лаврівський	101
<i>ANALOG CIRCUIT DESIGN CHALLENGES</i>	
Mychailo Lokatsiun	104
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ BIGAN У ЗАДАЧАХ ГЕНЕРАТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ</i>	
Нікітін Єгор	109
<i>ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION</i>	
Violeta Nosevych	111
<i>DESIGN FOR TESTABILITY TECHNIQUES IN AUTOMATED DESIGN</i>	
Lev Saltsyn	116
<i>БЕЗПІЛОТНИЙ АВІАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ</i>	
Смивалов Богдан	121
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ ЗМАГАЛЬНИХ МЕРЕЖ (GAN) ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ МІЧЕНИХ ЗРАЗКІВ У ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ</i>	
Щербань Олексій	124
<i>МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ КОНТАКТ-ЦЕНТРУ</i>	
Михайло Головань, Віктор Гнатюк	126
<i>МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ DDOS-АТАК У VOIP-СИСТЕМАХ</i>	
Іван Горбачов, Віктор Гнатюк	128
<i>МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСТРОЇВ ІОТ В МЕРЕЖАХ 5G</i>	
Антон Чермянін	130
<i>АНАЛІЗ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ</i>	

Белов Сергій	132
<i>CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF LANDING RADAR SYSTEMS</i>	
Oleh Karas	135
<i>КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ У ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ</i>	
Сайко Роман	137
<i>СИНТЕЗ ТРАНСПАРЕНТНОЇ ПРИКЛАДНОЇ ІНТЕРНЕТ-СИСТЕМИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИСОКИЙ РІВЕНЬ ГАРАНТОВАНОСТІ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ</i>	
Костянтин Зандер, Віктор Гнатюк	139
<i>APPLICATION OF SOFTWARE DEFINED RADIO FOR UAV DIRECTION FINDING AND TRACKING</i>	
Fedir Katushonok	141
<i>АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПЕРЕХОДУ НА ATN/IPS В АВІАЦІЙНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ УКРАЇНИ</i>	
Семен Дорошенко	143
<i>ПІДХІД ДО РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДУЛЯЦІЇ В 5G НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ</i>	
Богдан Котик, Денис Бахтіяров, Павло Наконешний	145
<i>РАДІОЛОКАЦІЙНЕ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ ОБ'ЄКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШИРОКОСМУГОВОГО ЗОНДУВАЛЬНОГО СИГНАЛУ</i>	
Олександр Ільїн, Володимир Таран	147
<i>АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ</i>	
Роман Гамрецький, Віктор Гнатюк	149
<i>ІННОВАЦІЇ ТА ТЕНДЕНЦІЇ У ВПРОВАДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЇ ULTRA-WIDEBAND (UWB) У СПОЖИВЧІ ПРИСТРОЇ</i>	
Андрій Лелеко, Денис Бахтіяров, Павло Наконешний	151
<i>КРИТЕРІЇ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛ СИГНАЛІВ ПРОТИДІЇ БПЛА</i>	
Катерина Долінчук	153
<i>АНАЛІЗ КІБЕРЗАГРОЗ В 5G МЕРЕЖАХ</i>	
Марк Шишолік, Алла Пінчук, Роман Одарченко, Олег Полігенько	155
<i>ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ РАДІО-ЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ ТОЧКОВИХ ЦІЛЕЙ</i>	
Данило Лахтирь, Роман Тимчишин	157
<i>АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ШВИДКИХ ОБ'ЄКТІВ</i>	
Смалюга Сергій	159
<i>АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ CISCO SD-WAN НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКУ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ</i>	
Дмитрій Кравцов	

	162
<i>BLOCKCHAIN ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ</i>	
Матвійчук-Юдін Олександр	164
<i>РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО СТЕНДУ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ</i>	
Анастасія Скиба, Роман Одарченко, Алла Пінчук	167
<i>АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРЗАГРОЗ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ: STRIDE, DREAD TA PASTA</i>	
Алла Пінчук, Олег Полігенько, Роман Одарченко	169
<i>МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИЛАД КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯОБМІНУ В ЛІТАКУ</i>	
Артем Бабич	171
<i>METHODS OF IMPROVING OBJECT DETECTION ACCURACY IN LARGE IMAGES</i>	
Stanislav Honcharenko	173
<i>METHODS OF IMPROVING AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL SYSTEMS</i>	
Sofiiia Melnychenko	175
<i>СУЧАСНІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПС (НА БАЗІ MSG-3)</i>	
Гриценко Ілля	177
<i>АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ АВІОНІКИ: АВІАЦІЙНИЙ ПАЛИВОМІР ЄМНІСНОГО ТИПУ</i>	
Андрій Довгалюк	179
<i>БЕЗПЕКОВА НЕОБХІДНІСТЬ ЗОВНІШНЬОГО ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ЛІТАКА</i>	
Антон Купневич	182
<i>IMPROVED OPTICAL FIBER WINDING MECHANISM FOR AVIONICS SENSORY ELEMENTS</i>	
Vladyslav Kutierov	184
<i>БЕЗКООНТАКТНА ВІБРОМЕТРІЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ</i>	
Кухта Богдана	186
<i>СУЧАСНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ</i>	
Лаврушко Валентин	188
<i>АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА З МІНІМІЗАЦІЄЮ ШЛЯХУ ТА УСУНЕННЯМ КОНФЛІКТУ МАРШРУТІВ</i>	
Максим Мирошніченко	190
<i>АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ДАНИХ БОРТОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ</i>	
Олександр Петько	192
<i>НОВА ЗАДАЧА МОДЕРНІЗАЦІЇ ГІРОСКОПІЧНИХ СИСТЕМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НАПІВНАТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ</i>	
Денис Садовський	

	194
<i>ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ</i>	
Соловей Михайло	196
<i>СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ</i>	
Синюченко Денис	198
<i>МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ</i>	
Андрій Клименко	200
<i>ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНОГО/РАДІО ВИСОТОМІРА В ЯКОСТІ ПОКАЖЧИКА ВІДНОСНОЇ ВИСОТИ НА ВИСОТІ ОДНОГО ДІАМЕТРА ГВИНТА В ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ РОТОРНОГО ТИПУ</i>	
Бандевич Григорій	202
<i>АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА СКИДАННЯ КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ДРОНА</i>	
Роман Лукаш	204

УДК 004.382.2: 004.9

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ МЕХАНІЧНОЮ РУКОЮ

Левченко С.В., Носенко В.В., Сенчук Д.В.

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Навроцький Д.О. доцент, кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

Ключові слова: механічна рука, мікроконтролер, друкована плата, електродвигуни, Arduino Nano, керування

Вступ. Системи автоматизації та робототехніки потребують надійних та компактних рішень для керування виконавчими механізмами. Особливу увагу привертають механічні маніпулятори, які дозволяють відтворювати рухи людської руки для виконання різноманітних задач. Розробка мікропроцесорної системи з власною друкованою платою та програмним забезпеченням є актуальною задачею сучасної робототехніки.

Мета. Розробка мікропроцесорної системи для керування механічною рукою з використанням Arduino Nano та власноруч спроєктованої плати керування.

Матеріали та методи. Для керування механічною рукою використано мікроконтролер Arduino Nano та електронні компоненти, змонтовані на друкованій платі власної розробки. Система живиться стабілізованими перетворювачами напруги, а програмне забезпечення створене на мові C#.

Результати. Було виконано повний цикл розробки мікропроцесорної системи: від проектування електронної схеми до тестування готового пристрою. В процесі складання були використані драйвери двигунів DRV8833 та зсувний регістр 74HC595 для розширення кількості керуючих ліній. Конструкція механічної руки включає три електродвигуни, що забезпечують незалежний рух кожної секції.

Після збирання та програмного налаштування проведено серію експериментів для перевірки стабільності роботи системи. За допомогою графічного інтерфейсу, розробленого на C#, користувач міг задавати точні кути повороту та послідовність рухів, що зберігались у файл і зчитувались мікроконтролером.

Під час тестування виявлено, що система чітко виконує команди без затримок та помилок. Окрему увагу приділено перевірці узгодженості між апаратною частиною та програмним забезпеченням. Встановлено, що завдяки спрощеній конструкції та компактності плати пристрій легко масштабувати для подальшого розширення функціоналу (наприклад, додавання сенсорів зворотного зв'язку або зв'язку через інтернет речей).

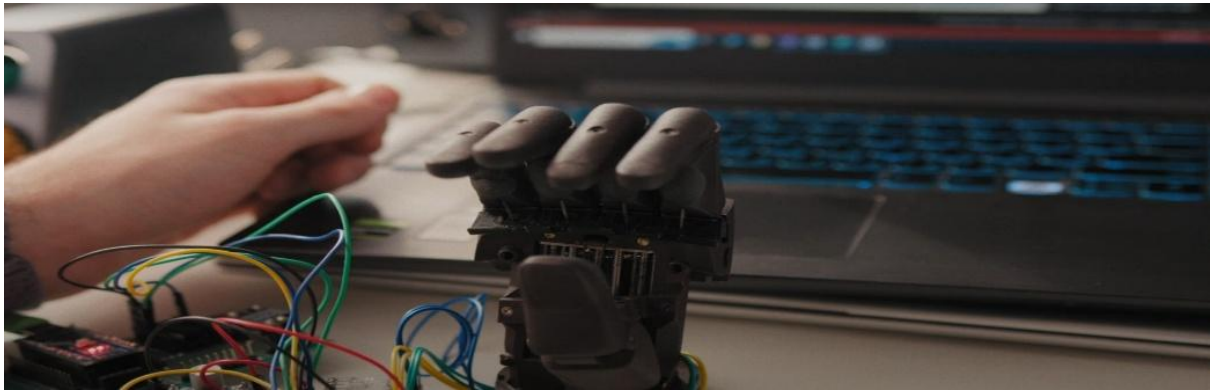


Рис.1. Механічна рука з розробленою системою керування.

Висновок: Розроблена мікропроцесорна система керування механічною рукою є ефективним рішенням для задач автоматизації. Інтеграція всіх компонентів на одній друкованій платі та застосування програмного забезпечення забезпечує надійне та гнучке керування. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення систем автоматичного керування.

Список використаних джерел:

1. Altium Designer Documentation. Managing Design Changes between Schematic & PCB. URL: <https://www.altium.com/documentation/altium-designer/managing-design-changes-between-schematic-pcb>

УДК 621.391:623.4(045)

ДЕЯКІ СПОСОБИ ПОДОЛАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Артем Мулькін

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ключко О.М., доцент, кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

Ключові слова: електромагнітна сумісність, радіоелектронна боротьба, завадостійкість, захист інформації, військові комунікації.

Вступ. У сучасних умовах ведення бойових дій важливу роль відіграє стійкість військових інформаційно-комунікаційних систем до дії електромагнітних завад (ЕМЗ). Джерелами таких завад можуть бути природні явища (сонячна активність, атмосферні розряди) та штучні фактори (робота ворожих засобів радіоелектронної боротьби, технічні несправності, техногенні джерела випромінювання). Наявність ЕМЗ може призводити до спотворення або втрати критично важливих даних, збоїв у системах управління та порушення функціонування озброєння.

Мета. Зробити короткий огляд впливу електромагнітних завад на роботу військового обладнання, в умовах промислових центрів, та намітити шляхи подолання їх негативного впливу

Методи. Розглянуті методи зниження впливу електромагнітних завад: екранування, фільтрація сигналів тощо. Виконано узагальнення та аналіз представлених даних

Результати. *Механізми впливу електромагнітних завад.* Військове обладнання піддається впливу ЕМЗ через механізми індукованих струмів, гармонійних спотворень та резонансних явищ. Особливо вразливими є системи зв'язку, навігаційні комплекси та радіолокаційні установки. Ефекти від впливу ЕМЗ можуть включати:

- Загасання сигналу та його спотворення;
- Виникнення помилок у передачі даних;
- Вихід з ладу електронних компонентів;
- Некоректну роботу засобів навігації та виявлення.

Методи зниження впливу електромагнітних завад. Основними методами боротьби з негативним впливом ЕМЗ є:

1. Екранування – використання матеріалів з високою електропровідністю (мідь, алюміній) для зменшення проникнення електромагнітного випромінювання.

2. Фільтрація сигналів – застосування смугових, низькочастотних та високочастотних фільтрів для усунення паразитних частот.

3. Захищене кодування даних – використання спеціальних алгоритмів та шифрування для підвищення завадостійкості каналів зв'язку.

4. Резервування систем – дублювання критичних елементів обладнання та альтернативні канали передачі інформації.

5. Використання адаптивних алгоритмів – реалізація механізмів автоматичної компенсації та налаштування параметрів прийому в залежності від рівня завад.

Результати досліджень. Проведене моделювання показало, що застосування комбінованого підходу (екранування + фільтрація + захищене кодування) дозволяє знизити рівень завад до 85%, що суттєво покращує ефективність військового зв'язку та навігації.

На рис. 1 представлена схема розподілу електромагнітного випромінювання в бойовій зоні при наявності активних джерел перешкод.

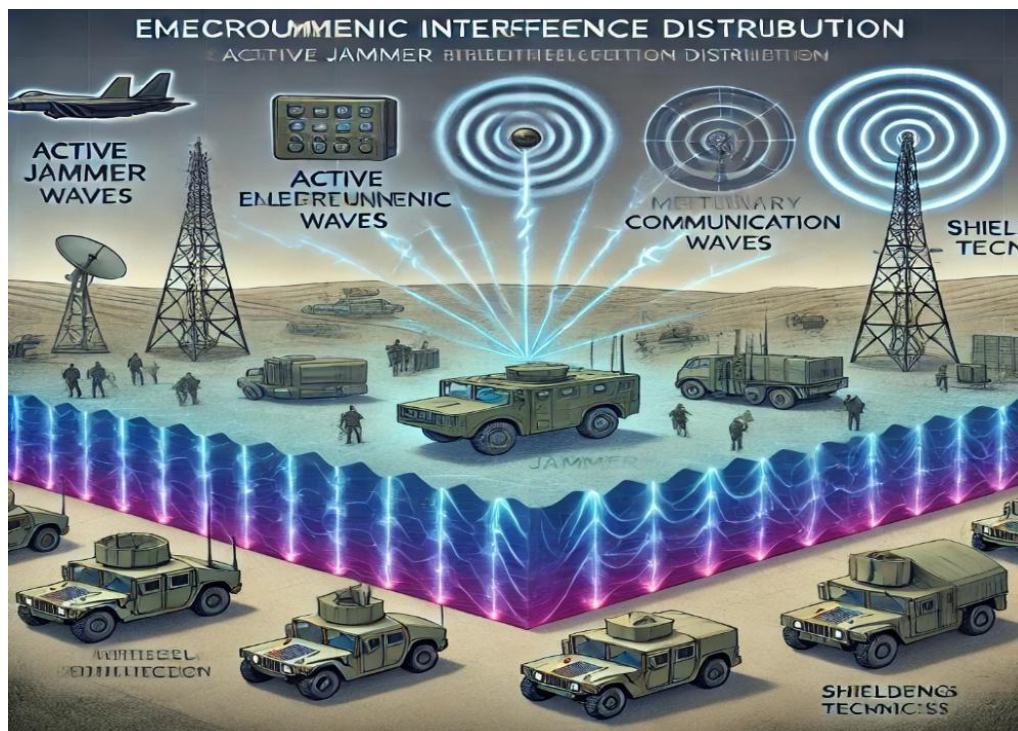


Рисунок 1. Схема розподілу електромагнітного випромінювання

Висновок. Електромагнітні завади становлять серйозну загрозу для військового обладнання, зокрема систем зв'язку та управління. Запропоновані заходи захисту дозволяють значно підвищити завадостійкість та ефективність функціонування військової техніки в умовах радіоелектронної боротьби.

УДК 621.382

ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ БІПОЛЯРНОГО НАНОТРАНЗИСТОРА

Олександр Нагайченко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Олександр Мельник, проф.

Ключові слова: твердотільна електроніка, нанотехнологія, біполярний транзистор, профіль легування, автоматизоване моделювання.

Вступ. Актуальність теми. Сучасні стимули розвитку мікроелектроніки вимагають зменшення розмірів напівпровідникових приладів, зокрема біполярних транзисторів, що дозволяє підвищити їхню швидкість та знизити енергоспоживання. Одним з ключових аспектів розробки є оптимізація процесів дифузії домішок для створення р-п-переходів, що визначають характеристики транзистора.

Мета. Дослідити технологічні особливості формування біполярного транзистора з використанням методів дифузії домішок, проаналізувати вплив концентрації та швидкості дифузії на структуру р-п-переходів, а також змодельовати розподіл домішок у кремнієвому напівпровіднику.

Отримані результати та обговорення. У формуванні структури біполярного транзистора необхідно створити два р-п-переходи. Схема дискретного вертикального біполярного транзистора, сформованого за стандартною планарною технологією [1].

Для формування біполярного транзистора в колекторну підкладку кремнію спочатку вводять акцепторну, а потім донорну домішку. Оскільки швидкість їхньої дифузії різна, електронно-діркову структуру можна отримати шляхом одночасної або послідовної дифузії з парової фази чи оксидів.

Хоча одночасна дифузія простіша, вона не дозволяє окремо регулювати концентрацію та температуру домішок, тому перевагу надають послідовному методу. Спочатку впроваджують менш рухливу домішку (донор), щоб контролювати розподіл швидкодифундуючого акцептора.

Якщо концентрації можна задавати незалежно від температури, проведення двох дифузій при різних температурах робить процес гнучкішим. Навіть при однакових коефіцієнтах дифузії керування можливе за рахунок різної тривалості етапів.

При одночасній дифузії домішки розглядаються як незалежні. Донорна концентрація (C_D) зазвичай вища, але рухливість нижча, ніж у акцептора (C_A). Перетини їхніх кривих визначають положення меж р-п-переході. Внутрішнє електричне поле, що виникає в базовій

області, сприяє ефективному переносу електронів, покращуючи характеристики транзистора [2, 3].

На рис. 1 та рис. 2 наведені результати моделювання технологічних профілів легування біполярного транзистора з товщиною бази 100 нм.

Висновок. Оптимізація процесу дифузії домішок є важливим етапом розробки нанорозмірних біполярних транзисторів. Автоматизоване моделювання технологічних процесів формування сучасних нанорозмірних біполярних транзисторів суттєво підвищує їх швидкодію та зменшує енергоспоживання. Отримані результати моделювання демонструють можливість ефективного контролю розподілу домішок та р-n-переходів.

Список використаних джерел:

1. Білоконь О. В., Кузьмін І. І. Фізико-технологічні основи напівпровідникової електроніки. – Київ: Наукова думка, 2020. (Last accessed: 20.01.2025).
2. Литвиненко В. І. Технологія виробництва напівпровідникових приладів. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. (Last accessed: 23.01.2025).
3. Sze S. M., Ng K. K. Physics of Semiconductor Devices. – 3rd ed. – Wiley, 2006. (Last accessed: 25.01.2025).
4. Електронні пристрої та технології для промисловості, енергетики та транспорту / [колектив авторів]. – Запоріжжя: ЗНУ, 2023. – 250 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/19395> (Last accessed: 26.01.2025).

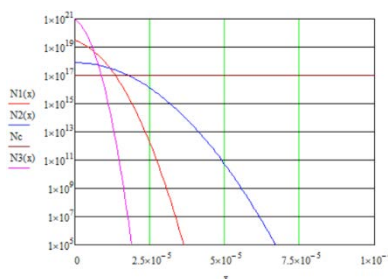


Рис.1. Розподіл концентрації домішок по пластині біполярного транзистора з товщиною бази 100 нм.

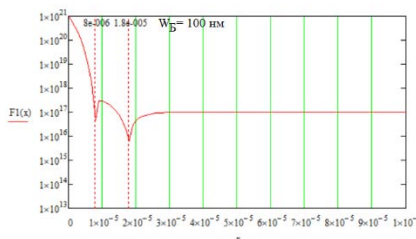


Рис.2. Загальний профіль легування біполярного транзистора з технологічною товщиною бази 100 нм.

УДК 629.735.07 (045)

ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЛЬОТНОЮ ПРИДАТНІСТЮ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Антон Плуговий

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ірина Морозова, к.т.н., проф.

Ключові слова: управління льотною придатністю, Інтернет речей (IoT), предиктивнетехнічне обслуговування, аналіз даних у реальному часі, розподіл Вейбулла, експоненційне зношування.

Анотація. У статті досліджено інноваційний підхід до управління льотною придатністю повітряних суден (ПС) за допомогою технологій Інтернету речей (IoT). Запропоновано модель інтеграції IoT-сенсорів, хмарних обчислень та предиктивної аналітики для моніторингу стану критичних систем ПС. Наведено математичні моделі для прогнозування відмов та оптимізації циклів технічного обслуговування.

Вступ. Льотна придатність ПС є критичним фактором безпеки та ефективності авіаційної галузі. Традиційні методи управління базуються на планово-запобіжному обслуговуванні, що часто призводить до завищених витрат або невиявлених ризиків. IoT дозволяє перейти до предиктивного підходу, де дані з сенсорів (вібрація, температура, тиск) аналізуються в реальному часі для прийняття проактивних рішень. Впровадження IoT також сприяє зменшенню впливу на навколишнє середовище за рахунок оптимізації роботи двигунів та зниження викидів CO₂ [\[1\]](#).

Мета. Представити результати виконаної роботи з оптимізації управління льотною придатністю повітряних суден на основі технологій Інтернету речей

Методи. Математичне моделювання. Прогнозування. Технології Інтернету речей.

2. IoT-архітектура для моніторингу ПС

Система включає три рівні:

1. Рівень сенсорів: Вбудовані датчики на двигунах (наприклад, датчики вібрації PCB Piezotronics), гідравліці (тиск, витрата рідини) та електроніці (напруга, струм).
2. Рівень передачі даних: Використання протоколів LoRaWAN для енергоефективної передачі на великі відстані або 5G для низької затримки.

3. Рівень аналітики: Алгоритми машинного навчання, такі як Random Forest для класифікації аномалій та LSTM-мережі для прогнозування зношування [2].

3. Математичні моделі для предиктивного аналізу

3.1 Прогнозування залишкового ресурсу компонента

Для оцінки залишкового ресурсу (Remaining Useful Life, RUL) двигуна використовується модель експоненційного зношування:

$$RUL(t) = \frac{\ln\left(\frac{S_{threshold}}{S(t)}\right)}{\lambda},$$

де:

$S(t)$ — поточний рівень деградації (напр., вібрація),

$(S_{threshold})$ — критичний рівень,

λ — коефіцієнт зношування, визначений історичними даними.

Модель враховує нелінійний характер зношування та дозволяє оновити прогноз при отриманні нових даних з IoT-сенсорів.

3.2 Модель ймовірності відмови. Ймовірність відмови компонента за час t описується розподілом Вейбулла:

$$P(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta},$$

де:

η — параметр масштабу (середній час до відмови),

β — параметр форми (визначає тип відмови: $\beta < 1$ — ранні, $\beta > 1$ — зношування).

Розподіл Вейбулла є універсальним для опису надійності технічних систем і може калібруватися на основі IoT-даних.

4. Практичні аспекти впровадження

4.1 Реальні кейси впровадження IoT Boeing 787 Dreamliner: Використання IoT-сенсорів дозволило зменшити витрати на техобслуговування на 25% шляхом моніторингу стану двигунів у реальному часі [1].

Lufthansa Technik: Система Aviatar аналізує дані з 5000+ параметрів, що забезпечує зменшення неспланованих простоїв на 18% [3].

4.2 Виклики впровадження.

Кібербезпека: Використання блокчейн-технологій для шифрування даних знижує ризики кібератак на 40% [4].

Інтеграція зі старими системами: Перехід на IoT вимагає модернізації інфраструктури, що може займати до 2-х років для великих авіакомпаній [2].

4.3 Економічний та екологічний ефект.

ROI: За даними IATA, IoT-системи окупаються протягом 3–5 років завдяки зменшенню аварійних ремонтів [2].

Екологія: Оптимізація роботи двигунів зменшує викиди CO₂ на 5–7% на рік для середньої авіакомпанії [1].

5. Перспективи розвитку.

Цифрові двійники: Технологія цифрових двійників від Airbus дозволяє моделювати знос компонентів з точністю до 95%, що робить їх ключовим інструментом майбутнього [5].

Штучний інтелект: Інтеграція AI з IoT дозволить автоматизувати прийняття рішень щодо обслуговування.

Висновок: IoT-технології забезпечують перехід від реактивного до предиктивного управління льотною придатністю. Наведені моделі демонструють можливість точного прогнозування стану ПС, що критично для зменшення ризиків та оптимізації витрат. Подальші дослідження мають сфокусуватися на інтеграції штучного інтелекту для аналізу великих даних та вдосконаленні кібербезпеки.

Список використаних джерел:

1. Boeing. (2023). *IoT in Aircraft Maintenance*.
2. IATA. (2022). *Guidelines for IoT Implementation in Aviation*.
3. Lufthansa Technik. (2021). *Aviatar: Predictive Maintenance Solution*.
4. Smith, J., et al. (2023). *Cybersecurity in IoT for Aviation*. Journal of Aerospace Technology.
5. Airbus. (2022). *Digital Twins for Aircraft Health Management*.

УДК 621.372

СТИСНЕННЯ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Микола Шутко, Антоній Шутко, Іван Шутко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ірина Морозова, к.т.н., проф.

Ключові слова: стиснення даних, кодування, кодек, втрати, архівація

Вступ. У розумних містах, де є велика кількість датчиків для вимірювання рівня забруднення, трафіку або температури, стиснення допомагає зменшити обсяг даних, які передаються на центральні сервери, тим самим оптимізуючи використання енергії та пропускної здатності.

У системах сільського господарства (розумні ферми), де використовуються сенсори для моніторингу вологості, температури, освітленості тощо, стиснення даних дозволяє більш ефективно використовувати мережу для передавання важливої інформації без великих витрат. Системи Інтернету Речей (IoT) передбачають взаємодію великої кількості різних пристроїв, таких як сенсори, виконавчі механізми, смартфони, розумні прилади тощо. Дані, що збираються та передаються цими пристроями, часто мають великий обсяг і повинні бути оброблені з максимальною ефективністю. База даних для IoT - це спеціалізоване сховище, призначене для збору, зберігання та обробки великих масивів інформації, які генеруються пристроями Інтернету речей. Традиційно організації використовували стиснення даних для зберігання у пам'яті машини або сервера. Стиснення даних у системах Інтернету Речей (IoT) є важливою частиною для ефективної передачі та зберігання інформації в умовах обмежених ресурсів, таких як обмежена пропускна здатність каналів зв'язку, обмежена енергія пристроїв, а також обмеження на пам'ять. Стиснення часто поділяють на дві основні форми: «з втратами» (Lossy) та «без втрат» (Lossless). Вибираючи між двома методами, важливо розуміти їхні сильні та слабкі сторони.

Мета. Зробити короткий огляд стиснення даних у системах Інтернету речей та представити результати виконаної роботи у цьому напрямку.

Методи. Стиснення виконується програмою, яка використовує функції або алгоритм, щоб ефективно зменшити розмір даних. Одна з головних ідей розробленого кодеку є перетворення сигналів згідно з процедурою П.Берта і Е.Адельсона на певних рівнях розкладання (декомпозиції) і полягає в функцій наближення до сигналу на дві групи: першу, що апроксимує - грубу, з повільною часовою динамікою змін, і другу, яка деталізує - з локальною і швидкою динамікою змін на фоні плавної динаміки. Застосовується подальше їх

дроблення і деталізація на інших рівнях декомпозиції сигналів (багатомасштабний або кратномасштабний аналіз).

Результати. Ми знаходимо два фільтри, H (який пригнічує високі частоти) і G (пригнічує низькі частоти), що дозволяють розкласти сигнал на дві компоненти. Вдвічі їх прорідити (половина значень стає зайвою – адже частотний діапазон скоротився вдвічі). А потім, за допомогою транспонованих фільтрів, точно відновити по цим даним вихідний сигнал (цю операцію можна застосовувати рекурсивно). Запропонований алгоритм стиснення зменшує розмір шляхом видалення непотрібної інформації та зменшення складності існуючої інформації (Lossy).

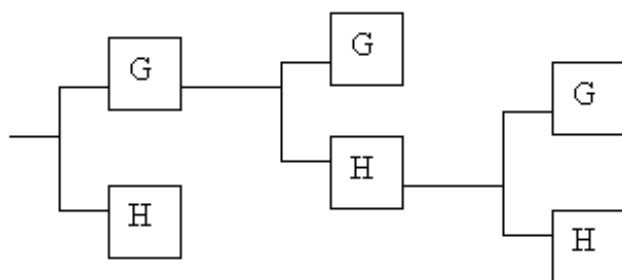


Рис.1. “Дерево розкладання” сигналу

Використання стиснення даних. Більшість компаній сьогодні покладаються на стиснення даних певним чином, особливо в міру того, як функціональна якість даних підвищується, проблеми з ємністю зберігання потрібно вирішити. Стиснення даних є одним із основних інструментів, який допомагає в цьому. Існує кілька типів файлів, які потребують стискання:

Стиснення аудіо: Реалізовано як аудіокодеки, стиснення аудіофайлів необхідне, щоб гарантувати, що пропускну здатність і ліміти зберігання не будуть перевищені.

Стиснення відео: відео поєднує стиснення зображення зі стисненням звуку. Зазвичай існують окремі кодеки для кожного аспекту відео, які потім об’єднуються в єдиний кодек стиснення. Через високу швидкість передачі даних, необхідну для нестисненого відео, більшість відеофайлів стискаються за допомогою стиснення з втратами.

Висновок. Стиснення даних у системах Інтернету Речей є необхідним кроком для досягнення високої ефективності передачі та зберігання інформації. Використання відповідних методів стиснення може суттєво знизити навантаження на мережі та пристрої, що дозволяє створювати більш сталу та продуктивну інфраструктуру для IoT-систем.

Основним недоліком стиснення даних є збільшення використання обчислювальних ресурсів для застосування стиснення до відповідних даних. Через це постачальники стиснення надають пріоритет оптимізації швидкості та ефективності ресурсів, щоб мінімізувати вплив інтенсивних завдань стиснення.

Список використаних джерел:

- 1.Методи стиснення цифрових даних. Монографія / Шутко В.М., Шутко М.О., Колганова О.О. – К.: Славутич-Дельфін, 2021. – 118 с.
- 2.Shutko V., Kolhanova O., etc. Method for Improving the Efficiency of Online communication Systems Based on Adaptive Multiscale Transformation // International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) 2020, Czech Republic. – PP. 824–829.

УДК 62.5.681.5.004

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЄМ ДРОНІВ. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ.

Олександр Бондаренко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Олена Тачиніна, д.т.н., проф.

Ключові слова: Рій дронів, інтелектуальні системи управління, БПЛА, програмне забезпечення, координація, навігація, спеціалізовані алгоритми, автономність.

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА/дрони) відіграють ключову роль у військових конфліктах, а концепція рою дронів відкриває нові можливості для ведення бойових дій. Завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню, групи дронів можуть виконувати складні завдання, такі як розвідка, нанесення ударів, перешкоджання ворожим системам зв'язку та навігації.

Огляд сучасних програмних рішень

Координація рою дронів є основою їх ефективної роботи. Існуючі системи забезпечують синхронізовану діяльність численних апаратів, дозволяючи їм діяти як єдиний організм.

Приклади програмних рішень:

- **SKYLARK** – це система, яка дозволяє дронам автономно виконувати завдання розвідки або атакувати цілі. Система використовує алгоритми для адаптації поведінки дронів до змін в оточуючому середовищі, що важливо для швидкого реагування в бойових умовах.

- **SWARMSIM** – програмне забезпечення для симуляції роїв дронів, що використовується для тестування алгоритмів координації та управління безпілотними системами. Swarmsim дозволяє проводити експерименти в умовах, максимально наближених до реальних, без потреби в реальному обладнанні.

Системи навігації

Надійна навігація є важливою для забезпечення точності та безпеки рою дронів, особливо в складних умовах.

Приклади програмних рішень:

- **SLAM** – дозволяє дрону одночасно будувати карту навколишнього середовища та орієнтуватися в ньому без необхідності у GPS. Це дає можливість рою дронів ефективно працювати в умовах, де GPS сигнал може бути заблокований або недоступний.

- **NAVSOP** – система, яка забезпечує навігацію без використання GPS, використовуючи сигнали від наземних вишок для точного визначення місця розташування дронів. Ця технологія є важливою у випадках, коли GPS може бути заглушений засобами РЕБ.

Бойові алгоритми

Для дронів, які застосовуються в бойових цілях, необхідні спеціалізовані алгоритми, що дозволяють оптимізувати виконання атак та максимізувати ефективність операцій.

Приклади програмних рішень:

- **AEROSCOPE** – система для виявлення ворожих дронів, що дозволяє не лише відслідковувати їх, а й визначати загрози для оперативного реагування.
- **HARPY** – дрон-камікадзе, який оснащений алгоритмами для точкового удару по важливих цілях ворога, таких як командні пункти чи бронетехніка.

Порівняльний аналіз існуючих програмних рішень

Програмне забезпечення	Тип	Переваги	Недоліки	Відповідні сценарії застосування
SKYLARK	Координація	Швидка адаптація, автономність	Вразливість до РЕБ	Швидкі атаки, динамічна зміна цілей
SWARMCORE	Координація	Децентралізоване управління	Складність реалізації	Довготривалі автономні місії
NAVSOP	Навігація	Працює без GPS	Залежність від сторонніх сигналів	Дії в умовах РЕБ
SLAM	Навігація	Підходить для закритих просторів	Велика потреба в обчисленнях	Операції в міських забудовах, тунелях
AEROSCOPE	Контрзаходи	Виявлення ворожих БПЛА	Може бути приглушене засобами РЕБ	Оборона від атак дронів
HARPY	Бойові алгоритми	Автономний пошук і ураження цілей	Висока вартість	Точкові удари по високопріоритетних цілях

Можливі сценарії атаки

Для ефективного застосування роїв у бойових діях варто використовувати комбіновані тактики:

- "Вовча зграя" – масова атака дронів із різними типами боєприпасів.
- "Мисливець-жертва" – використання розвідувальних дронів для виявлення цілей, після чого бойові дрони здійснюють атаку.
- "Засідка" – дрони ховаються у складній місцевості та атакують цілі при наближенні ворога.

Висновок: Програмне забезпечення для рою дронів постійно вдосконалюється, відкриваючи нові можливості для військових операцій. Використання розумних алгоритмів управління дозволяє підвищити ефективність атак, зменшити втрати та вивести бойові дії на новий рівень. З огляду на актуальні потреби українського фронту, впровадження роїв дронів з адаптованими системами координації і нових розробок в цьому напрямку може стати значною перевагою в сучасній війні.

Список використаних джерел

1. Z. Kallenborn, «UAV Swarm Intelligence: Recent Advances and Future Trends» The US Army War College Quarterly Parameters 52(2):87-102.
2. Sw P. Gaudiano, E. Bonabeau and B. Shargel, "Evolving behaviors for a swarm of unmanned air vehicles," *Proceedings 2005 IEEE Swarm Intelligence Symposium, 2005. SIS 2005.*, Pasadena, CA, USA, 2005, pp. 317-324

УДК 621.396.67

МОНІТОРИНГ АЕРОПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Олексій Горностаєв

*Українська державна льотна академія, Кропивницький
Науковий керівник – Надія Коваленко, к. пед. н., доц.*

Ключові слова: безпілотні повітряні судна, аеропорт, охорона, моніторинг, безпека.

Вступ

Сучасні аеропорти є стратегічно важливими об'єктами, які потребують високого рівня безпеки та ефективного управління. Використання безпілотних повітряних суден (БПС) у сфері моніторингу безпеки та охорони аеропортів набуває все більшої актуальності завдяки їхній мобільності, ефективності та здатності оперативно реагувати на потенційні загрози. У сучасних наукових дослідженнях підкреслюється зростаюча роль безпілотних повітряних суден (БПЛА) у забезпеченні безпеки аеропортів. Зокрема, у роботі Balci H. [1] розглядається модель використання БПЛА для моніторингу та охорони територій аеропортів, що підвищує ефективність виявлення потенційних загроз. Дослідження Wang C. [2] демонструє, що застосування БПЛА сприяє покращенню процесів забезпечення безпеки польотів через оперативний моніторинг інфраструктури аеропорту. Сурковою К.С., Данилко О.Н. представлено дослідження, у якому аналізуються ризики, пов'язані з використанням БПЛА поблизу аеропортів, та пропонуються заходи для їх зниження [3].

Метою дослідження є аналіз та обґрунтування доцільності використання безпілотних повітряних суден (БПС) для розвитку безпеки та охорони аеропортів, а також виявлення їх основних переваг, викликів та перспектив інтеграції в існуючі системи аеропортової безпеки.

Безпілотні повітряні судна (БПС) є ефективним інструментом для моніторингу та охорони території аеропортів. Вони забезпечують: цілодобове спостереження за периметром аеропорту та критичними об'єктами інфраструктури, оперативне виявлення загроз (несанкціоноване проникнення, залишені предмети, переміщення транспортних засобів у заборонених зонах), контроль за зоною злітно-посадкової смуги для виявлення сторонніх об'єктів, що можуть створити загрозу для польотів, протидію несанкціонованим дронам, які можуть порушувати безпеку аеропорту.

Методи впровадження безпілотних повітряних суден (БПС) в охорону аеропорту передбачають інтеграцію цих технологій у вже існуючі системи безпеки. Одним із основних кроків є адаптація БПС для патрулювання периметра аеропорту, зокрема для моніторингу огорож та спостереження за рухом транспорту та осіб у заборонених зонах. БПС можуть бути оснащені

тепловізійними та мультиспектральними камерами для виявлення загроз навіть уночі або за поганих погодних умов. Вони забезпечують оперативне реагування на несанкціоновані проникнення та інші порушення безпеки.

Крім того, для боротьби з несанкціонованими дронами на території аеропорту розробляються спеціалізовані системи виявлення та нейтралізації таких апаратів. Патрулювання може бути автоматизованим, з можливістю коригування маршрутів у реальному часі на основі зібраних даних. Важливим є інтегрування БПС з іншими системами безпеки, такими як відеоспостереження, датчики руху і сигналізації. Впровадження такої технології дозволяє зменшити витрати на фізичну охорону та покращити швидкість реагування на загрози. Для забезпечення ефективності БПС у системі охорони аеропорту необхідно проводити регулярне тестування та вдосконалення програмного забезпечення, яке керує дронами, а також, формування нормативно-правової бази їх застосування.

Прикладами успішного впровадження БПС у моніторингову систему аеропорту є: аеропорт Шарля де Голля (Франція) впровадив систему моніторингу на базі дронів, які контролюють периметр території та здійснюють виявлення загроз у реальному часі; міжнародний аеропорт Сінгапуру Чангі використовує безпілотники для автоматизованого патрулювання аеропортових зон, що підвищило ефективність роботи служби безпеки, міжнародний аеропорт Дубая застосовує БПС для боротьби з несанкціонованими дронами, що загрожують польотам. Наведені приклади доводять перспективність та актуальність даного напрямку для аеропортової діяльності в Україні та становлять напрямок подальшого дослідження [2].

Висновок: Посилаючись на вищевикладене, можна констатувати, використання безпілотних повітряних суден, з метою моніторингу аеропорту, значно підвищує рівень безпеки та оперативність реагування на потенційні загрози, забезпечуючи ефективний контроль та патрулювання території. Інтеграція БПС в системи безпеки аеропортів дозволяє знизити витрати на фізичну охорону та покращити загальну ефективність управління безпекою.

Список використаних джерел

1. Balci H. The Use of Drones in Airport Security Operations. URL: <https://www.theseus.fi/handle/10024/808302>. (Last accessed: 22.03.2025).
2. Wang C. Investigating the Threats of Unmanned Aircraft Systems (UAS) at Airports. URL: <https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI30504654>. (Last accessed: 10.03.2025).
3. Суркова К.С., Данилко О.Г. Аодель використання безпілотних повітряних суден в аеропортах. URL: <https://archive.logos-science.com/index.php/conference-proceedings/article/view/1444>. (Дата останнього звернення 03.03.2025).

УДК 004; 681.51; 007.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ГРУП БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Олексій Шостак

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Авер'янова Ю.А., д.т.н., проф.

Ключові слова: безпілотне повітряне судно, група безпілотних авіаційних систем

Вступ. Безпілотні авіаційні системи (БАС) в наш час активно використовуються для виконання низки завдань як військового так і цивільного призначення [1]. В цивільному секторі БАС залучені до таких завдань як фото та відеознімання, моніторинг територій. Все частіше безпілотні авіаційні системи використовуються в агросекторі та для метеорологічних цілей [2]. Приймаючи до уваги технічний та технологічний розвиток, все більше уваги в сучасному світі привертає можливість реалізації групових польотів через свої переваги при вирішенні завдань.

Мета. Дослідження можливостей та особливостей використання груп безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Матеріали та методи. З аналізу наукових досліджень у галузі групових польотів БПЛА можна виділити наступні переваги [1-5]:

- Зменшення часу на виконання завдань через збільшення кількості безпілотних літальних апаратів (БПЛА) – декілька БПЛА, які виконують завдання в групі і можуть покривати значно більшу територію. В свою чергу це сприяє збільшенню ефективності операцій.

- Одночасний збір інформації з декількох різних джерел для подальшої паралельної обробки. Такий підхід дозволяє збільшити ефективність при моніторингу територій, або виконанні рятувальних операцій.

- Групові польоти БПЛА дозволяють зменшити ризики невиконання завдань через технічні несправності окремого БПЛА, оскільки інші можуть продовжувати роботу. Такий підхід впливає та може збільшити надійність операцій.

- Можливість обмінюватися інформацією для подальшого коригування траєкторії польоту або безперервного виконання завдань, навіть в умовах, коли деякі БПЛА з групи зазнали технічних несправностей чи відмов. Оперативне корегування маршрутів в складних або динамічних умовах сприяє підвищенню безпеки, надійності та гнучкості при виконанні місій.

- Можливість розподілу завдань між БПЛА в групі, що дозволяє підвищити адаптивність до змін оточуючого середовища та умов польоту, зменшити кількість помилок в процесі виконання завдань та підвищити надійність і гнучкість при виконанні завдань.

- Можливість автономного виконання місій та польотів для зменшення людського фактору.

- Ефективність використання ресурсів та енергії при обґрунтованому розподілі сенсорів та інших технологій між БПЛА в групі, що сприяє економічній ефективності місій.

- Можливість виконання завдання у важкодоступних регіонах, де присутність людини є небезпечною.

- Можливість інтеграції з іншими технологіями для формування єдиної системи для виконання складних завдань.

Результати. Виконання завдань групою БПЛА має свої організаційні та технологічні особливості, які необхідно враховувати. З аналізу особливостей групових польотів БПЛА можна сформулювати наступні вимоги та завдання до їх ефективної реалізації:

1. Необхідність забезпечення ефективної комунікації між БПЛА групи. Вибір інформації для обміну, вибір засобів та радіочастотних каналів для телекомунікації.
2. Планування траєкторій за умови мінімізації можливих зіткнень та оптимальності використання ресурсів. Вибір, розробка алгоритмів планування польотів та виконання завдань групою БПЛА з урахуванням критеріїв ефективності для конкретної місії.
3. Вирішення завдання уникнення перешкод. Вибір датчиків, розробка алгоритмів злиття та обробки інформації.
4. Вирішення завдання синхронізації дій – узгодження часу та місця виконання місій чи окремих частин завдання кожним БПЛА.
5. Організація місії (наприклад, одночасно в різних регіонах, або послідовно в одному) та забезпечення її ефективного виконання, наприклад вибір оптимальної кількості БПЛА, їх характеристики.
6. Забезпечення надійності функціонування групи БПЛА при виконанні завдань.
7. Забезпечення безпеки функціонування групи БПЛА при виконанні завдань.

Висновок : В роботі проведений аналіз сучасного стану використання груп БПЛА, з урахуванням їх переваг для виконання завдань, що включають підвищення надійності та ефективності при виконанні місій, гнучкості при управлінні, оптимізації використання ресурсів, можливість інтеграції з сучасними технологічними рішеннями, сумісності з

інноваційними технологіями та новітніми концепціями розвитку суспільства. На основі аналізу сформовані вимоги та завдання щодо ефективного виконання польотів груп БПЛА.

Список використаних джерел:

5. Alqudsi, Y., Makaraci, M. UAV swarms: research, challenges, and future directions. J. Eng. Appl. Sci. 72, 12 (2025). URL: <https://doi.org/10.1186/s44147-025-00582-3>
6. Abhishek Phadke, F. Antonio Medrano, Chandra N. Sekharan, and Tianxing Chu. An analysis of trends in UAV swarm implementations in current research: simulation versus hardware. Drone Systems and Applications. 12: 1-10 (2024). URL: <https://doi.org/10.1139/dsa-2023-0099>
7. Bu Y, Yan Y, Yang Y. Advancement Challenges in UAV Swarm Formation Control: A Comprehensive Review. Drones.; 8(7):320, (2024). URL: <https://doi.org/10.3390/drones8070320>
8. Yuheng Yang, Xing Guo, Xingshuo Hai, Qiang Feng, Bo Sun, Zili Wang, Modeling and vulnerability analysis of UAV swarm based on two-layer multi-edge complex network, Reliability Engineering & System Safety, Volume 256, (2025). URL: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110779>.
9. Y. Zhou, B. Rao and W. Wang, "UAV Swarm Intelligence: Recent Advances and Future Trends," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 183856-183878, (2020). URL: doi: 10.1109/ACCESS.2020.

УДК 629.73 (045)

ІНТЕРНЕТ НА БОРТУ: РОЛЬ СУПУТНИКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ КОМЕРЦІЙНОЇ АВІАЦІЇ. НОВИЙ ВИКЛИК ДЛЯ СЕРТИФІКАЦІЇ.

Віталій Грішненко

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Авер'янова Ю.А., д.т.н., проф.*

Ключові слова: Сертифікація, Авіаційна безпека, Супутниковий Інтернет.

У сучасному світі інтернет-з'єднання стало невід'ємною частиною повсякденного життя, і комерційна авіація не є винятком. У цьому контексті ключову роль відіграють супутникові технології, які забезпечують стабільний доступ до інтернету під час польотів. Але стрімкий розвиток цих систем випереджає можливості авіаційної індустрії щодо їхньої сертифікації.

У цій роботі розглянуто вплив супутникового інтернету на комерційну авіацію, а також перспективи подальшого розвитку цієї технології з точки зору сертифікації.

Розглянемо кілька основних систем супутникового інтернету для великих комерційних літаків:

Viasat – один із лідерів у сфері супутникового зв'язку для авіації. Забезпечує високошвидкісний інтернет через свої супутники серії ViaSat-3.

Inmarsat – відомий оператор супутникового зв'язку, який надає авіаційний інтернет через систему GX Aviation (Global Xpress) та European Aviation Network (EAN).

Starlink Aviation (SpaceX) – відносно новий гравець у сфері авіаційного інтернету, який використовує низькоорбітальні супутники для забезпечення високошвидкісного з'єднання з мінімальною затримкою.

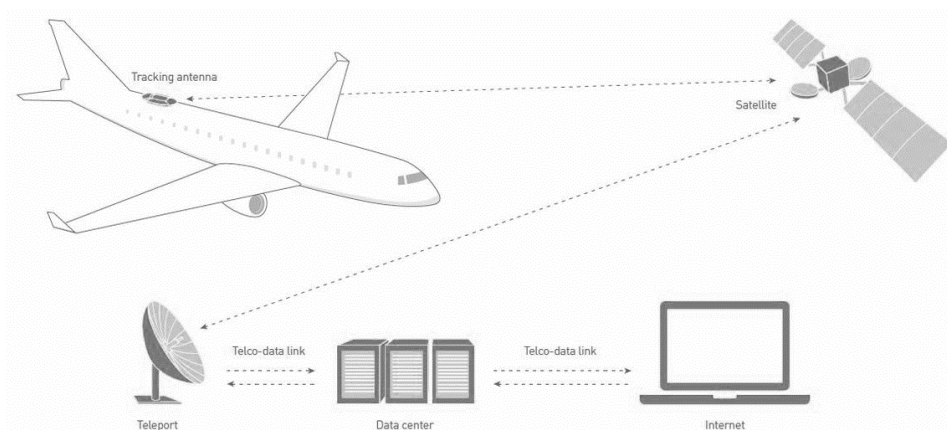


Рис.1. Підключення до Інтернету в польоті через супутники [1]

Різниця між цими системами полягає у типі орбіти, на якій знаходяться їхні супутники, що впливає на затримку сигналу, швидкість передачі даних та зону покриття. Viasat та Inmarsat – використовують геостаціонарні супутники (GEO), які знаходяться на висоті близько 35 786

км над екватором. Перевагами є велика зона покриття (один супутник охоплює значну частину земної поверхні) та стабільний зв'язок. Недоліки - висока затримка сигналу (близько 600 мс), що може впливати на відеодзвінки та інтерактивні сервіси. Starlink Aviation (SpaceX) – використовує низькоорбітальні супутники (LEO), розташовані на висоті 500–1200 км. З переваг варто відзначити низьку затримку сигналу (20–50 мс), вища швидкість інтернету, можливість підключення навіть у полярних регіонах. Але недоліками є необхідність запускати більше супутників для покриття та складніша інфраструктура з частими оновленнями програмного забезпечення [1,2].

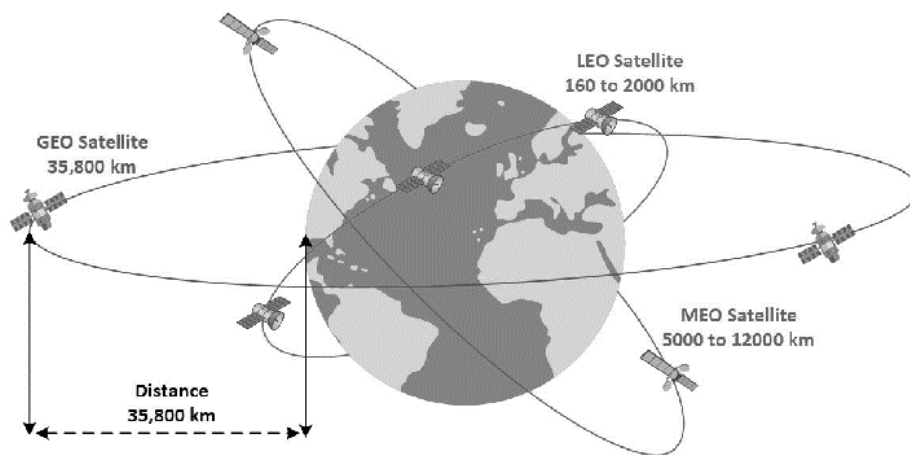


Рис.2. Розташування орбіт супутників [3,4]

Таким чином, GEO-супутники краще підходять для стабільного покриття та широкої доступності, а LEO-супутники – для високошвидкісного інтернету з мінімальною затримкою.

Різниця між системами супутникового інтернету для авіації з точки зору сертифікації та авіаційної безпеки суттєва, оскільки різні орбітальні системи мають різні вимоги до інтеграції в авіаційні мережі:

Viasat, Inmarsat (GEO-супутники)

Сертифікація: Так як данні системи вже давно використовуються в авіації, тому вони мають EASA (Європейське агентство з авіаційної безпеки) та FAA (Федеральна авіаційна адміністрація США) відповідні допоміжні сертифікати типу. Автоматично підтримуються багатьма авіакомпаніями, оскільки існують стандартизовані рішення для інтеграції з авіаційними системами зв'язку (наприклад, ARINC 791). Оскільки ці системи існують довше, вони мають перевірені механізми захисту від кібератак, а також резервні канали для критичних систем (наприклад, зв'язку між екіпажем і диспетчерами) [5].

Starlink Aviation (LEO-супутники)

Сертифікація: SpaceX лише нещодавно почав процес отримання допоміжних сертифікатів типу на існуючий парк великих комерційних літаків, і деякі авіакомпанії вже почали тестування систем за вимогами FAA та EASA, але ще не має такого ж рівня

стандартних рішень, як GEO-системи. Варто відмітити також складність інтеграції, оскільки Starlink використовує антени з електронним скануванням (ESA, Electronically Steered Antennas) замість традиційних механічних антен, тому необхідна додаткова перевірка вимогам норм льотної придатності цих систем для конкретних моделей літаків. Через децентралізовану архітектуру LEO-супутників виникають питання щодо відмовостійкості та кібератак. Наприклад, у разі збою частини супутникового угруповання можуть бути тимчасові переривання зв'язку [5].

Висновок: Системи супутникового інтернету для авіації мають суттєві відмінності у процесі сертифікації та перевірки відповідності нормам льотної придатності: GEO-супутники (Viasat, Inmarsat, Intelsat) вже сертифіковані та інтегровані в авіаційні мережі, тоді як Starlink Aviation (LEO-супутники) лише проходить цей процес і ще мають проблеми з інтеграції та стійкості до кібератак.

Список використаних джерел:

1. How is an internet connection provided by an airplane flying over 10,000 meters?. URL: https://gigazine.net/gsc_news/en/20191215-airplane-wi-fi/ (Last accessed: 16.02.2025).
2. STARLINK FOR AVIATION. URL: <https://www.starlink.com/business/aviation> (Last accessed: 16.02.2025).
3. Different orbital Satellites (GEO, MEO and LEO) URL: https://www.researchgate.net/figure/Different-orbital-Satellites-GEO-MEO-and-LEO_fig2_365142901 (Last accessed: 1.10.2022).
4. INMARSAT зони покриття URL: <https://sattrans.ua/inmarsat-zony-pokrytiya> (Last accessed: 16.02.2025).
5. List of EASA Supplemental Type Certificates URL: https://www.easa.europa.eu/download/stc/STC_WebList.pdf (Last accessed: 12.03.2025).

УДК 004.85:656.7.071.1(043.2)

ГІБРИДНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДІЙ АВІАДИСПЕТЧЕРА І АДАПТАЦІЇ СЦЕНАРІЇВ ТРЕНУВАНЬ

Андрій Іванів

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Олександр Луппо, к. пед. н., доцент.

Ключові слова: машинне навчання, авіадиспетчери, автоматизація оцінювання, гібридні нейронні мережі, SVM.

Зростання складності та інтенсивності повітряного руху висуває нові вимоги до підготовки авіадиспетчерів. Гібридні нейронні мережі (ГНМ), поєднуючи переваги різних типів архітектур, таких як згорткові нейронні мережі (CNN) та рекурентні нейронні мережі (RNN), можуть бути ефективними для розв'язання цієї проблеми. Це дозволяє не тільки оцінювати дії диспетчера в реальному часі, але й адаптувати сценарії тренувань відповідно до його індивідуальних навичок і поведінки [1], [2].

Гібридні нейронні мережі для аналізу дій авіадиспетчерів включають кілька етапів обробки даних. Згорткові мережі використовуються для обробки просторових даних, таких як зображення чи карти повітряного руху, в той час як рекурентні мережі обробляють послідовності дій диспетчера [3]. Для покращення точності та врахування важливих моментів у процесі прийняття рішень додається механізм уваги, що фокусується на критичних точках у сценаріях тренувань [4].

Основні типи гібридних нейромереж:

1. Комбінація різних типів нейромереж:

- *CNN + RNN*: Поєднання згорткових нейронних мереж (CNN), які чудово працюють із просторовими даними (зображення, карти), та рекурентних нейронних мереж (RNN), які обробляють послідовності (часові ряди, текст). Це корисно для аналізу послідовностей дій диспетчера в контексті візуалізації повітряного руху.

- *CNN + Transformer*: Використовується для обробки складних даних, де CNN виконує первинне виділення ознак, а Transformer обробляє послідовності чи взаємодії між елементами.

2. Інтеграція нейромереж із класичними алгоритмами ML:

- *Neural Network + Support Vector Machine (SVM)*: Нейромережа виконує попередню обробку та виділення ознак, а SVM — класифікацію. У контексті тренажерів для авіадиспетчерів це може допомогти у визначенні рівня складності сценарію на основі виділених ознак дій диспетчера.

о *Neural Network + Decision Trees (або Gradient Boosting)*: Використовується для розв'язання задач, де нейромережі добре обробляють нелінійні залежності, а дерева прийняття рішень забезпечують інтерпретацію результатів.

3. Пояснювальні моделі:

о Інтеграція нейромереж із методами пояснюваного ШІ (ХАІ) дозволяє надавати зворотний зв'язок, пояснюючи, чому мережа оцінила дії диспетчера як правильні чи помилкові.

Порівняння результатів використання гібридної нейронної мережі з традиційними методами показало значні переваги в точності оцінки та швидкості адаптації сценаріїв. Система забезпечила високу точність класифікації (92%), чим здатні значно покращити підготовку диспетчерів завдяки індивідуалізації тренувальних траєкторій. Вона також може дозволити оперативно реагувати на складні ситуації в реальному часі, виявляючи критичні моменти у прийнятті рішень [3], [5].

Висновок: Гібридні нейронні мережі є перспективним інструментом для адаптивного навчання авіадиспетчерів. Вони забезпечують точну та ефективну оцінку їхніх навичок, дозволяючи покращити процес підготовки та знизити ймовірність помилок в реальних умовах. Інтеграція цієї технології в тренажерах для авіадиспетчерів має великий потенціал для підвищення безпеки повітряного руху.[6]

Список літератури

1. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). *Deep residual learning for image recognition*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR), 770-778.
2. Graves, A., Mohamed, A.-r., & Hinton, G. (2013). *Speech recognition with deep recurrent neural networks*. In Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 6645-6649.
3. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. Nature, 521(7553), 436-444.
4. Korman, A., & Berman, T. (2017). *Artificial intelligence in aviation: A review*. Journal of Intelligent Systems, 32(2), 145-162.
5. Choi, J., & Lee, K. (2020). *Adaptive learning systems for aviation training using artificial intelligence*. Journal of Aerospace Engineering, 33(5), 05020015.
6. Mnih, V., et al. (2015). *Human-level control through deep reinforcement learning*. Nature, 518(7540), 529-533.

УДК 629.7.08, 519.171

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ НІМЕЧЧИННИ

Івашук Олег

Національний авіаційний університет, Київ

Науковий керівник – Іван Остроумов, д.т.н., проф., с.н.с.

Ключові слова: аналіз, моделі ризику зіткнення, повітряні маршрути, цивільна авіація, повітряний транспорт.

Завантаженість повітряного простору Німеччини є досить високою, враховуючи її роль як одного з головних авіаційних вузлів Європи. Наприклад, у серпні 2023 року було зафіксовано понад 273 тисячі польотів у межах контрольованих зон Німеччини[1]. Це включає міжнародні та регіональні аеропорти, а також транзитні польоти. Через це аналіз ризиків зіткнення в такому завантаженому повітряному просторі є важливим елементом для забезпечення безпеки повітряного простору.

Забезпечення безпеки повітряного простору є складним і багатограним процесом, одним з елементів якого є недопущення зіткнення між літаком і літаком в повітрі. Ми можемо сказати що зіткнення в повітрі є наслідком виникнення конфліктної ситуації, а сама конфліктна ситуація виникає коли є ризик перетину траєкторій літальних апаратів, і завдання служб керування повітряним рухом — завчасно виявити і усунути ці ризики. Сучасні системи безпеки включають автоматизовані технології, такі як TCAS (Система попередження зіткнень в повітрі), засоби радіолокації та взаємодію між диспетчерами і пілотами. Усе це спрямоване на забезпечення мінімального ризику для літальних апаратів та пасажирів.

Об'єктом дослідження виступає повітряний простір і повітряні маршрути. Дані що підставляються в формули отримані шляхом спостереження. Так як усі сучасні цивільні літаки обладнанні системою ADS-B, яка в режимі реального часу передають інформацію про місцезнаходження літака, саме дані від цього джерела є основою нашого дослідження. Існують спеціальні веб-ресурси які через АПІ передають дані користувачу що відправив запит на їх отримання єдине обмеження це те, що дані повинні бути не більше ніж місячної давності. За допомогою мови програмування Python3, стандартної бібліотеки даних request, і спеціальної бібліотеки для роботи базою даних ADS-B OpenSkyApi[2] був написаний код, що збирає дані про повітряні літаки з заданого квадрату координат. Після того ми відкинемо всі лишні дані які виходять за межі повітряного простору Німеччини. Визначати потенційний конфлікт будемо за допомогою ієрархічного гексагонального просторового індексу і відповідної бібліотеки H3 для Python3. Результати наведені на Рис 1.

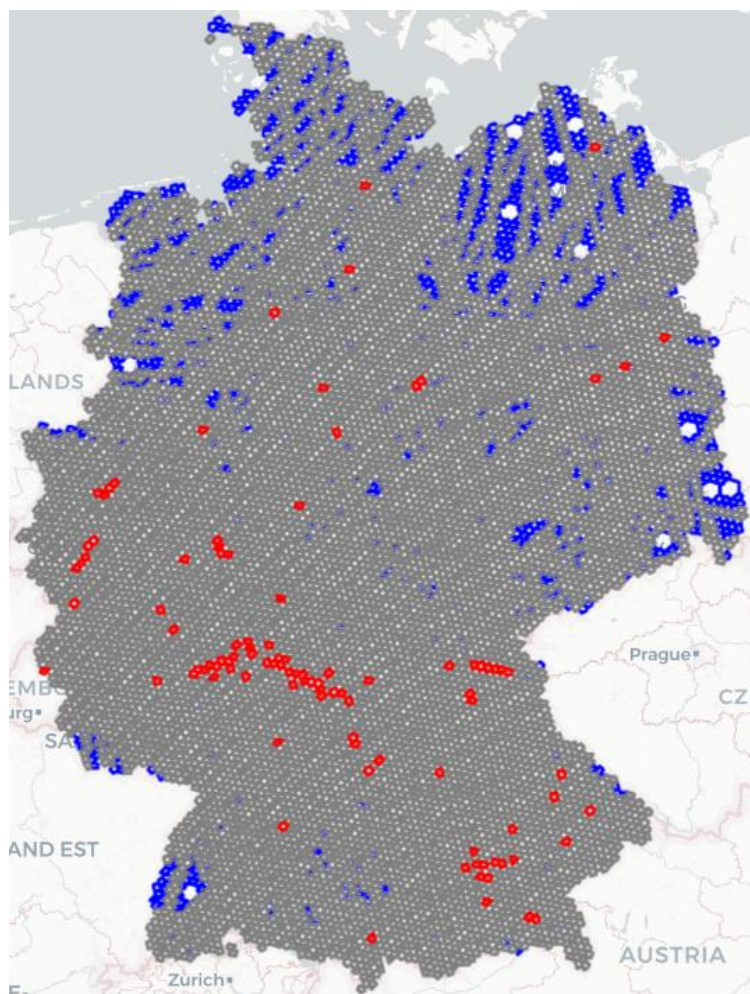


Рис 1. Відображення траєкторії польоту літаків і конфліктних точок

Червоним кольором позначенні гексагони же відбулися конфліктні ситуації, сірим де пролітали літаки проте конфліктних ситуацій не зафіксовано, Синім якщо в даний гексагон навіть не залітав літак протягом часу дослідження. Визначено 145 конфліктних точок зі 134 літаками сумарним часом потенційно конфліктних ситуацій 33 хв 48 с. Було 38 типів літаків серед яких самим поширеним а320 – 38 літаків, потім а319 – 23, а20n – 18 решта типів має менше 15 літаків.

Висновок: Враховуючи обсяг повітряного трафіку через Німеччину то наявність такої великої кількості конфліктних ситуацій не є дивною тим паче що між літаками в більшості випадків було необхідне вертикальне ешелонування що зводило ризик зіткнення між літаками до мінімуму.

Список використаних джерел:

1. Startpage | DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. URL : <https://www.dfs.de/homepage/de/medien/statistiken/air-traffic-statistics-august-2023.pdf?cid=iim&form=MG0AV3&form=MG0AV3> (дата звернення: 13.03.2025).
2. OpenSky. URL: <https://opensky-network.org> (дата звернення: 17.03.2025).

УДК 711.553.9:504.5:629.7.014-519(043.2)

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ

Даниїл Кльокта

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Науковий керівник – Євгенія Знаковська, к.т.н., доц. кафедри АНС*

Ключові слова: БПЛА, злітно-посадкова смуга, забруднення, лідар, обробка зображень.

Забруднення злітно-посадкової смуги (ЗПС) гумовими відкладеннями, сторонніми предметами та іншими забрудненнями є серйозною проблемою, що безпосередньо впливає на безпеку та ефективність аеродромних операцій. Традиційні методи виявлення забруднення, такі як візуальний огляд та ручні вимірювання, часто є трудомісткими, суб'єктивними та не забезпечують достатньої точності. Сучасні дослідження [1] демонструють, що використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з відповідним обладнанням може значно покращити процес моніторингу стану ЗПС. Метою цього дослідження є розробка та аналіз ефективності методу виявлення забруднення ЗПС з використанням БПЛА, оснащених системами візуального моніторингу та лідаром. Об'єктом дослідження є ділянка ЗПС аеропорту, що характеризується різним ступенем забруднення. Для виявлення забруднення використовується БПЛА, оснащений камерою високої роздільної здатності та лідаром[2].

Розробляється алгоритм обробки зображень та даних лідара [3], який дозволить автоматично виявляти, локалізувати та класифікувати забруднення на поверхні ЗПС. Алгоритм базується на технології лідара та технологіях, заснованих на обробці зображень. Зокрема, передбачається порівняння фактичного зображення з попередньо занесеним в базу еталонним зображенням ЗПС. Формування та аналіз моделей виконується за допомогою таких інструментів, як фотограмметрія, «комп'ютерний зір» (computer vision), бібліотек для роботи з 3D об'єктами та n-мірними хмарами точок (PCL – point cloud library). Для оцінки точності методу планується провести порівняння результатів з даними, отриманими традиційними методами. Для наукового обґрунтування результатів досліджень планується використати статистичний метод, а саме порівняння середніх значень площі виявлених забруднень. Очікується, що використання БПЛА дозволить значно скоротити час виявлення забруднення ЗПС, підвищити точність локалізації та класифікації забруднень, а також забезпечити можливість моніторингу важкодоступних ділянок ЗПС. Розроблюваний алгоритм повинен забезпечити точність локалізації забруднень на рівні не менше 90% та можливість класифікації забруднень за типом (гумові відкладення, сторонні предмети, тощо). Планується, що

використання лідара дозволить виявити забруднення, невидимі для звичайної камери, а також отримати інформацію про тривимірну структуру забруднень. Порівняльний аналіз повинен показати, що використання БПЛА дозволяє виявити на 20-30% більше забруднень, ніж традиційні методи. Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації процесу очищення ЗПС, підвищення безпеки аеродромних операцій та зниження витрат на обслуговування аеродрому.

Висновок : Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для виявлення забруднення злітно-посадкової смуги (ЗПС) є перспективним напрямком, що дозволяє значно підвищити ефективність та точність моніторингу. Розробка алгоритму обробки зображень та даних лідара, заснованого на порівнянні фактичного зображення з еталонним, відкриває можливості для автоматичного виявлення, локалізації та класифікації забруднень.

Результати дослідження продемонстрували, що застосування БПЛА дозволяє скоротити час виявлення забруднення, підвищити точність локалізації та класифікації, а також забезпечити моніторинг важкодоступних ділянок. Отримані дані можуть бути використані для оптимізації процесу очищення ЗПС, підвищення безпеки аеродромних операцій та зниження витрат на обслуговування аеродрому.

Список використаних джерел:

1. Temme M. M., Trempler C. Introduction of unmanned aerial vehicles into airport ground operations. Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress (DLRK): conference proceedings. 2017.
2. Kim S. et al. UAS-based airport maintenance inspections: Lessons learned from pilot study implementation Computing in Civil Engineering 2019: Smart Cities, Sustainability, and Resilience. American Society of Civil Engineers. Reston, VA, 2019. С. 382-389.
3. Černý M., Tluchoř T. and Hamza M. Methodology for Inspecting the Correctness of the Function of Airport Lighting Systems Using a Commercially Available UAS.
4. Джума, Л. М. Використання безпілотних літальних апаратів для контролю стану злітно-посадкової смуги аеродрому / Л. М. Джума, О. А. Середа // Авіація та космонавтика: напрями інноваційного розвитку : збірник тез XXXXII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, курсантів і студентів до Всесвітнього Дня авіації і космонавтики (м. Кропивницький, 12 квітня 2023 р.) / Льотна академія НАУ. – Кропивницький : ЛА НАУ, 2023. – С. 253-254.

УДК 004.8

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ НАВІГАЦІЇ БПЛА З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Максим Ковальчук

Державний університет «Київський авіаційний інститут, Київ

Науковий керівник – Володимир Харченко, – д-р техн. наук професор

Ключові слова: БПЛА, штучний інтелект, навігація, нейромережі, методи комп'ютерного зору.

Штучний інтелект уже змінив підхід до навігації безпілотних літальних апаратів (БПЛА), не тільки забезпечуючи автономні польоти в різних сферах, а й відкриваючи нові можливості їхнього застосування. У цьому дослідженні детально аналізуються методи та технології, що дозволяють покращити навігацію дронів завдяки штучному інтелекту, спираючись на наукові публікації з цієї тематики.

Ці технологічні досягнення дозволяють дронам ефективно працювати навіть у складних умовах, уникати перешкод та виконувати завдання з високою точністю. Постійний розвиток штучного інтелекту відкриває нові перспективи для створення ще більш розумних та продуктивних безпілотників, які можуть застосовуватися в різних сферах.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є процес навчання нейронних мереж для покращення навігації БПЛА. Предметом є методи та засоби, що використовуються для вдосконалення навігації за допомогою машинного навчання.

Мета дослідження

Головною метою роботи є виявлення та аналіз факторів, що впливають на ефективність навчання нейронних мереж, що, у свою чергу, дозволяє вдосконалити навігацію безпілотників.

Аналіз сучасних досліджень

Останні наукові праці систематизують дані щодо апаратного й програмного забезпечення безпілотників, аеродинамічного моделювання, автоматизованих систем управління польотом та їх інтеграції.

Одним із головних аспектів розвитку БПЛА є навігаційні системи, необхідні для їхнього ефективного застосування у різних галузях: від військових операцій і доставки товарів до аграрного сектору та моніторингу інфраструктури. Навігація може здійснюватися як у відкритому просторі (із застосуванням GPS), так і в закритих приміщеннях, де традиційні методи визначення місцеположення не працюють.

Альтернативи GPS

Оскільки GPS має певні обмеження, дослідники активно працюють над альтернативними методами навігації. Використання штучних нейронних мереж дозволяє частково або повністю компенсувати відсутність супутникового сигналу. Однак ефективність таких моделей залежить від якості навчання, що вимагає ретельного підбору тренувальних даних та їхнього аналізу.

Використання симуляцій

Через складність і вартість реальних експериментів із безпілотниками дослідники часто використовують віртуальні симуляції для навчання алгоритмів навігації. Проте такі підходи мають свої недоліки, зокрема неточність отриманих даних у порівнянні з реальними польотами. Вирішенням цієї проблеми може стати комбіноване навчання, що використовує як симуляційні, так і реальні дані.

Роль нейромереж у навігації

Нейронні мережі в навігаційних системах БПЛА використовуються для розпізнавання об'єктів, аналізу зображень і адаптації до умов середовища. Основними завданнями таких моделей є:

- Визначення місцеположення дрона.
- Створення карти навколишнього середовища.
- Уникнення перешкод.
- Оптимізація виконання завдань.

Завдяки використанню методів машинного навчання сучасні безпілотники отримують більш високий рівень автономності та безпеки.

Висновок: Розвиток штучного інтелекту значно покращує навігаційні можливості БПЛА. Попри існуючі виклики, зокрема складність навчання нейромереж і необхідність якісних даних, дослідження в цій сфері показують перспективи для подальшого вдосконалення безпілотних систем. Використання гібридних підходів, що поєднують симуляційне навчання з реальними даними, дозволяє створювати більш точні та ефективні навігаційні алгоритми, сприяючи розширенню сфер застосування безпілотних літальних апаратів.

Список використаних джерел:

1. Arman, Asgharpoor Golroudbari, & Mohammad, Hossein Sabour. (2023). Recent Advancements in Deep Learning Applications and Methods for Autonomous Navigation: A Comprehensive Review. Authorea.
2. Back, S., Cho, G., Oh, J., et al. (2020). Autonomous UAV Trail Navigation with Obstacle Avoidance Using Deep Neural Networks. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 100, 1195—1211. <https://doi.org/10.1007/s10846-020-01254-5>

3. Blanco, Jose Luis. (2009). Contributions to Localization, Mapping and Navigation in Mobile Robotics.
4. Brugali, Davide, & Reggiani, Monica. (2005). Software stability in the robotics domain. Issues and challenges. 585-591. <https://doi.org/10.1109/IRI-05.2005.1506537>
5. Cai, G., Chen, B. M., & Lee, T. H. (2010). An overview on development of miniature unmanned rotorcraft systems. Front. Electr. Electron. Eng. China 5, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11460-009-0065-3>
6. Chelioudakis, Eleftherios, Deceptive AI Machines on the Battlefield: Do They Challenge the Rules of the Law of Armed Conflict on Military Deception? (2017). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3158711>; <https://doi.org/10.2139/ssrn.3158711>
7. Chen, C., & Xiao, T. (2011). Probabilistic Fuzzy Control of Mobile Robots for Range Sensor Based Reactive Navigation. Intelligent Control and Automation, 2(2), 77—85. <https://doi.org/10.4236/ica.2011.22009>

УДК 621.396

СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН: ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Кузьменко Євгеній

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Науковий керівник – Іван Вікторович Остроумов, д.т.н., проф. кафедри АНС.*

Ключові слова: Системи моніторингу, AHEAD-PRO, технічне обслуговування літаків, прогнозування несправностей, безпека польотів, авіаційні технології.

Вступ Останні десятиліття розвиток авіаційних технологій значно покращив ефективність і безпеку польотів. Особливу увагу приділено впровадженню систем моніторингу технічного стану повітряних суден, які дозволяють прогнозувати несправності та запобігати аварійним ситуаціям [1, 2]. Сучасні наукові дослідження показують, що використання системи AHEAD-PRO, розробленої компанією Embraer, є одним із найперспективніших напрямів у цій сфері [3, 4].

Мета Метою даного дослідження є аналіз можливостей та перспектив впровадження системи AHEAD-PRO для моніторингу технічного стану повітряних суден, її впливу на підвищення безпеки польотів та зменшення витрат на технічне обслуговування.

Матеріали та методи У дослідженні розглядаються дані про систему AHEAD-PRO та її роботу в міжнародних авіакомпаніях. Основними об'єктами дослідження є повітряні судна, обладнані системами моніторингу технічного стану, що забезпечують автоматизований контроль за основними системами літака. Дослідження базується на аналізі функціональних можливостей AHEAD-PRO та порівнянні її ефективності з іншими авіаційними моніторинговими системами. Використано методи аналітичного огляду літератури, порівняльного аналізу та обробки статистичних даних щодо ефективності експлуатації літаків, обладнаних подібними системами.

Результати Система AHEAD-PRO забезпечує автоматизований збір та аналіз польотних даних, що дає можливість авіакомпаніям виявляти потенційні проблеми ще до їх критичного розвитку. Основні можливості AHEAD-PRO включають виявлення несправностей на ранніх етапах за допомогою аналізу великих даних [6], планування технічного обслуговування для запобігання відмовам [7], мінімізацію простоїв літака завдяки точним прогнозам необхідності ремонту [8], інтеграцію з іншими авіаційними платформами для оптимізації роботи технічного персоналу [9]. Система дозволяє збирати та аналізувати великі масиви даних з різних датчиків, що встановлені на борту літаків. Це сприяє підвищенню точності діагностики технічного стану, оскільки можна не лише реагувати на вже наявні проблеми, а й прогнозувати можливі

відмови [6]. У порівнянні з традиційними підходами до технічного обслуговування, які базуються на фіксованих інтервалах заміни компонентів, використання AHEAD-PRO дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні витрати, оскільки обслуговування виконується лише за реальної необхідності [7]. Дані, що передаються через систему ACARS, забезпечують постійний моніторинг стану літаків у режимі реального часу. Це означає, що технічні служби можуть оперативно реагувати на можливі несправності та вживати заходів ще до посадки повітряного судна [8]. Завдяки можливості віддаленого аналізу даних система дозволяє централізовано керувати технічним станом великих флотів авіакомпаній, що особливо важливо для міжнародних перевізників [9]. Практичні результати показують, що авіакомпанії, які інтегрували AHEAD-PRO у свої операційні процеси, змогли скоротити кількість незапланованих ремонтів на 30%, що суттєво покращило показники експлуатаційної готовності повітряних суден [6]. Також, впровадження цієї системи сприяє оптимізації логістики запасних частин та витрат на технічне обслуговування, оскільки точні дані про стан літаків дозволяють заздалегідь планувати необхідні роботи [7]. Система AHEAD-PRO забезпечує автоматизований збір та аналіз польотних даних, що дає можливість авіакомпаніям виявляти потенційні проблеми ще до їх критичного розвитку. Вона використовує штучний інтелект та алгоритми прогнозування для аналізу трендів у роботі основних систем літака, таких як двигуни, гідравліка, шасі та навігація [5]. Основні можливості AHEAD-PRO включають виявлення несправностей на ранніх етапах за допомогою аналізу великих даних [6], планування технічного обслуговування для запобігання відмовам [7], мінімізацію простоїв літака завдяки точним прогнозам необхідності ремонту [8], інтеграцію з іншими авіаційними платформами для оптимізації роботи технічного персоналу [9].

Переваги та виклики впровадження Використання AHEAD-PRO надає низку переваг, серед яких зниження витрат на обслуговування завдяки прогнозному аналізу, що дозволяє уникати зайвих регламентних ремонтів і заміни деталей [6], підвищення безпеки польотів завдяки ранньому виявленню несправностей, що допомагає запобігати критичним аварійним ситуаціям [7], а також скорочення часу простою літаків завдяки автоматизованому управлінню технічним станом, що сприяє швидкому прийняттю рішень щодо обслуговування [8]. Водночас існують певні виклики, серед яких висока вартість впровадження, оскільки інтеграція системи потребує значних інвестицій у технічне забезпечення та навчання персоналу [9], необхідність адаптації до різних моделей літаків, оскільки кожен флот має свої особливості, що ускладнює універсальне застосування системи [10], а також забезпечення кібербезпеки, оскільки передача та зберігання великих обсягів даних вимагають сучасних механізмів захисту [10].

Висновок: Система AHEAD-PRO є інноваційним рішенням, яке дозволяє значно підвищити рівень безпеки польотів і зменшити витрати на технічне обслуговування повітряних суден. Вона використовує сучасні алгоритми аналізу даних та передові методи прогнозування несправностей. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на адаптацію цієї технології до потреб українського авіаційного ринку та інтеграцію з іншими цифровими платформами.

Список використаних джерел:

1. Embraer, "AHEAD-PRO: Predictive Maintenance System," Aviation Today, 2023. Available: <https://www.aviationtoday.com>
2. Airbus, "Skywise Health Monitoring: Enhancing Aircraft Safety," Airbus Official Report, 2024. Available: <https://www.airbus.com>
3. ScienceDirect, "Research on predictive maintenance systems in aviation," 2023. Available: <https://www.sciencedirect.com>
4. IEEE, "Aircraft Condition Monitoring Systems: A Review," 2022. Available: <https://www.ieee.org>
5. ResearchGate, "IoT and AI-based aircraft diagnostics," 2021. Available: <https://www.researchgate.net>
6. Avionics Today, "ACARS Communication and Its Applications in Aviation," 2020. Available: <https://www.aviationtoday.com>
7. Springer, "Predictive Maintenance in Aerospace Industry," 2023. Available: <https://www.springer.com>
8. Wiley Publications, "Advanced data transmission in aviation," 2023. Available: <https://www.wiley.com>
9. Aviation Today, "SKYTRAC's ADT-5000: Global Aeronautical Distress and Safety System," 2023. Available: <https://www.aviationtoday.com>
10. Avionics Digital Edition, "Shift5: Comprehensive Aircraft Data Analysis Solutions," 2023. Available: <https://www.aviationtoday.com>

УДК 629.7.016(043.2)

Регресійна модель прогнозування інтенсивності польотів

Кучменко Вадим

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Тетяна Шмельова, д.т.н., проф.

Ключові слова: регресійна модель прогнозування, кореляційно-регресійний аналіз, прогнозування авіаційних перевезень, інтенсивність польотів.

Вступ. Прогнозування та якість прогнозів відіграє важливу роль у функціонуванні авіаційної сфери. Точні прогнози пасажирських і вантажних перевезень, руху повітряних суден і пов'язаних з ними параметрів необхідні для планування діяльності авіакомпаній, аеропортів, аеронавігаційних систем і навантаження на них. Відстеження тенденцій, які спираються на якісні і точні прогностичні моделі дозволяє авіаційним підприємствам своєчасно реагувати на зміни попиту на авіаційні перевезення з метою підвищення їх економічної ефективності [1;2].

Документи ICAO DOC 8991 є ключовим в сфері прогнозування авіаційного транспорту. В ньому зазначено, що регресійний аналіз є одним з найбільш популярних і ефективних методів прогнозування на основі статистичних даних [1; 3]. При побудові регресійних моделей для прогнозування в авіаційній сфері аналізуються чинники, які прямо або опосередковано впливають на досліджуваний показник (інтенсивність польотів/попит на авіаційні перевезення, тощо) і, в залежності від ступеня тісноти між незалежними чинниками і досліджуваним явищем, обираються в якості вихідних даних для розробки відповідних моделей прогнозування [4]. Головними умовами для побудови точної регресійної моделі і побудованих на її основі прогнозувань є якість і достовірність вихідних даних і адекватність обраної моделі [3].

Мета: побудувати регресійну модель прогнозування інтенсивності польотів.

Матеріали та методи. Для побудови даної моделі було використано дані, надані міжнародною організацією «Eurocontrol», отримані на платформі статистичної організації Європейської Комісії «Eurostat» [5]. Були використані щомісячні дані кількості комерційних польотів в повітряному просторі Німеччини за останні 3 календарні роки – з січня 2022 року по грудень 2024 року.

Для побудови моделі було використано кореляційно-регресійний аналіз [3].

Результати. Для побудови моделі перш за все було згруповано статистичні дані у піврічні періоди для того щоб згладити короткострокові коливання і виявити загальні тенденції в динаміці польотів.

За допомогою методу кореляційно-регресійного аналізу було побудовано модель і отримані прогнозні значення кількості польотів на наступні 4 півріччя (табл. 1), (рис. 1).

Таблиця 1. Прогноз інтенсивності польотів на 2025-2026 рік

Рік	X, півріччя	Y, кількість польотів	Прогнозування, Y'
2022	1	632,718	668,234
	2	754,117	698,718
2023	3	697,329	729,203
	4	809,616	759,687
2024	5	741,92	790,172
	6	830,971	820,657
2025	7		851,141
	8		881,626
2026	9		912,110
	10		942,595

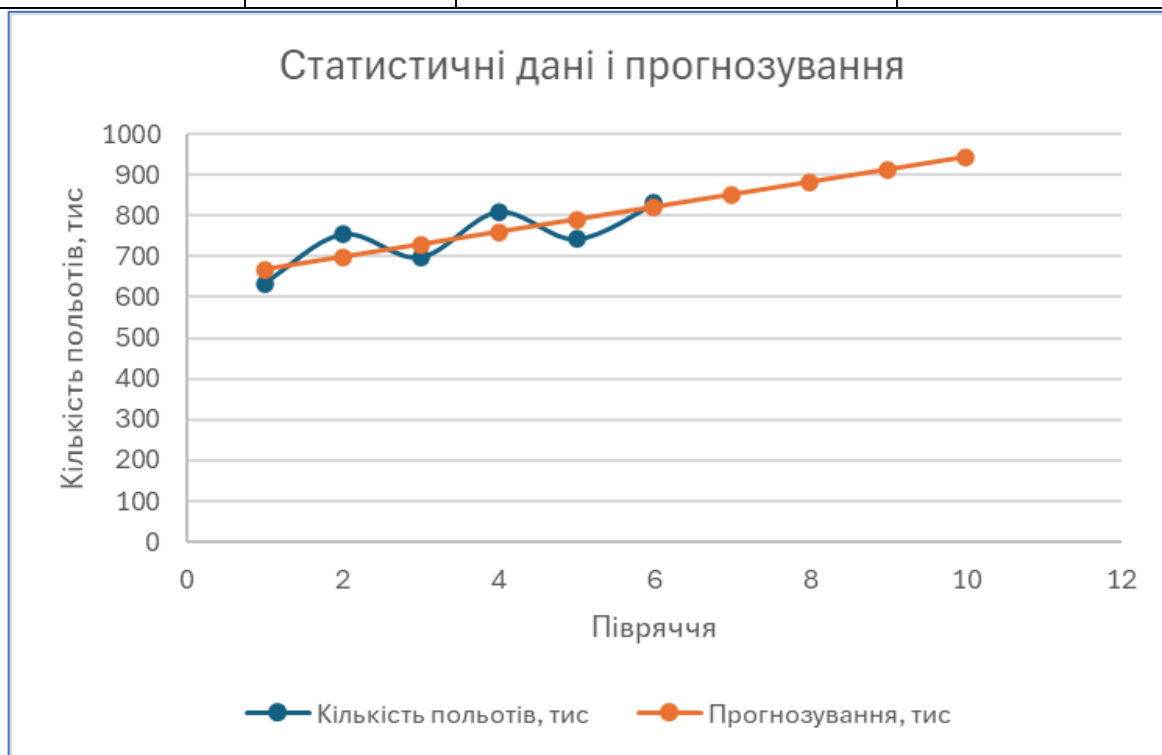


Рис. 1. Прогнозування інтенсивності польотів на 2025-2026 рік

Також отримані прогнозні дані за останні три роки і порівняння їх із статистичними даними за відповідний період дає можливість оцінити точність моделі. Оцінювання відбувалось за допомогою таких показників як середня абсолютна похибка, середньоквадратична похибка, коефіцієнт детермінації (R^2) та середня відносна похибка

(MAPE) (табл. 2). Отримані результати дозволяють зробити висновки про прийнятну точність моделі для короткострокового прогнозування, однак необхідне її подальше вдосконалення.

Таблиця 2. Оцінка моделі

MAE=	38,5472
RMSE=	41,38001
$R^2 =$	0,612845
MAPE	5,24%

Побудована модель також дає можливість приймати обґрунтовані рішення щодо управління інтенсивністю з метою досягнення цільового навантаження на повітряний простір. Наприклад, на основі прогнозування у другому півріччі 2026 року очікується 942 тисячі польотів у повітряному просторі Німеччини (табл. 3), (рис. 2). Однак для забезпечення безпеки польотів і ефективності використання повітряного простору відомо що кількість польотів має не перевищувати 750 тисяч польотів. Для забезпечення плавного переходу до необхідного рівня можна сформулювати відповідне рівняння, яке дозволить плавню корегувати інтенсивність і привести її до цільового значення протягом двох наступних років.

Таблиця 3. Управління інтенсивністю

Період	X	Y	Y'(N)	Y"(-)	Управління (-)	Y" (+)	Управління (+)
I-е півріччя 2022	1	632,718	668,1 00				
II-е півріччя 2022	2	754,117	698,5 00				
I-е півріччя 2023	3	697,329	728,9 00				
II-е півріччя 2023	4	809,616	759,3 00				
I-е півріччя 2024	5	741,92	789,7 00				
II-е півріччя 2024	6	830,971	820,1 00	820,1	830,5826	830,971	830,577
I-е півріччя 2025	7		850,5 00	810	810,3884	880	880,382
II-е півріччя 2025	8		880,9 00	790	790,1942	930	930,187

I-е півріччя 2026	9		911,3 00	770	770	980	979,992
II-е півріччя 2026	1 0		941,7 00	750	749,8058	1030	1029,797
Коефіцієнт кореляції	r	0,7828444 66		- 0,994017 5		0,99999 24	
Коефіцієнти	b 0	637,74906 67		950,747		531,747	
регресії	b 1	30,4846		-20,194		49,805	

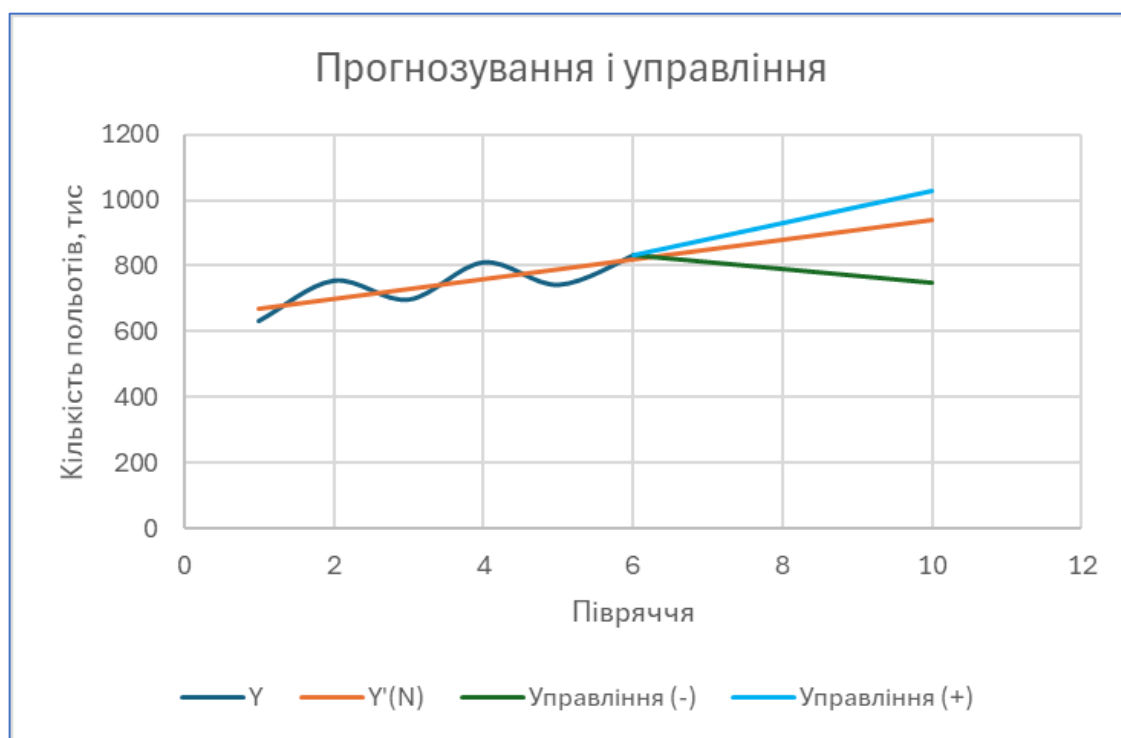


Рис. 2. Прогнозування і управління інтенсивністю

Висновок: Було побудовано регресійну модель прогнозування і управління інтенсивністю польотів. В подальшому планується удосконалення моделі шляхом врахування додаткових факторів які впливають на інтенсивність польотів а також інтеграцію у модель даних про польоти БПЛА, що дозволить більш точно прогнозувати навантаження на повітряний простір.

Список використаних джерел:

1. ICAO. Manual on Air Traffic Forecasting (Doc 8991 AT/722/3). URL: https://www.icao.int/MID/Documents/2014/Aviation%20Data%20Analyses%20Seminar/8991_Forecasting_en.pdf. (дата відвідування: 19.03.2025).
2. Петрик В. Л. Аналіз стану світового ринку цивільної авіації та прогноз його розвитку в умовах нестабільного попиту на авіап перевезення. *Бізнес Інформ*. 2020. №3. С. 112-119. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-3-112-119>.
3. Ефективність авіаційних систем: Методичні рекомендації до виконання домашнього завдання для здобувачів вищої освіти ОС «Магістр» спеціальності 272 «Авіаційний транспорт» / уклад.: Т.Ф.Шмельова – К.: ДУ «КАІ», 2025. – 40 с.
4. Соколова О. Є., Чередніченко К. В. Методи та моделі короткострокового прогнозування Європейського ринку авіаційних перевезень / Methods and models of short-term forecasting of the European air transport market. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34 (73). № 1. С. 306-317.
5. Commercial flights by reporting country and type of schedule - monthly data (source: Eurocontrol). URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/AVIA_TF_CM (дата відвідування: 19.03.2025).

УДК 621:629.7: 539 (043.2)

ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СФЕРИ БЕЗПІЛотної АВІАЦІЇ

Ліщук Назар

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Людмила Благая, к.т.н., доц.

Ключові слова: композитні матеріали, полімерна матриця, армування волокнами, анізотропія, ламінат

У сучасній інженерній практиці постійно зростають вимоги до міцності, жорсткості та термічної стійкості матеріалів поряд із мінімізацією їхньої маси. Традиційні метали й сплави не завжди задовольняють ці вимоги, особливо в галузях високих технологій, зокрема в сфері безпілотної авіації. Саме тут на перший план виходять композитні матеріали, які завдяки оптимальному поєднанню різних компонентів дають можливість отримувати унікальні властивості.

Композитний матеріал – це будь-який матеріал, виготовлений з двох або більше окремих компонентів з істотно різними фізичними або хімічними властивостями, які в поєднанні призводять до появи нового матеріалу з характеристиками, відмінними від характеристик окремих компонентів. У більшості композицій один із матеріалів, який називають дисперсною фазою, міститься в іншому – матриці. Здатність ретельно добирати кожен складову, аби оптимізувати властивості готового матеріалу для певного завдання, і робить композитні матеріали такими унікальними.

Дисперсна фаза зазвичай надає бажаних властивостей, наприклад, високої міцності або кращої пластичності, і найчастіше складається з кераміки чи металу. Композити часто класифікують за формою цієї дисперсної складової. Це можуть бути композити, армовані частинками або композити, армовані волокнами. Матеріал-матриця створює механічний і хімічний зв'язок із дисперсною фазою та дає змогу передавати навантаження між складовими. Він утримує всю структуру та захищає дисперсну фазу від впливу середовища. Крім того, композити також класифікують за типом матриці – це може бути полімер або кераміка.

Найбільш широко використовуваними композитними матеріалами в інженерії – є композити з полімерною матрицею, укріплені або армовані волокнами. Сюди належать склопластик та вуглепластик. У таких композитах зазвичай використовується епоксидна смола як термореактивний полімер, а дисперсна складова – це скляні або вуглецеві волокна, що часто становлять приблизно 60% від об'єму.

Найпростішою формою зміцнення або армування волокнами - це односпрямований шар, де всі волокна орієнтовані вздовж однієї лінії. Окремі волокна з'єднують у пучки, які утримуються зшиванням або хімічним зв'язувачем. Матеріали, в яких усі волокна йдуть в одному напрямку, стають дуже анізотропними – це означає, що їхні матеріальні властивості будуть різними в різних напрямках.

Однак у багатьох випадках потрібна добра міцність і жорсткість одночасно в кількох напрямках. Деталі з композитів на основі волокон формують, укладаючи кілька шарів із різною орієнтацією волокон. Кожен шар називається ламіною або плітом, а весь набір шарів – це ламінат. Якщо накласти достатньо шарів у потрібній орієнтації, то ламінат може мати дуже схожі властивості у всіх площинних напрямках. Це також можна організувати у вигляді плетінь, з яких є два найпоширеніших варіанти – це плоске плетиво, але часто використовується і твілеве плетиво [1]. Після визначення структури ламінату, шари волокон збирають і просочують полімерною матрицею, щоб отримати кінцеву деталь. Кількість шарів та їхню орієнтацію ретельно добирають, щоб забезпечити потрібні властивості матеріалу. Альтернативним методом є використання препрегів – стрічок або полотнищ, де волокна вже просочені частково затверділою епоксидною смолою, і їх можна укладати в матрицю без додаткового нанесення смоли. Далі ламінат можна вакуумувати, щоб він щільно прилягав до форми та вийшло якомога менше порожнин. Після чого, матеріал потребує термообробки для затвердіння. Полімерна матриця, зазвичай є термореактивною, тобто полімером, який не зворотно твердіє при нагріванні. І в цьому випадку, затвердіння відбувається при підвищених температурах в печі [2].

Висновок: Отже, полімерні волокнисті композити дають можливість поєднувати високу міцність та малу масу з стійкістю та гнучкістю вибору необхідних характеристик. Їхня анізотропна природа вимагає ретельного проектування щодо орієнтації шарів, але саме це дозволяє налаштовувати структуру під конкретні експлуатаційні навантаження. Завдяки цьому композитні матеріали зберігають своє ключове місце в сфері безпілотної авіації, а також у багатьох інших сферах високоточної інженерії.

Список використаних джерел:

1. Свідерський В.А., Черняк Л.П., Дорогань Н.О., Сікорський О.О. Методи дослідження складу та структури композитів та сировинних матеріалів. Навчальний посібник з композиційних матеріалів. НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського». 2024. 164 с.
2. Hand Lay-Up Process – CompositesWorld. Режим доступу: <https://www.compositesworld.com/articles/hand-lay-up>

УДК 004.942 (043.2)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА РОЗСЛІДУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ: СТРУКТУРА, КОНЦЕПЦІЯ, ВИМОГИ

Максим Любарець

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Науковий керівник – Іван Остроумов, д.т.н., проф. кафедри АНС.*

Ключові слова: Розслідування авіаційних подій, АСРАП, авіаційна подія, автоматизація, безпека польотів.

Під час проведення розслідувань авіаційних подій (АП) та інцидентів [1], повноважні органи з розслідування авіаційних подій часто керують процесом розслідування, користуючись традиційною системою з обмеженими можливостями системного програмного забезпечення. Традиційний підхід вразливий, оскільки не виключає людський фактор [2], який впливає на ефективність розслідування. Кількість людських помилок можливо суттєво зменшити, використовуючи систематичний метод, заснований на використанні програмного забезпечення [3].

Метою даного дослідження є аналіз структури автоматизованої системи розслідування авіаційних подій (АСРАП) [4] визначення її концепції, формування переліку вимог та оцінка впливу на ефективність процесу розслідування АП.

У дослідженні використовуються дані, отримані від Національного бюро з розслідувань на транспорті. Об'єктом дослідження є процес розслідування АП та інцидентів. Використано метод декомпозиції, в якому складний процес розслідування АП розглядається як сукупність більш простих процесів, автоматизація яких здійснюється окремо. Процес розслідування АП розглядається як система, для визначення елементів та дослідження структурних зв'язків якої застосовується метод системного аналізу.

Вимоги до АСРАП, затверджені Національним бюро з розслідувань на транспорті (НБРТ): автоматична фільтрація та реєстрація будь-яких входних повідомлень про настання АП; планове оповіщення розслідувачів про всі зареєстровані АП; цілодобовий доступ до будь-якої інформації, що стосується конкретного розслідування; підтримувані пристрої – десктоп, ноутбук, планшет, смартфон; суворі стандарти безпеки на рівнях мережі, додатків і баз даних; автентифікація користувача, авторизація та обмежений доступ до окремих підсистем або модулів; візуалізація процесу розслідування, ходу та тривалості кожної задачі розслідування; зберігання файлів, пов'язаних із розслідуванням - документів, зображень, відео; швидка пошукова система; автоматична побудова звітів; реєстрація та перегляд дій користувачів; резервне копіювання та відновлення даних; відповідність стандартам ІКАО.

Концепція АСРАП базується на чотирьох основних етапах: 1) збір всієї інформації, пов'язаної з АП, її аналіз, планування обсягу розслідування та необхідних ресурсів; 2) розслідування відповідно до визначених ІКАО стандартних процедур залежно від класу АП та його наслідків; 3) формування головного звіту розслідування, за стандартами ІКАО; 4) видача та контроль рекомендацій з безпеки.

Структурну схему АСРАП представлено на рис.1.

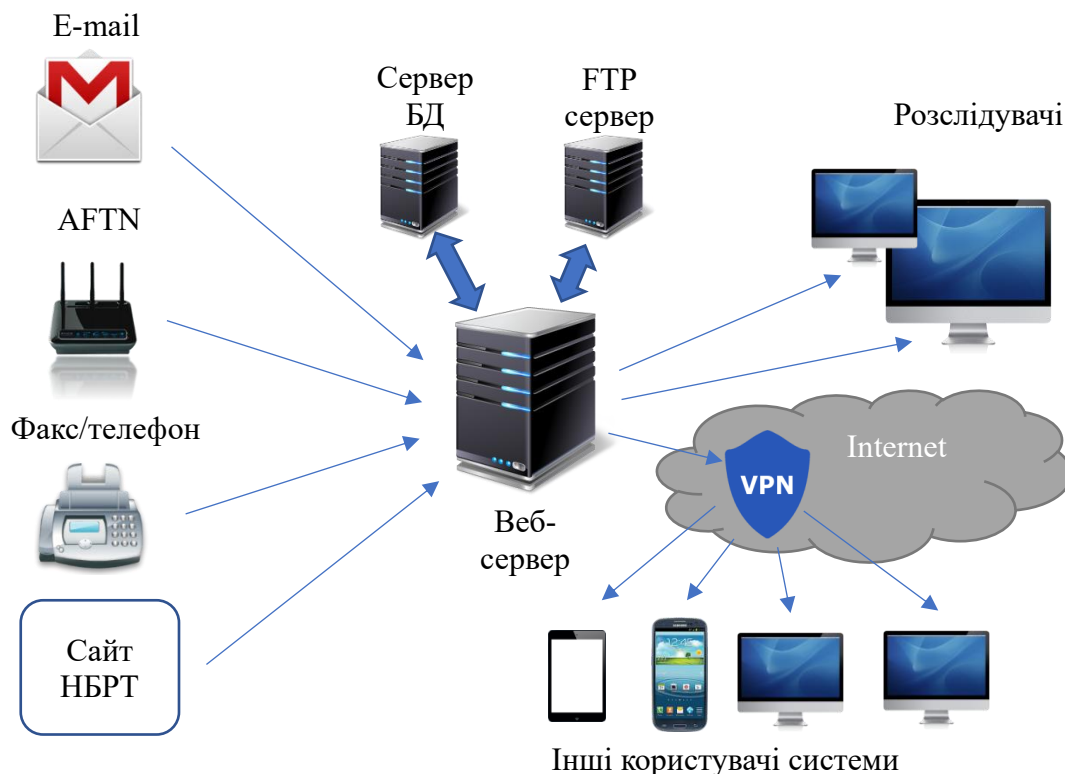


Рис. 1. Структура АСРАП на рівні апаратного забезпечення

Висновок: Запропонована концепція та структура апаратного забезпечення дозволяє автоматизувати процес розслідування АП, охоплюючи всі його етапи, розробивши окремі програмні модулі та об'єднавши їх в єдину автоматизовану систему. Використання програмного забезпечення дозволяє зменшити кількість людських помилок в процесах збору інформації, планування процесу розслідування, формування звітності та рекомендацій з безпеки польотів, тим самим підвищуючи ефективність розслідувань.

Список використаних джерел:

1. Aircraft accident and Incident Investigation, Annex 13 to the convention on International Civil Aviation, ICAO, 2016.
2. I.A. Herrera, A.O. Nordskog, G. Myhre, K. Halvorsen, Aviation safety and maintenance under major organizational changes, investigating non-existing accidents. Accident Analysis & Prevention, 41(6), (2009) 1155–1163.

3. Systematization of the Investigation Process of Aviation Accidents and Incidents Using Software A40-WP/99, ICAO Assembly, Session 40, 2019.
4. M. Liubarets & I. Ostroumov, Automated management system for accident investigation support in civil aviation, WDA'25: International Workshop on Data Analytics, January 6, 2025, Kyiv, Ukraine

УДК 621.396.96

РАДІОЛОКАЦІЙНЕ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ФЛУКТУАЦІЇ ЕФЕКТИВНОЇ ПЛОЩІ РОЗСІЮВАННЯ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анастасія Мавренкова

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Володимир Харченко, д.т.н., проф.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, виявлення, розпізнавання, ефективна площа розсіювання, флуктуація, моделі Сверлінга.

Сучасні виклики у сфері безпеки, зокрема зростання кількості безпілотних літальних апаратів (БПЛА), ракетних загроз і малопомітних цілей, підкреслюють важливість розвитку методів радіолокаційного розпізнавання повітряних об'єктів. Метод на основі флуктуації ефективної площі розсіювання (ЕПР) (Radar Cross Section, RCS) є ключовим завдяки своїй здатності ідентифікувати об'єкти за унікальними характеристиками відбиття радіохвиль, що залежать від форми, розміру та орієнтації цілі. Цей підхід особливо актуальний у задачах диференціації цілей у складних умовах (наявність перешкод, низька видимість), де традиційні методи, такі як доплерівський аналіз, можуть бути недостатньо ефективними. Розвиток цього методу сприяє підвищенню точності класифікації об'єктів, що має критичне значення для військових і цивільних систем спостереження повітряного простору.

На сьогодні метод розпізнавання на основі флуктуації ЕПР активно досліджується та застосовується в імпульсних радарх і радарх безперервного випромінювання. Розроблено алгоритми аналізу часових рядів флуктуацій, які дозволяють створювати «сигнатури» об'єктів для їхньої ідентифікації. Досягнуто певних успіхів у розпізнаванні літаків, гелікоптерів і БПЛА за характерними коливаннями ЕПР, викликаними обертанням лопатей чи зміною кута огляду. Проте залишаються проблемні питання, зокрема: залежність точності від кута спостереження та орієнтації об'єкта, що ускладнює стабільність сигнатур; вплив шумів і перешкод на якість аналізу флуктуацій; обмежена база даних сигнатур для порівняння, особливо для нових типів цілей, наприклад, що мають стелс-технології.

Ці виклики вимагають подальшого вдосконалення методів обробки сигналів і створення адаптивних алгоритмів.

У зазначеному контексті математичне моделювання відіграє ключову роль у прогнозуванні поведінки флуктуацій ЕПР і розробці алгоритмів розпізнавання. Моделі Сверлінга (Swirling models) є стандартним інструментом для опису статистичних характеристик флуктуацій ЕПР. Ці моделі (I – IV) класифікують об'єкти за типом розсіювання

та дозволяють оцінити ймовірність виявлення та розпізнавання об'єктів, а також оптимізувати параметри радарних систем. Вони інтегруються в алгоритми обробки сигналів, забезпечуючи базис для порівняння реальних даних із теоретичними сигнатурами.

Основними напрямками подальшого розвитку методу на основі флуктуацій ЕПР є усунення існуючих обмежень і вдосконалення теоретичної бази, насамперед, за рахунок:

розроблення адаптивних моделей флуктуацій, які враховують динамічні зміни ЕПР для малопомітних і маневрених цілей (наприклад, безпілотників зі змінною геометрією).

удосконалення моделей шляхом додавання параметрів, що описують вплив матеріалів об'єкта (композитів, поглиначів радіохвиль) на флуктуації.

інтеграції моделей флуктуацій з машинним навчанням для автоматичного оновлення сигнатур і підвищення точності класифікації.

дослідження комбінації флуктуаційного аналізу з іншими методами (мікродоплер, поляризація) для створення гібридних систем розпізнавання.

Розвиток моделей флуктуацій за цими напрямками дозволить адаптувати їх до сучасних умов і підвищити ефективність радіолокаційних систем.

Висновок: Таким чином, метод радіолокаційного розпізнавання на основі флуктуації ЕПР є перспективним інструментом для ідентифікації повітряних об'єктів, який демонструє високу актуальність у сучасних умовах. Незважаючи на досягнуті успіхи, його повноцінне використання стримується проблемами стабільності сигнатур і чутливості до зовнішніх факторів. Моделі флуктуацій залишаються основою теоретичного аналізу флуктуацій, але потребують адаптації до нових типів цілей і технологій. Подальші дослідження, зосереджені на розвитку цих моделей та інтеграції з передовими алгоритмами, відкриють можливості для створення більш точних і надійних систем розпізнавання, що матиме значний вплив на безпеку та обороноздатність.

Список використаних джерел:

1. P. Swerling, «Probability of Detection for Fluctuating Targets», ASTIA Document Number AD 80638, Mar. 17, 1954.
2. M. Skolnik, «Introduction to Radar Systems: Third Edition», Tata McGraw-Hill Edition, New York, 2001.
3. Лещенко С.П. Развитие теории и техники радиолокационного распознавания воздушных целей / С.П. Лещенко // Прикладная радиоэлектроника. – 2009. – Т8, №4. – С. 490-497.
4. Лещенко С.П. Вплив ракурсу спостереження повітряних об'єктів на якість їх радіолокаційного розпізнавання / С.П. Лещенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – № 4(33). – С. 60-68.

УДК 625.717.2(043.2)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЯКОСТІ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ МЕТОДОМ ЕКСПЕРТНОЇ ОЦІНКИ

Ілля Мар'єнков

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Тетяна Шмельова, д.т.н., проф.*

Ключові слова: злітно-посадкова смуга, якість ЗПС, метод експертних оцінок, ефективність.

Вступ. Останніми роками авіаційний трафік продовжує відновлюватися після пандемії COVID-19. У 2023 році кількість рейсів на прибуття та виліт в аеропортах країн Європейського Союзу (ЄС) і Європейської асоціації вільної торгівлі (ЄАВТ) сягнула 8,35 мільйона (Рис.1), що на 8,5% більше, ніж у 2022 році (7,69 мільйона), але все ще на 9,1% менше за рівень 2019 року (9,19 мільйона). Водночас спостерігається зростання середньої кількості пасажирів на рейс (135 осіб) та середньої дальності польотів (1 730 км), а також поступове старіння авіапарку, середній вік якого нині становить 11,8 року [1].

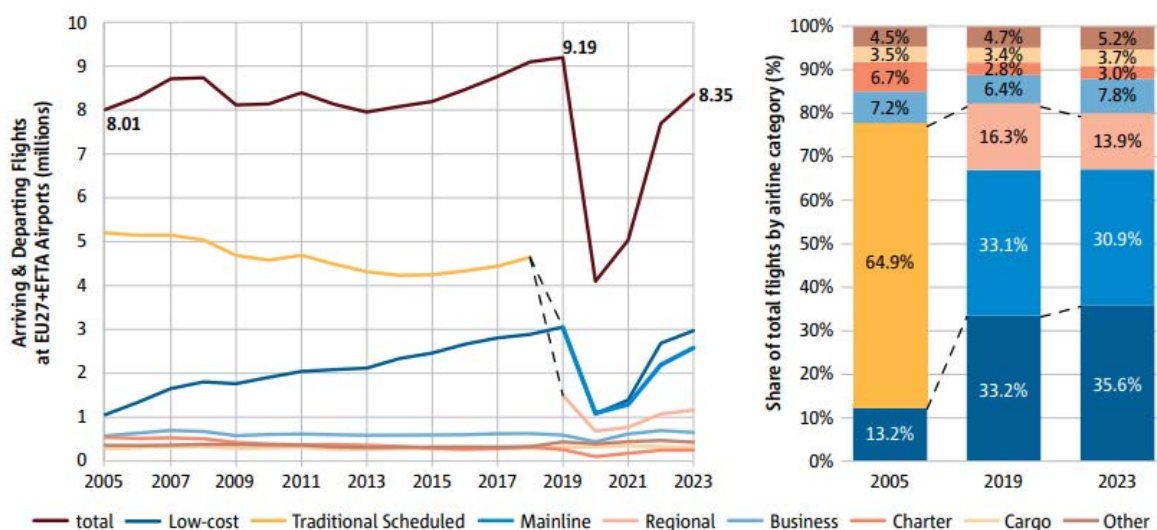


Рис.1. Кількість рейсів на прибуття та виліт в країнах ЄС та ЄАВТ

В умовах поступового зростання навантаження на аеропорти, підвищення вимог до безпеки та ефективності авіаперевезень особливої уваги набуває питання оцінки якості злітно-посадкових смуг. Визначення їхньої експлуатаційної придатності та раннє виявлення дефектів є критично важливими для забезпечення безпечного та ефективного функціонування авіаційної інфраструктури.

Матеріали та методи. Метод експертної оцінки – це якісний підхід до аналізу складних об'єктів або явищ, який базується на знаннях і досвіді фахівців. Він застосовується у випадках,

коли неможливо отримати точні кількісні дані або коли їх потрібно доповнити суб'єктивним аналізом [2; 5].

Ідентифікація стану злітно-посадкових смуг може здійснюватися за допомогою таких методів:

Візуальний огляд - найпростіший метод, який не потребує спеціального обладнання. Виконується фахівцями для виявлення видимих дефектів, таких як тріщини, вибоїни та нерівності покриття [3; 4]. **Оптичні методи вимірювання** - включають використання фотоапаратів, оптичних нівелірів та біноклів [3]. **Лазерне профілювання** - використання лазерних датчиків, мобільних лазерних сканерів та профілометрів для високоточного вимірювання рівності та мікродеформацій поверхні ЗПС [3]. **Інфрачервоне та ультразвукове дослідження** - методи, що дозволяють виявляти приховані дефекти (відшарування, внутрішні порожнини, вологість) за допомогою тепловізійного аналізу та ультразвукових пристроїв [3]. **Георадарна діагностика** - застосування георадарної апаратури для аналізу глибини пошкоджень, стану основи та несучої здатності покриття [3]. **Авіаційний моніторинг за допомогою БПЛА** - аерофотозйомка та аналіз інфраструктури ЗПС із застосуванням безпілотних літальних апаратів [3; 4].

Результати. Оцінка 6 методів ідентифікації стану злітно-посадкових смуг відбувалось за 5 критеріями (рис. 2):

Точність та надійність – здатність методу виявляти дефекти з високою роздільною здатністю та мінімальним рівнем похибки. **Швидкість проведення оцінки** – час, необхідний для збору та обробки даних, що впливає на оперативність ухвалення рішень. **Доступність та вартість** – економічна доцільність використання методу, включаючи вартість обладнання, витратних матеріалів та залучення фахівців. **Універсальність** – можливість застосування методу для різних типів покриттів, погодних умов і ступеня зношеності ЗПС. **Безконтактність та безпека** – мінімальний вплив на роботу аеропорту та безпеку персоналу під час проведення оцінки.

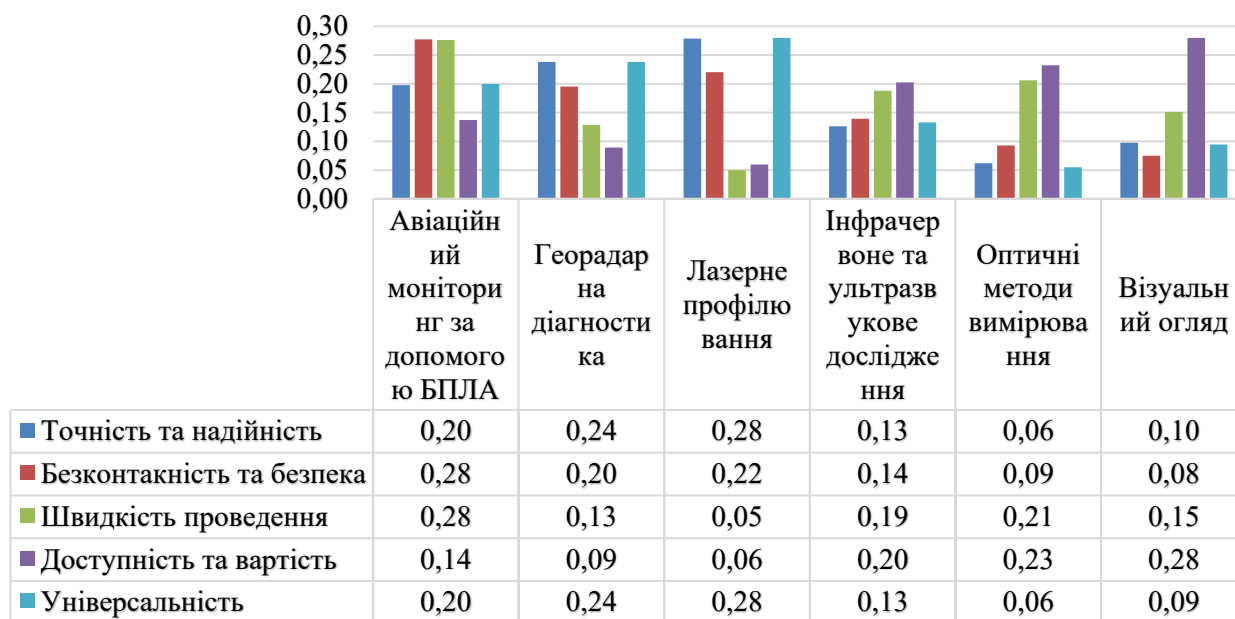


Рис.2. Вагові коефіцієнти оцінки методів ідентифікації якості ЗПС

Висновок: Авіаційний моніторинг за допомогою БПЛА є найефективнішим методом серед усіх запропонованих, набравши найбільшу загальну оцінку. Він має високі значення за критеріями точності та надійності (0,20), безконтактності та безпеки (0,28), універсальності (0,20) а також швидкості проведення (0,28). Його недолік — середня оцінка за доступністю та вартістю (0,14). Цей метод може бути застосований в різних умовах і є безпечним, що робить його привабливим варіантом для моніторингу і діагностики ЗПС.

Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення процедур оцінки якості смуг, забезпечення високих стандартів безпеки в авіаційній галузі та оптимізації методів контролю та моніторингу стану злітно-посадкових смуг на аеродромах.

Список використаних джерел:

1. European Aviation Environmental Report 2025. <https://doi.org/10.2822/1537033>
2. Abdel-Badeeh M. Salem, Shmelova T. Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering Chapter 24. Intelligent Expert Decision Support Systems: Methodologies, Applications, and Challenges. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2021. – P. 510-531.
3. Кашаєв І. О., Усачова О. А., Новічонок С. М., Петров В. М. Застосування безпілотних літальних апаратів для вирішення задач моніторингу об'єктів аеродромної інфраструктури. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2019. № 2(60) С. 48-56. <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.60.07>

4. Дубик О.М. Про актуальність розроблення положень та методик оцінки стану та відновлення аеродромних покриттів / О.М. Дубик // Airport Planning, Construction and Maintenance Journal, 2. 2023. Р. 38-50. <https://doi.org/10.32782/apcmj.2023.2.4>
5. Шмельова Т.Ф., Остроумов І.В. Теорія прийняття рішень: лабораторний практикум для здобувачів вищої освіти ОС «Бакалавр» спеціальності 272 «Авіаційний транспорт», ОПП «Системи аеронавігаційного обслуговування». – К.: ДУ «КАІ», 2024. – 36 с.

УДК 519.87:351.814.2(043.2)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МЕТОДУ ТОЧКОВОГО ЗЛИТТЯ

Даніїл Маршалок

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Науковий керівник – Олександр Євгенійович Луппо, канд.пед.н., доц.*

Ключові слова: Метод точкового злиття, аеронавігація, модель, прогнозування, конфліктна ситуація

У сучасній аеронавігації зростає потреба у безконфліктному управлінні повітряним рухом у зоні термінального контролю. Метод точкового злиття пропонує рішення, що базується на керованій конвергенції траєкторій. Необхідно розробити математичну модель, яка враховує реальні умови повітряного руху та дозволяє мінімізувати кількість потенційних конфліктів. У працях [1, 2] обґрунтовано, що впровадження PMS у великих аеропортах пов'язане з низкою викликів, як висока щільність трафіку, необхідність точного прогнозування у реальному часі та вплив параметрів, таких як варіативність швидкості суден, погодні умови та затримки у виконанні маневрів.

Для досліджень прогнозування конфліктних ситуацій у PMS використані методи регресійного аналізу та моделювання ймовірностей та аналізу варіацій для визначення значущості впливу окремих параметрів на результат моделі. Для формулювання математичної моделі використовується 25 факторів параметрів, що мають вагомий вплив для моделі.

$$Pc = \frac{1}{1 + e^{-(\sum_{i=1}^{25} k_i X_i)}}, \text{ де:}$$

Pc - ймовірність конфлікту між повітряними суднами;

X_i - параметри, що впливають на прогнозування конфліктної ситуації;

k_i - вагові коефіцієнти для кожного параметра.

Значення Pc дозволяє визначити ступінь загрози зіткнення для конкретного літака. ресурсів.

- Якщо $Pc > 0.7$, конфлікт вважається вірогідним, необхідно негайне втручання.
- Якщо $0.3 < Pc \leq 0.7$, конфлікт має помірну ймовірність, варто оцінити коригувальні дії.
- Якщо $Pc \leq 0.3$, конфлікт малоймовірний, система працює стабільно.

Для моделювання умови приблизної до реальних умов із основних факторів взято:

- Кількість літаків у зоні PMS: 10, 20, 30 (три сценарії)
- Мінімальна безпечна відстань: 5 морських миль

- Діаметр зони PMS: 40 морських миль
- Швидкість літаків: 220–280 вузлів
- Варіативність швидкості: ± 10 вузлів (залежно від погоди)
- Затримка виконання маневру: 1–3 секунд
- Кількість симуляцій: 1000 на 1 сценарій
- Тривалість симуляції: 10 хв.
- Методи вирішення конфліктів: Регулювання швидкості\Зміна ешелону\Горизонтальні маневри.

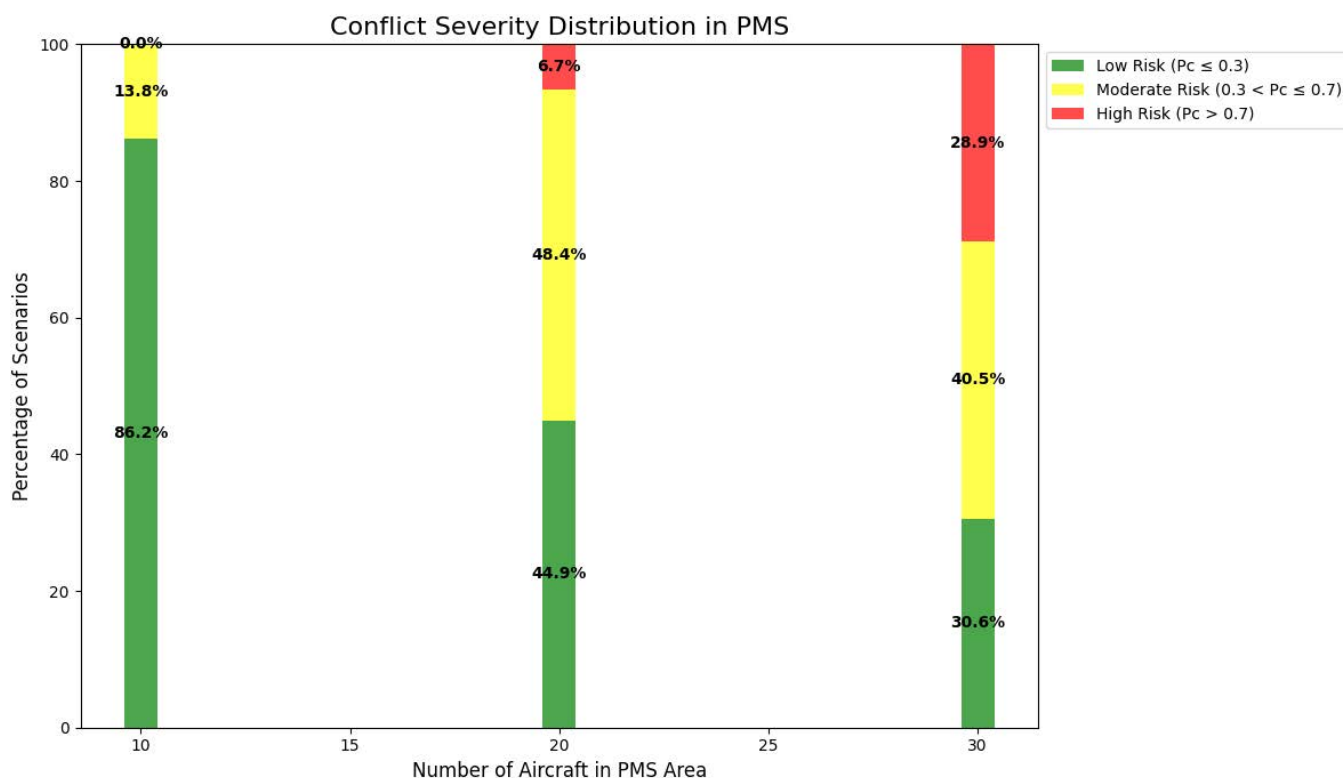


Рис.1. Ймовірність конфлікту між повітряними суднами з 3-ма сценаріями

Модель генерує графік, де змінюється частка сценаріїв зі збільшенням кількості літаків, демонструючи ескалацію ймовірності конфлікту, надаючи зацікавленим сторонам інструмент прогнозування для проактивного управління безпекою польотів. Модель поєднує теоретичне прогнозування конфліктів з операційними, пропонуючи методологію для прогнозування і зниження потенційних ризиків в різних умовах щільності руху.

Список використаних джерел:

1. Документація EUROCONTROL Performance Review Unit web site <http://ansperformance.eu>.
2. Performance Review Report, An Assessment of Air Traffic Management in Europe during the Calendar Year 2015, Performance Review Commission, EUROCONTROL, June 2016.

УДК 629.7.014-519(043.2)

КЕРІВНИЦТВО З ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БПАК: ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ РОЗДІЛИ

Данило Павлюк

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Олексій Погурельський, к.т.н., доц.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, льотна експлуатація, експлуатаційні обмеження.

Процес розробки, випробувань, виробництва та подальшого використання безпілотної авіаційної техніки супроводжується створенням і передачею експлуатантам документів, які регламентують її безпечне використання. Одним з таких документів є Керівництво з льотної експлуатації (КЛЕ).

Метою дослідження було визначення шляхом порівняльного аналізу переліку основних розділів, які включаються до типового КЛЕ, встановлення їх призначення та важливості викладеної інформації для екіпажів дистанційних пілотів.

Безпілотна авіація в аспекті правил безпечної експлуатації спирається на досвід традиційної пілотованої авіації з урахуванням власної специфіки. Також важливим є те, що значна частина сучасних зразків безпілотних авіаційних комплексів (БПАК), які створюються в Україні, готуються до виконання польотів за умов активної радіоелектронної протидії каналам радіозв'язку, засобам супутникової навігації. Це означає, що в КЛЕ мають бути висвітлені питання які це враховують і надають екіпажам рекомендації по правильним відповідним діям.

Питання розробки керівництв з льотної експлуатації висвітлені в документах [1, 2], де наголошується на необхідності адаптації авіаційних стандартів до специфіки безпілотних систем.

Дослідження базується на аналізі нормативних документів, таких як стандарти ІКАО та EASA, що регулюють експлуатацію БПЛА. Об'єктом дослідження є типові керівництва з льотної експлуатації для легких БПЛА масою до 25 кг. Для узагальнення використано метод порівняльного аналізу, який дозволив зіставити вимоги до змісту документа для різних категорій користувачів – від операторів до розробників.

Виконаний аналіз показав, що КЛЕ є основним документом, який регламентує правила експлуатації та технічного обслуговування БПАК. Цей документ містить відомості, вказівки і рекомендації, необхідні для повного використання можливостей БПАК і безпечного виконання

польоту в межах встановлених обмежень, умов польоту та експлуатації. При цьому матеріал КЛЕ не може розглядатись як альтернатива курсу підготовки, який повинні пройти члени екіпажу перед допуском до виконання польотів.

Всі положення КЛЕ передбачають, що використання безпілотної техніки дозволяється виключно з дотриманням норм національного законодавства України, наказів Міністерства Оборони України, правил і положень, які регулюють використання безпілотних авіаційних систем в повітряному просторі.

Перелік розділів типового КЛЕ має наступний вигляд:

1. Загальні відомості – розділ, в якому міститься інформація про призначення БпАК, його зовнішній вигляд та конструкцію, льотно-технічні характеристики, наводяться дані про масо-габаритні показники.

2. Експлуатаційні обмеження - розділ присвячений метеорологічним, транспортувальним та просторово-часовим обмеженням по висоті дальності і тривалості польоту БпЛА, дотримання яких гарантує уникнення пошкоджень при перевезенні БпАК та безаварійну роботу під час виконання польотів.

2. Правила експлуатації – розділ, присвячений процедурам передпольотної підготовки, розгортання наземних систем комплексу, вибору стартової позиції, запуску, управління обладнанням цільового навантаження, керування БпЛА та посадки.

3. Аварійні процедури – розділ з описом рекомендованих дій в разі відмови окремих систем, втрати зв'язку чи інших нештатних ситуацій.

4. Технічне обслуговування – графіки перевірок і ремонту для підтримання льотної придатності.

5. Опціонально можуть міститись додаткові розділи, присвячені налаштуванням окремих систем або використанню програмного забезпечення, необхідного для планування місій і виконання їх задач.

Висновок: Проведене дослідження дозволило встановити, що КЛЕ представляє собою документ, який створюється розробником БпАК і в подальшому використовується екіпажами для підготовки до польотів, інструкторами – для цілей навчання, відповідальним за перевезення – для правильного транспортування. КЛЕ є ключовим елементом безпечного використання БпАК. Його цінність полягає у стандартизації процедур і підвищенні рівня безпеки польотів, що має практичне застосування у цивільній та військовій авіації.

Список використаних джерел

1. ICAO Doc 10019. Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS). – 2015.
2. EASA. Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems. – 2020.

УДК 629.7.07(043.2)

СЕМАНТИЧНО-КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВАРІЙНІЙ СИТУАЦІЇ «ВТРАТА GPS»

Степан Сімченко

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Науковий керівник – Тетяна Шмельова, д.т.н., проф.*

Ключові слова: БпЛА, семантично-когнітивна модель, інерційна навігаційна система.

Вступ. В умовах сучасної авіації безпека польотів залежить від ефективного прийняття рішень оператором БпЛА у нештатних ситуаціях. Розглянемо семантично-когнітивну моделі прийняття рішень оператором БпЛА при аварійній ситуації "втрата GPS та перехід на інерційну навігаційну систему". Семантично когнітивне моделювання та прийняття рішень застосовуються в системі підтримки прийняття рішень (СППР) оператора для ефективного здійснення необхідних заходів для забезпечення безпеки польотів [1; 2].

Матеріали та методи. В контексті аварійних ситуацій моделі прийняття рішень в умовах невизначеності забезпечують структурований підхід до оцінки ризиків та вибору найбільш раціонального варіанту дій серед наявних альтернатив. В семантичній моделі взаємозв'язків між елементами виконання польоту БпЛА розташовані фактори, що впливають на виконання польотного завдання [2; 3]. Кожна окрема ситуація спричиняє свій набір «важливості» впливу. Фактори, що впливають на прийняття рішень представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Таблиця факторів елементів, що впливають на прийняття рішень

Елементи системи	Фактори	Елементи системи	Фактори
Стан БПЛА	Положення в просторі	Тип ІНС	Модель
	Швидкість		Точність
	Висота		Резервування
	Запас енергії/палива		Накопичена похибка
Середовище	Місцевість	Місія	Пріоритет місії
	Погодні умови		Прогрес виконання
	Видимість		Точка призначення
	Перешкоди		Планові шляхові точки
Критерії	Безпека польоту	Тип польоту БПЛА	Автономний політ

	Виконання плану	Тип БПЛА	Управління зовнішнім пілотом
	Економія ресурсів		Квадрокоптер
	Збереження БПЛА		Літаковий тип

Варіанти рішень: «продовження польоту з використанням резервної ІНС», «повернення на точку зльоту», «аварійна посадка на найближчу точку». За допомогою статистичних і експертних даних визначено, які фактори найбільше впливають на вибір альтернативи дії під час виникнення аварійної ситуації «втрата GPS». Такими є: точність ІНС, пріоритет місії, погодні умови, запас енергії/палива, збереження БПЛА. За допомогою методу експертних оцінок, отримаємо узгодження експертів, щодо вагових коефіцієнтів кожного фактору в виборі кожної з альтернатив подальших дій оператора БПЛА (табл.2, табл.3, табл. 4).

Таблиця 2. Визначення вагових коефіцієнтів для рішення «продовження польоту з використанням резервної ІНС»

Експерт	Точність ІНС	Пріоритет місії	Погодні умови	Запас енергії/палива	Збереження БПЛА
1	2	2	5	3	4
2	2	1	5	3	4
3	1	2	3	4	5
4	2	2	3	3	5
5	2	1	3	4	5
$R_{гр}$	1,8	1,6	3,8	3,4	4,6
D_i	0,20	0,30	1,20	0,30	0,30
s_i	0,45	0,55	1,10	0,55	0,55
$n_i, \%$	24,85	34,23	28,83	16,11	11,91
C	0,84	0,88	0,44	0,52	0,28
Вагові к-фи	0,28	0,30	0,15	0,18	0,09

Таблиця 3. Визначення вагових коефіцієнтів для рішення «повернення на точку зльоту»

Експерт	Точність ІНС	Пріоритет місії	Погодні умови	Запас енергії/палива	Збереження БПЛА
1	2	5	4	3	1
2	2	5	4	2	2
3	1	4	3	3	1
4	1	5	3	3	1
5	2	5	3	3	2

R _{гp}	1,6	4,8	3,4	2,8	1,4
D _i	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30
s _i	0,55	0,45	0,55	0,45	0,55
n _i , %	34,23	9,32	16,11	15,97	39,12
C	0,88	0,24	0,52	0,64	0,92
Вагові к-фи	0,28	0,08	0,16	0,20	0,29

Таблиця 4. Визначення вагових коефіцієнтів для рішення «аварійна посадка на найближчу точку»

Експерт	Точність ІНС	Пріоритет місії	Погодні умови	Запас енергії/ палива	Збереження БпЛА
1	3	5	1,5	3	1
2	2	5	2	2	2
3	3	4	2	3	1
4	2	5	1,5	3	2
5	3	5	1	3	2
R _{гp}	2,6	4,8	1,6	2,8	1,6
D _i	0,30	0,20	0,18	0,20	0,30
s _i	0,55	0,45	0,42	0,45	0,55
n _i , %	21,07	9,32	26,15	15,97	34,23
C	0,68	0,24	0,88	0,64	0,88
Вагові к-фи	0,20	0,07	0,27	0,19	0,27

Отримання вагових коефіцієнтів кожного фактору в варіантах дій надає можливість обрати оптимальні рішення для виконання місії [3; 4]. Використаємо критерій Вальда та Лапласа для знаходження оптимальних рішень в умовах невизначеності (Табл.5). За критерієм Вальда оптимальне рішення - продовження польоту з використанням резервної ІНС, за критерієм Лапласа - повернення на точку зльоту.

Таблиця 5. Прийняття рішень в умовах невизначеності в аварійній ситуації «втрата GPS»

Альтернатива	Фактори					Рішення	
	Точність ІНС	Пріоритет місії	Погодні умови	Запас енергії / палива	Збереження БпЛА	Критерій Вальда	Критерій Лапласа
Продовження польоту з	0,28	0,3	0,15	0,18	0,09	0,09	0,2000

використання м резервної ІНС							
Повернення на точку зльоту	0,28	0,08	0,16	0,2	0,29	0,08	0,2020
Аварійна посадка на найближчу точку	0,2	0,07	0,27	0,19	0,27	0,07	0,2000

Висновок: В роботі розглянуто використання семантично-когнітивного моделювання прийняття рішень в аварійній ситуації "втрата GPS". Використання такого моделювання в системі підтримки прийняття рішень дозволить своєчасно та ефективно приймати рішення під час аварійних ситуацій.

Список використаних джерел:

1. Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering Chapter 24 Intelligent Expert Decision Support Systems: Methodologies, Applications, and Challenges /Abdel-Badeeh M. Salem, Tetiana Shmelova – USA: IGI-Global Publ, 2021. – P. 510-531.
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. // Ed. José António Tenedório, Rossana Estanqueiro and Cristina Delgado USA, Pennsylvania, 2021.– P. 444-477
3. Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries Chapter 14. Modeling With Colored Petri Nets: Specification, Verification, and Performance Evaluation of Systems / Dmitry A. Zaitsev, Tatiana R. Shmeleva. - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. 2019. - P. 378- 404
4. Shmelova, T., Kucherov, D., Simchenko, S. Organization of Group Flight Using Heterogeneous UAVs for Multi-purpose Target Tasks. In 2024 IEEE 7th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2024 - Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers October, pp. 169–174, 2024 DOI: 10.1109/APUAVD64488.2024.10765885

УДК 004.932.72'1

МЕТОДИ BRISK ТА ORB ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ БІНАРНИХ ЛОКАЛЬНИХ ОЗНАК НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ

Артем Рябко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Юлія Авер'янова, д.т.н., проф.

Ключові слова: комп'ютерний зір, локальне виявлення ознак, BRISK, ORB, супутникові зображення.

Супутникові знімки широко використовуються для аналізу місцевості, розпізнавання об'єктів та моніторингу змін на поверхні Землі. Висока точність обробки таких знімків можлива завдяки методам локального виявлення ознак. Серед популярних алгоритмів для цього завдання виділяють BRISK та ORB, які забезпечують ефективне розпізнавання ключових точок. У даній роботі розглянуто особливості цих методів, їхні основні принципи роботи та можливості застосування.

BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints) є методом, який використовує багатомасштабний підхід до виявлення ключових точок. Він ґрунтується на використанні FAST-детектора та дескриптора, що базується на бінарних порівняннях. Цей метод відзначається швидкістю роботи та інваріантністю до обертання та масштабування.

ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) поєднує у собі алгоритми FAST та BRIEF, що забезпечує ефективне виявлення та опис ключових точок. ORB є швидшим за методи SIFT і SURF, при цьому демонструючи високу точність та стійкість до змін орієнтації зображень. Використання модифікованого BRIEF-дескриптора дозволяє ORB зберігати стабільність при обертанні об'єктів.

Висновок: Методи BRISK та ORB широко застосовуються у задачах комп'ютерного зору, зокрема для аналізу супутникових знімків, розпізнавання об'єктів, трекінгу та картографії. Завдяки своїй високій швидкості роботи та ефективності, вони можуть використовуватися у реальному часі для автоматизованої обробки даних дистанційного зондування.

Список використаних джерел:

1. S. Leutenegger, M. Chli, R. Siegwart, "BRISK: Binary Robust invariant scalable keypoints", IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2011).<https://doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126542>
2. E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, G. Bradski, "ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF", IEEE International Conference on Computer Vision, 2011, Pages 2564-2571. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126544>

УДК 623.746: 629.7.086 (043.2)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ МАЛОПОМІТНИХ БПС

Фіщук Кирило

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Людмила Благая, д.т.н., доц.

Ключові слова: БПС, радіолокаційна помітність, ефективна площа розсіювання, виявлення

Останніми роками безпілотні повітряні судна відіграють дедалі важливішу роль у військовій, цивільній та комерційній сферах. Завдяки своїм малим розмірам, використанню малопомітних матеріалів та здатності літати на низьких висотах, сучасні БПС стають серйозним викликом для традиційних систем виявлення [1]. Радіолокаційне виявлення є основним методом ідентифікації повітряних цілей, проте ефективність цього підходу щодо малопомітних БПС потребує детального аналізу, особливо з урахуванням новітніх технологій стелс-маскування та використання штучного інтелекту для зменшення радіолокаційної помітності [2].

Малий розмір та специфічна геометрія БПС призводять до зниження рівня відбитого сигналу. Для порівняння: у винищувача ефективна площа розсіювання (ЕПР) може становити кілька квадратних метрів, тоді як у дрона – лише кілька десятків квадратних сантиметрів. Наприклад, дослідження показують, що у мікро-БПС ЕПР може становити 0.01 м² або менше, що значно ускладнює їх виявлення стандартними радаром повітряного контролю [3].

Використання композитних матеріалів, пластика та вуглецевого волокна значно зменшує відбиття радіохвиль, ускладнюючи виявлення. Багато сучасних БПС створюються з урахуванням принципів зменшення відбитого сигналу, що дозволяє їм ухилятися від детекції навіть за умов високої потужності передавача радара [4].

БПЛА часто літають на низьких висотах, використовуючи рельєф місцевості для маскування, що ускладнює їх виявлення наземними радаром через вплив земної поверхні та перешкод. Дослідження показують, що БПС, які рухаються нижче 50 м, мають суттєво нижчий ризик бути виявленими стандартними системами проти повітряної оборони через ефект екранування від природних та міських об'єктів [5].

До радіолокаційних методів виявлення БПС відносять: використання високочастотних радарів (Х-діапазону) для кращого розділення малих об'єктів, що дозволяє виявляти БПС розміром до 30 см на відстані 10-20 км [1]; використання когерентних методів обробки сигналів для виявлення малорухомих цілей, що мають незначне доплерівське зміщення [3];

поєднання кількох радарів для формування стереоскопічного огляду простору (інтегровані системи наземного та повітряного спостереження можуть підвищити ймовірність виявлення до 90% [6]). До альтернативних методів: оптико-електронні системи, які застосовують тепловізійні камери для виявлення теплового сліду БПС (дослідження показують, що ефективність таких систем суттєво знижується у денний час або при високій температурі навколишнього середовища [7]); акустичні сенсори, що виявляють характерні шуми двигунів малих БПС. Вони особливо ефективні на коротких дистанціях (до 1 км) і в умовах міського середовища [5]; радіотехнічний моніторинг для виявлення каналів зв'язку між оператором і БПС. Це дає змогу визначити не лише місце знаходження БПС, а й можливе розташування його оператора [6].

Попри значний прогрес у розвитку радіолокаційних систем, проблема виявлення малопомітних БПС залишається актуальною. Найбільш ефективним підходом є комплексне використання радарних, оптичних та акустичних технологій, а також застосування алгоритмів штучного інтелекту для покращення аналізу сигналів. Сучасні дослідження пропонують використання нейронних мереж для автоматичного розпізнавання характерних радіолокаційних відбиттів БПЛА, що дозволяє суттєво підвищити точність їх детекції [2].

Висновок: Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці нових методів обробки даних та інтеграції різних сенсорів у єдину систему виявлення. Крім того, важливим напрямом є розробка контрзаходів, зокрема радіоелектронної боротьби, для нейтралізації ворожих БПС на ранніх етапах виявлення.

Список використаних джерел:

1. Skolnik M.I. ed. Radar Handbook, 3rd ed., McGraw–Hill, (2008) 1352 p.
2. Mahafza, B.R. Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB, 3rd ed.; Chapman and Hall/CRC: New York, NY, USA, 2013. Режим доступу: <https://surl.lu/mtyvvc>
3. Barton, D. K. Radar System Analysis and Modeling. Artech House. 2004.
4. Radar або Lidar: Як обрати технологію для збору даних. 2022. EOS Data Analytics. Режим доступу: <https://eos.com/uk/blog/lidar-ta-radar>
5. Шевчук, В., Кривошеєв, В., Швець, М. (2023). Вимоги до системи боротьби з безпілотними літальними апаратами. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 47(2), с.133–138.
6. Counter-Drone Systems (2022). NATO Report. Режим доступу: <https://surl.li/hjomvp>
7. A study of stealth technology. Journal of Advanced Research in Engineering and Technology, 2021, 12 (5), 345–358. Режим доступу: <https://surl.li/xfacfj>

UDC 629.735.05.025.4

MAINTAINING THE AIRSPACE SAFETY LEVEL BY DYNAMIC U-SPACE RECONFIGURATION

Oleh Hryhorenko

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv

Scientific advisor – Volodymyr Kharchenko, d.t.s., Professor

Keywords: UAS, U-Space, safety, airspace, reconfiguration

The growing number of drone operations in very low-level (VLL) airspace presents new challenges for maintaining safety in dynamically changing environments. The current U-space Concept of Operations [1] (ConOps) introduces a structured service-based model through predefined airspace volumes. In addition, recent studies are addressing various critical aspects of U-space operation, such as tactical conflict resolution [2] or procedures and issues for integrating drones into shared airspace [3,4]. However, it lacks an explicit mechanism for real-time spatial or functional reconfiguration.

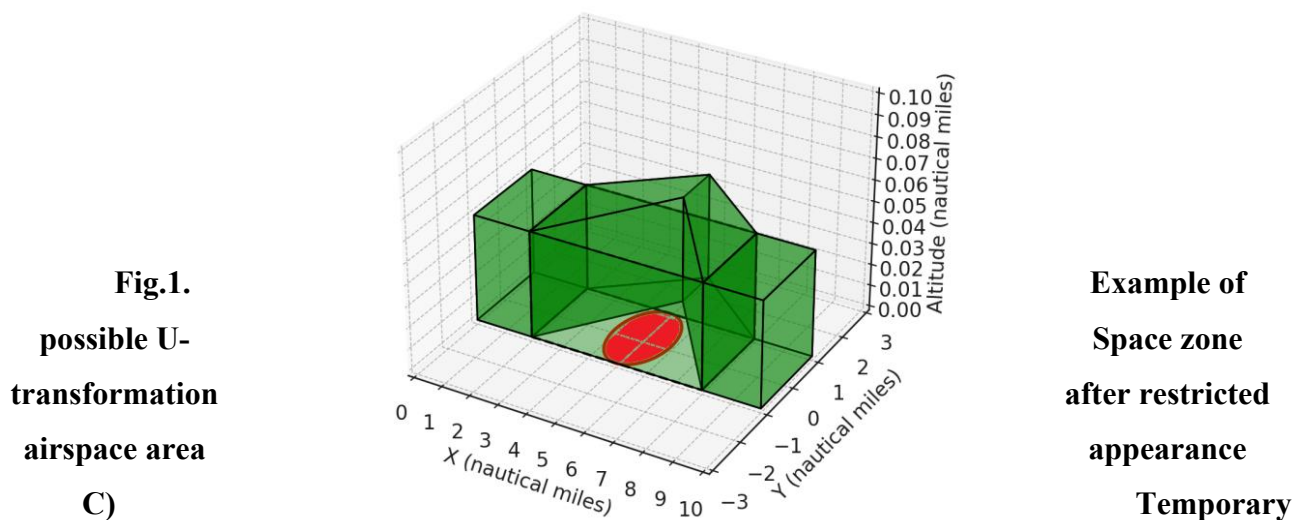
The aim of this study is to develop and evaluate a dynamic U-space reconfiguration approach to maintain a high level of airspace safety, as well as operations efficiency.

This study is based on a comparative and analytical review of current U-space system designs and implementations, focusing on the operational and architectural frameworks described in recent researches and **scenario-based modeling**, to formulate and evaluate three dynamic reconfiguration responses addressing operational safety under emerging constraints. The key object of analysis is the U-space airspace structure, particularly the X/Y/Z volume model, its services, and its limitations in dynamic conditions.

Based on the gap analysis, three dynamic reconfiguration scenarios are proposed as mechanisms to maintain operational safety in rapidly changing or congested airspace conditions. These scenarios offer flexible adaptation paths within the existing U-space architecture, especially when static zoning proves insufficient. Scenarios A, B, C are represented:

A) Airspace Class Escalation. This scenario implies a temporary change of the U-space airspace class (e.g., from X to Y, or from Y to Z). By enabling additional services such as strategic or tactical conflict resolution, the system adapts to increased traffic complexity or emerging risk. Class escalation can be triggered by thresholds in density, weather degradation, or contingency events. Therefore, the main issue for this scenario is equipment availability and ability of service providers to cover increase in airspace class. In case of absence of technical possibilities for airspace class escalation such scenario can't be implemented.

B) Spatial Displacement of U-space Volumes. In this scenario, a U-space volume is dynamically relocated or reshaped in space to respond to external constraints. For example, a Z-zone might be shifted away from a no-fly area or rerouted to accommodate emergency aviation or temporary obstacles (Fig.1). This requires high responsiveness from U-space Service Providers (USSPs) and real-time coordination with airspace users. In addition, on a strategic level, such changes in active airspace area could be supported by establishing a buffer zone that can set a limitation of airspace shape change and comply with predicted restriction appearance if possible.



Closure of U-space Segments. When neither class escalation nor spatial displacement is feasible, the temporary closure of affected U-space segments becomes the last option. This involves immediate suspension of operations in a defined area, based on safety-critical triggers such as emergency situation, surveillance loss, or high-risk natural or artificial anomalies. The closure must be accompanied by instant communication and rerouting instructions to operators. This is the fastest option scenario however it also contains the most negative effect on airspace operation efficiency.

Each scenario is designed to be compatible with the modular and distributed nature of U-space, relying on interoperable services and synchronized protocols. Together, they enable a scalable and resilient airspace management strategy.

Conclusion: The proposed dynamic reconfiguration scenarios offer a feasible extension to the current U-space Concept of Operations by enabling adaptive responses to airspace risk and demand. These mechanisms may significantly enhance the safety and scalability of drone operations in very low-level airspace and may be considered in future U-space developments.

References:

1. C. Barrado, M. Boyero, L. Brucculeri, G. Ferrara, A. Hately, P. Hullah, D. Martin-Marrero, E. Pastor, A. P. Rushton and A. Volkert, "U-Space Concept of Operations: A Key Enabler

for Opening Airspace to Emerging Low-Altitude Operations,” *Aerospace*, vol. 7, no. 3, pp. 1–18, Mar. 2020.

2. M. Ruiz, J. Sánchez, E. L. Martí, F. Marín and Á. R. Jiménez, “A Tactical Conflict Resolution Proposal for U-Space Zu Airspace Volumes,” in *Sensors*, vol. 22, no. 17, pp. 1–18, Sep. 2022.

3. F. Alarcón, M. García, A. Viguria, Á. Martínez, D. Janisch, J. J. Acevedo, I. Maza and A. Ollero, “Procedures for the Integration of Drones into the Airspace Based on U-Space Services,” *Aerospace*, vol. 7, no. 9, pp. 1–18, Sep. 2020.

4. L. M. Álvarez, A. Rivas and A. J. Zarzoso, “Implementing and Testing a U-Space System: Lessons Learnt,” in *Drones*, vol. 6, no. 4, pp. 1–16, Dec. 2024.

UDC 621.396:621.372

SCANNING METHOD FOR DETECTING INTERFERENCE FROM ONE DIRECTION USING CRPA

Oksana Ishchenko

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv

Scientific advisor – Valeriy Konin, ScD, Prof.

Keywords: GNSS, navigation, CRPA, satellite, spoofing.

Introduction

Everyday life is greatly impacted by GNSS positioning, navigation, and timing synchronization processes, which makes such a widely used technology an increasingly appealing target for illegal exploitation by hackers and terrorists for a variety of reasons [1].

The CRPA antenna, in addition to performing the main task of suppressing or mitigating spoofing, must detect it. The detection process consists of scanning possible directions of interference arrival with the zero of the radiation pattern [2]. If spoofing is absent, then the receiver digitally displays satellites located in the line of sight from the upper hemisphere. Since spoofing comes from certain directions and the zeros of the radiation pattern will be set to these directions, the substituted signals will be weakened and the receiver will switch to the mode of operation with standard satellite signals.

In general, scanning with the zero of the radiation pattern should be carried out within the range of $0^\circ - 360^\circ$ in the horizontal plane and $0^\circ - 120^\circ$ in the vertical. From the above, cells of 1×1 degrees (43200 cells) should be polled for spoofing.

Materials and Methods

The following scanning method is proposed. The scanning surface is divided into rectangles. Weight coefficients are calculated for the coordinates at the vertices of the rectangles, at which the formation of the zeros of the directional diagram is performed. The permissible sizes of the rectangles are estimated, at which sufficient suppression of interference is ensured, if it were located in the center of the rectangle.

Let's determine the weighting coefficients for the four points that form the vertices of the square in the center of which spoofing can be detected. We will set the coordinates of the vertices of the square within $\pm 4^\circ$ of the nominal values $\phi_1 = 150^\circ$, $\theta_1 = 40^\circ$.

Results

If we fix the weight coefficients, then we can determine the suppression of interference inside the square, in particular, at the point with coordinates $\phi_1 = 150^\circ$, $\theta_1 = 40^\circ$, the suppression is -41 dB. The radiation pattern with the positions of interference and satellites is shown in Fig. 1.

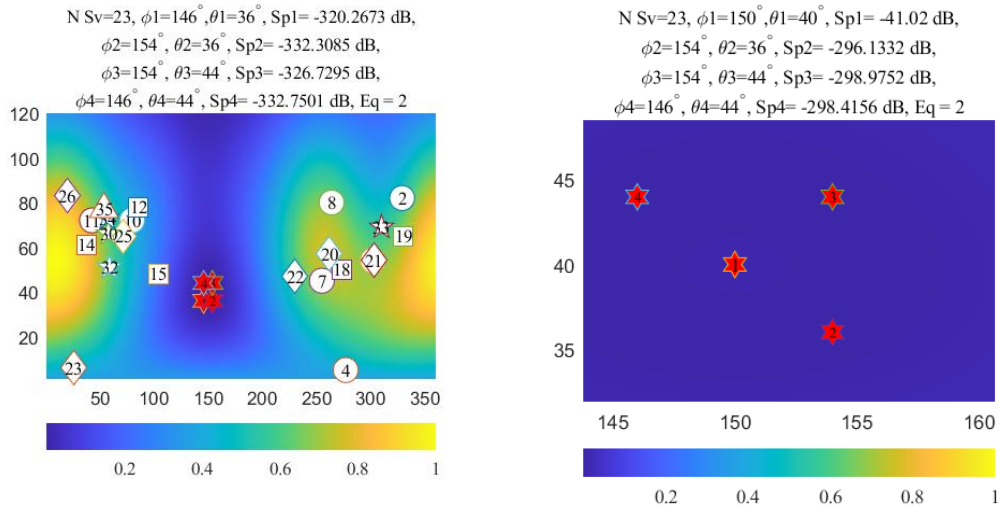


Fig.1. Radiation pattern and position of satellites and interference

Conclusion: As follows from this work there is complete suppression of interference with the coordinates of the angles of arrival. Thus, when detecting and suppressing spoofing from one direction in the five-element CRPA, it is possible to significantly improve the conditions for its detection and suppression.

References:

1. Konin, V., Averyanova, Y. & Ishchenko, O. Antenna Array Application to Support Operation of GNSS Receivers under Interfering Signals. *Radioelectron.Commun.Syst.* **66**, 305–314 (2023). <https://doi.org/10.3103/S0735272723100023>
2. V. Konin and O. Ishchenko, "Formation of Two Controlled Radiation Patterns for GNSS Interference Suppression," *2024 IEEE 42nd International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, Kyiv, Ukraine, 2024, pp. 540-543, doi: 10.1109/ELNANO63394.2024.10756951.

УДК 621.396.96

Modeling the KAZ crash on an aviation simulator

Denys Kolesnichenko, Daria Tkachuk

State University “Kyiv Aviation Institute”

Scientific supervisor- Ostroumov Ivan, д.т.н. проф.

Keywords: Aviation accident, flight simulation, Embraer E190, weather conditions, NOTAM, METAR, Grozny Airport, Azerbaijan Airlines.

1.1 Details about the airplane

The airplane Embraer E190AR (ERJ-190-100 IGW) Azal Azerbaijan airlines registration 4K-AZ65 (Azerbaijan registration) Serial number 19000630. Two engines General Electric CF34-10E5. Year of manufacture: 2013. Delivered 19.07.2013 to the AZAL Azerbaijan airlines (Left fleet). Re-registration 21.10.2017 to the Buta airlines (Left fleet). Re-registration 09.10.2023 to the AZAL Azerbaijan airlines (Crash). Date and time of the crash 25.12.2024 at 06:28UTC.

1.2 Details about flight UBBB – URMG AHY8243/J28243

Follow the track on FlightRadar24 at 03:49UTC airplane with call sign AHY8243 (Telephony: AZAL8243) Flight number J28243 started push back and start up engines then taxi to holding point runway 34 via taxiway ECHO. At 03:55 airplane taking off from Baku airport and follow the SID (EKRAM 1D) then climb to FL300. At 04:25UTC the airplane disappeared from the FlightRadar24 due to lost signal. At 06:07 UTC airplane showed up over Caspian Sea at altitude 3500ft with maintaining heading to Aktau. At 06:28 AHY8243 crashed into the terrain.

1.3. Another flights over Grozny According Flight radar 24

At 2:45 UTC (5:45 LT), 1 hour and 40 minutes after the scheduled departure, the aircraft operating flight UT356, a Boeing 737-800 from UTair Airlines (registration RA-73087), was en route from Grozny to Moscow. However, due to a long delay caused by the previous flight UT355 from Moscow to Grozny, the aircraft was just approaching Grozny Airport and descending at 3:50 UTC at an altitude of 29,200 ft, after which it disappeared from FlightRadar24. The aircraft landed at the airport at approximately 04:11 UTC Behind at 5:20UTC (8:20LT) airplane Embraer E190 Azerbaijan airlines AHY8243 which operated a flight from Baku to Grozny

At 07:30 UTC (10:30 LT), Boeing 737-800 Somon Air (Reg: EY-777, Flight number SZ185), operating the flight from Jeddah to Grozny, was scheduled to land, but due to a delay arrived at 11:15 UTC.

Traffic on cruise flight level: At 04:25UTC Airbus A320neo Uzbekistan airways registration UK32029 on FL360 was flying near Grozny from East to West direction follow the route from Tashkent to destination Sochi (flight number HY687) also near Grozny departed Boeing 737-500

UTair airlines REG: RA-73036 who passing FL160 climbing to cruise level flying to North direction follow the route Beslan to Moscow (Flight number UT396). At that moment, near the Azerbaijani Airlines E190, there was a Sukhoi Superjet 100 from Azimut Airlines (registration RA-89139) at FL350, flying from west to east along the route from Mineralnye Vody to Tashkent (flight number A46081).

1.4 METAR & NOTAM URMG/UATE

METAR at 04:30UTC Airport Grozny: URMG – ICAO code airport Grozny, 25th at 0430UTC, wind 260 degrees 1 meter per second, horizontal visibility 3600 meters, mist, overcast at 700ft, temperature +3°C / dewpoint +2°C, QNH 1025 hPa, Runway 26 deposit: wet or water patches extent of contamination: 51% to 100%, depth of deposit: 2mm, braking friction coefficient: 0.50, no significant change, remarks, mountain obscured, obstacles obscured, QFE 754/1005.

NOTAM at Grozny airport starts from 29.11.2024 1100UTC until 30.12.2024 0700UTC: URRV, QGWXX: QMR indicates that it concerns a Runway, GNSS area-wide operations, supplement by plain language, Instrumental (IFR) / Visual flight rules (VFR), GNSS area-wide operations, notifies the immediate attention of aircraft operators, En-route Aerodrome, FL000 – FL999, Position ICAO code airport, from 29.11.2024 1100UTC to 30.12.2024 0700UTC, GNSS EQPT DISRUPTION POSSIBLE WI AD AREA.

Metar at 0600UTC Airport Aktau: UATE – ICAO code airport Aktau, 25th at 0600UTC, Wind 030 degrees 5 meters per second, Horizontal visibility of 10 km or more, Broken clouds at 3600ft, Temperature +4°C / Dewpoint -1°C, QNH1025 hPa, No significant change, Remarks, QFE767/1023.

Notam at Aktau airport starts from 13.11.2024 1100UTC to 13.02.2025 1500UTC: UATT, QMR indicates that it concerns a Runway, Runway turning bay, supplement by plain language, Instrumental (IFR) / Visual flight rules (VFR), operational significance selected for PIB entry concerning flight operations, Aerodrome, FL000 – FL999, ICAO code airport Aktau, from 13.11.2024 1100UTC.

Notam at Aktau airport starts from 20.12.2024 1601UTC to 20.03.2025 1600UTC: FIR: UATT, QMR indicates that it concerns a Runway, Stopbar (specify runway), operational significance selected for PIB entry concerning flight operations, Aerodrome, FL000 – FL999, UATE ICAO code airport Aktau.

After simulation this flight in the simulator X-Plane 11, using real weather conditions at that moment and an approximate flight path. Based on these calculations, we determined the estimated flight time during the go-around following the missed approach procedure and also found that the pilots could not complete the landing without violating the decision altitude. Looking of this information METAR and NOTAM airports were not closed but at Grozny airport was Overcast clouds at altitude 700ft about ground level according to the Jeppesen charts airport URMG NDB V

Approach runway 26 decision altitude should be on radio altimeter indicator 731ft (1270ft Baro). We can see that the clouds are below the decision altitude, this airport in this case would have been closed because there is no ILS at Grozny airport and the pilots were making an NDB approach. According to the rules, if the pilot does not see the runway before the decision altitude, they must immediately go around, which they did.

References:

1. Petchenik, I.: Azerbaijan Airlines E190 crashes near Aktau (2024), <https://www.flightradar24.com/blog/azerbaijan-airlines-e190-crashes-near-aktau> last accessed 2025/01/02.
2. Aviation Weather Center. NOAA, <https://aviationweather.gov> last accessed 2025/01/02
3. Historical weather data collection, <https://openweathermap.org/api> last accessed 2025/01/02.
4. Defense Internet NOTAM Service DINS. FAA, <https://notams.aim.faa.gov> last accessed 2025/01/02.

УДК 623.746-519: 351.814.2(043.2)

INTERNATIONAL EXPERIENCE IN UNMANNED AVIATION REGULATION: INNOVATIVE SOFTWARE SOLUTIONS

Anastasiia Mavrenkova, Liudmyla Nemlii

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv

Scientific supervisor – Liudmyla Blahaia, PhD, Associate Professor of ANS department

Keywords: unmanned aviation, unmanned aerial vehicle, unmanned aviation system, regulation, software, automation.

The development of Unmanned Aerial Systems (UAS) is a key direction in modern aviation, encompassing civil, military and commercial sectors. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) requires effective airspace management, which entails not only regulatory measures but also the implementation of innovative technological solutions. In this context, the development of specialized software (SW) that ensures integration between government agencies and UAV operators is of particular relevance.

Based on this, the aim of this study is to analyze international experience in regulating the use of UAS and to determine the possibilities for adapting best practices to Ukraine. The study employs an analysis of regulatory and technical documents, particularly [1-4], published on the official websites of aviation authorities in selected countries.

One of the main challenges in UAV management is the lack of a unified digital platform that standardizes the processes of registration, monitoring and obtaining flight permissions. To address this issue, integrated software must be implemented to automate UAV registration and identification, provide real-time flight monitoring, ensure compliance with aviation regulations, facilitate interaction with other air traffic participants and oversee flight task execution. This will contribute to improving the safety and efficiency of UAS operations.

The creation of a unified digital UAV management system has several important advantages. Firstly, automating permissions and ensuring regulatory compliance will significantly reduce risks in aviation safety. Secondly, simplifying bureaucratic procedures for UAV operators will enhance the efficiency of interaction between government agencies and airspace users. Thirdly, establishing favorable conditions for UAV utilization will foster the development of new economic sectors, such as logistics, agriculture, environmental monitoring and search-and-rescue operations. Additionally, a digital system will enable rapid response to crisis situations and facilitate search-and-rescue missions using UAVs.

An essential aspect of developing a UAV management system in Ukraine is adopting foreign experience. A study of international practices indicates that many countries have already implemented

effective digital control and regulation systems for UAV flights. For example, in the United States, the LAANC (Low Altitude Authorization and Notification Capability) system allows UAV operators to quickly obtain automated flight authorizations in controlled airspace. This system, developed in collaboration with the Federal Aviation Administration (FAA), ensures real-time information exchange between regulatory authorities and UAV operators. As a result, it significantly reduces the time required to obtain flight permissions while enhancing transparency and flight safety.

In the United Arab Emirates, the UAE Drones App provides real-time compliance with aviation regulations and enables operators to track safe flight zones. The application offers users an interactive map of permitted and restricted flight areas, along with an automated authorization system. This significantly simplifies interactions between UAV operators and regulatory authorities, promoting the safe and efficient use of UAVs.

The use of digital UAV management systems offers numerous benefits for both government aviation authorities and airspace users. For state institutions, it enhances air traffic control, automates permit issuance processes, reduces administrative burdens and improves situational awareness. Such systems contribute to regulatory transparency and the integration of UAVs into the overall aviation ecosystem. For UAV operators, they provide fast and convenient access to flight authorizations, clear understanding of flight zones and real-time updates on aviation restrictions. Automated management enhances flight safety, minimizes legal violations and makes UAV operations more efficient and predictable. These solutions shape the future of aviation, emphasizing innovation and full-scale digitalization of the industry.

The implementation of specialized UAV management software presents certain challenges related to the algorithmic complexity of such systems, the need for significant financial investments and ensuring cybersecurity measures. Furthermore, adaptation difficulties to new digital tools and mandatory UAV registration requirements may pose challenges for aviation authorities and airspace users. Overcoming these challenges will be crucial for advancing towards a highly developed and progressive future for Ukraine's aviation sector.

Conclusion: The adoption of international experience in UAV regulation will be of great importance for Ukraine, particularly in rebuilding infrastructure after the conclusion of active hostilities. UAVs can play a vital role in monitoring destruction, conducting search-and-rescue operations and restoring critical infrastructure, significantly accelerating the recovery process. The integration of advanced innovative software solutions into UAV management in Ukraine will not only improve air traffic control systems but also contribute to the development of the national aviation industry.

Thus, adopting advanced international experience in UAV management is a necessary step toward establishing a modern aviation infrastructure in Ukraine. The implementation of software

solutions for integrating government agencies and UAV operators will enhance safety, efficiency and industry growth. The use of cutting-edge technologies opens new opportunities for the development of unmanned aviation and the creation of an innovative aviation environment in Ukraine.

Reference list:

1. UAS Data Exchange (LAANC). URL: https://www.faa.gov/uas/getting_started/laanc (Last accessed: 17.03.2025).
2. LAANC for Industry. URL: https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/data_exchange (Last accessed: 17.03.2025).
3. UAS Registration. URL: <https://www.gcaa.gov.ae/en/Pages/UASRegistration.aspx> (Last accessed: 17.03.2025).
4. UTM Operator Manual for UAE Drones App. URL: <https://uae.astrautm.com/Content/User-Manual.pdf> (Last accessed: 17.03.2025).

УДК 621.396.96

ANALYSIS OF AVIATION EVENTS CAUSED BY MILITARY INFLUENCE

Daria Tkachuk, Denys Kolesnichenko

State University “Kyiv Aviation Institute”

Scientific supervisor- Ostroumov Ivan, д.т.н. проф.

Keywords: MH17, PS752, air disaster, missile, BUK, international investigation, airspace, military conflict.

1.1 MH17 Flight Catastrophe

On July 17, 2014, Malaysia Airlines flight MH17, en-route from Amsterdam to Kuala Lumpur, was shot down by a Russian missile while flying over the Donbas region within Ukrainian airspace at flight level FL330. All 298 individuals on board, including 15 crew members, tragically lost their lives. During the night of July 16-17, 2014, a BUK anti-aircraft military missile system was transported from Russia's Kursk region, assigned to the 53rd Brigade stationed in Kursk. The system was moved to the village of Pervomaiske and subsequently positioned in an open field, from where it had the capability to target high-altitude aircraft.

At 16:20 (13:20 UTC), the system detected an airborne target at an altitude exceeding 10 km. The civilian aircraft was mistakenly identified as a military target, leading the crew to launch a 9M38 missile from the BUK system. Within minutes, the missile exploded near the cockpit, causing devastating damage. The front section of the aircraft was instantly destroyed, and the fuselage broke apart, scattering debris across a wide area. The majority of the wreckage landed near the village of Hrabove. Following the incident, the BUK launch system was transported back to Russia, as confirmed by satellite imagery.

An international investigative team analyzed photographs and video footage documenting the movement of the BUK system from Russia into Ukraine. The Security Service of Ukraine (SBU) also provided intercepted phone calls in which militants discussed the delivery of the missile system. Local residents corroborated reports of its presence. Investigators examined the aircraft wreckage and missile remnants, conclusively identifying the use of a 9M38 missile from the BUK system.

Despite the overwhelming evidence, the Russian Federation rejected the findings of the international investigation and instead proposed an alternative, falsified account of the event, as detailed in a report published by the Russian bureau (“Technical Report on the Causes of the Crash of Flight MH17” by Almaz-Antey).

1.2 PS752 Flight Catastrophe

On January 8, 2020, Ukraine International Airlines (UIA) flight PS752 took off from Imam Khomeini International Airport (OIIE, Iran) bound for Boryspil International Airport (UKBB, Ukraine). The aircraft was struck by two surface-to-air missiles launched by Iran's air defense forces.

At 05:55 (02:25 UTC), air traffic control granted clearance for takeoff, and the pilot confirmed receipt of the instructions. At 06:12 (02:42 UTC), the aircraft departed from IKA's right-hand Runway 29, heading westward toward Mehrabad. The pilot contacted the approach controller, confirming compliance with IKA radar procedure 1A as part of the SID (Standard Instrument Departure) route. The Mehrabad controller subsequently authorized a climb to FL260 and instructed the pilot to turn right at 6,000 feet toward PAROT.

Upon reaching an altitude of 8,000 feet (2,400 meters) at a speed of 500 km/h, the aircraft was struck by two Tamuz missiles, a variant of the Tor-M1 air defense system. The impact resulted in the deaths of all 167 passengers and 9 crew members on board.

Investigators identified extensive damage to the lower nose section of the aircraft, including severe destruction to the lower cockpit. The upper cockpit section remained relatively intact, with windows still in place. The fuselage exhibited numerous perforations varying in shape, size, and direction. These were categorized into two types: smaller holes with smoke residue directed outward from the fuselage, and larger torn openings without signs of combustion.

The aircraft's engines were discovered at the crash site, having sustained catastrophic damage. Analysis of the rotating components indicated that the engines were operational at the time of impact. However, no conclusive evidence of an explosion or intense fire was found within the engines, suggesting that the primary damage resulted from the impact with the ground. Perforations were also discovered in passenger seat cushions. These were retrieved for forensic analysis to determine the presence of explosive residues introduced through the missile detonation. Preliminary Foreign Object Debris (FOD) analysis was conducted using X-ray scanning before samples were forwarded to the Air Accidents Investigation Branch (AAIB). Further metallurgical testing was performed to compare extracted fragments with known missile component alloys.

The official investigation concluded that the catastrophe was caused by a critical misidentification in the missile defense system, which erroneously classified the civilian aircraft as an unmanned aerial vehicle (UAV).

References

1. Convention on International Civil Aviation, Doc 7300 ICAO, Chicago (1944).
2. Ostroumov, I.V., Kuzmenko, N.S.: Risk Analysis of Positioning by Navigational Aids. In: Signal Processing Symposium (SPSymposium), pp. 92–95. IEEE, Krakow, Poland (2019). doi:10.1109/SPS.2019.8882003.

3. Manual on Civil-Military Cooperation in Air Traffic Management. Doc 10088. ICAO.(2021).
4. Markiewicz, T.M.: Methodology for the performance evaluation of airspace use by military aviation. Safety & Defense 2, 9–17 (2022). doi:10.37105/sd.180.
5. JIT, 2023. Findings of the JIT MH17 investigation into the crew members of the Buk TELAR and those responsible in the chain of command. Report MH17, <https://www.prosecutionservice.nl/documents/publications/mh17/map/2023/report-mh17>, last accessed 2024/01/02.
6. Flight PS752 Accident Investigation. Final Report. Aircraft accident Investigation board of the Islamic republic of Iran (2021).

УДК 629.7.07(043.2)

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D-СКАНУВАННЯ ПІД ЧАС МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТУ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Володимир Харченко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Євгенія Знаковська, к.т.н., доц.

Ключові слова: 3D-сканування, моніторинг технічного стану, авіаційна техніка, CAD-моделювання, льотна придатність.

Вступ. Підтримання льотної придатності повітряних суден є критично важливим завданням для забезпечення безпеки польотів та зумовлює потребу в удосконаленні методів моніторингу їх технічного стану. Згідно з дослідженнями [1], традиційні методи оцінки технічного стану компонентів авіаційної техніки (АТ) часто є трудомісткими та недостатньо точними через людський фактор.

Мета. Аналіз перспектив впровадження технологій 3D-сканування як інструменту для підвищення ефективності моніторингу технічного стану об'єктів авіаційної техніки, зокрема з метою отримання точних цифрових 3D-моделей з метою їх подальшого дослідження.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження є процес моніторингу технічного стану компонентів авіаційної техніки (наприклад, елементів конструкції планера, лопаток турбін, елементів шасі), які зазнають експлуатаційних навантажень, зносу чи пошкоджень. Під час дослідження використано метод порівняльного аналізу для зіставлення традиційного підходу до створення 3D-моделей (ручне CAD-моделювання на основі вимірювань або креслень) та підходу, що базується на даних 3D-сканування. Проаналізовано технічні характеристики сучасних оптичних 3D-сканерів (лазерних та зі структурованим підсвічуванням) та їх придатність для виконання завдань моніторингу технічного стану [3].

Результати. Технології 3D-сканування дозволяють швидко та з достатньою точністю отримувати детальну інформацію про фактичну геометрію реального об'єкта у вигляді щільної хмари точок яка може бути конвертована у полігональну сітку [4]. Порівняльний аналіз традиційного методу створення 3D-геометрії та методу із застосуванням 3D-сканування наведено у Таблиці 1. Аналіз показує, що 3D-сканування має значні переваги у швидкості та легкості фіксації реальної геометрії складних об'єктів порівняно з класичним підходом. Відкриває значні перспективи щодо автоматизації процесу отримання даних, але із-за великого обсягу потребує додаткової обробки та складних технічних засобів.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз методів отримання 3D-геометрії

Критерій порівняння	Класичний метод (Ручне CAD-моделювання)	Метод з використанням 3D-сканування
Швидкість (часові витрати)	Залежить від складності деталі та кваліфікації інженера. Може бути тривалим для складних поверхонь.	Відносно висока швидкість сканування, особливо для складних поверхонь.
Точність (деталізація)	Залежить від точності вимірювань та кваліфікації інженера. Існує ризик ідеалізації геометрії.	Висока точність (десятки мікрон), фіксує реальну геометрію з усіма особливостями та дефектами.
Складність фіксації геометрії	Важко для об'єктів складної форми (криволінійні поверхні, органічні форми).	Легко фіксує об'єкти будь-якої складності форми. Є обмеження для блискучих/прозорих поверхонь.
Фіксація реального стану	Моделює ідеальну або відремонтовану геометрію; не фіксує поточні дефекти/знос.	Фіксує фактичний стан об'єкта на момент сканування, включаючи знос, деформації, пошкодження.
Потенціал автоматизації	Обмежений, значна частка ручної праці.	Високий потенціал автоматизації процесу сканування та обробки.
Подальше використання	CAD-модель готова для інженерного аналізу, але може не відображати реальність.	Дані сканування можуть потребувати обробки, але забезпечують аналіз реальної геометрії.
Обсяг вихідних даних	Залежить від формату структурування даних в конкретному CAD-файлі.	Великі обсяги даних (хмари точок, полігональні моделі), що потребують обробки.
Вимоги до кваліфікації оператора	Вимагає високої кваліфікації CAD-інженера та знань конструкції.	Вимагає кваліфікації оператора сканера та фахівця з обробки даних сканування.

Висновок: Проведений аналіз показав значні перспективи застосування технологій 3D-сканування для комплексного вирішення завдань моніторингу технічного стану АТ. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методик застосування 3D-сканування для різних типів АТ та алгоритмів автоматизованого аналізу отриманих даних.

Список використаних джерел:

1. S. Pashchenko, A. Shulhin, V. Kharchenko. Conceptual foundations of applying innovative 3d scanning technologies in the context of maintaining airworthiness of state aviation equipment. Збірник наукових праць ДНДІА, м. Київ. Вип. №19(26), 2023. С. 150-155.

2. How 3D scanning helps to manufacture parts for the aerospace industry. URL: <https://www.creaform3d.com/blog/success-stories/eads-scanning-metallic-tooling-and-carbon-fiber-composite-parts/> (Last accessed: 19.03.2025).
3. Reverse engineering with Artec Eva helps build landing gear doors. URL: <https://www.artec3d.com/cases/reverse-engineering-airplane-parts/> (Last accessed: 21.03.2025).

УДК 629.735.05

ШВИДКІСНА СИСТЕМА ПІДМОТУВАННЯ ПАЛИВНОГО ШЛАНГА ПРИ ДОЗАПРАВЦІ У ПОВІТРІ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАКІВ

Анастасія Серебрянська

Державний університет «Київський Авіаційний Інститут», Київ

Науковий керівник – Микола Філяшкін, к.т.н., проф.

Ключові слова: дозаправлення у повітрі, барабан підмотування шлангу, стикування.

Швидкий розвиток технологій штучного інтелекту та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) призвело до того, що за останнє десятиліття БПЛА стали недорогими та потенційно революційними повітряними силами. А впровадження технологій дозаправки в повітрі, значно збільшуючи дальність та тривалість польоту, примножує потенціал БПЛА і робить реальними їх нові місії. Ось чому технології безпіотної дозаправки в повітрі стають центром уваги численних досліджень щодо покращення бойових можливостей БПЛА.

Аналіз існуючих систем дозаправки показує, що система шлангової дозаправки в повітрі типу «probe-and-drogue system» має цілу низку переваг: малі розміри, компактність і простота конструкції, низька вартість виробництва - що визначає її вибір для автоматизованої системи дозаправки в повітрі середніх і великогабаритних БПЛА.

Однак недоліки цієї системи також очевидні. Зокрема істотною проблемою етапу стикування є провисання шланга з подальшими його коливаннями (биттям шланга), що виникають відразу після контакту. Биття провислого шланга створюють екстремальні навантаження натягу в шлангу, які можуть розчепити конус і штангу, і навіть розірвати шланг - знаменитий ефект хлиста.

Повідомляється, що в рамках програми випробувань автономної дозаправки БПЛА дрон-заправник KC-130 Корпусу морської піхоти США зазнав 2,5% невдалих місій. І основною причиною невдач після успішного стикування є саме сильні биття паливного шланга, довжина якого після зчеплення конуса зі штангою БПЛА, що наближається до танкера, стає більше дистанції між ними, навіть при екстремому гальмуванні БПЛА, що заправляється.

Для придушення «ефект хлиста» і биття шланга необхідна швидкодіюча система підмотування паливного шланга з регульованою швидкістю обертання барабана підмотування (БП), що відновлює потрібний натяг шланга, довжина якого повинна відповідати дистанції між БПЛА, що заправляється, і танкером.

У існуючій системі швидкість обертання БП регулюється за рахунок зміни положення лопаток повітряної турбіни приводу. Їх крок автоматично збільшується на режимі випуску-прибирання та зменшується на режимі стабілізації положення випущеного шланга,

підтягуючи шланг у разі його провисання. Проте істотна інерційність такої системи не в змозі своєчасно підмотати паливний шланг та згладити його биття.

Для збільшення регульованої швидкості підмотки шланга пропонується в першу чергу вдосконалити систему приводу БП, замінивши повітряну турбіну на електропривод і доповнивши привід системою підпруження (рис. 1). Система підпруження БП відносно



Рис. 1

проста, але вона не може регулювати прискорення підмотування. Навпаки, електропривод може контролювати прискорення підмотування шлангу.

Враховуючи ідентичність тягових і аеродинамічних характеристик БПЛА, що заправляються, а також незмінність штатної

висоти, швидкості дозаправки і алгоритмів екстреного гальмування можна отримати залежність величини провисання паливного шланга (дистанції екстреного гальмування) від швидкості, на якій відбулося контактування.

Запуск режиму підмотування повинен відбуватися відразу після контакту заправних пристроїв. При цьому, використовуючи обидва приводи підмотки БП (електропривід і систему підпруження), максимально швидко ліквідується провисання шланга, що виникло після удару штанги в конус, потім переводиться в режим «Стеження», контролюючи необхідну швидкість підмотування в залежності від швидкості зближення. Для попередження розчеплення конуса і штанги через надмірне натяг шлангу, що виникає при перевищенні швидкості підмотування швидкості зближення в конструкцію приводу БП доцільно включити муфту проковзування, яка від'єднує електропривод від редуктора БП.

Висновок. Суттєвою проблемою при дозаправці БПЛА в польоті є биття шланга, довжина якого після зчеплення стає більшою ніж поточна дистанція до танкера. Биття шланга, яке виникає відразу після контакту, може роз'єднати конус і штангу і навіть розірвати шланг. Запропонована високошвидкісна система підмотування паливного шланга, яка відновлює необхідний натяг шланга відразу після зчеплення, зменшить або навіть усуне ефект биття.

Список використаних джерел:

1. Mykola Filyashkin. Automation of Docking of Remotely Controlled Refueling Devices in the Air// Electronics and Control Systems 2024. N 4(82): 48-53
2. M.K. Filyashkin Automated guidance system drogue to probe tanker during in-flight refueling. "Methods and Systems of Navigation and Motion Control": international Conference, October, 18-20, 2016. – K.: «Osvita Ukrainy», 2016. – P186 - 189.

УДК 62-253(043.2)

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГІБРИДНОГО РОТОРА ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Бондаренко Микола

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Сергій Долгоруков, ктн, ст. викл.

В тезах розглянуто перспективний напрям розвитку вітроенергетики, а саме – використання вертикальних гібридних роторів у вітроенергетичних установках (ВЕУ).

Актуальність теми:

Зростаюча потреба в екологічно чистих джерелах енергії стимулює активний розвиток вітроенергетики. Традиційні горизонтальні вітротурбіни мають певні обмеження, особливо в умовах міської забудови та при слабких вітрах. Вертикальні гібридні ротори пропонують альтернативне рішення, поєднуючи переваги різних типів роторів.

Суть гібридного ротора:

Гібридний ротор – це конструкція, яка об'єднує в собі два або більше типів вертикальних роторів, наприклад, ротор Дар'є та ротор Савоніуса. Таке поєднання дозволяє:

- підвищити ефективність роботи при різних швидкостях вітру;
- збільшити крутний момент;
- покращити самозапуск турбіни при малих швидкостях вітру завдяки гібридній конструкції.



Зображення 1. Н ротор Дар'є з
прямими лопатями



Зображення 2. Н ротор Дар'є з гвинтоподібними
лопатями



Зображення 3. Приклад встановлення на
трикутній щоглі.



Зображення 4. Приклад встановлення у
приватному домогосподарстві.



Зображення 5. а) ротор Савоніуса, б) ротор Дар'є з лопатями вигнутими по колу, в) ротор Дар'є з прямими лопатями.



Зображення 6. Гібридний ротор.

Перспективи використання:

1. Міська вітроенергетика:

- Вертикальні гібридні ротори можуть бути ефективно використані в міських умовах, де вітер часто змінює напрямок і швидкість.
- Їх компактність та низький рівень шуму (тихохідність) роблять їх придатними для

встановлення на дахах будівель та інших міських спорудах.

2. Автономні системи енергопостачання:

- Гібридні ротори можуть забезпечувати енергією віддалені об'єкти, такі як метеостанції, телекомунікаційні вишки та насосні станції.
- Їх здатність працювати при слабких вітрах робить їх надійним джерелом енергії в умовах, де сонячна енергія може бути недостатньою.

3. Гібридні енергетичні системи:

- Інтеграція вертикальних гібридних роторів з іншими джерелами відновлюваної енергії, такими як сонячні панелі, дозволяє створити більш стабільні та ефективні гібридні енергетичні системи.
- Це особливо актуально для регіонів з нерівномірним розподілом вітрових та сонячних ресурсів.

4. Мала вітроенергетика:

- Використання в приватних господарствах, малих підприємствах, фермерських господарствах.
- Забезпечення енергетичної незалежності.

Науково-технічні виклики:

- Оптимізація конструкції гібридного ротора для досягнення максимальної ефективності в умовах малих швидкостях вітру. Об'єднавши обидва ротори в один отримуємо: ротор Савоніуса запускає установку при малих швидкостях вітру а ротор Дар'є розкручує уже на вітрах з більшою швидкістю. Таким чином об'єднавши два види роторів отримуємо оптимальну конструкцію з найкращими характеристиками обох видів.
- Розробка ефективних систем керування та контролю для роботи при різних вітрових умовах.
- Зниження собівартості виробництва та обслуговування за рахунок простішої конструкції ніж у горизонтального ротора (відсутні струмозйомні щітки.) У міській забудові можна встановлювати конструкцію прямо на дахах багатопверхівок, а це якщо взяти 32 поверх 105 — 110 м. від землі. На цій висоті швидкість вітру буде до 7,5 м/с. На цій швидкості можна отримати найбільшу потужність вітру і стабільність, це в свою чергу гарантує безперебійну генерацію енергії.

Висновки:

1. При проведенні експерименту на 8 поверсі даху, середня швидкість вітру: від 2,5 — до 3,5 м/с на маленькій експериментальній вітроенергетичній установці отримали 15 — 20 Вт.

потужності при 12 В. З цього можна зробити висновок: Хоч знята потужність зовсім маленька але навіть її вистачить щоб освітити східну клітку одного підїзду в багатоповерхівці, провівши окрему проводку і замінивши звичайні лампи на світлодіодні стрічки які споживають зовсім маленький струм. Багато від цього користі чи мало покаже час. Якщо застосовувати це в довгостроковій перспективі тоді витрати по виготовленню, установці налагоджуванні та обслуговуванню цієї установки себе оправдають.

2. Вертикальні гібридні ротори мають значний потенціал для розвитку вітроенергетики, особливо в умовах міської забудови та при слабких вітрах.

3. Подальші дослідження та розробки в цій галузі дозволять зробити вітроенергетику більш доступною та ефективною.

Список використаних джерел:

1. Галась М.И. О целесообразности создания вертикально-осевых ветроэлектрических установок мегаватного класса / М.И. Галась, Ю.П. Дымковец, Н.А. Акаев, И.Ю. Костюков // Энергетическое строительство. 1991. - № 3 С. 33-37.
2. Горелов Д.Н. Проблемы аэродинамики ветроколеса Дарье / Д.Н. Горелов // Теплофизика и аэродинамика . 2003. - Т. 10, - № 1 . С. 47 -51.
3. Горелов Д.Н. Экспериментальная оценка предельной мощности ветроколеса с вертикальной осью вращения. Д.Н. Горелов, Н.Ю. Кузьменко // Теплофизика и аэромеханика. - 2001. - Т.8, - № 2. С. 329-334.
4. Синеглазов В. М. Синергетичний підхід до побудови вітроенергетичних установок з комбінованим ротором. / В. М. Синеглазов — К.: ФОП Самченко А.М., 2023. - 172 с. 16 — 36.

УДК 629.735:551.501.7

БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ ДЛЯ МЕТАМОНІТОРИНГУ

Гринкевич Юрій

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Микола Василенко,

к.т.н., доц.

Ключові слова: БпЛА, метеомоніторинг, ArduPilot, Mark4, автопілот, Arduino.

Вступ. Використання безпілотних апаратів (БпЛА) для збору метеорологічних даних дозволяє отримувати оперативну та точну інформацію про погодні умови в різних регіонах. Завдяки автономності, мобільності та можливості отримання даних на різних висотах БпЛА є ефективною альтернативою традиційним методам, таким як метеозонди та стаціонарні метеостанції. Основною метою даної роботи є розробка безпілотного авіаційного комплексу на базі квадрокоптера з використанням ArduPilot – потужної програмно-апаратної платформи для автономного керування. Вибір цієї системи зумовлений її відкритим кодом, широкими можливостями налаштування та стабільністю в умовах автономного польоту.

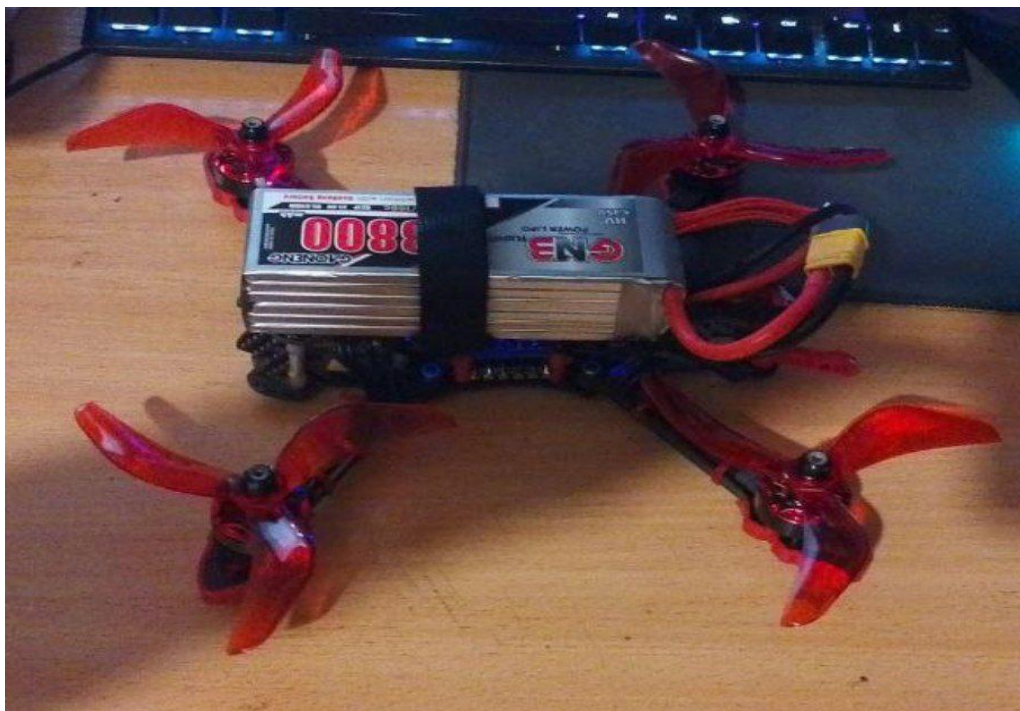
Аналіз проблем. Аналізуючи традиційні методи збору метеорологічних даних, можна виділити такі недоліки:

- Метеорологічні зонди використовуються лише один раз, а їх траєкторію польоту неможливо контролювати.
- Наземні метеостанції мають обмежений радіус дії, та не можуть забезпечити дані з різних висот.
- Супутникові методи не завжди дозволяють отримувати локальну інформацію в режимі реального часу.

БпЛА можуть вирішити ці проблеми, оскільки вони повністю керовані та можуть працювати за заданими маршрутами, можуть літати на різних висотах та збирати дані в реальному часі, а також вони багаторазові, що робить їх економічно вигідними.

Матеріали та методи. Для розробки використано популярну на даний момент раму Mark4 та автопілот ArduPilot(Pixhawk 2.4.8). Основними перевагами даної рами можна виділити міцність (виготовлена з вуглецевого волокна, що робить її легкою та міцною), гнучкість конфігурації (підтримка кріплення додаткових модулів, таких як сенсори, та навігаційні системи), оптимізованість для аеродинаміки (знижений опір повітря дозволяє стабільний політ навіть у вітряну погоду). Використання ArduPilot зумовлена відкритістю платформи для автономного керування безпілотними літальними апаратами, яка підтримує різні типи дронів, включаючи квадрокоптери, літаки та гібридні системи. Основними перевагами ArduPilot можна вважати гнучкість в налаштуваннях (підтримка різних

алгоритмів керування польотом), стабільність (можливість утримання висоти, автоповернення та використання складних місій), інтеграція з датчиками (підтримка метеорологічних сенсорів для збору даних у реальному часі), можливість роботи в автономному режимі (можливість задання маршруту і отримування даних без постійного ручного управління).



Результати. Тестуючи в «домашніх» умовах, зібраний БпЛА зміг злетіти та утримувати висоту, а також має можливість підключення датчиків для збору даних. Більш точні випробування провести наразі не вважається можливим, оскільки для запуску БпЛА потрібно отримати спеціальний дозвіл, без якого польоти подібних апаратів вважаються незаконними.

Висновок: Розроблений безпілотний комплекс на базі ArduPilot та рами Mark4 продемонстрував ефективність у зборі метеорологічних даних, підкреслюючи його основні переваги, між іншими комплексами для збору метеоданих.

Подальша розробка. В перспективі покращення комплексу, можна розглядати зміну рами, для збільшення кількості моторів, щоб була можливість використання більшої кількості датчиків, а також збільшення максимальної висоти польоту, заміна елементу живлення, для забезпечення довшого часу автономної роботи, а також покращення системи зміною компонентів управління та керування.

Список використаних джерел:

1. ArduPilot Documentation. URL: <https://ardupilot.org/>
2. Pixhawk Flight Controller. URL: https://docs.px4.io/master/en/flight_controller/
3. Mark4 Drone Frame Specifications. URL: <https://example.com/mark4-frame>

УДК 629.735.05

ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЕФЕКТУ СПЛИВАННЯ КОНУСУ ПІД ЧАС ЗБЛИЖЕННЯ ЗАПРАВНИХ ПРИСТРОЇВ У ПОВІТРІ

Сергій Гурин

*Державний університет «Київський Авіаційний Інститут», Київ**Науковий керівник – Микола Філяшкін, к.т.н., проф.*

Ключові слова: дозаправлення у повітрі, лазерний промінь, керований конус, наведення.

Швидкий розвиток технологій штучного інтелекту та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) призвело до того, що за останнє десятиліття БПЛА стали недорогими та потенційно революційними повітряними силами. А впровадження технологій дозаправки в повітрі, значно збільшуючи дальність та тривалість польоту, примножує потенціал БПЛА і робить реальними їх нові місії. Ось чому технології безпіотної дозаправки в повітрі стають центром уваги численних досліджень щодо покращення бойових можливостей БПЛА.

У роботі як БПЛА, що заправляється, розглядаються БПЛА аеродинамічного компонування типу «Bayraktar TB2», а дрон MQ-25 Stingray, розроблений американською компанією Boeing, основним призначенням якого здійснення дозаправки в польоті військових літаків, розглядається як танкер. Тип системи дозаправки БПЛА відповідає методу дозаправки "штанга-конус", запропонованому в ряді закордонних робіт.

Процес безпіотної автономної дозаправки в повітрі включає декілька фаз, серед яких найбільш відповідальним є етапи зближення та стикування, на яких вирішується завдання маневрування з метою стикування штанги з конусом дозаправки.

У роботі було проаналізовано траєкторії зближення БПЛА із танкером. Щоб не

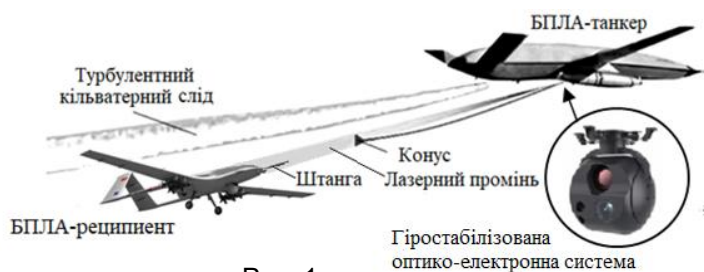


Рис. 1

потрапити в супутній слід танкера або вихідний потік його двигунів, траєкторія зближення формується з деяким пониженням (рис. 1), що збігається з продовженням випущеного шланга. Для безпіотної

автономної дозаправки в повітрі траєкторія зближення формується лазерним променем гіростабілізованої оптико-електронної системи танкера, в якому утримуються БПЛА, що заправляється, і активно керований конус-датчик системи дозаправки.

Активно керований конус, оснащений авіонікою, системою наведення за лазерним променем та аеродинамічними рулями (рис. 2), являє собою невеликий керований БПЛА.

Система управління конусу, використовуючи аеродинамічні рульові поверхні, стабілізуватиме конус у повітрі, паруючи турбулентні збурення, а також забезпечуватиме його наведення за лазерним променем на заправну штангу БПЛА-реципиента.

При наближенні до конуса носової частини БПЛА-реципиента поле швидкості навколо нього істотно змінюється і конус опиняється в області змінних швидкостей і тисків повітря - в області

носової хвилі, що призводить до виникнення аеродинамічних сил, які проявляються у вигляді ефекту «спливу» конуса при наближенні до нього носової хвилі. Тому у роботі запропоновано враховувати в алгоритмах безпілотної дозаправки у повітрі цей ефект.

По-перше пропонується кардинально змінити технологію етапу зближення та стиковки. БПЛА-реципиент, використовуючи систему міжлітакової навігації та наведення по лучу, наближається до танкера на дистанцію повністю випущеного шланга і вирівнюючи швидкості польоту та стабілізуючи дистанцію створює с танкером стрій-пару. Після заняття реципиентом свого міста в строю танкер починає випуск конуса зі шлангом. При цьому система управління конусом утримує його у лазерному проміні. Швидкість випуску конуса повинна перевищувати оптимальну швидкість контактування (1,5...2 м/сек) на величину пригальмовування, яка створюється носовою хвилею реципиента.

На заключному етапі зближення через вплив носової хвилі починає проявлятися ефект «спливу» конусу. Цей вплив компенсується швидкодіючим контуром зміни кутового положення БПЛА за інформацією від датчиків парктроніка з одночасним введенням штаги реципиента у спідницю-парашют конуса і далі ковзаючи алюмінієвими стійками в замок конуса.

Висновок

Пропонована технологія гарантує виконання завдань високоточного, безпечного та високоефективного автономного стикування.

Запропонована система стикування у змозі компенсувати ефект спливу конуса-датчика, а практично безінерційне контактування зменшить або навіть усуне ефект биття шлангу через його провисання після успішного контактування.

Список використаних джерел:

1. Mykola Filyashkin. Automation of Docking of Remotely Controlled Refueling Devices in the Air// Electronics and Control Systems 2024. N 4(82): 48-53

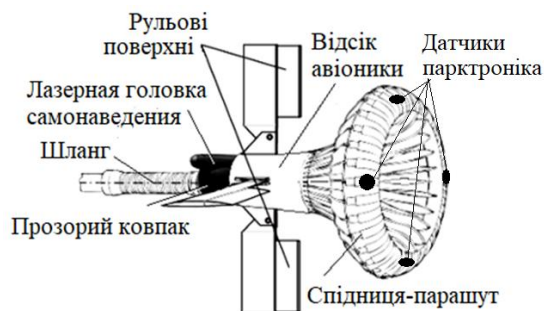


Рис. 2

2. М.К. Filyashkin Automated guidance system drogue to probe tanker during in-flight refueling. "Methods and Systems of Navigation and Motion Control": international Conference, October, 18-20, 2016. – К.: «Osvita Ukrainy», 2016. – P186 - 189.

УДК: 681.5:663.3

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОЦЕСУ РОЗЛИВУ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Ілля Лаврівський

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Юрій Кеменяш.

Ключові слова: автоматизація, розлив, дозатор, технологічний процес, контроль.

Сучасне виробництво потребує ефективних рішень для підвищення продуктивності та якості продукції. Автоматизація процесу розливу готової продукції сприяє зменшенню витрат, підвищенню точності дозування та мінімізації людського фактору. У світовій практиці використовуються різні типи дозаторів, серед яких найбільш поширеними є об'ємні та вагові системи.

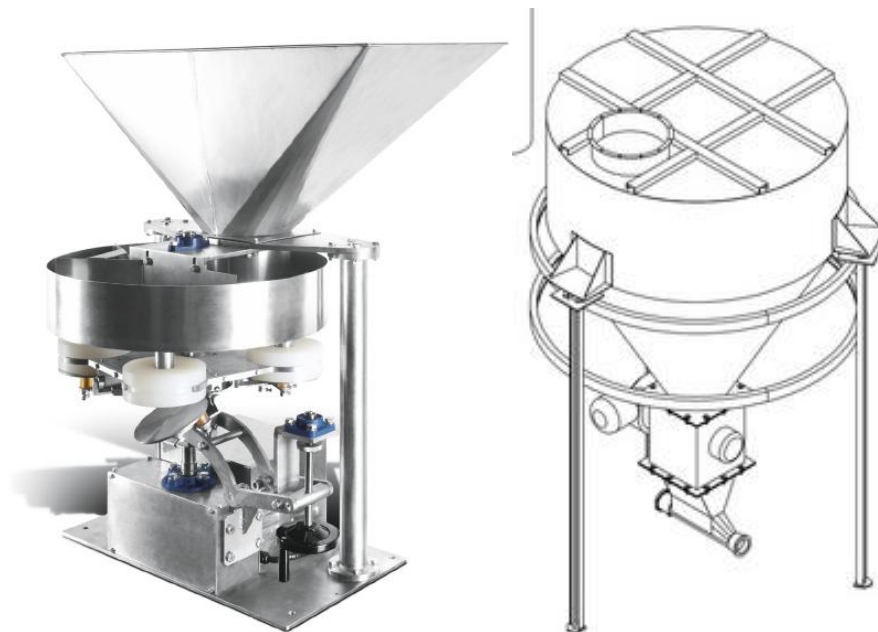


Рис.1. Приклад об'ємного дозатору

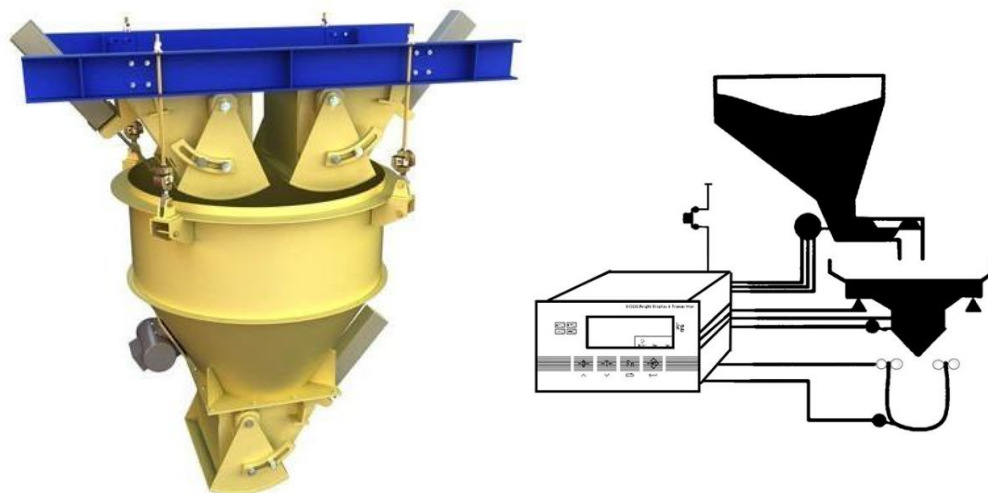


Рис.2. Приклад вагового

Метою дослідження є розробка та впровадження автоматизованої системи розливу готової продукції, що базується на використанні об'ємного дозатора ДН-3 у складі пакувального автомату CFM-2С.

Автоматизована система розливу готової продукції включає такі компоненти:

- Дозатор ДН-3, що забезпечує точність дозування з похибкою до $\pm 1\%$.
- Пневматичний привід, який контролює подачу продукції до тари.
- Датчики рівня та положення, що гарантують стабільність та контроль процесу розливу.
- Програмно-керована система, яка дозволяє автоматично змінювати параметри дозування залежно від характеристик продукції.

Впровадження автоматизованої системи дозволило:

- Підвищити точність дозування продукції.
- Зменшити витрати сировини за рахунок мінімізації втрат.
- Скоротити час на виробничий цикл.
- Знизити вплив людського фактору.

Висновок : Автоматизація процесу розливу готової продукції дозволяє значно підвищити продуктивність підприємства, зменшити витрати на виробництво та забезпечити високу точність дозування. Використання об'ємного дозатора ДН-3 у складі пакувального автомату CFM-2С є ефективним рішенням для сучасних виробничих процесів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональності системи та інтеграцію її з іншими технологіями.

Список використаних джерел:

10. <https://insat.ru/prices/info.php?pid=7525>

11. <https://nhmpak.com/ua/obladnannia/za-produktsiieiu/napoi/1-ryadnij-avtomat-fasuvannya-v-stakanchiki-cfm-2c>
12. Автоматичне дозування рідких середовищ / О. Л. Гуревич, М. В. Соколов. - Л

UDC 681.5

ANALOG CIRCUIT DESIGN CHALLENGES

Mychailo Lokatsiun

State University "Kyiv Aviation Institute"

Scientific adviser – Igor Sergeyev,

PhD, associate professor

Key words: analog circuits, analog design, Precision and Sensitivity, Non-linearity, Noise and Interference, Design Complexit

Unlike digital circuits, where signals are represented by discrete binary values (0s and 1s), **analog circuits** handle continuous signals, making their design and automation more complex. Analog circuits are highly sensitive to variations in parameters such as temperature, voltage, and component tolerances, which pose significant challenges during design and manufacturing [1].

Key challenges in analog design

1. Precision and Sensitivity. Analog circuits require precise control over component values (e.g., resistors, capacitors, and transistors) to achieve the desired behavior, and small variations can lead to significant performance degradation.

2. Non-linearity. Many analog components exhibit non-linear behaviors that are difficult to model and predict accurately, complicating the design and optimization processes.

3. Noise and Interference. Analog signals are susceptible to electrical noise and interference, which can distort the signal and affect the performance of the circuit.

4. Power Efficiency. Optimizing power consumption while maintaining signal integrity is a major concern in analog circuit design, especially in low-power applications like mobile and IoT devices.

5. Design Complexity. Analog circuits often require custom layouts and careful management of parasitic elements, making them more labor-intensive to design compared to digital circuits.

Despite these challenges, automation tools have been developed to assist in the design of analog circuits, although the level of automation in analog design is still not as mature as in digital design.

Tools for Automating Analog and Mixed-Signal Designs

Mixed-signal design refers to circuits that integrate both analog and digital components, and automation in this field has become crucial due to the increasing complexity of integrated circuits. While digital design has benefited significantly from automation, the analog side still relies on a combination of manual expertise and automated tools.

Key tools and techniques for automating analog and mixed-signal design

1. Cadence Virtuoso

- Cadence Virtuoso is a leading tool for analog, mixed-signal, and RF design. It offers automation features for schematic capture, layout, and verification.

- **Features.** Provides an environment for creating high-precision analog designs with features like constraint-driven layout, design rule checks (DRC), and parasitic extraction. Its tight integration with Spectre, a powerful analog simulator, makes it a popular choice for mixed-signal IC design.

2. Synopsys Custom Compiler

- A tool that focuses on accelerating custom analog and mixed-signal design by automating the repetitive tasks in layout and optimization.

- **Features.** Provides a visually assisted layout editor that automates tasks like matching, routing, and optimization for performance, power, and area.

3. Mentor Graphics Tanner EDA

- Known for its analog and mixed-signal design solutions, particularly in smaller companies and academic settings.

- **Features.** Offers full automation of layout generation, simulation, and verification for analog circuits, allowing faster iteration and optimization of designs.

Automation Techniques in Analog Design

- **Template-Based Layout Automation.** Instead of fully automatic layout generation (which is challenging for analog circuits), template-based tools allow designers to create and reuse layout templates for commonly used blocks, such as operational amplifiers (op-amps) or voltage regulators.

- **Automated Design Space Exploration.** Some tools offer algorithms to automatically explore different design configurations and optimize for parameters like gain, bandwidth, or power consumption.

- **Parasitic-Aware Design.** Automation tools now incorporate parasitic extraction early in the design process, allowing designers to account for the effects of parasitics on performance and optimize accordingly.

Circuit Simulation and Modeling Automation

Simulation is critical in analog and mixed-signal design due to the continuous nature of analog signals and the interaction between analog and digital domains. Automated simulation tools have evolved to allow faster and more accurate analysis of circuit behavior under a wide range of operating conditions.

Analog Simulation Tools

1. SPICE Simulation

- **SPICE** (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) is the most widely used tool for simulating analog circuits. It models the behavior of electronic components and simulates how the circuit will respond to various input signals and environmental factors.

-

- **Automation in SPICE.** Modern tools offer automation of simulation setup, parameter sweeps, and multi-scenario testing, allowing designers to evaluate circuit performance under different conditions without manually configuring each test.

2. Spectre (Cadence)

- Spectre is a high-performance analog and mixed-signal simulator integrated into the Cadence Virtuoso environment. It offers automation features for large-scale simulations and multi-corner analysis, where the circuit is tested under various process, voltage, and temperature conditions.

- **Automation Features.** Spectre allows automatic setup of multiple test scenarios, including worst-case conditions, ensuring robust design performance across a wide range of environments.

3. Verilog-A and Verilog-AMS

- Verilog-A is a hardware description language tailored for analog circuit simulation, while Verilog-AMS supports both analog and mixed-signal modeling. These languages allow automated testing of circuit behavior at the system level.

- **Automation in Verilog-AMS.** By using behavioral models, designers can simulate large mixed-signal systems without the need to model every transistor, significantly speeding up simulation time.

Modeling Automation

- **Model Order Reduction.** Automation tools help reduce the complexity of detailed analog models without sacrificing accuracy. This allows faster simulations by simplifying complex models into more manageable forms.

- **Parameterized Models.** Automated tools generate parameterized models that allow for easy tuning of component values, enabling designers to explore different configurations without rewriting the entire model.

Integration of Analog and Digital Systems

Mixed-signal systems are increasingly common in modern electronics, with devices like smartphones, IoT sensors, and automotive systems requiring seamless integration of analog and digital components. Automation in the integration of analog and digital designs is crucial to ensuring that these components interact correctly and meet performance requirements.

Challenges in Integration

- **Signal Integrity.** The interaction between analog and digital signals can lead to issues like noise coupling, clock jitter, and voltage drops. Automation tools assist in managing these challenges by providing real-time feedback during the design process.

- **Clock Domain Crossing (CDC).** Mixed-signal designs often have multiple clock domains, and ensuring correct timing between them is critical for data integrity. Automated CDC tools help detect and fix potential timing violations at the boundaries between analog and digital blocks.

Automation in Mixed-Signal Design

1. Mixed-Signal Verification:

- Tools like **Cadence AMS Designer** and **Mentor Graphics Questa ADMS** automate the co-simulation of analog and digital components. These tools allow designers to verify the interactions between analog and digital blocks in a unified simulation environment, ensuring correct functionality and signal behavior.

- **Automation Features.** Automatically sets up testbenches that include both analog and digital elements, enabling faster verification cycles for large systems.

2. Analog-Digital Interface Design

- In mixed-signal systems, interfaces like Analog-to-Digital Converters (ADCs) and Digital-to-Analog Converters (DACs) play a critical role. Automated tools assist in optimizing the design of these interfaces, ensuring that signal conversion is accurate and efficient.

- **Interface Modeling Automation.** Tools automatically generate behavioral models for ADCs, DACs, and other mixed-signal interface components, allowing faster verification of the system.

3. Power Management Automation

- Power management in mixed-signal designs is complex due to the different voltage domains and power requirements of analog and digital circuits. Automated tools help optimize power distribution and ensure that the power delivery network meets the needs of both domains.

- **Automation in Power Delivery.** Tools automate the analysis of power networks, checking for issues like IR drop, voltage noise, and thermal dissipation across both analog and digital sections of the chip.

Summary

Automation in analog and mixed-signal design continues to advance, offering powerful tools to tackle the unique challenges posed by continuous signals and their interaction with digital components. From precision modeling and simulation to the integration of analog and digital systems, these tools are essential for reducing design time, improving accuracy, and ensuring the reliable performance of modern electronic systems.

References:

1. Electronic Equipment Design Automation Tools: English / Ukrainian / Lecture courses / I.Yu. Sergeyev, V.I. Nosevych, M.P. Lokatsiun et al. Edited by I.Yu. Sergeyev, – K. Printto.ua: 2024. 239 p.

УДК 004.855.5

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ BIGAN У ЗАДАЧАХ ГЕНЕРАТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Нікітін Єгор

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Віктор Синєглазов, д.т.н., професор*

Ключові слова: BiGAN, генеративні змагальні мережі, двонаправлене навчання, генеративне моделювання, машинне навчання.

Вступ. Генеративні змагальні мережі (GAN) є потужним інструментом у сфері генеративного моделювання, дозволяючи створювати реалістичні дані на основі випадкових шумів [1]. Однак традиційні GAN не забезпечують прямого відображення з простору даних у латентний простір, що обмежує їх застосування в задачах, де необхідно отримати латентні представлення для існуючих даних. Для вирішення цієї проблеми були розроблені двонаправлені генеративні змагальні мережі (BiGAN), які навчають як генератор, так і енкодер, забезпечуючи двонаправлене відображення між простором даних та латентним простором [2].

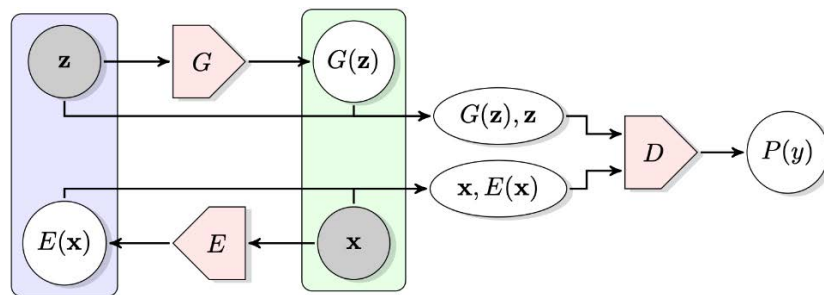


Рис.1. Структура двонаправленої генеративної змагальної мережі (BiGAN)

Мета. Дослідити можливості використання BiGAN у задачах генеративного моделювання та оцінити їх ефективність у порівнянні з традиційними методами.

Матеріали та методи. У дослідженні використано архітектуру BiGAN, яка складається з трьох основних компонентів: генератора, енкодера та дискримінатора. Генератор перетворює випадковий шум у дані, енкодер відображає дані у латентний простір, а дискримінатор намагається відрізнити пари (дані, латентне представлення), отримані від генератора та енкодера, від реальних пар. Ця архітектура дозволяє одночасно навчати пряме та зворотне відображення між просторами [3].

Результати. BiGAN продемонстрував значні переваги в генерації реалістичних даних порівняно з традиційними GAN. Експерименти із зображеннями, такими як MNIST і CelebA, показали, що згенеровані дані мали кращу якість і менший рівень шуму, що підтверджує ефективність двонаправленого навчання [1]. Крім того, BiGAN дозволяє отримувати точні латентні представлення для даних, що покращує результати класифікації. Наприклад, на CIFAR-10 точність класифікації з BiGAN була на 3-5% вищою, ніж у традиційних методах без нагляду [5].

Навчання BiGAN було більш стабільним, ніж у класичних GAN, завдяки включенню енкодера, хоча все ще спостерігались деякі проблеми з оптимізацією [2]. На реальних даних, таких як медичні зображення та текст, BiGAN також показав хороші результати в генерації та відновленні деталей [3].

Хоча BiGAN вимагає більше обчислювальних ресурсів і часу на навчання, ці витрати виправдовуються високою якістю результатів, що робить його перспективним для використання в генеративному моделюванні та безнаглядному навчанні [4].

Висновок: BiGAN є перспективним підходом у генеративному моделюванні, оскільки забезпечує двонаправлене відображення між простором даних та латентним простором. Це відкриває нові можливості для безнаглядного навчання та інших застосувань, де необхідно отримувати латентні представлення для існуючих даних. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на покращення стабільності навчання BiGAN та розширення їх застосувань у різних галузях

Список використаних джерел:

1. Goodfellow, Ian, et al. "Generative adversarial nets." *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2014.
2. Donahue, Jeff, et al. "Adversarial learning for semi-supervised image segmentation." *arXiv preprint*, 2016.
3. Dumoulin, Vincent, Jon Shlens, and Manohar Kudlur. "A learned representation for artistic style." *arXiv preprint*, 2017.
4. Xie, Li, et al. "Unsupervised learning with generative adversarial networks for medical image analysis." *Medical Image Analysis*, vol. 58, 2019.
5. Radford, Alec, Luke Metz, and Soumith Chintala. "Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks." *arXiv preprint*, 2015.

UDC 681.5

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN ELECTRONIC DESIGN AUTOMATION

Violeta Nosevych

State University "Kyiv Aviation Institute"

Scientific adviser – Igor Sergeyev,

PhD, associate professor

Key words: Artificial Intelligence, Machine Learning, Electronic Design Automation, Pattern Recognition, Design Rule Checking, Predictive Analysis

The integration of **Artificial Intelligence (AI)** and **Machine Learning (ML)** into EDA is revolutionizing the way complex electronic systems are designed. These technologies bring new levels of optimization, predictive analysis, and automation to the design process, allowing for faster and more efficient development of ICs and SoCs [1].

Applications of AI and ML in EDA

1. Design Space Exploration

- AI-driven tools can automatically explore vast design spaces, evaluating multiple design configurations to identify the best balance of performance, power, and area. Machine learning algorithms can predict the outcomes of different design choices and accelerate the optimization process.

- **Example.** Tools like Synopsys DSO.ai use reinforcement learning to optimize complex design parameters, resulting in significant time savings and improved performance.

2. Pattern Recognition for Design Rule Checking

- Machine learning algorithms are increasingly used to detect and predict design rule violations, improving the accuracy of design rule checks and reducing the manual intervention needed to fix issues.

- **Example.** ML-based DRC tools can recognize common error patterns and automatically suggest corrections, streamlining the design process.

3. Predictive Analysis for Yield Optimization

- AI can predict manufacturing yield issues based on design data, helping designers optimize their designs to minimize defects during production. By analyzing historical data, AI models can identify patterns and predict potential failure points, allowing for proactive design adjustments.

- **Example.** AI tools analyze failure data from manufacturing to optimize layout and reduce the likelihood of defects in future designs.

4. Power Optimization

- Machine learning algorithms can optimize power consumption by analyzing the power profile of different design blocks and recommending design changes to reduce power usage. AI can also dynamically adjust power management strategies during the design phase.

- **Example.** AI-based tools optimize clock gating, voltage scaling, and other power-saving techniques based on predicted workloads and operating conditions.

Benefits of AI and ML in EDA

- **Faster Design Cycles.** AI accelerates design processes by automating tasks such as optimization, testing, and verification.

- **Improved Performance.** Machine learning can uncover optimization opportunities that might be overlooked by human designers, resulting in more efficient designs.

- **Reduced Errors.** AI-driven tools improve accuracy in design rule checking, power analysis, and timing verification, reducing the likelihood of design flaws.

Cloud-Based EDA Solutions

Cloud-based EDA solutions are transforming the landscape of electronic design by providing scalable, on-demand computing resources. Cloud-based tools enable design teams to leverage high-performance computing (HPC) environments for simulation, synthesis, and verification tasks without needing to invest in expensive local infrastructure.

Advantages of Cloud-Based EDA

1. Scalability

- Cloud platforms allow for elastic scaling, meaning that design teams can scale up resources as needed to handle large simulations or complex verification tasks. This is especially useful for running multiple simulations in parallel.

- **Example.** Companies like Cadence and Synopsys now offer cloud-based EDA platforms, enabling designers to access tools and run compute-intensive tasks without hardware constraints.

2. Collaboration and Accessibility

- Cloud-based EDA enables teams across different locations to collaborate in real time on the same design projects. Designers can access tools, share data, and run simulations from anywhere, fostering global collaboration.

- **Example.** AWS and Microsoft Azure offer cloud platforms that host EDA tools, allowing teams to work together seamlessly and securely on complex design projects.

3. Cost Efficiency

- By using cloud infrastructure, design teams can reduce upfront capital expenses on high-performance hardware. Instead of maintaining expensive on-premise data centers, teams pay for computing resources only when they are needed, resulting in cost savings.

- **Example.** A startup can avoid investing in large server farms for running simulations, instead paying for cloud resources on a per-use basis.

4. Enhanced Security

- Cloud providers invest heavily in security infrastructure, offering encryption, secure data storage, and compliance with industry standards, ensuring that intellectual property (IP) and sensitive design data are protected.

- **Example.** Companies using cloud-based platforms like Google Cloud can benefit from advanced encryption and data protection, mitigating the risk of data breaches.

Challenges of Cloud-Based EDA

- **Data Transfer Latency.** Large design files need to be transferred to the cloud for processing, which can introduce latency in the design flow.

- **Security Concerns:** Despite the robust security infrastructure of cloud providers, some companies may have concerns about sharing sensitive design data with third-party platforms.

Advances in Quantum Computing and Its Impact on Design Automation

Quantum computing represents a paradigm shift in computation, with the potential to solve complex problems much faster than classical computers. While quantum computers are still in the early stages of development, advances in this field are expected to have a significant impact on EDA, particularly in areas like optimization, simulation, and cryptography.

Potential Impact of Quantum Computing on EDA

1. Accelerating Design Optimization

- Quantum computers have the potential to revolutionize design optimization tasks. Problems such as gate-level optimization, power reduction, and routing can be accelerated using quantum algorithms that explore vast design spaces more efficiently than classical computers.

- **Example.** Quantum annealing, a type of quantum computing, can be used to solve combinatorial optimization problems in EDA, such as minimizing signal delays or optimizing circuit layouts.

2. Simulation of Quantum Circuits

- As quantum circuits become more prevalent, new tools will be needed to simulate and verify these circuits. Quantum computers will be required to simulate large-scale quantum circuits that classical computers cannot handle efficiently.

- **Example.** Companies like IBM and Google are developing quantum simulation tools that will allow designers to model and optimize quantum circuits, paving the way for quantum chip design automation.

3. Cryptography and Security

- Quantum computing poses challenges to current cryptographic systems, as quantum computers can solve certain cryptographic algorithms much faster than classical computers. This necessitates the development of post-quantum cryptography solutions, which will impact the design of secure embedded systems and communication networks.

- **Example.** Quantum-safe cryptographic techniques will be needed for systems that require high levels of security, such as defense and financial systems.

4. New Algorithms for EDA

- The development of quantum algorithms that are specifically designed for EDA tasks could transform areas like verification, synthesis, and DRC. These algorithms could explore solutions faster and more accurately than classical algorithms.

- **Example.** Quantum algorithms could be used for faster formal verification of complex systems, ensuring that designs meet all specifications and reducing time to market.

Future Trends in Automating the Design of Electronic Equipment

The field of electronic design automation is continuously evolving, and several emerging trends will shape the future of the industry. These trends are driven by the need for faster, more efficient design processes that can handle the increasing complexity of modern electronic systems.

1. AI-Driven Automation

- AI and machine learning will play an increasingly central role in automating complex design tasks, from synthesis and placement to verification and testing. As AI algorithms become more sophisticated, they will be able to handle larger design spaces and optimize multiple parameters simultaneously.

2. Autonomous EDA Tools

- The future of EDA may involve **fully autonomous design tools** that can take high-level design specifications and automatically generate complete hardware designs. These tools would optimize the design for performance, power, and cost, without requiring manual intervention from engineers.

3. Rise of 3D IC and Heterogeneous Integration

- The integration of **3D ICs** (integrated circuits) and **heterogeneous systems** – combining different types of processors, memory, and other components – will lead to new challenges in design automation. EDA tools will need to support the integration of multiple technologies within a single chip, optimizing for power, thermal management, and signal integrity.

- **Example.** EDA tools will evolve to handle complex 3D stacking of chips, ensuring efficient routing and power distribution across different layers.

4. Cloud-First EDA Platforms

- As cloud computing becomes more dominant, EDA tools will increasingly be developed with a **cloud-first** approach, offering flexible, scalable design environments that support global collaboration, real-time simulation, and large-scale design verification.

5. Digital Twins for Real-Time Monitoring and Design Feedback

- The concept of **digital twins** – virtual replicas of physical systems – will expand beyond just simulation to include real-time monitoring and feedback during the design phase. This will allow engineers to continuously optimize designs as they are deployed in the real world, improving performance and reliability.

6. Advanced Security Features in EDA

- As cyber threats become more sophisticated, EDA tools will integrate advanced security features, including automated vulnerability scanning, hardware-based security testing, and quantum-safe cryptography support.

Summary

The future of EDA and automation is being shaped by AI, machine learning, cloud-based platforms, and quantum computing. These technologies offer unprecedented opportunities for optimizing electronic system design, accelerating time-to-market, and improving system reliability. Emerging trends like AI-driven automation, 3D IC integration, and digital twins will continue to drive innovation in the field, ensuring that EDA remains at the forefront of electronic design.

References:

1. Electronic Equipment Design Automation Tools: English / Ukrainian / Lecture courses / I.Yu. Sergeyev, V.I. Nosevych, M.P. Lokatsiun et al. Edited by I.Yu. Sergeyev, – K. Printto.ua: 2024. 239 p.

UDC 681.5

DESIGN FOR TESTABILITY TECHNIQUES IN AUTOMATED DESIGN

Lev Saltsyn

State University "Kyiv Aviation Institute"

Scientific adviser – Igor Sergeyev,

PhD, associate professor

Key words: Design for Testability, Scan Chains, Boundary Scan, Test Point Insertion, Partitioning and Modular Testing, Built-In Self-Test

Design for Testability (DFT) refers to the techniques and practices used to design electronic circuits and systems in such a way that they are easier to test for faults and defects. The primary goal of DFT is to ensure that faults can be detected and isolated efficiently during the manufacturing and operational phases, thus improving product quality and reducing time-to-market [1].

Without proper testability, it can be difficult to identify the location and cause of faults in a circuit, leading to longer debugging times and potentially lower yield in mass production. DFT techniques aim to embed testability features into the design, making it easier for automated test equipment (ATE) to assess the integrity of the design.

Key DFT Techniques

1. Scan Chains

- Scan chains are one of the most widely used DFT techniques. They allow flip-flops in a design to be chained together in a sequential fashion, enabling easier access to internal signals for testing.
- **How it works.** During testing, normal functionality is suspended, and test vectors are shifted into the scan chain. After the test is complete, the results are shifted out for analysis.

2. Boundary Scan (JTAG)

- Joint Test Action Group (JTAG) boundary scan is a standard for testing the interconnections on PCBs. It provides a mechanism to test the individual pins of integrated circuits, making it easier to diagnose board-level issues.
- **How it works.** Boundary scan uses specialized cells at the input/output pins of a chip, allowing testers to apply signals and observe outputs without needing physical probes.

3. Test Point Insertion

- Test points are inserted into the design to provide access to internal nodes that would otherwise be difficult to test. These points allow external test equipment to inject signals or measure responses, improving observability.
- **Applications.** Used in both PCB and integrated circuit (IC) designs to ensure adequate coverage during testing.

4. Partitioning and Modular Testing

- Designs are divided into smaller, more manageable blocks, making it easier to test individual components. This modular approach improves fault isolation and allows for more targeted testing.

Benefits of DFT Techniques

- **Reduced testing time.** DFT techniques help reduce the time it takes to test circuits by increasing observability and controllability.

- **Higher fault coverage.** By making internal nodes and signals more accessible, DFT increases the likelihood that faults will be detected during testing.

- **Lower cost:** Faster and more accurate testing can lead to lower production costs, especially in large-scale manufacturing.

Introduction to Built-In Self-Test

Built-In Self-Test (BIST) is a powerful DFT methodology where the test generation and response analysis circuitry is embedded within the design itself. This allows the system to perform self-testing without the need for external test equipment, making it particularly useful in high-reliability applications, such as automotive and aerospace systems.

Key Components of BIST

1. Test Pattern Generator (TPG)

- The TPG generates test vectors to stimulate the CUT. These test patterns can be either predefined or generated randomly.

- **Example.** Linear Feedback Shift Registers (LFSRs) are often used in BIST architectures to generate pseudo-random test patterns.

2. Response Analyzer

- The response analyzer compares the actual output of the circuit to the expected output. In simple BIST implementations, this may involve comparing a signature generated by the response with a known correct value.

- **Example.** A **signature analyzer** compresses the output of the circuit into a single value (signature) for comparison.

3. Control Logic

- Control logic manages the operation of BIST, ensuring that the system transitions between normal operation and test mode seamlessly. It also triggers the generation of test vectors and monitors the response.

Applications of BIST

- **Memory Testing:** BIST is widely used for testing embedded memories (e.g., SRAM, DRAM) since it allows for continuous testing during operation.

- **Logic Testing.** BIST can be applied to both combinational and sequential logic blocks to detect faults like stuck-at-0/stuck-at-1 or timing issues.

- **Analog and Mixed-Signal Testing.** While more complex, BIST techniques are also used for testing analog and mixed-signal circuits by embedding stimulus generation and response analysis capabilities.

Benefits of BIST

- **Increased Autonomy.** BIST allows systems to self-test without external intervention, reducing dependency on expensive ATE.

- **Fault Detection in the Field.** BIST can be used to detect faults in systems after they have been deployed, improving reliability and reducing downtime.

- **Reduced Testing Time.** Since the test circuitry is integrated into the design, BIST reduces the time required for test setup and execution.

Automated Testing Methodologies

Automated testing is a critical part of the electronic design process, ensuring that circuits and systems function correctly across a variety of conditions. By automating the testing process, designers can perform extensive validation without manual intervention, improving efficiency and accuracy.

Key Automated Testing Methodologies

1. Automatic Test Equipment (ATE)

- ATE refers to specialized machines that automate the testing of electronic devices. These systems can apply input signals, measure responses, and compare the results to expected values.

- ATE is commonly used in semiconductor manufacturing for high-volume testing of integrated circuits.

- **Applications.** ATE is used to test both digital and analog circuits, as well as systems on a chip (SoCs) and multi-chip modules.

2. Functional Test Automation

- Automated functional tests check whether a design behaves according to its specifications. This process is often done using simulation-based approaches where automated testbenches apply input vectors and analyze the output.

- **Tools.** Simulation tools such as ModelSim, VCS, and Cadence Xcelium support the automation of functional tests by providing built-in capabilities for creating and running automated testbenches.

3. Boundary Scan Testing

- As mentioned earlier, boundary scan (JTAG) provides a method for testing circuit interconnections without requiring physical probes. Automated boundary scan tools run through a series of tests, applying inputs to boundary scan cells and analyzing outputs.

- **Benefits.** It simplifies testing at the board level, especially for systems with high pin counts and complex interconnections.

4. Power and Thermal Testing

- Automated tools are used to measure and verify power consumption and thermal performance. These tests ensure that the system meets power efficiency goals and can operate within acceptable temperature ranges.

- **Tools.** Automated power analysis tools, like Synopsys PrimePower and Cadence Voltus, automate the testing and verification of power networks in IC designs.

Role of Automation in Fault Detection and Tolerance

Automation plays a key role in fault detection and improving system reliability. Fault detection aims to identify faults quickly and accurately, while fault tolerance focuses on enabling systems to continue functioning despite the presence of faults.

Automated Fault Detection Techniques

1. Scan-Based Testing

- Automated scan-based testing techniques, such as those used with scan chains, allow for rapid detection of faults in internal nodes by shifting in test patterns and analyzing the results.

2. Built-In Fault Monitors

- In critical systems, built-in fault monitors continuously check the system's behavior during operation. If a fault is detected, the monitor can trigger error-handling mechanisms to mitigate the impact of the fault.

3. Automatic Fault Isolation

- Fault isolation tools automatically identify the location of a fault within a system, reducing the time and effort required for debugging. Automated fault isolation can be done through tools that trace signal paths and identify discrepancies between expected and actual behavior.

Automated Fault Tolerance

1. Redundancy

- In fault-tolerant designs, redundancy is often used to ensure continued operation in the event of a failure. For example, dual or triple modular redundancy (DMR/TMR) can be used to detect and correct errors by comparing the outputs of multiple redundant modules.

- **Applications.** Fault-tolerant designs are critical in applications like aerospace, medical devices, and safety-critical systems where failures can have severe consequences.

2. Error Correction Codes (ECC)

- ECC is used in memory systems and communication protocols to detect and correct errors. Automated ECC techniques can identify single-bit and multi-bit errors and correct them in real-time, ensuring data integrity.

Benefits of Automated Fault Detection and Tolerance

- **Improved Reliability.** Automated tools provide continuous monitoring and quick detection of faults, reducing downtime and improving system reliability.
- **Cost Reduction.** Detecting and correcting faults early in the design process reduces the cost of debugging and repairs during manufacturing and in-field operation.
- **Increased System Lifespan.** Fault-tolerant designs extend the life of systems by allowing them to function despite the presence of faults, improving their resilience to failures.

Summary

Design for Testability (DFT) and automated testing are crucial for ensuring that electronic systems are reliable and efficient. Techniques like scan chains, boundary scan, and BIST improve the testability of designs, while automated testing methodologies speed up the testing process and reduce errors. Fault detection and tolerance, enhanced by automation, further improve the reliability of modern electronics by quickly identifying and mitigating faults.

References:

1. Electronic Equipment Design Automation Tools: English / Ukrainian / Lecture courses / I.Yu. Sergeyev, V.I. Nosevych, M.P. Lokatsiun et al. Edited by I.Yu. Sergeyev, – K. Printto.ua: 2024. 239 p.

УДК 629.735:551.501.7

БЕЗПІЛОТНИЙ АВІАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ

Смивалов Богдан

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Микола Василенко, к.т.н., доц.

Ключові слова: БпЛА, моніторинг, метеорологічні дані, метеорологічні умови, Arduino.

Вступ. Використання безпілотних літальних апаратів (далі – БпЛА) для збору метеорологічних даних (далі – МД) вже не є чимось новим. Враховуючи стрімкі темпи розвитку, проектування, виробництва нових типів БпЛА та впровадження їх в різні сфери діяльності, може зробити їх новим невід’ємним компонентом систем моніторингу метеорологічних умов (далі – МУ). Одним із завдань, які вирішують БпЛА є отримання МД в нижніх шарах атмосфери, де відбувається змін погодних умов. Застосування БпЛА в системі моніторингу МУ може допомогти з вирішенням проблем застосування метеорологічних куль (радіозондів) (далі – метеокулі) для забезпечення МД традиційних метеостанцій (далі – ТМС).

Аналіз проблем. Не дивлячись на те, що метеокулі мають більшу робочу висоту для збору МД, ніж метеорологічні БпЛА, існує проблема щодо їх некерованості. Отже, після запуску метеокулі її місцеперебування та маршрут польоту залежить від напрямку та швидкості вітру, який може віднести її на багато кілометрів від запланованих точок збору МД, що приводить до зниження точності метеорологічного прогнозу та оперативності доведення МУ до кінцевих споживачів.

ТМС розташовуються на поверхні землі та не забезпечують достатньої точності вимірювання та оцінювання МУ, що склалися у верхній межі нижнього шару атмосфери. Використання безпілотних авіаційних комплексів моніторингу МУ (далі – комплекс), як додаткового компоненту ТМС, може вирішити дану проблему. Такі комплекси надають можливість збирати МД у визначених точках і визначеній висоті та оперативно передавати їх споживачам для подальшої обробки та використання.

Матеріали та методи. Головна мета даного дослідження – створення дослідного зразка комплексу. Носієм для комплексу обраний БпЛА типу “квадрокоптер”. Бортова апаратура збору метеоданих (далі – БАЗМД) комплексу побудована з використанням доступних на ринку рішень (датчиків) та включає: датчик температури та вологості DHT22, датчик тиску GY-63 MS5611, датчик грози/блискавки AS3935, GPS-модулем типу GY-NEO6MV2, двонаправленими перетворювачами логічних рівнів (далі – ДНПЛР), модулем радіозв’язку

LoRa SX1278 433 МГц

(далі – МРЗ), які є прийнятними за критерієм “точність-вартість”. Також, БАЗМД оснащена слотом для карти пам’яті формату “microSD”. Інтеграція модулів та датчиків БАЗМД здійснюється за допомогою плати Arduino Due. Відсутність датчика напрямку та швидкості вітру обумовлено неможливістю його розміщення на обраному типі БпЛА. Електроживлення БАЗМД здійснюється від бортового джерела електроживлення БпЛА.

Для прийому даних від БАЗМД наземна апаратура комплексу включає МРЗ, ДНПЛР, інтегровані за допомогою плати Arduino Nano, яка підключена до електронно-обчислювальної машини (далі – ЕОМ). Структурна схема комплексу наведена на рисунку 1.

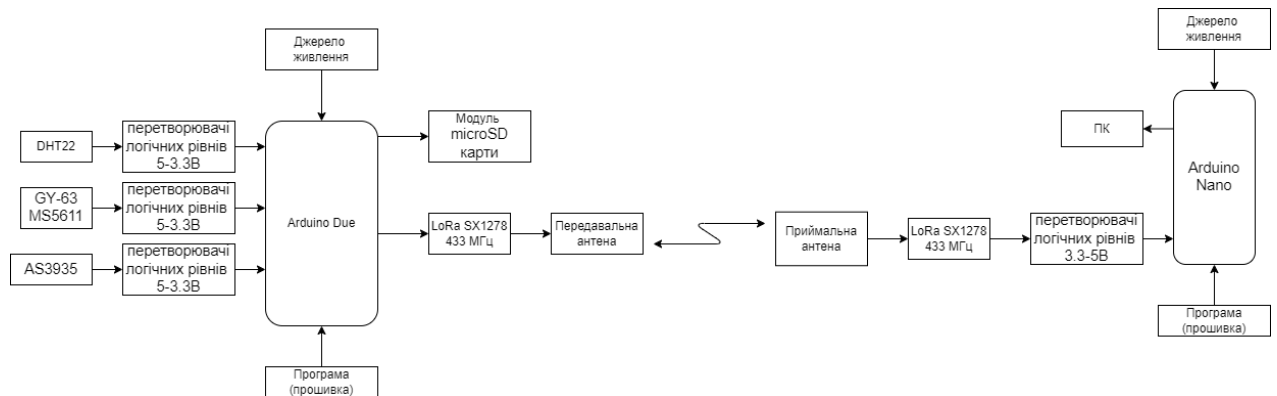


Рисунок 1. Структурна схема комплексу

Принцип роботи комплексу – датчики БАЗМД, що розміщені на БпЛА, у визначеній точці та на визначеній висоті фіксують МД, через МРЗ передають їх на наземну частину комплексу, яка спрямовує їх для обробки спеціальним програмним забезпеченням (далі – СПЗ) ЕОМ для подальшого відображення та використання. Крім того, здійснюється резервне копіювання переданих МД на карту пам’яті формату “microSD” БАЗМД.

Результати. Лабораторні випробування комплексу підтвердили його спроможності збирати МД (температуру повітря, атмосферний тиск, вологість повітря та точку роси), здійснювати їх передачу від БАЗМД на наземну частину комплексу, обробляти та відображати отримані МД за допомогою ЕОМ.

В умовах дії правового режиму воєнного стану льотні випробування комплексу не проводились.

Висновок: Результати лабораторного випробування комплексу дозволяють зробити висновки: дослідний зразок комплексу є працездатним та має перспективи щодо його подальшого удосконалення та впровадження, як допоміжного компоненту ТМС; використання комплексу забезпечить підвищення оперативності та точності отримання МД; у разі виведення з ладу ТМС, отримані за допомогою комплексу МД дозволять оперативно забезпечити споживачів інформацією щодо поточних МУ.

Подальша розробка. Для удосконалення конструкції та покращення характеристик комплексу планується: заміна типу (класу) носія для забезпечення підвищення його керованості та стійкості до впливу зовнішніх метеорологічних факторів; нарощування функціональних спроможностей шляхом використання датчику напрямку та швидкості вітру; удосконалення характеристик МРЗ для збільшення дальності радіозв'язку, підвищення його стійкості та швидкості передачі даних; удосконалення навігаційної систем комплексу шляхом заміни GPS-модуля БАЗМД на більш сучасніший; удосконалення СПЗ.

Список використаних джерел

1. Weather Drones From Meteomatics — Meteodrones// Meteomatics. URL: <https://www.meteomatics.com/en/meteodrones-weather-drones/> (дата звернення: 21.03.2025)
2. LoRaSX1278. URL: https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3179/sx1276_77_78_79.pdf (дата звернення: 21.03.2025)
3. GPS-модуль GY-NEO6MV2. URL: https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf (дата звернення: 21.03.2025)
4. AS3935 від DFRobot. URL: https://wiki.dfrobot.com/Gravity%3A%20Lightning%20Sensor%20SKU%3A%20SEN0290#More_Documents (дата звернення: 21.03.2025)
5. DHT22 // Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/docs/DHT22.pdf> (дата звернення: 21.03.2025).

УДК 004.8:004.932:616.711

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕРАТИВНИХ ЗМАГАЛЬНИХ МЕРЕЖ (GAN) ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ МІЧЕНИХ ЗРАЗКІВ У ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Щербань Олексій

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Віктор Синєглазов, д.т.н., професор*

Ключові слова: GAN, AC-WGAN-GP, гіперспектральні зображення, генерація мічених зразків, машинне навчання.

Вступ. Гіперспектральна зйомка є потужним інструментом для аналізу земної поверхні. Проте ефективна класифікація таких даних ускладнюється через нестачу мічених зразків. Більшість традиційних методів машинного навчання вимагають великого обсягу мічених даних, що часто є недосяжним через високу вартість та складність їх отримання. Одним із рішень є застосування генеративних моделей, таких як AC-WGAN-GP, для синтезу нових мічених зразків, що покращує класифікацію в умовах обмежених маркованих даних [1, 2].

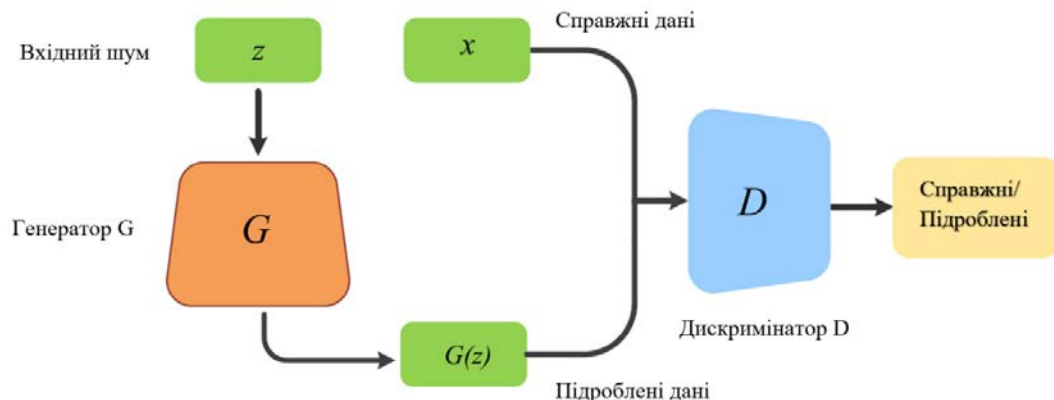


Рисунок 1. Архітектура GAN.

Мета. Метою цього дослідження є оцінка ефективності генеративних змагальних мереж (GAN) для синтезу мічених зразків, що дозволяє покращити класифікацію гіперспектральних зображень за умов обмежених маркованих даних.

Матеріали та методи. Об'єкт дослідження – модель AC-WGAN-GP для генерації маркованих зразків, які покращують класифікацію гіперспектральних зображень при обмежених маркованих даних. Модель складається з генератора, який створює синтетичні зразки за умовними мітками класів, та дискримінатора з класифікатором для оцінки їх реальності. Для стабільності навчання застосовується градієнтний штраф [3].

Методика: навчання моделі на обмеженій вибірці маркованих зображень для генерування нових зразків. Після попередньої обробки даних (нормалізації та зменшення розмірності) генератор створює синтетичні зразки, які оцінюються дискримінатором. Для

стабільності процесу навчання вводиться градієнтний штраф. Згенеровані зразки використовуються для тренування класифікаторів, таких як SVM, та оцінки точності за стандартними метриками [4].

Результати. Модель AC-WGAN-GP була навчена на обмеженій вибірці маркованих даних, після чого згенеровані зразки були використані для тренування класифікаційних моделей, зокрема SVM.

Після навчання AC-WGAN-GP, якість згенерованих зразків оцінювалась за допомогою кількох метрик, таких як точність класифікації та F1-міра. Порівняння результатів показало, що використання згенерованих зразків призводить до покращення класифікації, зокрема в умовах обмеженого обсягу маркованих даних. Точність класифікації на тестовій вибірці зросла на 15-20% порівняно з базовим методом, який використовував лише оригінальні марковані зразки [5].

Додатково було проведено порівняння AC-WGAN-GP з іншими генеративними моделями, такими як стандартні GAN та WGAN без класифікаційної складової. Результати показали, що AC-WGAN-GP забезпечує кращу якість згенерованих зразків, що позитивно позначається на класифікаційній здатності моделі, завдяки інтеграції додаткового класифікатора в дискримінатор та застосуванню градієнтного штрафу для стабільності навчання [6].

Висновок : Генерація мічених зразків за допомогою AC-WGAN-GP є ефективним методом для покращення класифікації гіперспектральних зображень при обмежених вибірках. Отримані результати можуть бути корисними для дистанційного зондування, екологічного моніторингу та інших застосувань гіперспектрального аналізу.

Список використаних джерел:

1. Ghamisi, P. et al. "New Frontiers in Spectral-Spatial Hyperspectral Image Classification." IEEE Geo-Sci. Remote Sens. Mag., 2018.
2. Bioucas-Dias, J.M. et al. "Hyperspectral remote sensing data analysis and future challenges." IEEE Geosci. Remote Sens. Mag., 2013.
3. Nasrabadi, N.M. "Hyperspectral Target Detection: An Overview of Current and Future Challenges." IEEE Signal Process. Mag., 2013.
4. Zhu, X.X. et al. "Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review." IEEE Geosci. Remote Sens. Mag., 2017.
5. Goodfellow, I. et al. "Generative Adversarial Nets." NeurIPS, 2014.
6. Gulrajani, I. et al. "Improved Training of Wasserstein GANs." NeurIPS, 2017.

УДК 621.39

МЕТОДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ КОНТАКТ-ЦЕНТРУ

Михайло Головань, Віктор Гнатюк

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ
Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації,
Київ

Науковий керівник – Віктор Гнатюк, к.т.н., доц.

Ключові слова: контакт-центр, автоматизація, чат-бот.

Актуальність теми автоматизації діяльності контакт-центру зростає в умовах швидко змінюваного ринку послуг та зростаючих очікувань споживачів. Контакт-центри є ключовими елементами в управлінні взаємовідносинами з клієнтами (CRM), оскільки вони забезпечують перший рівень взаємодії та можуть суттєво впливати на рівень задоволеності клієнтів. Сучасні дослідження підкреслюють важливість інтеграції новітніх технологій, таких як штучний інтелект (AI) і автоматизація, для покращення ефективності роботи контакт-центрів. Наприклад, дослідження показують, що впровадження AI може знизити час очікування на зв'язок та підвищити швидкість обробки запитів [1]. Також, згідно з роботою [2], оптимізація бізнес-процесів через аналіз даних і прогнозування попиту дозволяє зменшити витрати та покращити якість обслуговування. Крім того, актуальність теми зумовлена змінами в поведінці споживачів: сьогодні клієнти очікують швидкого та зручного обслуговування через різноманітні канали комунікації. Відповідно, контакт-центри повинні адаптуватися до цих нових умов, щоб залишатися конкурентоспроможними.

Таким чином, дослідження автоматизації роботи контакт-центрів не лише актуальне, але й необхідне для забезпечення конкурентоспроможності підприємств у сучасному бізнес-середовищі. З огляду на це, метою даної роботи є автоматизація роботи контакт центру задля підвищення ключових показників його діяльності.

Оптимізація роботи контакт-центру під час пікового навантаження може бути здійснена кількома методами:

1. Інтелектуальне маршрутизація запитів. Використання автоматизованих систем для маршрутизації запитів на основі їх типу, складності або каналу.
2. Використання чат-ботів та автоматизації. Автоматизація частини запитів через чат-боти або автовідповідачі може знизити навантаження на операторів.
3. Розширення робочого часу та гнучкий графік. Запровадження гнучкого графіку роботи або розширення робочого часу для окремих операторів під час піків навантаження допоможе зменшити час очікування для клієнтів.

4. Реалізація омніканальної стратегії. Інтеграція всіх каналів зв'язку в єдину платформу дозволяє операторам більш ефективно працювати з запитами, незалежно від того, яким чином вони були отримані.

5. Прогнозування навантаження та планування ресурсів. Використання аналітики для прогнозування пікового навантаження на основі історичних даних та подій, що можуть викликати сплеск активності (наприклад, рекламні кампанії).

6. Перенесення частини навантаження на інші канали. Можна стимулювати клієнтів використовувати менш навантажені канали, такі як електронна пошта або чат, замість телефонних дзвінків.

7. Удосконалення системи пріоритезації запитів. Надання пріоритету більш важливим або терміновим запитам допоможе оптимізувати обслуговування та знизити загальне навантаження.

8. Навчання персоналу. Регулярне навчання операторів допомагає підвищити їхню ефективність і швидкість реагування на запити, що дозволить скоротити час обслуговування клієнтів.

Висновок : Автоматизація роботи контакт-центрів є актуальним напрямом, що дозволяє підвищити ефективність обслуговування клієнтів, зменшити операційні витрати та покращити якість взаємодії. Запровадження інтелектуальних систем маршрутизації, чат-ботів, омніканальних платформ та аналітики дозволяє оптимізувати навантаження та забезпечити стабільну роботу контакт-центру навіть у пікові періоди. Застосування прогнозування навантаження, навчання персоналу та адаптація графіків роботи сприяють підвищенню рівня задоволеності клієнтів і забезпечують конкурентні переваги підприємствам. Подальші дослідження в цій сфері можуть бути спрямовані на розробку нових методів інтеграції AI-технологій, аналіз ефективності впроваджених рішень та оцінку їх впливу на бізнес-показники.

Список використаних джерел:

1. Jain, R., Gupta, A., & Singh, P. (2021). The impact of artificial intelligence on customer service efficiency in contact centers. *Journal of Service Research*, 24(3), 321-336. <https://doi.org/10.1177/1094670520931234> .

2. Smith, J., Brown, T., & Lee, K. (2022). Optimizing business processes in contact centers through data analytics. *International Journal of Operations Management*, 45(2), 178-195. <https://doi.org/10.1108/IJOM-11-2021-0645> .

УДК 621.395.7

МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ DDoS-АТАК У VOIP-СИСТЕМАХ

Іван Горбачов¹, Віктор Гнатюк^{1,2}

¹Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

²Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації,

Київ

Науковий керівник – Віктор Гнатюк, к.т.н., доц.

Ключові слова: DDoS-атака, VoIP-система, машинне навчання, нейронна мережа.

Захист VoIP-систем від DDoS-атак є критичною проблемою, оскільки такі атаки можуть призвести до значних фінансових втрат і зниження якості обслуговування користувачів. Існуючі методи виявлення атак часто базуються на сигнатурному аналізі або традиційних правилах, що обмежує їхню ефективність у випадках нових або модифікованих атак. Метою цієї роботи є розробка методу виявлення DDoS-атак у VoIP-системах на основі машинного навчання, що забезпечує високу точність класифікації аномального трафіку. Дослідження полягають у використанні машинного навчання для виявлення DDoS-атак [1], автори досліджують ефективність глибокого навчання для виявлення кібератак, включаючи DDoS. Вони підкреслюють, що нейронні мережі, такі як LSTM та CNN, показують високу точність у виявленні аномалій у мережевому трафіку. Дослідження [2] описує вразливість VoIP-систем, включаючи DDoS-атаки, та пропонує методи захисту. Автори підкреслюють важливість аналізу параметрів трафіку, таких як джиттер та затримка, для виявлення аномалій. У статті [3] порівнюються різні методи виявлення вторгнень, включаючи Random Forest. Автори показують, що цей алгоритм є ефективним для класифікації атак у реальному часі.

При проведенні аналізу сучасних наукових джерел щодо виявлення DDoS-атак у VoIP-системах слід відмітити, що машинне навчання є ефективним інструментом для виявлення DDoS-атак у VoIP-системах. Найбільш перспективними підходами є використання глибокого навчання (LSTM, CNN) та ансамблевих методів (Random Forest).

Зважаючи на результати аналізу було запропоновано та розроблено метод виявлення аномалій у VoIP-системах під час DDoS-атак, який за допомогою машинного навчання можна представити на кількох етапах:

Етап 1. Підготовка даних (Dataset preparation).

Етап 2. Навчання моделі (Training).

Етап 3. Передбачення (Prediction).

Етап 4. Оцінка моделі (Model Evaluation).

Етап 5. Масштабування та тестування на великих даних.

Етап 6. Моніторинг та адаптація моделі.

Після розгортання моделі в реальному часі важливо стежити за її продуктивністю. Якщо кількість хибних позитивів (FP) або хибних негативів (FN) збільшується, потрібно адаптувати модель:

- перенавчання на нових даних для забезпечення кращої адаптації до змін у поведінці атак;
- аналіз помилок виявлення моделей аномалій, які модель не змогла правильно класифікувати.

Математичні формули для регуляризації, оцінки складності або адаптації моделі також можуть бути додані для покращення результатів.

Цей підхід дозволяє виявляти та попереджати DDoS-атаки в VoIP-системах за допомогою ефективних алгоритмів машинного навчання.

Висновок : У роботі було проведено аналіз сучасних наукових підходів до виявлення DDoS-атак у VoIP-системах. Було розглянуто основні типи атак, їх вплив на функціонування мережі, а також методи виявлення, що базуються на класичних сигнатурних та аномалійних підходах. Особливу увагу приділено використанню машинного навчання, зокрема багатосарових перцептронів (MLP), як ефективного інструменту для класифікації мережевого трафіку та ідентифікації аномальних поведінкових шаблонів. У результаті проведеного дослідження було розроблено метод виявлення DDoS-атак у VoIP-системах, що базується на аналізі характеристик мережевого трафіку за допомогою нейронної мережі MLP. Для навчання та тестування моделі використано відкритий датасет CICDDoS2019, що містить реальні зразки трафіку під час DDoS-атак.

Список використаних джерел:

13. M. A. Ferrag, L. Maglaras, H. Janicke, "Deep Learning for Cyber Security Intrusion Detection: Approaches, Datasets, and Comparative Study", *Journal of Information Security and Applications*, 2020. [DOI:10.1016/j.jisa.2020.102631](https://doi.org/10.1016/j.jisa.2020.102631)
14. S. Zeadally, F. Siddiqui, "VoIP Security: Vulnerabilities and Countermeasures", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2019. [DOI:10.1109/COMST.2019.2917278](https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2917278)
15. A. Khraisat, I. Gondal, P. Vamplew, "Survey of Intrusion Detection Systems: Techniques, Datasets and Challenges", *Cybersecurity*, 2019. [DOI:10.1186/s42400-019-0038-7](https://doi.org/10.1186/s42400-019-0038-7)

УДК 621.396.9:004.312.46:004.7

Методи підвищення енергоефективності пристроїв IoT в мережах 5G

Антон Чермянін

"Державне некомерційне підприємство ""Державний університет ""Київський авіаційний інститут""", Київ,

Науковий керівник – Олександр Соломенцев, д.т.н., проф.

Ключові слова: 5G, оптимізація, енергоефективність, штучний інтелект, алгоритми керування радіоресурсами

Вступ. Розвиток бездротових мереж п'ятого покоління (5G) стикається з низкою викликів, таких як високі енергетичні витрати, складність управління радіо ресурсами та необхідність адаптації до змінних умов навколишнього середовища. Метою роботи є проведення комплексного дослідження методів оптимізації мереж 5G для адаптивного управління ресурсами, оцінку їхньої практичної ефективності в умовах реального використання.

Огляд літератури. Актуальні наукові дослідження зосереджені на впровадженні штучного інтелекту для адаптивного управління мережами 5G, прогнозування навантаження та динамічного перерозподілу ресурсів. Дослідження [5] демонструє ефективність когнітивних мереж для покращення продуктивності та мінімізації затримок. Автори [4] аналізують новітні підходи до управління спектральними ресурсами у 5G на основі гібридних моделей оптимізації. У роботі [6] вивчається ефективність MEC (Multi-access Edge Computing) для зменшення затримок та покращення швидкості передачі даних.

Матеріали і методи. За останні роки значно зросла кількість пристроїв IoT у мережах 5G. Через це, виходить на перший план питання їх енергоефективності.

Визначено ключові фактори, які заважають знизити енергоспоживання:

- Обмеження у використанні спектральних ресурсів та необхідність ефективного їхнього розподілу [4].
- Затримки передачі даних призводять до збільшеного енергоспоживання, через неможливість пристрою перейти у режим сну [3].
- Використання більш захищених протоколів автентифікації та шифрування даних [2].
- Відсутність адаптивного управління пристроями IoT [1].

Результати дослідження. У дослідженні проаналізовано результати запровадження алгоритмів оптимізації та управління ресурсами у мережах IoT 5G на виробництвах. Поєднання AI, MEC та алгоритмів оптимізації дозволяє значно підвищити ефективність роботи 5G-мереж. Адаптивні алгоритми керування ресурсами на основі машинного навчання

дозволяють зменшити затримки передачі даних у середньому на 20%. Впровадження МЕС (Multi-access Edge Computing) сприяє скороченню затримок на 25% та зниженню споживання енергії IoT пристроями. Застосування інтелектуальних алгоритмів дозволяє знизити витрати енергії базовими станціями на 22%. Проте, також виявлено і основні обмеження існуючих методів оптимізації мереж 5G, зокрема у використанні спектральних ресурсів, управлінні енергоспоживанням та мінімізації затримок. Проведено порівняння математичних моделей та алгоритмів, які застосовуються для оптимізації роботи мереж, включаючи методи лінійного та нелінійного програмування, машинного навчання та когнітивні технології. Вибір математичних моделей та алгоритмів, які застосовуються для оптимізації роботи мереж, залежить від потреб мережі, доступних ресурсів та складності завдання оптимізації.

Висновок : Проведене дослідження підтвердило, що ефективна оптимізація мереж 5G можлива лише за умови поєднання декількох підходів: математичного моделювання, штучного інтелекту та адаптивного управління мережею. Отримані результати свідчать про доцільність впровадження когнітивних алгоритмів у керування спектральними ресурсами, застосування МЕС для зменшення затримок. Подальші дослідження мають бути спрямовані на адаптацію запропонованих алгоритмів до мереж 6G та їхнє тестування у реальних умовах.

Список використаних джерел

- [1] Zhang, H., "AI-Driven Optimization in 5G Networks," IEEE Transactions on Communications, 2023.
- [2] Brown, K., "Quantum Algorithms for 5G Security," IEEE Quantum Journal, 2023.
- [3] Patel, S., "Multi-Access Edge Computing in 5G Applications," ITU Journal on Future Networks, 2023.
- [4] Wilson, R., "Hybrid Spectrum Management Models in 5G Networks," Journal of Network Optimization, 2023.
- [5] Sun, Y., "Cognitive Networks and Deep Learning Approaches," IEEE Communications Magazine, 2022.
- [6] Kim, J., "Multi-Access Edge Computing for Low-Latency Applications," ACM SIGCOMM, 2023.

УДК 656.71.06:656.7.08 (043.2)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ

Бєлов Сергій

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Заліський Максим, д.т.н., проф.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), нейронна мережа, розпізнавання образів

Вступ. Як відомо, за останні кілька років терміни «штучний інтелект» і «нейронні мережі» все-таки вирвалися з наукової фантастики й академічного середовища в широкі маси і зараз перебувають на слуху навіть у звичайних обивателів і здобули досі небачену популярність завдяки успішним реалізаціям практично у всіх сферах людської життєдіяльності.

Мета дослідження. Метою дослідження є стислий аналіз застосовності технологій штучного інтелекту (ШІ) для розпізнавання об'єктів на зображеннях, а саме для виявлення та розпізнавання небезпечних і заборонених об'єктів на знімках рентгенівських інтроскопів. Об'єктом дослідження є процес доглядового контролю багажу, а предметом дослідження – методи і моделі розпізнавання об'єктів на зображеннях за допомогою ШІ. Методи дослідження включають аналіз, аналіз літератури та абстрагування.

Результати. Відомо, що ШІ є окремим напрямом комп'ютерних наук. Згідно з [1] ШІ – це науково-технічна галузь, присвячена розробленим системам, що генерують результати, такі як зміст, прогнози, рекомендації або рішення для заданого набору цілей, що визначаються людиною. У цьому напрямі уже понад два десятиліття нейронні мережі успішно застосовуються в багатьох сферах людської життєдіяльності, зокрема і як один із методів комп'ютерного зору. Наприклад, вони можуть застосовуватися для ідентифікації осіб на зображенні для контролю доступу на смартфоні, для виявлення предметів на потоковому відео, для прогнозування часових рядів тощо. Основним гравцем на цьому полі є нейрон. Нейрон – це елемент обробки, що складається з безлічі входів, одного виходу, а всередині – суматора і функції активації (яка застосовується до суми входів) [1]. Сама ж нейронна мережа складається з нейронів, які можуть об'єднуватися у шари. На сьогоднішній день існує велика кількість різних архітектур нейронних мереж і методів виявлення і розпізнавання об'єктів. Ось найактуальніші з них:

1. CNN (Convolutional Neural Network, згорткові нейронні мережі) – це багатошарові мережі, спеціально розроблені для опрацювання шаблонних даних, що робить їх винятково придатними для завдань розпізнавання зображень [2].

2. ViT (Vision Transformer, зоровий трансформер) – це архітектура нейронної мережі на основі механізму багатоголової уваги. Цей вид призначений спеціально для задач комп'ютерного зору. Приклад використання див. у [3].

3. Аналіз границь із використанням нейромережових детекторів, таких як HED [4], pldinet [5], dexinet [6].

4. Каскади Гаара – ознаки цифрового зображення, що використовуються для розпізнавання образів [7].

Варто звернути увагу на одну особливість у рентгенівських знімках інтроскопів, а саме можливу наявність тіні від опромінюваних об'єктів [8]. Це пов'язано із конструкцією інтроскопа: опромінюваний об'єкт розташований у просторі між джерелом рентгенівського випромінювання та екраном. Для деяких предметів наявність тіні підвищує ймовірність хибної тривоги. Таким чином, потрібно враховувати цей ефект і використовувати різні методи відновлення тіньового зображення. Під час відновлення тіньового зображення використовуються математичний апарат звичайної геометрії та закони фізики, зокрема закон Бугера. І хоча ці закони прості у своєму змісті, однак наявність широкого різноманіття об'єктів контролю, їх можливого розтушування у просторі та спостереження їх на тлі інших об'єктів та шуму значно ускладнює процес побудови тіньового зображення.

Висновок : Розглянуті методи III придатні для розв'язання задачі виявлення і розпізнавання небезпечних і заборонених об'єктів на рентгенівських знімках інтроскопів.

Список використаних джерел:

1. International Standard ISO/IEC 22989:2022. Information technology – Artificial intelligence – Artificial intelligence concepts and terminology.
2. P. Tsirtsakis, G. Zacharis, G. S. Maraslidis, G. F. Fragulis, Deep learning for object recognition: A comprehensive review of models and algorithms, International Journal of Cognitive Computing in Engineering, 2025, Volume 6, pp. 298–312. doi: 10.1016/j.ijcce.2025.01.004.
3. A. Dosovitskiy, et al., An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale, ICLR 2021, doi: 10.48550/arXiv.2010.11929.
4. S. Xie, Z. Tu, Holistically-Nested Edge Detection, International Conference on Computer Vision (ICCV), Santiago, Chile, 2015, pp. 1395–1403, doi: 10.1109/ICCV.2015.164.
5. Z. Su, et al., Pixel Difference Networks for Efficient Edge Detection, 2023, doi: 10.48550/arXiv.2108.07009
6. X. Soria, A. Sappa, P. Humanante, A. Akbarinia, Dense extreme inception network for edge detection, Pattern Recognition, 2023, Volume 139, doi: 10.1016/j.patcog.2023.109461.

7. P. Viola, M. Jones, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001, Kauai, HI, USA, 2001, pp. I-I, doi: 10.1109/CVPR.2001.990517.
8. M. Zaliskyi, O. Shcherbyna, L. Tereshchenko, A. Osipchuk, O. Zharova, Shadow Image Processing of X-Ray Screening System for Aviation Security, International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, 2022, Volume 14 (6), pp. 26–46. doi: 10.5815/ijigsp.2022.06.03.

UDC 621.396.96

CURRENT STATUS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF LANDING RADAR SYSTEMS

Oleh Karas

Kyiv Aviation Institute, Kyiv

Scientific advisor – Sytnianskykh Liubov,

senior lecturer of the Department

Keywords: radar landing system, aviation safety, development prospects, modernization, digital technologies.

Introductions. Modern radar landing systems (RLS) play a crucial role in ensuring the safety of aircraft during the most critical phase of flight - landing. Given the growing intensity of air traffic, in particular in military aviation, and the active use of unmanned aerial vehicles (UAVs), there is a need to increase the accuracy and reliability of RLS. The relevance of the topic is due to the need to modernize outdated systems and introduce new technologies.

Material and methods. To prepare the work, an analysis of scientific publications, technical characteristics and practical experience in the use of modern radar landing systems was conducted. The characteristics of such systems as RSP-6M2, RSP-10MN, RSP-10MA, as well as promising foreign models, for example, RSP-27 and RSP-28M, were considered. The main attention is paid to the analysis of technical characteristics, reliability and modernization capabilities.



Fig. 1. Appearance of RSP-10MA and RSP-27

Results. The analysis showed that a significant part of the equipment used today, in particular the RSP-6M2, is already obsolete and has a limited resource. At the same time, the latest systems, such as the RSP-10MA, demonstrate significant progress: increased resistance to interference, integration with digital networks and the ability to display the air situation in real time.

Promising areas of development have been identified:

- Implementation of digital signal processing technologies to reduce the impact of interference and increase the accuracy of navigation information.
- Integration with satellite navigation systems (e.g., GPS, Galileo), which allows for more flexible control of the approach trajectory.
- Modular approach to design to increase maintainability and simplify system modernization.

- Use of adaptive algorithms for the selection of moving targets to combat passive and active interference.
- Implementation of artificial intelligence technologies for automatic analysis of the air situation and prediction of potential threats.
- Development of lightweight mobile complexes for operational deployment at temporary airfields and field sites.
- Increasing the energy efficiency of systems through the use of solid-state transmitters, which reduces energy consumption and increases equipment reliability.
- Implementation of automatic diagnostic and self-monitoring systems that allow detecting malfunctions at early stages and minimizing maintenance time.
- Use of multifunctional antenna systems capable of simultaneously providing all-round visibility, direction finding and control of the landing trajectory.

Conclusion: The development of radar landing systems is critically important for ensuring air traffic safety. The main areas of improvement are digitalization, increasing accuracy and resistance to interference, integration with satellite technologies. Modernized systems must ensure stable operation in a complex radio-electronic environment and the ability to control the movement of not only manned aircraft, but also UAVs.

References:

1. 1. Kashchyshyn O.L., Vasyuta K.S., Kivshar O.A., Dolyna M.P. Current status and prospects for the development of radar landing systems. – Kharkiv: KhNUPS, 2019.
2. Schematic images - <https://www.radartutorial.eu/>
3. Nizienko B.I. Aspects of improving the air defense management system of Ukraine

УДК 656.71.06:656.7.08 (043.2)

КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ У ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Сайко Роман

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Заліський Максим, д.т.н., проф.

Ключові слова: виклики, системи виявлення вторгнень, машинне навчання, телекомунікаційні мережі

Швидке розширення телекомунікаційних мереж, особливо з поширенням 5G значно збільшило кібер-ризик. Впровадження систем виявлення вторгнень (СВВ) на основі машинного навчання (МН) стає критично важливим рішенням для захисту цих мереж. Однак цей процес стикається з численними викликами, що впливають на ефективність роботи таких СВВ. Одним з найсуттєвіших викликів є масштабованість СВВ на основі МН. Телекомунікаційні мережі генерують величезні обсяги трафіку в реальному часі, ускладнюючи ефективну обробку. Просунуті моделі МН вимагають значних обчислювальних ресурсів, що може викликати проблеми із затримкою та перешкоджати виявленню загроз у реальному часі [1]. Крім того, моніторинг у реальному часі вимагає високошвидкісної обробки даних, що часто неможливо здійснити за допомогою СВВ на основі МН через брак обчислювальних ресурсів.

Моделі МН потребують великих розмічених наборів даних для навчання та перевірки. Однак телекомунікаційні мережі включають зашифровані та неоднорідні дані, що ускладнює створення якісного набору даних. Багато існуючих наборів даних, які використовуються для виявлення вторгнень, не в змозі точно відобразити реальний трафік, що призводить до поганого узагальнення моделі [2]. Крім того, ручна розмітка даних мережевого трафіку займає багато часу та не виключає людський фактор, що знижує загальну надійність моделей МН у виявленні кіберзагроз.

Значним викликом для СВВ на основі МН є змагальні атаки, коли кіберзлочинці маніпулюють вхідними даними, щоб обійти СВВ. Зловмисники можуть модифікувати шаблони мережевого трафіку неочевидними способами, щоб уникнути виявлення. Нещодавні дослідження підкреслили зростаючу складність змагальних атак, націлених на обхід СВВ на основі МН в телекомунікаційних мережах, наголошуючи на необхідності більш надійних моделей [3]. Однак створення надійних моделей СВВ, здатних протистояти агресивним введенням, вимагає неодноразового повторного донавчання та великих обчислювальних ресурсів.

Відомо, що СВВ на основі МН часто стикаються з високим відсотком помилкових спрацьовувань, коли легітимна мережева активність помилково позначається як зловмисна. Це може перевантажити команди мережевої безпеки надлишковими сповіщеннями та сповільнити час

реагування на реальні кіберзагрози. У телекомунікаційних мережах зменшення відсотку помилкових спрацьовувань при збереженні високої точності виявлення залишається складним завданням [1]. Точне налаштування моделей МН для досягнення балансу між чутливістю та специфічністю має вирішальне значення для покращення їх практичного використання. Як правило телекомунікаційні мережі є складними та багатокомпонентними, тому інтеграція СВВ на основі МН у таке середовище є значним викликом. Проблеми сумісності, брак стандартизації та проблеми взаємодії ще більше ускладнюють розгортання СВВ на основі МН [4].

Телекомунікаційна індустрія суворо врегульована законодавчо, це стосується збору, зберігання та обробки даних. СВВ на основі МН потребують доступу до величезних обсягів даних користувачів, що викликає занепокоєння щодо конфіденційності та потенційних порушень нормативних документів. Дотримання законів про захист даних, таких як GDPR і CCPA, має вирішальне значення для телекомунікаційних провайдерів, що ускладнює баланс між ефективним виявленням загроз та конфіденційністю користувачів [2]. Щоб вирішити ці проблеми, необхідні безпечні механізми обміну даними та методи МН, що зберігають конфіденційність.

Висновок: Хоча СВВ на основі МН пропонують багатообіцяючий прогрес у телекомунікаційній безпеці, їх широкомасштабне впровадження є значним викликом. Масштабованість, якість даних, конкурентні загрози, помилкові спрацьовування, інтеграція інфраструктури та проблеми конфіденційності залишаються ключовими перешкодами. Вирішення цих проблем вимагає постійних досліджень і розробки адаптивних, ресурсоефективних і конфіденційних моделей МН.

Список використаних джерел:

9. E. Dritsas, M. Trigka, Machine Learning in Information and Communications Technology: A Survey. Information, 2025, Volume 16, 8. doi: 10.3390/info16010008.
10. N. Moustafa, et al., Explainable Intrusion Detection for Cyber Defences in the Internet of Things: Opportunities and Solutions, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volume 25(3), pp. 1775–1807. doi: 10.1109/COMST.2023.3280465.
11. O. Ajibuwa, B. Hamdaoui, A. A. Yavuz, AI/ML-Driven Intrusion and Misbehavior Detection in Networked Autonomous Systems: A Survey, 2023. doi: 10.48550/arXiv.2305.05040.
12. E. F. Gyamfi, A. D. Jurcut, Intrusion Detection in Internet of Things Systems: A Review on Design Approaches Leveraging Multi-Access Edge Computing, Machine Learning, and Datasets, Sensors, 2022, Volume 22(10), 3744. doi: 10.3390/s22103744.

УДК 004.738

СИНТЕЗ ТРАНСПАРЕНТНОЇ ПРИКЛАДНОЇ ІНТЕРНЕТ-СИСТЕМИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИСОКИЙ РІВЕНЬ ГАРАНТОВАНOSTІ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ

Костянтин Зандер¹, Віктор Гнатюк^{1,2}¹Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ²Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації, Київ

Науковий керівник – Віктор Гнатюк, к.т.н., доц.

Ключові слова: прикладна інтернет-система, структура операційного середовища, транспарентність.

Існує широке коло прикладних інтернет-систем, де є принципово важливим забезпечити не тільки високий рівень ефективності захисту персональних даних клієнтів, але і високий рівень довіри щодо коректної реалізації цієї системи [1]. Принцип гарантованості та захищеності в таких системах базується на довірі користувачів до того, що конфіденційність та цілісність їхніх персональних даних не можуть бути порушені без їхнього відома. Користувачі таких систем повинні мати можливість самостійно перевіряти дії адміністраторів та інших суб'єктів, що впливають на операційне середовище прикладних програм. Однак, управління такими системами вимагає певного рівня доступу адміністраторів для діагностики та налаштування, що викликає необхідність в удосконалених методах контролю з боку клієнтів.

Робота присвячена проблемі забезпечення належного рівня гарантій захисту персональних даних в таких системах шляхом використання прозорого операційного середовища (транспарентного) для клієнтів щодо дій адміністраторів цієї системи.

Запропоновано структуру транспарентної прикладної інтернет-системи (рис.1), яка згідно специфікацій НД ТЗІ 2.4-99 забезпечує найвищий рівень гарантованості захисту персональних даних клієнтів Г-7.

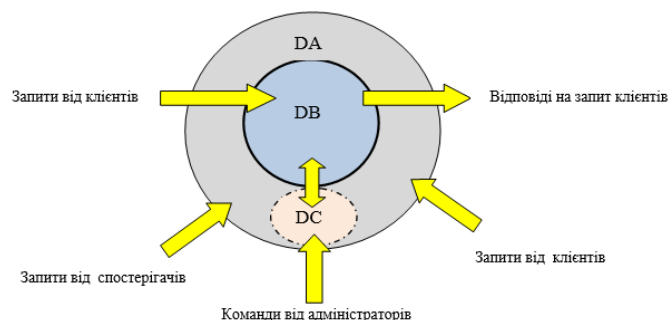


Рис.1. Транспарентна структура прикладної Інтернет-системи, що забезпечує гарантованість захисту даних клієнтів на рівні Г-7

Структура середовища (рис. 1) складається із трьох доменів – DA, DB та DC. Зовнішній домен DA – це домен засобів спостереження за діями будь-яких суб'єктів, що намагаються отримати доступ до операційного середовища прикладної системи. Ці засоби спостереження призначені для забезпечення повного контролю усіх процесів доступу до операційного середовища системи. Тим самим забезпечується прозорість системи не тільки з боку клієнтів системи, але і з боку будь-яких інших пересічних громадян. Внутрішній домен DB - це домен об'єктів захисту, порушення цілісності та конфіденційності котрих не припускається ні за яких обставин. Внутрішній домен DC – це домен адміністраторів системи. У ньому містяться засоби початкової інсталяції та адміністрування, що не мають відношення до об'єктів домену DB. Тобто, у штатному режимі надання послуг засоби домену DC абсолютно ізольовані від об'єктів домену DB. Так що адміністратори не можуть впливати на процеси в домені DB. Якщо структура операційного середовища прикладної системи буде відповідати зазначеним вище умовам, то у режимі надання послуг її адміністратори згідно п.6.5 НД ТЗІ 1.1-002-99 будуть мати найнижчий рівень можливостей проведення діалогу з прикладною системою (тільки можливість запуску фіксованого набору програм, що реалізують заздалегідь передбачені функції обробки інформації) у той час, як її клієнти зможуть самотійно упевнитись у недоторканості своїх персональних даних. У свою чергу, щоб забезпечити прозорість системи, структура її операційного середовища має відображати логіку прийнятих обмежень в правах доступу усіх можливих груп користувачів до усіх створених об'єктів цього середовища. Така структура в режимі надання послуг має забезпечувати: ізоляцію даних, тобто організована логічна ізоляція персональних даних, доступ до яких мають лише клієнти і адміністратори; моніторинг, тобто має бути організовано неперервний контроль за діями адміністраторів у реальному часі; прозорість, тобто побудована прозора структура системи, що дозволяє користувачам та стороннім спостерігачам фіксувати всі дії, пов'язані із персональними даними.

Висновок : Запропоновано структуру операційного середовища прикладної інтернет-системи, що забезпечує високий рівень гарантій захисту персональних даних клієнтів. Ця структура заснована на моделі прозорості операційного середовища, яка відповідає вимогам НД ТЗІ 2.5-005-99. Загалом, характеристики запропонованої структури, правила розмежування доступу, а також моделі загроз і захисту свідчать про те, що їх практична реалізація зможе забезпечити високий рівень довіри з боку клієнтів інтерактивних інтернет-систем.

Список використаних джерел

1. Вишняков В.М., Пригара М.П., Воронін О.В. Відкрита система таємного голосування. Управління розвитком складних систем, 2014, №20, С. 110 – 115.

УДК 621.396.67(043.2)

APPLICATION OF SOFTWARE DEFINED RADIO FOR UAV DIRECTION FINDING AND TRACKING

Fedir Katushonok

*State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv**Scientific supervisor – Olga Shcherbyna, professor.***Keywords:** Software Defined Radio, Unmanned Aerial Vehicle, Angle of Arrival.

Introduction

Software Defined Radio (SDR) is a configurable radio system where operations are controlled by software, allowing flexibility across various communication standards. SDR is widely used for its adaptability, speed, and accessibility in applications like network research, data telemetry, and Angle of Arrival (AOA) measurement [1-4].

Purpose

The purpose of this work is to investigate the possibilities of using SDR for the tasks of direction finding and tracking signals from UAVs of different protocols and ranges to build an adaptive antenna system.

Materials and Methods

Combining antenna arrays with SDR technology allows for adaptive antenna systems, enhancing signal performance and minimizing interference. Figure 1 shows the structure of a modern SDR receiver.

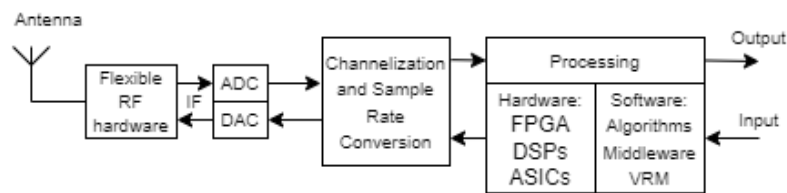


Fig. 1. Structural diagram of an SDR receiver

Results

For this research, a pair of bladeRF 2.0 micro xA4 SDR were used, with a frequency range of 47 MHz to 6 GHz and a sampling rate of 61.44 MHz. Each receiver was configured to receive in 2-channel coherent mode, to keep phase difference measurement precise enough. Additionally, a 4-element antenna array was employed, as shown in Figure 2. Phase difference in horizontal plane was calculated by horizontally aligned antennas pair, and in vertical planes – by vertically aligned pair.

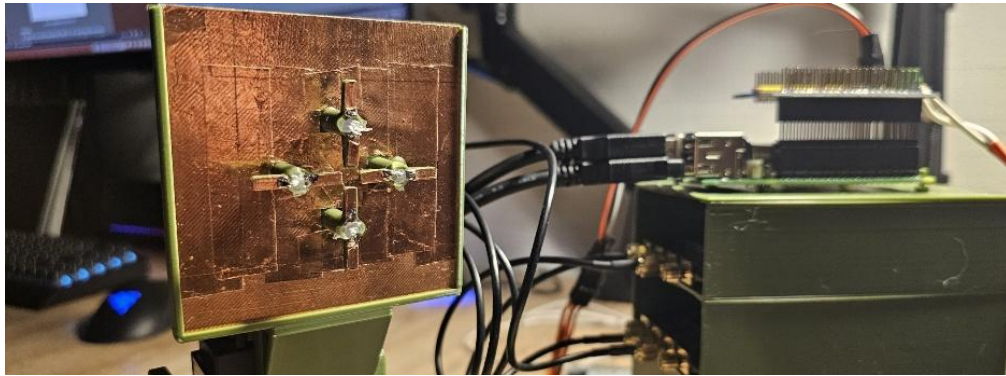


Fig. 2. 4-element antenna array

After calculating phase differences, the average AoA is determined using a Moving Average algorithm and sent to servos for alignment. Figure 3 illustrates the system's performance.

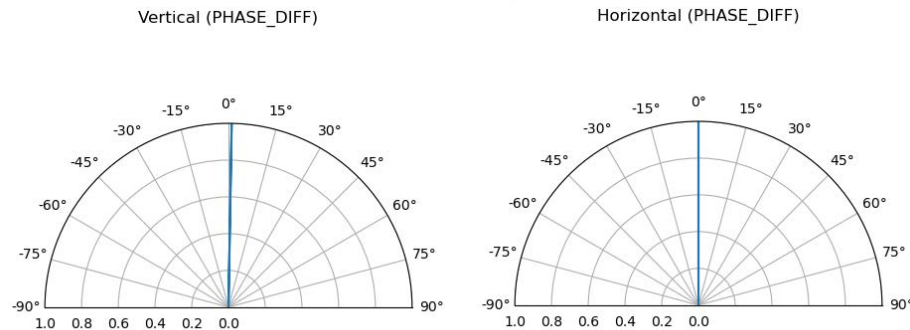


Fig. 3. Calculated AoA from UAV

Conclusion: The application of SDR for UAV direction finding and tracking demonstrates significant potential in enhancing adaptive antenna systems. The integration of SDR technology with antenna arrays allows for precise angle of arrival measurements, thereby improving the accuracy and efficiency of UAV tracking. This research underscores the transformative impact of SDR on modern communication and tracking systems, paving the way for future advancements in the field.

References:

16. Hussein, Z., Francois, S., Oumaya, B. & Thierry, V. SYLOIN: Measuring angle of arrival of LoRa signals using software defined radio. In 2021 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN) 1–8 (2021).
17. Dai, Z., He, Y., Tran, V., Trigoni, N. & Markham, A. DeepAoANet: Learning angle of arrival from software defined radios with deep neural networks. *IEEE Access* 10, 3164–3176 (2022).
18. Tuğrel, H. B., Alakoca, H., Kurt, G. K. & Ayyıldız, C. Angle of arrival (AoA) estimation by using software defined radios. In 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU) 1429–1432 (2016).
19. Nakata, H. et al. Software-defined radio-based HF doppler receiving system. *Earth Planets Space* 73, 209 (2021).

УДК 629.7.066(477)(043.2)

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПЕРЕХОДУ НА ATN/IPS В АВІАЦІЙНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ УКРАЇНИ

Семен Дорошенко, аспірант

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Георгій Конахович, д.т.н., проф..

Ключові слова: авіація, електрозв'язок, телефонія, якість голосу, передача даних.

Вступ. В сучасних умовах стрімкого розвитку авіаційної авіація, електрозв'язок, телефонія, якість голосу, передача даних інфраструктури та інформаційних технологій мережевий зв'язок стає надзвичайно важливим елементом безпеки та ефективності повітряного руху. Відновлення та модернізація авіаційної інфраструктури України після завершення війни та відкриття повітряного простору є стратегічно важливим завданням для забезпечення безпеки та ефективності польотів. Ключовим аспектом цього процесу є інтеграція сучасних технологій передачі даних в мережу авіаційного електрозв'язку (АЕЗ). Перехід до нової архітектури мережі ATN/IPS (Aeronautical Telecommunication Network over Internet Protocol Suite) є невід'ємною частиною цього процесу.

Матеріали та методи. В ході дослідження використано методи аналізу та систематизації щодо вимог нормативно-технічної документації основних регуляторів діяльності авіаційної галузі.

Результати. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) та Європейська організація з обладнання цивільної авіації (EUROCAE) визначили вказівки щодо реалізації переходу до мереж на базі протоколу IP. Розглянемо детальніше основні з них.

Загальні технологічні вимоги. Мережа ATN/IPS повинна базуватися на використанні протоколу IPv6, який забезпечує глобальну адресацію та масштабованість відповідно до рекомендацій RFC 2460 та RFC 4291 [1]. Для забезпечення надійного обміну даними на транспортному рівні застосовується протокол TCP [1], тоді як для сервісів, критично чутливих до затримок, зокрема для голосового зв'язку, використовується UDP [1]. Для гарантування безпеки та захисту інформації у мережі передбачено впровадження протоколів IPsec та IKE2 [1], що забезпечують шифрування та автентифікацію трафіку. Важливою вимогою є також реалізація голосового зв'язку для систем управління повітряним рухом (ATM - Air Traffic Management) на базі технології VoIP. Додатково, мережа повинна підтримувати протокол BGP для міждомової маршрутизації та інтеграцію з системою SWIM (System Wide Information Management), що забезпечує централізоване управління інформацією в авіаційній сфері.

Вимоги до VoIP (Voice over Internet Protocol) у сфері ATM. До ключових вимог щодо якості передачі голосу в авіаційних ATM-системах відносять низькі показники затримок і стабільність сигналу. Зокрема, максимальна затримка сигналів управління не повинна перевищувати 100 мс [2], а

затримка передачі голосу в наземних мережах має залишатися в межах 130 мс. Для забезпечення плавності та безперервності голосової комунікації встановлено обмеження на джиттер — він не повинен перевищувати 30 мс. Крім того, допустимий рівень втрат пакетів має бути меншим за 1%, що забезпечує стабільну якість сигналу. Для підтримання належного рівня якості голосового зв'язку коефіцієнт MOS (Mean Opinion Score) повинен бути не нижчим за 4.0 [2]. Також важливою вимогою є використання шифрування SRTP (Secure Real-time Transport Protocol) для захисту переданих даних, а також впровадження заходів захисту від атак типу DoS (Denial of Service) з метою підвищення надійності та безпеки мережевих сервісів.

Вимоги до інтероперабельності та відповідності стандартам. Мережа повинна підтримувати сучасні протоколи та стандарти, такі як SIP [3] для встановлення та управління сеансами зв'язку, RTP для передачі голосового трафіку в реальному часі, а також IPv6 для забезпечення довгострокової масштабованості адресного простору. Для пріоритезації трафіку та оптимізації маршрутизації впроваджуються механізми DiffServ і MPLS-TE, що дозволяють ефективно розподіляти ресурси мережі відповідно до класів сервісу. Архітектура мережі повинна бути сумісною з усіма основними компонентами систем управління повітряним рухом, включно з АТС-консолями, комунікаційними шлюзами та серверами сигналізації. Для забезпечення надійного контролю за роботою мережі та її компонентів передбачено використання протоколу SNMP, який дозволяє здійснювати централізований моніторинг та управління мережевою інфраструктурою в режимі реального часу.

Висновок: Впровадження сучасної архітектури мережі ATN/IPS є стратегічно важливим кроком для модернізації авіаційної інфраструктури України. Забезпечення якісного та безпечного АЕЗ можливе завдяки інтеграції сучасних мережевих рішень. Для ефективного функціонування систем управління повітряним рухом передбачається впровадження VoIP-технологій. Забезпечення вимог до затримок, втрат пакетів та якості голосового зв'язку дозволяє досягти належного рівня безпеки та ефективності комунікацій в сфері АТМ.

Список використаних джерел:

1. Manual on the Aeronautical Telecommunication Network (ATN) Using Internet Protocol Suite (IPS) Standards and Protocols: Doc 9896. – Second Edition. – (ICAO),2015. – 112pp.
2. ED-136 Voice over IP ATM System Operational and Technical Requirements. – EUROCAE, 2009
3. ED-137 Interoperability Standards for VoIP ATM Components. Parts 1,2,3. – EUROCAE, 2009

ДК 004.896:621.39 (043.2)

ПІДХІД ДО РОЗПІЗНАВАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДУЛЯЦІЇ В 5G НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Богдан Котик, Денис Бахтіяров, Павло Наконешний

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Денис Бахтіяров, к.т.н., доц.*

Ключові слова: Машинне навчання, нейронна мережа, 5G, кумулянти високого порядку, цифрова модуляція, ReLU, Softmax, Adam, зворотне поширення.

Вступ. У цифровому зв'язку правильна ідентифікація використовуваних типів модуляції є ключовою для забезпечення надійної обробки отриманих сигналів. В даний час існує кілька підходів інтелектуального аналізу даних, які пропонують ефективні рішення проблем щодо автоматичного розпізнавання цифрової модуляції. Одним із цих підходів є штучна нейронна мережа, а саме багатошарова нейронна мережа, яка являє собою багатошаровий персептрон (MLP), кожен шар якого з яких складається з багатьох нейронів.

Матеріали і методи. Функцією активації була вибрана «ReLU». Проста нелінійна функція ReLU перетворює вхідний сигнал, установлюючи всі негативні значення на нуль і зберігаючи позитивні значення незмінними. У цьому випадку вихід кожного нейрона визначається наступним чином:

$$o^{(j,1)} = \text{ReLU}(df_j) = \max(0, df_j), \quad (1)$$

Для визначення типу модуляції використовується функція класифікації, яка називається функцією Softmax. У цьому випадку функція Softmax представлена таким чином:

$$o^{(k,1)} = f(df_k) = e^{df_k} / \sum_{k=1}^{N_k} e^{df_k}, \quad (2)$$

де $o^{(k,1)}$ – передбачення k-го нейрона вихідного шару.

У процесі навчання нейронна мережа спочатку робить оцінки на основі вхідних даних, а потім порівнює ці оцінки з правильними відповідями, щоб отримати помилку. Алгоритм зворотного розповсюдження, який був обраний, - Адам, може бути описаний:

$$w_i(t+1) = w_i(t) - \frac{\lambda}{\sqrt{\hat{v}_t + \epsilon}} m_t, \quad (3)$$

де $w_i(t)$ і $w_i(t+1)$ – попередні та оновлені значення вагового коефіцієнта i-го нейрона, λ – швидкість навчання.

В якості визначальних характеристик для навчання нейронної моделі розрізняти види модуляції були обрані кумулянти двовимірних випадкових процесів і змішані моменти, які

корелюють з ними. Кумулянт випадкового процесу — це коефіцієнт розкладання логарифма характеристичної функції випадкового процесу в степеневий ряд Тейлора:

$$\ln \theta(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_n(ix)^n}{n!}, \quad (4)$$

Результати. Для класифікації цифрових модуляцій було підготовлено набір даних, що складається з 10 000 різних сигналів (1 000 сигналів для кожного типу модуляції), з яких 7 200 використано для навчання, 1 800 для валідації і 1 000 для тестування. На рисунку 1 представлено алгоритм розпізнавання типів цифрової модуляції.

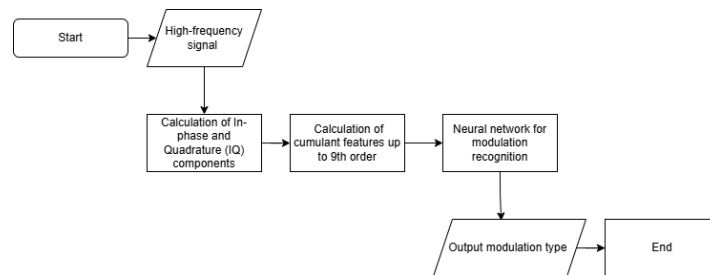


Рисунок 1. Алгоритм розпізнавання типів цифрової модуляції

Висновок : Спільні кумулянти та моменти є чудовими інформаційними ознаками для визначення типів модуляції. з ідеальною синхронізацією приймача, тобто з відомою частотою та початковою фазою прийнятого сигналу. Дослідження впливу кількості прихованих шарів нейронної системи на точність розпізнавання типу цифрової модуляції показало , що персептрон із трьома прихованими шарами з відмінною точністю розпізнає типи модуляції цифрового сигналу. Наприклад, при SDN 5 дБ точність виявлення модуляції становила приблизно 0,99.

Список використаних джерел:

1. Kotyk, B., Bakhtiarov, D., Lavrynenko, O., Chumachenko, B., Antonov, V., Fesenko, V., Chupryn, V. Neural network approach to 5G digital modulation recognition (2025) CEUR Workshop Proceedings, 3925, pp. 82-92. (<https://ceur-ws.org/Vol-3925/paper07.pdf>)

УДК 621.396.96

РАДІОЛОКАЦІЙНЕ ВИМІРЮВАННЯ ДАЛЬНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ ОБ'ЄКТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШИРОКОСМУГОВОГО ЗОНДУВАЛЬНОГО СИГНАЛУ

Олександр Ільїн, Володимир Таран

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Ігор Прокопенко, д.т.н., проф.***Ключові слова:** радіотехнічні пристрої, вимірювачі, радар, вимірювання дальності.

Сучасні літальні апарати вимагають високої точності визначення відстаней до об'єктів та їх швидкостей для навігації, посадки, дозаправки у повітрі та вирішення інших завдань. Помилки вимірювань можуть призвести до відхилень у траєкторії руху, зниження ефективності та підвищення ризику аварійних ситуацій. Зі збільшенням вимог до точності авіаційної та космічної навігації вдосконалення радіодалекомірів стає необхідністю [1].

Об'єктом дослідження є процес формування та обробки широкосмугових сигналів в радіолокаційних системах вимірювання дальності та швидкості об'єктів. Для наукового обґрунтування результатів досліджень процесів формування та обробки сигналів в радіодалекомірах використаний метод комп'ютерного моделювання для обчислення спектру та взаємкореляційної функції сигналу.

У роботах [2, 3] зазначається, що використання широкосмугових зондувальних сигналів в радіодалекомірах дозволить підвищити роздільну здатність та точність вимірювання дальності. В якості такого зонду оптимально використати сигнали з шумоподібною модуляцією:

$$u_c(t) = U_{c0} \cdot \sin(2\pi \cdot w_{c0}t + \beta_0 p_t), \quad (1)$$

де $U_{c0} = 1$ В – амплітуда сигналу; $w_{c0} = 40$ МГц – несуча частота; $\beta_0 = 1$ – індекс модуляції; p_t – число з масиву випадкових чисел p , яке обирається відповідно до відліку часу t .

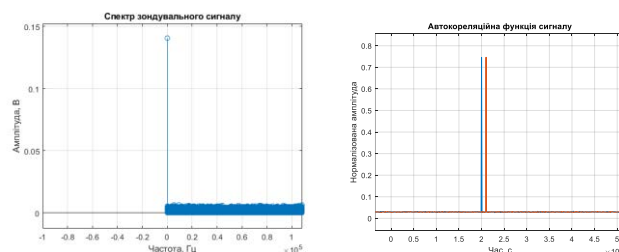


Рис.1. Спектр сигналу з шумоподібною модуляцією (зліва) та взаємкореляційна функція (справа)

Дальність до об'єкту визначається часовою затримкою τ , яку отримує сигнал при проходженні від радіодалекоміру до цілі і назад. Для знаходження часовою затримкою τ необхідно побудувати взаємкореляційну функцію зондувального сигналу та відбитого від

об'єкту сигналу з часовою затримкою τ . На рис. 1 перший пік функції (синій) відповідає першій цілі з затримкою $\tau_1 = 0,2$ мс, другий пік функції (оранжевий) відповідає другій цілі з затримкою $\tau_2 = 0,21$ мс. Розрахунок радіальної швидкості об'єкту потребує визначення доплерівського зсуву частоти відбитого від об'єкту сигналу. Для цього необхідно подати зондувальний сигнал та відбитий від об'єкту сигнал на змішувач та фільтр низьких частот (який виділяє інформаційну складову). Пік спектру на рис. 2 відповідає доплерівському зсуву $f_d = 80$ Гц. Відношення сигнал/шум на рис.1 та рис. 2 дорівнює $SNR = 1$ дБ.

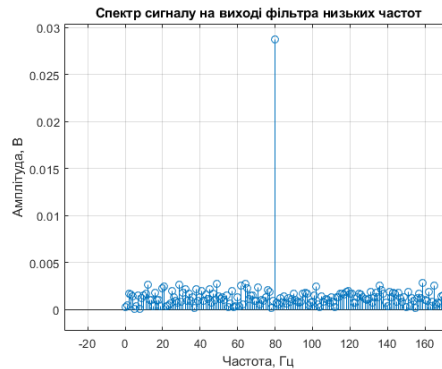


Рис.2. Спектр сигналу на виході фільтра низьких частот

Висновок: З рисунків видно, що всі піки функцій чіткі та легко відокремлюються один від одного, тобто використання широкосмугових сигналів з шумоподібною модуляцією дозволяє досягти високої роздільної здатності та точності навіть на тлі завад. При цифровій обробці такого сигналу точність вимірювання дальності та швидкості об'єкту визначається, насамперед, частотою дискретизації системи.

Список використаних джерел:

20. G. W. Stimson, H. Griffiths and C.B. Baker, "Introduction to Airborne radar", Mendham: SciTech Publishing, 2014
21. Корнильєв Э. А. Устойчивые алгоритмы в автоматизированных системах обработки информации / Э. А. Корнильєв, И. Г. Прокопенко, В. М. Чуприн. – К. : Техника, 1989.– 224 с.
22. O. Ilin, I. Prokopenko and V. Taran, "The Method of Distance Measurement Using a Broadband Noise-like Signal," *2024 IEEE 7th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Development (APUAVD)*, Kyiv, Ukraine, 2024, pp. 68-71.

УДК 004.415:004.7

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Роман Гамрецький¹, Віктор Гнатюк^{1,2}

¹ Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

² Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації,
Київ

Науковий керівник – Віктор Гнатюк, к.т.н., доц.

Ключові слова: якість програмного забезпечення, інформаційно-комунікаційні системи, моделі оцінки, штучний інтелект

Вступ

Інформаційно-комунікаційні системи (ІКС) відіграють важливу роль у сучасному суспільстві, забезпечуючи ефективність взаємодії організацій, клієнтів і технологій. В умовах зростання складності ІКС, використання хмарних технологій, мікросервісів, інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту (AI), забезпечення високої якості програмного забезпечення (ПЗ) набуває вирішального значення. Традиційні моделі оцінки якості, такі як ISO/IEC 25010, CMMI, McCall та інші, часто не враховують повною мірою сучасні виклики.

Метою роботи аналіз існуючих методів та моделей оцінки якості ПЗ в ІКС, визначення їх недоліків, а також розробка рекомендацій щодо їх вдосконалення відповідно до сучасних технологічних вимог.

У роботі проведено аналіз та порівняння таких моделей і методів: ISO/IEC 25010 (SQuaRE), CMMI, McCall, Boehm, Dromey, FURPS/FURPS+, GQM (Goal-Question-Metric), ISO/IEC 9126, Total Quality Management, Six Sigma [1-10].

Для порівняння моделей було сформовано матрицю з такими критеріями: надійність, продуктивність, юзабіліті, безпека, масштабованість, модульність, інтероперабельність, підтримка й обслуговування, гнучкість, ефективність витрат [11].

Порівняльний аналіз виявив такі особливості досліджених методів:

- Найбільш комплексною та адаптованою до сучасних вимог є модель ISO/IEC 25010, яка охоплює більшість необхідних характеристик, зокрема надійність та безпеку.
- Модель CMMI ефективна для оцінки зрілості процесів розробки ПЗ, але недостатньо детально враховує технічні аспекти, такі як безпека, масштабованість та продуктивність.
- Моделі McCall, Boehm та Dromey мають високий рівень абстрактності й потребують додаткової адаптації для сучасних технологічних викликів.

- Методології TQM та Six Sigma найбільше підходять для оцінки ефективності процесів і витрат, проте мало враховують специфічні технічні критерії якості ПЗ, необхідні для ІКС.

- Жодна модель повністю не враховує вимоги щодо енергоспоживання та екологічної стійкості систем, що є важливим для сучасних умов.

Висновок : Існуючі методи та моделі оцінки якості ПЗ частково відповідають сучасним вимогам до ІКС, проте мають суттєві недоліки, які потребують вдосконалення, а саме:

- Підвищення адаптивності моделей до новітніх технологій, таких як хмарні обчислення, IoT та AI.

- Інтеграція показників кібербезпеки як обов'язкового критерію оцінки якості.
- Врахування критеріїв користувацького досвіду (юзабіліті, задоволеність користувача).
- Застосування AI та машинного навчання для автоматизації оцінки якості.
- Використання комплексних підходів з урахуванням міждисциплінарних аспектів, зокрема економічних, організаційних та екологічних критеріїв.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку інтегрованих моделей, здатних комплексно й точно оцінювати якість ПЗ з урахуванням сучасних вимог ІКС.

Список використаних джерел:

1. *Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—System and software quality models: ISO/IEC 25010:2023*. Geneva: International Organization for Standardization, 2023.
2. *CMMI for Development, Version 2.0* / CMMI Institute, 2018.
3. McCall J. A. *Factors in Software Quality*. General Electric, 1977.
4. Boehm B. W. *Characteristics of software quality*. North-Holland Pub. Co., 1978.
5. Dromey R. G. *A model for software product quality*. // IEEE Transactions on Software Engineering. – 1995. – Vol. 21, No. 2. – P. 146–162.
6. Ziemek M. *Documenting non-functional requirements using FURPS+* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://marcinziemek.com/blog/content/articles/8/article_en.html
7. Basili V. R., Caldiera G., Rombach H. D. *The Goal Question Metric Approach* // Encyclopedia of Software Engineering. – 1994. – P. 528–532.
8. *Software engineering—Product quality—Part 1: Quality model: ISO/IEC 9126-1:2001*. Geneva: International Organization for Standardization, 2001.
9. Oakland J. S. *Total Quality Management*. – Routledge, 2003.
10. Pyzdek T., Keller P. A. *The Six Sigma Handbook*. – 4th ed. – McGraw-Hill, 2014.
11. Гамрецький Р., Гнатюк В. Огляд та аналіз методів та моделей оцінки якості програмного забезпечення в інформаційно-комунікаційних системах. *Наукоємні технології*, 2024, № 4, т. 64, с. 435–448.

УДК 004.738:621.39 (043.2)

ІННОВАЦІЇ ТА ТЕНДЕНЦІЇ У ВПРОВАДЖЕННІ ТЕХНОЛОГІЇ ULTRA-WIDEBAND (UWB) У СПОЖИВЧІ ПРИСТРОЇ

Андрій Лелеко, Денис Бахтіяров, Павло Наконешний

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Денис Бахтіяров, к.т.н., доц.

Ключові слова: UWB (Ultra-Wideband), смартфони, інтеграція, автовиробники, смарт-годинники, стандартизація, чіпи UWB, позиціонування

Вступ. Ультра-широкосмугова (UWB) технологія набуває все більшої популярності у застосуванні в завдяки своїй здатності забезпечувати точне вимірювання відстані та безпечний доступ, що робить її привабливою для споживчого ринку. Які тенденції розвитку даної технології, та які проблеми і виклики її очікують ?

Розвиток UWB у смартфонах:

З 2019 по 2023 рік UWB була інтегрована в смартфони, починаючи з моделей iPhone, а також в преміум серії Samsung Galaxy та інших виробників. У 2024 році очікується значний ріст ринку UWB-смартфонів завдяки інтеграції нових чіпсетів від Qualcomm.

Основні напрямки розвитку:

Роль автомобільних виробників. Автовиробники, такі як Nio і Polestar, починають випускати власні смартфони для покращення інтеграції з автомобілями, що дозволяє збирати дані про користувачів та покращувати сервіси, підвищуючи лояльність клієнтів.

Смарт-годинники та конкуренція. Apple домінує на ринку UWB-годинників, проте конкуренція з боку Huawei та Google зростає. У 2024 році очікується впровадження нових функцій, що дозволять розширити застосування UWB у цій категорії.

Застосування UWB у смарт-домах. Системи на базі UWB, інтегровані в смарт-колонки, забезпечують нові можливості для обміну аудіо та управління пристроями, що підвищує їх функціональність.

Ключові фактори впровадження UWB:

Доступність чіпів: розробка та масове виробництво чіпів UWB, що забезпечують інтеграцію в різні пристрої, є критично важливими для швидкого впровадження технології.

Попит на ринку: зростаючий попит на рішення з високою точністю позиціонування та новими функціями стимулює виробників до впровадження UWB.

Стандартизація: розробка та прийняття міжнародних стандартів для UWB полегшить інтеграцію технології в різні пристрої. Швидкий розвиток стандартів UWB, зокрема

впровадження нової специфікації 802.15.4ab, має потенціал покращити безпеку та точність, відкриваючи нові можливості для комерційних застосувань

Регуляторні вимоги: сприятливе регуляторне середовище буде сприяти розвитку технології.

Визнання споживачами: підвищення обізнаності споживачів про переваги UWB може збільшити попит на пристрої з цією технологією.

Висновок : UWB технологія має великий потенціал для революціонізації споживчих пристроїв, зокрема у сферах мобільних телефонів, смарт-годинників та домашньої автоматизації, що вимагає подальшого дослідження та інновацій. Також варто зазначити, що на даний момент не впроваджено застосування UWB технології для мобільного зв'язку.

Список використаних джерел:

2. Giorgio Zanella. UWB market consumer devices trends.
(<https://technotrend.substack.com/p/uwb-market-consumer-devices-trends>)
3. Yuka Muto. UWB Is Here to Stay: Now What? (<https://www.litepoint.com/blog/uwb-is-here-to-stay-now-what/>)
4. Andrew Zignani. Nearly 5 Years after the First UWB Smartphone, Is the Technology Flourishing or Floundering? (<https://www.abiresearch.com/market-research/insight/7784160-nearly-5-years-after-the-first-uwb-smartph>)
5. Alexander Heinrich, Sören Krollmann, Florentin Putz, Matthias Hollick. Smartphones with UWB: Evaluating the Accuracy and Reliability of UWB Ranging.
(<https://arxiv.org/pdf/2303.11220>)

УДК 621.396.96

КРИТЕРІЇ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛ СИГНАЛІВ ПРОТИДІЇ БПЛА

Катерина Долінчук

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ**Науковий керівник – Геннадій Жиров, к.т.н., с.н.с., доц.*

Ключові слова: математичні моделі, джерела сигналів, протидія БПЛА, радіоелектронна боротьба, спектральна щільність, адаптивні алгоритми, локалізація джерел сигналів.

Вступ

Сучасне застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у цивільній та військових сферах супроводжується загрозами з боку джерел сигналів протидії [1]. Такі джерела можуть порушувати роботу навігаційних систем БПЛА, призводячи до втрати контролю, як зазначено в роботах [2, 3]. Відсутність ефективних методів локалізації цих джерел обмежує можливості захисту критично важливих об'єктів.

Мета

Визначити ключові критерії для побудови математичної моделі локалізації джерел сигналів протидії БПЛА, з урахуванням таких параметрів, як точність визначення місця розташування, енергетична ефективність та адаптивність до різних сценаріїв впливу.

Матеріали та методи

Дослідження базується на аналізі трьох основних типів джерел перешкод, описаних у [4]. Імпульсні джерела з фазовою модуляцією (ФМ-4) описується моделлю, подібною до тієї, що використовується в [5]:

$$s_{\text{имп}}(t) = A \cdot \sum_n \delta(t - nT) \cdot \cos(2\pi f_c t + \varphi_n),$$

Де A — амплітуда, T — період, φ_n — фазова модуляція. Цей тип джерел використовується для точкового придушення сигналів керування БПЛА.

Шумові джерела (AWGN) моделюються як гаусівський процес [6]:

$$s_{\text{шум}}(t) = N_0 \cdot \int_{-\infty}^{\infty} W(f) \cdot e^{j2\pi f t} df,$$

де N_0 — спектральна щільність потужності, $W(f)$ — вагова функція. Шумові джерела ефективні для створення перешкод у широкому діапазоні частот.

Адаптивні системи використовують машинне навчання для динамічного керування параметрами, базуючись на методах, описаних у [7]:

$$\alpha_k = \arg \min_{\alpha} \sum_{i=1}^N \left\| y_i - \sum_{k=1}^K \alpha_k s_k(t_i) \right\|^2$$

Віртуальне моделювання включало аналіз поширення сигналів з урахуванням затухання за законом Фрііса, розрахунок спектральної щільності потужності з використанням методів з [8], оцінку перекриття частотних діапазонів та статистичну обробку даних з використанням алгоритмів машинного навчання.

Результати: Експериментальні дослідження виявили суттєві відмінності в ефективності різних підходів до локалізації джерел перешкод. Імпульсні системи з фазовою модуляцією (ФМ-4) продемонстрували високу точність локалізації ($89 \pm 3\%$) на відстанях до 500 метрів, проте потребували значних енерговитрат (200 Вт). Експоненційна залежність точності від відстані з коефіцієнтом 0.02 вказує на необхідність додаткових алгоритмів корекції для підтримки ефективності на великих дистанціях. Шумові джерела (AWGN) показали дещо нижчу точність ($72 \pm 6\%$), але забезпечили повне кругове покриття (360°) завдяки особливостям спектральної щільності. Оптимізація параметрів дозволила знизити енергоспоживання до 120 Вт, хоча широкий частотний діапазон залишається їх основним обмеженням. Найбільш перспективними виявилися адаптивні системи, які поєднали переваги обох підходів. Використання методів машинного навчання (SVM та нейронних мереж) дозволило досягти рекордної точності (93-95%) при зниженні енергоспоживання на 30%. Важливою перевагою став час реакції менше 100 мс, що робить їх ідеальними для динамічних умов. Порівняльний аналіз за критерієм коефіцієнта придушення (КП=90-92%) підтвердив їх перевагу, а гібридний підхід у MATLAB/Simulink забезпечив стабільний КП $\geq 88\%$ на відстанях до 1 км.

Висновок : Проведення дослідження дозволило встановити ключові критерії для розробки математичної моделі локалізації. Отримані результати свідчать, що оптимальним рішенням є комбінація імпульсних та адаптивних методів. Особливу перспективу має інтеграція квантових методів генерації шуму.

Список використаних джерел:

1. Smith J. Electronic Warfare Systems. IEEE Press, 2021. 256 с.
2. Lee H. Counter-Drone Technologies. Elsevier, 2023. 189 с.
3. Proakis J.G. Digital Communications. McGraw-Hill, 2001. 874 с.
4. Haykin S. Adaptive Filter Theory. Pearson, 2014. 712 с.
5. Bishop C.M. Pattern Recognition. Springer, 2006. 738 с.
6. Richards M.A. Radar Signal Processing. McGraw-Hill, 2014. 560 с.
7. Skolnik M.I. Radar Systems. McGraw-Hill, 2001. 892 с.
8. Документація MATLAB/Simulink. 2023. URL: <https://www.mathworks.com>

УДК 004.056.5 (043.2)

АНАЛІЗ КІБЕРЗАГРОЗ В 5G МЕРЕЖАХ

Марк Шишолік, Алла Пінчук, Роман Одарченко, Олег Полігенько

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ірина Козлюк, д.т.н., проф.

Ключові слова: 5G, кіберзагрози, SDN/NFV, інтернет речей (IoT), безпека мереж.

Широке впровадження мереж п'ятого покоління (5G) для підтримки критично важливих сервісів та Інтернету речей призводить до того, що наслідки кіберінцидентів у таких мережах можуть бути надзвичайно серйозними [2][3]. Дослідження відзначають, що складна архітектура 5G (включно з віртуалізацією та програмно-визначеними компонентами) розширює поверхню атаки і породжує нові кіберзагрози [3]. Отже, забезпечення кібербезпеки 5G-мереж є актуальним завданням для галузі телекомунікацій [2].

Метою роботи є огляд основних кіберзагроз у 5G-мережах та визначення найбільш критичних вразливостей і засобів захисту від них.

У дослідженні проаналізовано сучасні наукові публікації з безпеки 5G-мереж [2][3]. Об'єктами аналізу були типові атаки на елементи архітектури 5G (фізичні, мережеві, програмні загрози). Використано методи системного аналізу, класифікації загроз та узагальнення рекомендацій з кіберзахисту на основі джерел [1–3].

Кіберзагрози в 5G-мережах є різноплановими; умовно їх можна поділити на фізичні, мережеві та програмні [1]. Фізичні загрози пов'язані з впливом на матеріальні компоненти інфраструктури. Наприклад, обладнання базових станцій 5G, яке часто розміщується у відкритих локаціях, може стати об'єктом несанкціонованого втручання [3]. Стійкість мережі може опинитися під загрозою, якщо навмисно припинити роботу вузлів живлення чи каналів зв'язку. Щоб запобігти фізичним атакам, слід посилювати захист критичних компонентів, запроваджуючи обмежений доступ, відеоспостереження та резервуючи критичні елементи мережі.

Мережеві загрози включають атаки на протоколи зв'язку та сервіси мережі. Відомим прикладом є вразливості протоколу тунелювання GTP, які можуть бути використані зловмисниками для перехоплення або перенаправлення трафіку [1]. Також небезпечними є DDoS-атаки на центральні елементи керування – зокрема, на контролери програмно-конфігурованих мереж (SDN) – що може зупинити роботу всієї системи [2]. До мережевих загроз відносяться й атаки на бездротовий інтерфейс (глушіння радіосигналу, фальшиві базові станції), метою яких є порушення зв'язку або перехоплення даних (наприклад, перехоплення ідентифікаторів абонентів). Основні методи захисту на мережевому рівні – це наскрізне

шифрування і взаємна аутентифікація трафіку в 5G, сегментація мережі (поділ на ізольовані «слайси») та моніторинг аномальної активності для раннього виявлення атак [2].

Програмні загрози пов'язані з вразливостями у програмному забезпеченні мережевих елементів і кінцевих пристроїв. Масове підключення IoT-пристроїв у 5G підвищує ризик ботнет-атак: шкідливе ПЗ може інфікувати тисячі сенсорів чи камер і використати їх для координованої DDoS-атаки на мережу [3]. У самому мережевому обладнанні критичними є вразливості віртуалізованих компонентів: зокрема, компрометація гіпервізора NFV або встановлення шкідливого програмного забезпечення у хмарну інфраструктуру може надати зловмиснику контроль над всією інфраструктурою [2]. Захист від програмних загроз передбачає регулярне оновлення та патчі систем, використання засобів виявлення вторгнень і шкідливого програмного забезпечення, а також сувору ізоляцію віртуальних середовищ (щоб вразливість однієї служби не дала доступу до інших компонентів мережі)[2].

Таким чином, 5G впроваджує нові технології, що одночасно породжують нові вразливості, тож кібербезпека 5G-мереж вимагає комплексного підходу із врахуванням фізичного, мережевого та програмного рівнів захисту.

Висновок : Проведений огляд дозволив систематизувати сучасні кіберзагрози 5G-мереж та відповідні методи протидії. Новизна результатів полягає в узагальненні розрізнених даних про кіберзагрози 5G, що підкреслює пріоритетність розробки комплексних заходів захисту для забезпечення надійності цих мереж у майбутньому.

Список використаних джерел:

1. Mohan J. P., Sugunaraaj N., Prakash R. Cyber Security Threats for 5G Networks. – IEEE Int. Conf. on Electro Information Technology (EIT), 2022.
2. Ahmad I., Kumar T., Liyanage M., et al. 5G Security: Analysis of Threats and Solutions. – IEEE Conf. on Standards for Communications and Networking (CSCN), 2017.
3. Khan R., Kumar P., Jayakody D. N. K., Liyanage M. A Survey on Security and Privacy of 5G Technologies: Potential Solutions, Recent Advancements, and Future Directions. – IEEE Commun. Surveys & Tutorials, 2019.

УДК 621.396.96

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ ТОЧКОВИХ ЦІЛЕЙ

Данило Лахтирь, Роман Тимчишин

*Інститут інформаційних технологій та систем, Київ**Науковий керівник – Дмитро Волошенюк, к.т.н..*

Ключові слова: радіолокація, радар, ефективна площа розсіювання, обчислювальне електромагнітне моделювання, комп'ютерне моделювання.

Одним з основних показників, для визначення дальності виявлення радаром цілі, є ефективна площа розсіювання (ЕПР).

Мета: дослідити наявні методи комп'ютерного моделювання ЕПР. Надати оцінку точності результатів, отриманих методом обчислювального електромагнітного моделювання, порівнявши їх з теоретичними обчисленнями.

Матеріали та методи: Основним методом дослідження радіолокаційних характеристик було обрано ефективну площу розсіювання цілі. Оцінка ЕПР була проведена методом обчислювального електромагнітного моделювання.

Радіолокація, або радіопозиціонування, — це процес визначення місцезнаходження та параметрів руху об'єкту за допомогою радіохвиль.

$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_s G^2 O_{\theta}^2 P_f}{P_{e_{min}} (4\pi B)^3}} \quad (1) \text{ – рівняння радіолокації}$$

Рівняння дальності радіолокації (1) пов'язує між собою максимальну дальність дії радіолокатора, його параметри, а також параметри цілі. Ефективна площа розсіювання цілі – площа поверхні такого еквівалентного вторинного випромінювача, який ізотропно розсіюючи енергію хвилі, що падає, створює в точці приймання таку ж щільність потоку енергії, як і реальна ціль.

$$P_f = \frac{4\pi B a^4}{O_{\theta}^2} \quad (2) \text{ – ЕПР квадратної пластини}$$

Для визначення ЕПР простих об'єктів існують формули (2). Для визначення ЕПР об'єктів зі складною геометрією доцільніше використовувати обчислювальне електромагнітне моделювання. Для даного дослідження було використано програму Altair Feko. Об'єкт дослідження - квадратна металева пластина з довжиною сторони 1м.

На рисунку 1, відображенні результати моделювання. Сила відбитого сигналу залежить від кута падіння, а також частоти сигналу.

Рис.1. Графік ЕПР для частоти сигналу 10 та 3 ГГц.

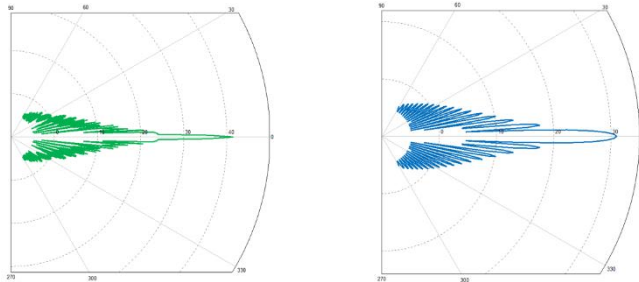


Табл. 1. – результати моделювання в з теоретичними обчисленнями

Частота	RCS пластини	
	Моделювання	Аналітичне рішення
10 ГГц	13 980m ²	13 981.3m ²
3 ГГц	1 260m ²	1 258.4m ²

порівнянні

Висновок: В таблиці 1 наведено порівняння результатів комп'ютерного моделювання з результатами обчислень використовуючи аналітичну формулу. Комп'ютерне моделювання дозволяє нам отримати точні результати.

Список використаних джерел:

23. S. J. Myint, C. Schneider, M. Röding, G. D. Galdo and R. S. Thomä, "Statistical Analysis and Modeling of Vehicular Radar Cross Section," 2019 13th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Krakow, Poland, 2019, pp. 1-5.
24. Aguilar, A. G., & Jakobus, U. (2018). Ray-Launching Geometrical Optics in FEKO: A Summary of the Last Four Years of Intensive Development. 2018 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium - China (ACES).
25. Документація по Altair Feko
https://help.altair.com/feko/pdf/Altair_Feko_User_Guide.pdf

УДК 621.396.96(043.2)

АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ ШВИДКИХ ОБ'ЄКТІВ

Смалюга Сергій

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ігор Прокопенко, д.т.н., проф.

Ключові слова: радіолокація, швидкі цілі, алгоритми виявлення

Вступ. Виявлення швидких повітряних цілей та космічних об'єктів – одна з найскладніших задач сучасної радіолокації. Через великий радіальний рух відлуння такої цілі за час когерентної обробки зміщується між дальністними елементами розрізнення (міграція по дальності), а відношення сигнал/шум знижується – як результат, виявлення цілі традиційними методами ускладнюється [1]. Більше того, надвеликі доплерівські зсуви можуть спотворювати результати обробки сигналу радикальним чином – зокрема, у радарів з фазовою модуляцією коду висока швидкість цілі здатна повністю змінити фазову послідовність прийнятого сигналу, що спотворює сигнал на виході узгодженого фільтру і унеможлиблює оцінювання параметрів цілі [2].

Мета дослідження. Застосування перетворення Хафа для виявлення швидких повітряних та космічних цілей з метою підвищення ймовірності виявлення в умовах низького відношення сигнал/шум та короткого часу спостереження. Об'єктами дослідження є моделі радіолокаційних цілей, що рухаються з високою швидкістю.

Результати. Експериментальні дослідження підтверджують, що класичні алгоритми виявлення (когерентне накопичення з фіксованим або адаптивним порогом) суттєво втрачають ефективність для цілей, чия швидкість перевищує певний поріг. Збільшення кількості накопичуваних імпульсів вже не дає виграшу оскільки сигнал "розмазується" за дальністю.

Інший підхід – алгоритми із оцінкою швидкості цілі в реальному часі, зокрема, метод із оцінюванням доплерівської швидкості на базі перетворення Хафа (НТ) та динамічного програмування для поступового нарощування енергії сигналу показав приріст SNR порядку 10 Дб та збільшення амплітуди сигналу в кілька разів [1] у порівнянні з класичним накопиченням, що істотно підвищує ймовірність правильного виявлення цілі.

Алгоритм на основі перетворення Хафа дозволяє накопичувати енергію від відгуку швидкої цілі протягом серії імпульсів, навіть якщо в окремих імпульсах сигнал не перевищує поріг детекції та відображає точки спостережень у просторі параметрів можливих траєкторій. Перетворення Хафа для прямої у двовимірному просторі працює за параметричним рівнянням прямої у вигляді $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ (1), x, y - де координати порогової точки радару; θ – кут нахилу прямої; ρ - відстань від початку координат до прямої (зсув), це дозволяє обробляти всі напрями

прямих. [3] Площина (θ, ρ) називається простором Хафа в двовимірному просторі. Через кожную точку площини (x, y) може проходити нескінченна кількість прямих, що буде відповідати синусоподібній кривій, що описується рівнянням (1). Якщо ці криві, що відповідають декільком точкам накладаються в просторі Хафа, то точка їх перетину відповідає точці траєкторії цілі (рис.1). Відповідно набір цих точок перетину кривих формують траєкторію цілі.

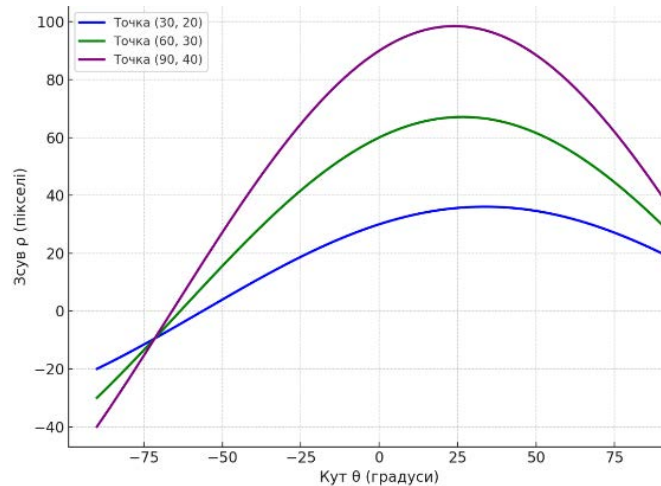


Рис.1. Простір Хафа для кількох точок

Для визначення наявності траєкторії алгоритм НТ використовує масив, який називається накопичувачем. Розмірність накопичувача дорівнює кількості невідомих параметрів (для лінійної трансформації використовується двовимірний масив). Для кожної виявленої точки та її сусідів алгоритм Хафа дискретизує простір параметрів $(R\theta, V)$ і для кожного отриманого відбиття від цілі збільшує відповідні значення у всіх комірках параметричного простору. Після обробки всіх кадрів формується багатовимірний накопичувач, піки в цьому просторі вказують на наявність цілей та оцінки їх параметрів (траєкторій).

На рис. 2 проілюстровано роботу НТ для швидкої цілі: а) вихідні дані після порогової обробки; б) простір Хафа множиною кривих; в) результат перетворення Хафа

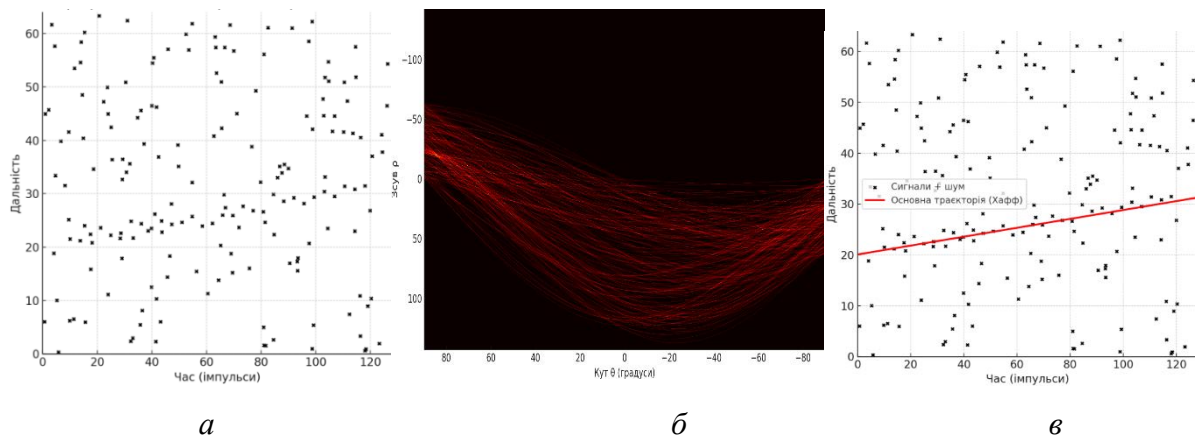


Рис.2. Ілюстрація роботи алгоритму Хафа

Когарентні класичні методи забезпечують високу точність вимірювання доплерівської швидкості (через спектральну роздільність FFT) та дальності (через узгоджену компресію імпульсу). Алгоритм Хафа теж дозволяє оцінити ці параметри – значення при яких досягається максимум в просторі $(R\theta, V)$, слугують оцінками дальності та швидкості цілі. Точність цих оцінок залежить від дискретизації простору параметрів та рівня шуму. За достатньої кількості накопичених імпульсів НТ може локалізувати траєкторію цілі з точністю, близькою до когерентної обробки, але зазвичай поступається методам із точною фазовою прив'язкою.

Переваги алгоритму НТ у виявленні швидких цілей наведено на рис.3 де порівнюється залежність ймовірності виявлення (Pd) від швидкості руху цілей для алгоритмів узгодженої фільтрації (Matched filter), перетворення Фур'є (STFT) та алгоритму Хафа (НТ)

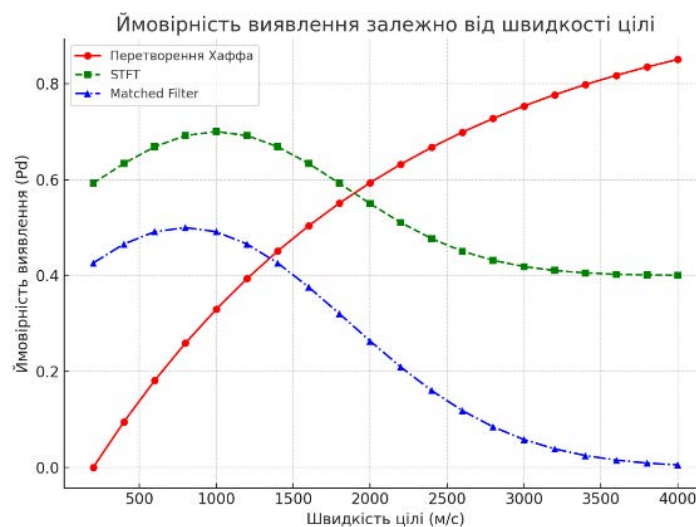


Рис.3. Залежність ймовірностей виявлення від швидкості цілі для алгоритмів Matched Filter, STFT та НТ

Висновок : Застосування адаптивних алгоритмів, зокрема дозволяє суттєво підвищити ймовірність виявлення швидких цілей навіть за умов низького SNR і значних доплерівських зсувів.

Список використаних джерел:

26. **Zhang J., Li J., Ma H., Wang Y.** High-speed moving target detection and tracking method based on speed estimation // *The Journal of Engineering (IET Radar Conf.)*. – 2019. – Vol. 2019, Issue 20. – P. 106–110.
27. **Zahra A. G., Mehany W., Ahmed F., Youssef A.** Radar detection and speed estimation of high-speed targets using phase-modulated waveforms // *Electronics Letters*. – 2023. – Vol. 59, No. 16. – e12918 (4 p.).
28. **Bo Yan, Na Xu, Wen-Bo Zhao, Lu-Ping Xu** A Three-Dimensional Hough Transform-Based Track-Before-Detect Technique for Detecting Extended Targets in Strong Clutter Backgrounds // *Sensors* 2019, 19(4), 881

УДК 004.7

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ CISCO SD-WAN НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКУ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ

Дмитрій Кравцов

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Анатолій Тараненко, к.т.н., доц.

Ключові слова: Cisco SD-WAN, корпоративна мережа, WAN, автоматизація, програмно-визначені мережі.

Вступ. У сучасних умовах цифрової трансформації телекомунікаційна складова відіграє ключову роль у забезпеченні безперебійної роботи підприємств, стабільного зв'язку та ефективного обміну даними [3]. Однак традиційні WAN-мережі не завжди відповідають зростаючим вимогам бізнесу, оскільки мережна інфраструктура поєднує у собі площину керування та площину даних, що обмежує гнучкість і ускладнює управління [2]. Рішення SD-WAN змінює підхід до управління мережею, відокремлюючи логіку мережі та передачу даних на дві окремі абстракції. В свою чергу, це дозволяє централізовано контролювати мережу, спрощуючи адміністрування та підвищуючи ефективність використання ресурсів.

Мета. Дослідження впливу технології Cisco SD-WAN на продуктивність, безпеку та ефективність корпоративних мереж, а також аналіз її переваг у порівнянні з традиційними WAN-рішеннями.

Матеріали та методи. Дослідження ґрунтується на комплексному аналізі наукових публікацій, практичному досвіді впровадження Cisco SD-WAN у корпоративні мережі та експериментальному моделюванні мережних сценаріїв [1][2][3][4]. Для цього було використано середовище GNS3, яке дозволило створити віртуальну тестову інфраструктуру, що імітує реальні умови функціонування корпоративних мереж. У рамках дослідження відтворювалася топологія SD-WAN із застосуванням контролера Cisco vManage, маршрутизаторів Cisco та імітацією підключення через MPLS та широкосмуговий інтернет. Аналіз ефективності мережних конфігурацій здійснювався шляхом оцінки показників продуктивності, стійкості з'єднань, рівня безпеки та масштабованості.

Результати. Впровадження технології Cisco SD-WAN у корпоративні мережі суттєво підвищує ефективність їх адміністрування та зміцнює кібербезпеку. Завдяки централізованій SDN-платформі спрощується управління мережею, оскільки політики маршрутизації змінюються динамічно, без фізичного втручання. Алгоритми динамічного вибору оптимального маршруту забезпечують вищу швидкість передавання даних [2][3], а інтелектуальне балансування трафіку сприяє рівномірному розподілу навантаження між

каналами зв'язку. Крім того, технологія SD-WAN спрощує розгортання та автоматизує конфігурацію пристроїв через SDN-контролер, що, в свою чергу, значно полегшує інтеграцію нових віддалених офісів.

Висновок : Технології програмно-роподілених рішень, зокрема Cisco SD-WAN, відкривають нові можливості для оптимізації продуктивності, безпеки та ефективності корпоративних мереж. Завдяки використанню адаптивної маршрутизації, централізованого керування та вдосконалених механізмів захисту даних компанії отримують більш надійну та гнучку інфраструктуру. Враховуючи постійний розвиток зростання обсягів трафіку та кіберзагроз, важливо постійно вдосконалювати методи оптимізації та управління мережею.

Список використаних джерел

1. Cisco Systems. (2023). Cisco SD-WAN Solution Overview. Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise-networks/sd-wan/nb-06-sd-wan-sol-overview-cte-en.html>
2. A comprehensive survey on software-defined wide area network (SD-WAN): principles, opportunities and future challenges / A. O. Mohamed та ін. A comprehensive survey on software-defined wide area network (SD-WAN): principles, opportunities and future challenges. URL: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s11227-024-06718-1>.
3. Naveen S., Abhishek S., Neha A. SD-WAN: The Future of Networking. SD-WAN: The Future of Networking. URL: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.51475>.
4. Ordabayeva, G., Saparbayev, A., Kirgizbayeva, B., Dzhsupbekova, G., & Rakhymbek, N. (2021). Analysis of network security organization based on SD-WAN technology. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(9 (113), 56–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242993>

УДК 004.056.5:004.738.5 (043.2)

BLOCKCHAIN ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ

Матвійчук-Юдін Олександр

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Георгій Конахович, д.т.н., проф.

Анотація. Можливості використання блокчейн для захисту інформаційних ресурсів є ефективним інструментом в сучасних технологіях інформаційної безпеки мереж. В дослідженні проаналізовано основні принципи функціонування блокчейну, зокрема механізми консенсусу Proof of Work (PoW) та Proof of Stake (PoS), які забезпечують безпеку даних. Визначено ключові переваги блокчейну, Особливу увагу приділено застосуванню блокчейн-технологій у різних сферах зберігання конфіденційних даних. Висвітлено перспективи інтеграції блокчейну в системі інформаційної безпеки.

Ключові слова: блокчейн, інформаційна безпека, захист даних, автентифікація.

Захист інформаційних ресурсів набуває критичного значення через зростання кількості кіберзагроз, витоків даних, атак на інформаційні мережі та системи. Втім, традиційні методи цифрової безпеки часто виявляються недостатньо ефективними в протидії сучасним загрозам. Використання технології *blockchain* відкриває нові можливості для забезпечення захисту інформації завдяки її децентралізованій системі захисту, незмінності даних та високому рівню криптографічного захисту. Таким чином дане питання є актуальним, оскільки дозволяє оцінити потенціал *blockchain* як інструменту захисту інформаційних ресурсів, а також визначити перспективи його застосування у видавничій сфері, фінансовому секторі, державному управлінні та інших галузях.

Головною метою дослідження є аналіз можливостей та перспектив використання технології *blockchain* для захисту інформаційних ресурсів, оцінити її ефективність у забезпеченні конфіденційності, цілісності та доступності даних. Також в результаті проведення аналізу концептуальних основ характеристичних даної технології тематики необхідно визначити блокчейн та її особливості ключові недоліки та переваги впровадження *blockchain* - рішень у сфері інформаційної безпеки [1].

Blockchain — це розподілена база даних, яка функціонує як децентралізований реєстр транзакцій, у якому інформація зберігається у вигляді кількості пов'язаних блоків, захищених криптографічними методами. Відповідно дана технологія забезпечує незмінність, прозорість і безпеку даних, виключаючи потребу в централізованих посередниках, що контролюють, перевіряють та гарантують виконання угод між учасниками [2].

Завдяки механізму розподіленого реєстру *blockchain* забезпечує потребу в централізованих посередниках, що значно зменшує ризики підробки даних та несанкціонованого доступу.

Особливістю є його нова стійкість до змін: кожен блок пов'язаний із попереднім за допомогою унікального криптографічного хешу, що робить редагування або видалення інформації практично неможливим без зміни всього ланцюга. Це забезпечує високий рівень довіри до даних, що відповідають системі. Наприклад, у *blockchain* Bitcoin кожен блок містить попередній блок. Якщо хтось намагається змінити інформацію в одному з блоків (наприклад, підробити транзакцію), то цей блок змінюється. Це спричиняє зміну хешів у всіх наступних блоках, що робить маніпуляцію очевидною, також вимагає перерахунку всього ланцюга, що є неможливим для обчислення без збільшення більшої кількості об'ємної потужності інформаційної мережі. Таким чином, блок забезпечує цілісність і незмінність даних (Рис.1).

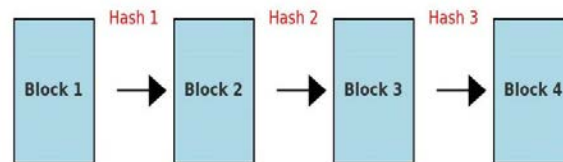


Рисунок 1. Принцип хеш-зв'язку між блоками в *blockchain*. Показано, як зміна одного блоку впливає на всю систему

Крім того, *blockchain* використовує алгоритми консенсусу, такі як Proof of Work (PoW) (Рис.2) або Proof of Stake (PoS) (Рис.3), які забезпечують придатність транзакцій у мережі. Це дозволяє створювати децентралізовані додатки (DApps) та смарт-контракти, які автоматизують виконання умов без залучення третьої сторінки.

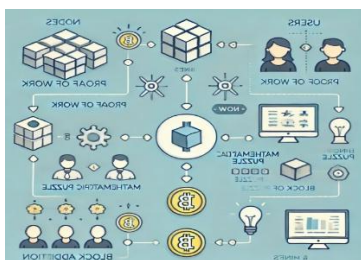


Рисунок 2. Принцип використання Алгоритму Proof of Work (PoW)

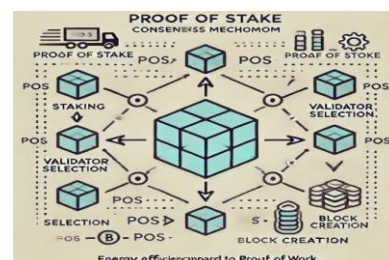


Рисунок 3. Принцип використання Алгоритму Proof of Stake (PoS)

Таким чином, *blockchain* стає основою для багатьох сучасних технологічних рішень, зокрема у фінансовій сфері, логістиці, охороні здоров'я та кібербезпеці. Його впровадження покращує рівень захисту інформаційних ресурсів та створює передумови для нової цифрової ери безпеки інформаційних мереж.

Оцінюючи переваги та обмеження застосування *blockchain* у захисті інформаційних ресурсів, можна констатувати що основна ланка переваг полягає у:

- інформації, що не зберігається в єдиному центрі і зменшує ризики зламу;
- забезпеченні високої прозорості процесів завдяки запису у відкритому реєстрі;
- після запису неможливо змінити без згоди дані учасників інформаційної мережі тощо.

Серед головних недоліків можна підкреслити те, що *blockchain* як технологія має регуляторні ризик. Багато країн ще не визначили правовий статус, також має уразливість до 51%. Також існують випадки коли зловмисник контролює більшу частину обчислювальної потужності мережі.

Аналіз технології *blockchain* підтверджує її ефективність у забезпеченні захисту інформаційних ресурсів. Використання криптографічного шифрування, розподіленої структури зберігання даних та механізмів консенсусу дозволяє гарантувати високий рівень безпеки, знижуючи ризики несанкціонованого доступу та модифікації даних. Технологія вже знайшла застосування у фінансовій сфері, кібербезпеці, логістиці, державному управлінні та інших галузях, що підтверджує її універсальність.

Висновок: Наразі *blockchain* є ефективним засобом для забезпечення безпеки інформаційних ресурсів, оскільки забезпечує прозорість, незмінність та децентралізоване управління даними. Незважаючи на певні виклики, такі як високе енергоспоживання алгоритмів консенсусу та обмежена масштабованість, подальший розвиток технології, зокрема вдосконалення механізмів консенсусу Proof of Stake, Delegated Proof of Stake, дозволить розширити її застосування. Впровадження *blockchain* у сферу інформаційної безпеки може стати головним фактором у розробці надійних систем захисту цифрових мережеских даних.

Список використаних джерел:

1. Conway L. Blockchain Explained [Електронний ресурс] / Luke Conway // Investopedia. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp#:~:text=By%20spreading%20its%20operations%20across,the%20processing%20and%20transaction%20fees..>
2. Clavin J. Blockchains for Government: Use Cases and Challenges [Електронний ресурс] / J. Clavin, S. Duan, H. Zhang // DGOV. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.1145/3427097>

УДК 654.1 (043.2)

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО СТЕНДУ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Анастасія Скиба, Роман Одарченко, Алла Пінчук

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Ключові слова: комп'ютерні мережі, навчальний стенд, мережеве обладнання

Розвиток телекомунікаційних та комп'ютерних мереж, а також обладнання потребує спеціально навчених фахівців у цій галузі. Освітні методики не завжди забезпечують достатній рівень підготовки, що зумовлює актуальність у створенні нових ефективних навчально-наукових методів для практичної підготовки здобувачів вищої освіти – зокрема стендів.

Метою розробки навчально-наукового стенду є надання можливості студентам моделювати реальні умови функціонування комп'ютерних мереж, здійснювати налаштування та тестування обладнання, розуміти принципи діагностики, та вміти здійснювати захист від кіберзагроз.

Для побудови стенду було обрано схему офісної корпоративної мережі. Розроблена схема з'єднання мережевого обладнання дозволяє студентам вивчати та досліджувати типову офісну мережу, вивчати принципи її побудови та адміністрування. Топологія мережі зображена на Рисунку 1.

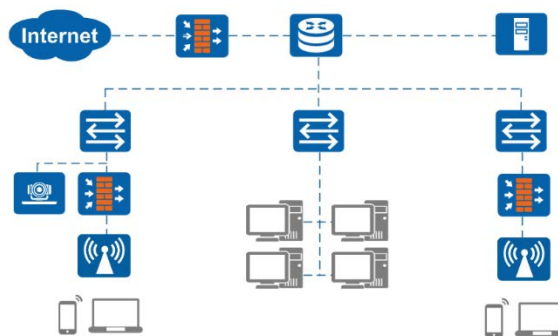


Рис.1. Топологія мережі для стенду

Для стенду було обрано мережеве обладнання Huawei, яке широко використовується у світі:

- 2 точки доступу AirEngine5761-11 — забезпечення бездротового зв'язку;
- 3 комутатори S5700S-28P-LI-AC — реалізація мережевого рівня доступу;
- маршрутизатор AR1220C — маршрутизація між підмережами;
- IP-камера C2120-i 2MP Low-light — моделювання систем відеоспостереження;
- 3 міжмережеві екран USG6530F-DPL — базові функції безпеки та фільтрації трафіку.

Доданий до стенду телевізор, дає можливість демонструвати відеоматеріал, а також дозволяє виводити зображення з камери. Розроблений стенд зображено на Рисунку 2.

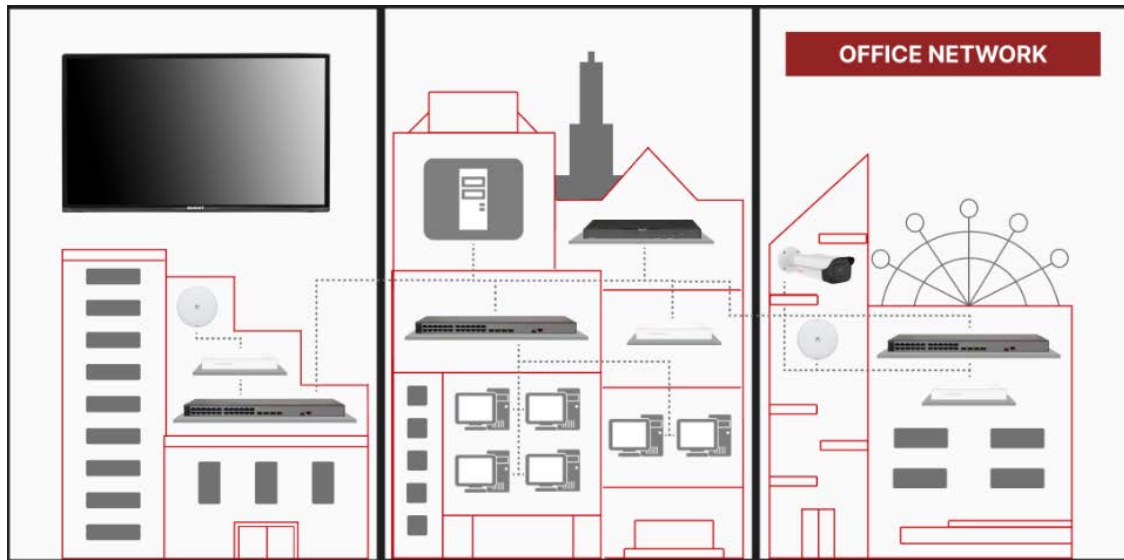


Рис.2. Розроблений стенд корпоративної офісної мережі

У результаті даного проєкту було отримано стенд, який розроблений із застосуванням реального обладнання, з яким є змога взаємодіяти під час навчальних процесів, що покращує підготовку майбутніх спеціалістів та надає їм цілісне уявлення про роботу комп'ютерних мереж.

Висновок : Розроблений навчально-науковий стенд сучасної комп'ютерної мережі на основі обладнання Huawei, дозволяє моделювати типову офісну мережеву інфраструктуру. Стенд надає практичні можливості для опрацювання питань побудови, налаштування, тестування, діагностування та захисту мереж, сприяє підвищенню рівня підготовки ІТ-фахівців. Його застосування в освітньому процесі забезпечить ефективну підготовку фахівців, здатних працювати з сучасними мережевими технологіями.

УДК 004.056

АНАЛІЗ ФРЕЙМВОРКІВ МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРЗАГРОЗ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ: STRIDE, DREAD TA PASTA

Алла Пінчук, Олег Полігенько, Роман Одарченко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Ключові слова: моделювання кіберзагроз, STRIDE, PASTA, DREAD

Сьогодні моделювання кіберзагроз стало одним із найважливіших компонентів стратегії кібербезпеки для будь-якої ІТ інфраструктури, зокрема й інформаційно-телекомунікаційних систем. Це допомагає аналітикам ідентифікувати, класифікувати та пріоритезувати загрози, що є загальною метою процесу аналізу кіберзагроз [1].

Для моделювання існує низка методологій (фреймворків), які широко використовуються фахівцями. Зокрема, можна виділити такі як STRIDE, DREAD та PASTA. Всі вони суттєво відрізняються за своїм підходом, структурою, процесом та цілями.

STRIDE. Даний фреймворк класифікує потенційні загрози за 6 категоріями: Spoofing, Tampering, Repudiation, Information Disclosure, Denial of Service (DoS), Elevation of Privilege (рис.1) [2]. В цілому, кожна з цих категорій сприяє цілісному погляду на систему безпеки, з різних точок зору. STRIDE має досить структурований підхід (систематичну категоризацію кіберзагроз) та досить простий у використанні. Проте, в той же час для складних систем він може не забезпечити комплексний аналіз (обмежена глибина). Також слід відзначити, що присутній надмірний акцент на конкретних загрозах, тобто може знадобитися ширший погляд за межами визначених категорій.



Рис.1. Фреймворк STRIDE

DREAD. Методологія у своїй структурі має за мету оцінку серйозності кіберзагроз за наступними критеріями: Damage, Reproducibility, Exploitability, Affected Users та Discoverability (рис.2). За кожним критерієм присвоюється бал від 0 до 10 [3]. До переваг цього фреймворку можна віднести детальну оцінку загрози шляхом призначення числових значень, що також дає значну перевагу для пріоритезації, які загрози треба усунути в першу чергу. Однак, кожна з оцінок може бути досить суб'єктивною. Окрім цього, DREAD сфокусований лише на оцінці та не керує стратегіями пом'якшення.

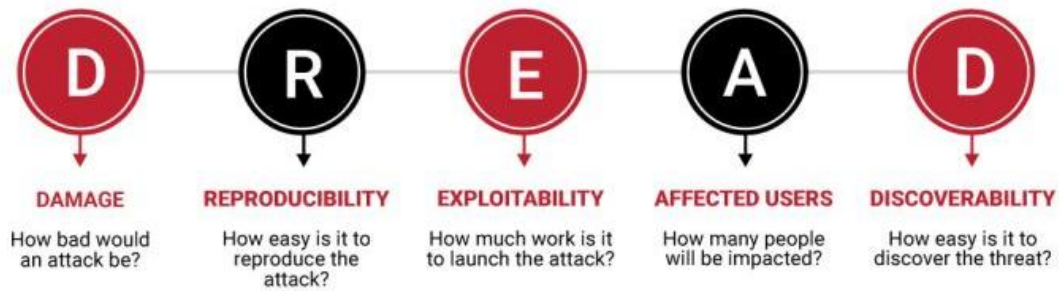


Рис.2. Фреймворк DREAD

PASTA. Комплексна методологія моделювання кіберзагроз, орієнтована на ризик. Включає 7 етапів: визначення цілей, визначення технічного скоупу, декомпозицію програми, аналіз загроз, аналіз вразливостей та слабких місць, аналіз атак та оцінка ризиків і впливів (рис.3) [4]. До переваг PASTA можна віднести зосередженість на реалістичному моделюванні атак, що забезпечує проактивний та практичний підхід до моделювання кіберзагроз, розглядається також вплив та ймовірність загроз для ефективного визначення пріоритетів заходів безпеки. В той же час, PASTA ресурсномісткий через ітераційний характер методології та покладається на наявність точних даних про загрози, а також актуальних даних про нові TTP (Tactics, Techniques and Procedures) суб'єктів загроз, методи атак.



Рис.3. Фреймворк PASTA

Висновок: Розглянуті фреймворки мають різні методології та сильні сторони, їх поєднання дозволить створити більш комплексну та ефективну систему моделювання кіберзагроз в інформаційно-телекомунікаційних системах. Окрім цього, аналіз усіх наявних фреймворків сприятиме розробці удосконалених підходів до моделювання кіберзагроз.

Список використаних джерел:

29. Threat modelling. URL: <https://www.eccouncil.org/threat-modeling/>.
30. Threat Modeling Methodology: STRIDE. URL: <https://www.iriusrisk.com/resources-blog/threat-modeling-methodology-stride>.
31. DREAD Threat Modeling, URL: <https://threat-modeling.com/dread-threat-modeling/>.
32. PASTA Threat Modeling, URL: <https://threat-modeling.com/pasta-threat-modeling/>.

УДК 629.735.048.3(045)

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИЛАД КОНТРОЛЮ ПОВІТРЯОБМІНУ В ЛІТАКУ

Артем Бабич

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Олександр Мельник, канд. техн. наук, доц.

Ключові слова: моніторинг, метеостанція, контроль, сенсори, вентиляція

Вступ. Моніторинг повітряобміну та кондиціонування є необхідним для забезпечення комфорту та безпеки на борту. Параметри повітряного середовища, такі як температура, вологість, рівень кисню та вуглекислий газ, безпосередньо впливають на здоров'я екіпажу та пасажирів. Їхні негативні зміни можуть призвести до погіршення самопочуття, зниження концентрації та фізіологічних розладів. Сучасні мікропроцесорні пристрої здійснюють постійний контроль цих параметрів, що дозволяє своєчасно коригувати умови та підтримувати оптимальний мікроклімат. Актуальною є мета розробки нових автоматизованих та вдосконалення існуючих систем контролю та регулювання якості газових сумішей, які надходять із зовнішнього середовища під час польоту літака.

Параметри повітряного середовища літака та їх контроль. Якість повітря в кабіні та салоні літака визначається ключовими параметрами: температура, вологість, атмосферний тиск, вміст кисню та вуглекислий газ, наявність шкідливих газів (СО, озон, леткі органічні сполуки) та концентрація пилу та мікрочастинок. Для контролю цих показників використовуються автоматизовані станції, які містять в собі сенсори температури, вологості, тиску, газоаналізатори та лазерні сенсори пилу. Дані з сенсорів збираються, обробляються та аналізуються автоматизованим пристроєм на базі контролера Arduino Nano, що дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат та забезпечувати безпеку на борту.

Прилад моніторингу повітряобміну в авіації. В роботі створена автоматизована система контролю якості повітря в літаку з вибором оптимальних точок встановлення сенсорів для точного вимірювання параметрів повітря. Розглянута взаємодія пристрою в автоматизованій системі моніторингу якості повітря, кондиціонування та вентиляції. Проаналізовані методи обробки та реєстрації цифрових даних з подальшою візуалізацією для екіпажу та інтеграцією з бортовими і наземними службами. Усі конструкції узгоджені відповідно до міжнародних стандартів (EASA, FAA, ICAO) з урахуванням вимог до повітряного середовища.

Проблеми та перспективи розвитку систем моніторингу повітря включають виклики у точному контролі якості повітря на борту через складність середовища та обмеженість простору. Використання штучного інтелекту та IoT у метеостанціях відкриє нові можливості для автоматизованого аналізу даних і швидкого реагування на зміни параметрів повітря. Перспективні технології передбачають розвиток більш компактних, точних і енергоефективних сенсорів, а також інтеграцію з єдиною цифровою платформою літака для підвищення безпеки та комфорту пасажирів. На рис. 1 показана конструкція та робота автоматизованого пристрою для контролю якості повітря в літаку.

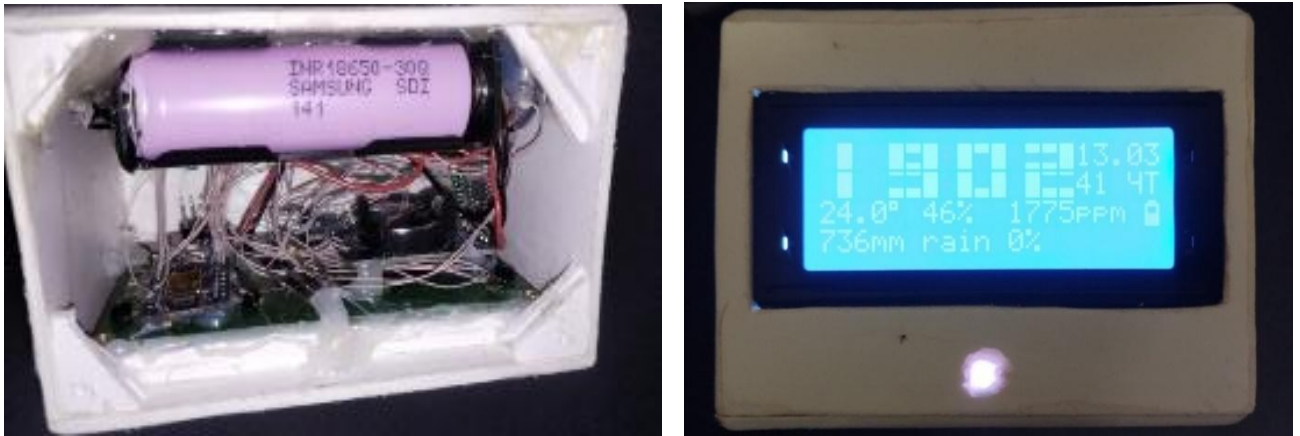


Рис. 1.-Конструкція автоматизованого пристрою контролю якості повітря

Висновки: Контроль якості повітря в кабіні літака забезпечує безпеку та комфорт пасажирів і екіпажу. Автоматизований пристрій, який здійснює моніторинг основних параметрів повітря. Інноваційні технології, як IoT та штучний інтелект, підвищують ефективність моніторингу.

Список використаної літератури:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Weather_station
2. Міжнародні аерокосмічні стандарти: <https://www.icao.int/>
3. Federal Aviation Administration. (2021). Cabin air quality. U.S. Department of Transportation. <https://www.faa.gov/newsroom/cabin-air-quality-0>

UDC 004.932:004.8 (043)

METHODS OF IMPROVING OBJECT DETECTION ACCURACY IN LARGE IMAGES

Stanislav Honcharenko

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv

Scientific advisor – Antonina Klipa, PhD, Associate Professor

Key words: Selective Search, Objectness Activation Network, Machine Learning

Introduction. Machine learning techniques for object detection evolve extremely fast, hence can be used to analyze larger images with bigger amount of objects on them. Performance of such operations may be very time consuming and accuracy may decrease due to fact that Machine Learning (ML) models may not notice small objects on the image. Algorithms, such as selective search algorithm (SSA) [1], and Objectness Activation Network (OAN) [2], can help in solving these problems.

Materials and Methods. Analysis of available literature demonstrates the evolution of object recognition approaches, from classical methods such as Selective Search to deep neural networks. Despite the development of modern algorithms, many systems still combine traditional and modern approaches to improve efficiency.

Object detection in large images using machine learning techniques can be used in different fields, such as airspace monitoring, military analytics, geological exploration, infrastructure monitoring, traffic analysis, and so on. If we talk about satellite images, there are many areas without objects of interest (for example aircrafts, cars, and roads), so theoretically, it would be better to skip them during object detection. To achieve this, several algorithms can be used:

Image patching. Image with high resolution cannot be sent to ML model as it is because available hardware cannot process large amounts of data due to its limitation in random access memory or processing units. By splitting image into smaller parts, namely patches, whole image can be processed continuously, patch by patch. This method is an auxiliary tool in algorithms, described below.

Binary classification. It is a method in machine learning where model learns to distinguish two classes: “object” and “not object”. In terms of improving detection accuracy, you can apply binary classification on each patch and if there is object – pass it to detection model, otherwise – skip. Pros of this method are speed of execution, simplicity in deployment, and flexibility. Weak side of binary classification is big amount of false positives (FP) and false negatives (FN), due to which overall accuracy of detection can be not only unchanged, but lowered. To reduce this problem, one can prepare large training dataset.

Selective search algorithm. It is an algorithm for regions generation, which works on the principle of hierarchical clusterization. Firstly, image is divided into small segments based on color, texture, size, form, or other features. Next, these segments continuously unite into bigger regions, which can contain objects. Selective search generates a set of region proposals, which are transmitted to input of detection model. Positive sides of this method are independence of object type, high accuracy of object coverage, and generation of meaningful regions based on object features described above. As for disadvantages, is its low speed, which is justified by the fact that it takes many iterations to obtain final regions; big amount of unnecessary regions.

Objectness Activation Network. This network is used to filter image patches before transmitting them to the main model. It defines if patch contains any object (without classification of its type) or if it is empty. OAN helps in reducing amount of processed patches, speeding up detection on large images. As OAN can act as independent model, it can be trained to detect small objects on image, leading to increase in accuracy. In addition, this method reduces number of calculations because it exfiltrates unnecessary patches before main detection. Among disadvantages are dependency from training data and ability to lose useful regions if activation threshold is badly configured.

Conclusion: There are many different approaches on how to improve accuracy of object detection on large images, so you can choose one based on your requirements, such as speed of execution, overall accuracy, or implementation features.

References:

1. <http://www.huppelen.nl/publications/selectiveSearchDraft.pdf>
2. <https://arxiv.org/pdf/2212.13136>
3. https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2014/papers/Girshick_Rich_Feature_Hierarc_hies_2014_CVPR_paper.pdf

UDC 004.932:004.8 (043)

METHODS OF IMPROVING AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES IN INDUSTRIAL SYSTEMS

Sofiia Melnychenko

State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv

Scientific advisor – Polozhevets Hanna, PhD, Associate Professor

Key words: Automation, PLC, SCADA, Cyber-Physical Systems

Introduction. Automation and computer-integrated technologies (CIT) are rapidly evolving, leading to significant improvements in industrial productivity, efficiency, and safety. These technologies integrate hardware and software systems to manage and optimize industrial operations, from manufacturing lines to smart factories. However, increasing complexity and demands for flexibility raise new challenges for integration and control accuracy.

Materials and methods. Incorporating programmable logic controllers (PLCs), SCADA systems, and cyber-physical components, analysis of current industrial systems reveals a change from inflexible, linear operations to modular and adaptable solutions. Many manufacturers still depend on hybrid systems combining vintage equipment with current solutions even as automation technologies have developed.

Automation and CIT are very vital in real-world applications such energy systems, logistics, aerospace, and automobile manufacture. Data collecting, real-time monitoring, predictive maintenance, and decision-making optimisation define a contemporary methodology. Many times, these objectives are carried out using numerous strategies:

Modular design. Modern automated and computer-integrated systems often use modular architecture. This means dividing a complex system into smaller, self-contained modules, such as control units, conveyor belts, or robotic arms, each responsible for a specific function. This method increases flexibility because parts can be added, removed, or changed without affecting the entire system.

Faults can be specific to specific modules, so it also makes maintenance and troubleshooting easier. Modularity also helps save time and money by enabling scalability and the reuse of homogeneous components. Successful integration depends on standardized communication protocols and interfaces for seamless interaction between modules and the entire system.

Real-time monitoring and SCADA. By collecting real-time data from sensors and field devices, supervisory control and data acquisition (SCADA) systems provide centralized monitoring and control of industrial operations. This allows operators to see anomalies, optimize processes, and respond quickly to changes in system behaviour or malfunctions. Improving operational efficiency

and ensuring safety in critical operations such as power distribution, water treatment, and manufacturing depend on SCADA systems. Accurate sensor data, a reliable communications infrastructure, and user-friendly interfaces that offer clear actionable insights determine their effectiveness. Advanced SCADA systems can further offer remote access, data visualization, and alert management tools.

Predictive maintenance using machine learning. Using data analytics and machine learning, predictive maintenance forecasts equipment breakdowns before they start. Machine learning algorithms may find trends that predate failures by examining historical and real-time data like vibration, temperature, motor current, and operating cycles. This method extends asset lifetime, lowers maintenance costs, and helps prevent unscheduled downtime. It also promotes improved labour and inventory planning. To properly understand the findings, however, developing strong prediction models calls both big, high-quality datasets and domain-specific expertise. Including such systems into current automated processes also requires fit with control systems and data collecting instruments.

Plc-based automation. Because of their dependability, durability, and simplicity of programming, programmable logic controllers (PLCs) find great use in industrial settings. Ideal for jobs like motor control, sequencing, and process automation, they run logic-based instructions in real time, thereby controlling machines and processes. Advanced capabilities like ethernet connection, remote diagnostics, IoT device and cloud platform integration, are supported by modern PLCs. This facilitates smart manufacturing programs and allows real-time data transmission. PLCs may need other modules or outside systems for complicated data processing or sophisticated algorithms, even with their capabilities; they may also be constrained in these areas. Securing PLCs from cyberattacks is becoming more crucial as systems become more linked.

Conclusion: The development of automation and computer-integrated technologies has opened up new possibilities for improving efficiency, reducing costs, and enhancing safety in industrial environments. Choosing the right combination of tools and strategies - based on system requirements and limitations - is key to successful implementation and long-term scalability.

References:

<https://blog.orientalmotor.com/what-is-modular-automation>

<https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>

<https://en.wikipedia.org/wiki/scada>

УДК 629.4546.07

СУЧАСНІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПС (НА БАЗІ MSG-3)

Гриценко Ілля

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Ситнянських Л.М.

Ключові слова: MSG-3, технічне обслуговування, авіація, надійність, програма ТО.

Вступ

Система технічного обслуговування повітряних суден (ПС) є критично важливою складовою забезпечення безпеки польотів. Сучасні методи формування програм ТО базуються на концепції керування надійністю, серед яких найпоширенішим є підхід MSG-3 (Maintenance Steering Group – 3). Ця методологія дозволяє оптимізувати інтервали обслуговування, підвищити економічну ефективність і забезпечити безперервну повітряну експлуатацію ПС [1].

Як приклад, перехід з підходу MSG-2 до MSG-3 дозволив компаніям значно зменшити кількість позапланових відмов, оскільки обслуговування почало базуватись на аналізі ризиків і наслідків, а не лише на часових інтервалах.

Мета

Метою даної роботи є аналіз сучасних методів формування програм технічного обслуговування повітряних суден на основі методології MSG-3 та визначення її переваг і особливостей.

Матеріали та методи

У дослідженні розглянуто літературні джерела, технічну документацію та приклади практичної реалізації методології MSG-3 на повітряних судах типу Boeing 737. Методика MSG-3 передбачає функціональний підхід, який ґрунтується на аналізі режимів відмов і їх наслідків (FMECA), а також визначенні критичних елементів, що впливають на безпеку, економіку та виконання завдань.

Результати

Методологія MSG-3 дозволяє формувати ефективні програми технічного обслуговування шляхом класифікації систем та агрегатів за критичністю і визначення найбільш доцільних заходів ТО. Кожен компонент оцінюється на предмет його функціонального значення, потенційної відмови та її наслідків. За результатами аналізу обирається тип обслуговування: огляд, тестування, заміна або інша дія. Важливим є те, що MSG-3 враховує і економічний аспект, допомагаючи зменшити непотрібні втручання у

справні. Застосування MSG-3 дозволяє значно скоротити витрати на технічне обслуговування, підвищити ефективність роботи персоналу та забезпечити високий рівень безпеки польотів.

Крім того, MSG-3 має гнучку структуру, що дозволяє оновлювати програму ТО відповідно до нових даних про надійність та відмови, отриманих під час експлуатації. Це робить програму динамічною і здатною відповідати сучасним вимогам авіаційної безпеки.

Важливо зазначити, що у процесі формування програми ТО за MSG-3 беруть участь як виробники авіаційної техніки, так і експлуатанти. Це забезпечує зворотний зв'язок, адаптацію програми до реальних умов та врахування набутих експлуатаційних даних.

MSG-3 передбачає поділ систем ПС на функціональні блоки, кожен з яких підлягає окремому аналізу. Це дозволяє не лише виявити найбільш критичні елементи, але й забезпечити адресний підхід до їх обслуговування. Наприклад, у паливній системі особливу увагу приділяють компонентам, відмова яких може призвести до пожежі або припинення подачі пального до двигунів. Саме тому MSG-3 формує набір профілактичних процедур, які зменшують ризики.



Рис.1. Етапи формування програми ТО за методикою MSG-3

Висновок : Метод MSG-3 є сучасним інструментом формування програм ТО повітряних суден, який забезпечує баланс між безпекою польотів та економічною ефективністю. Його застосування дозволяє адаптувати обслуговування до реальних умов експлуатації, підвищити надійність систем ПС та оптимізувати ресурси авіаційних компаній.

Список використаних джерел

1. Nowlan, F.S., Heap, H.F. (1978). Reliability-Centered Maintenance. United Airlines.
2. FAA Advisory Circular AC 120-17A – Maintenance Control by Reliability Methods.
3. Airbus MSG-3 Analysis Guidelines. Airbus S.A.S., 2020.
4. Boeing 737 MSG-3 Based Maintenance Planning Document (MPD). Boeing Commercial Airplanes, 2022.

УДК 629.735.33

АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ АВІОНІКИ: АВІАЦІЙНИЙ ПАЛИВОМІР ЄМНІСНОГО ТИПУ

Андрій Довгалюк

*Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ**Науковий керівник – Тетяна Соломаха, старший викладач кафедри АСУ*

Ключові слова: паливомір, ємнісний датчик, діелектрична проникність, термокомпенсація.

Вступ: Авіаційні паливоміри відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності польотів, оскільки дозволяють екіпажу в будь-який момент визначити кількість пального в баках та оцінити можливу тривалість польоту. Найбільш поширеними є три типи авіаційних паливомірів: поплавкові, манометричні та ємнісні. Ємнісні паливоміри є одними з найефективніших засобів вимірювання рівня пального в авіації, забезпечуючи високу точність, надійність та можливість дистанційного контролю. Разом з тим, їм властивий ряд похибок та недоліків.

Мета: Метою даної роботи є алгоритмізація та моделювання авіаційного паливоміру ємнісного типу.

Матеріали та методи: Для створення функціональної моделі ємнісного паливоміра використано датчик рівня рідини DAT 141 1 (рис. 1). Основні переваги такого рішення – висока точність вимірювань, відсутність механічних рухомих частин, що підвищує надійність пристрою, а також можливість ізоляції електродів від рідини діелектричним покриттям.

Для індикації критичного рівня палива застосовано п'єзовипромінювач (бузер) 4 та світлодіод 5, а на сенсорному модулі LCD1602 3 реалізовано шкалу рівня палива. Потенціометр 7 використано для регулювання яскравості дисплею.

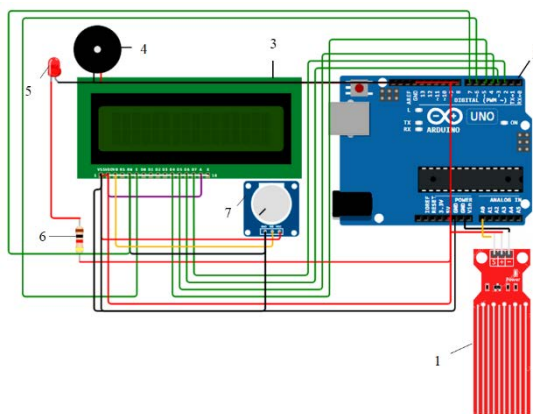


Рис. 1. Схема з'єднань (розпізнавання) електронних компонентів

Функцію обчислювального пристрою виконує мікроконтролер ATmega328, інтегрований у плату Arduino UNO 2 (рис. 2). Програмування здійснено в середовищі Arduino IDE мовою C++. Розроблена система контролю рівня пального може значно підвищити безпеку польотів, мінімізувати людський фактор у прийнятті рішень щодо дозаправки та покращити експлуатаційні характеристики паливних систем.

Результати: Для підтвердження коректної та достовірної роботи паливоміра на основі запропонованої системи було проведене експериментальне дослідження. Метою експерименту є визначення впливу температури та густини рідин на показники ємнісного датчика, а також оцінка необхідності калібрування межових значень у різних умовах. Для його проведення використано три типи середовища наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Середовище	Діелектрична проникність, ϵ
Вода ($t = 12^{\circ}\text{C}$)	78.5
Вода ($t = 94^{\circ}\text{C}$)	56
Олія соняшникова нерафінована ($t = 21^{\circ}\text{C}$)	2.25

На основі проведених експериментів був розроблений термокомпенсаційний алгоритм для ємнісного датчика рівня пального, що значно підвищує точність вимірювань, особливо при експлуатації літальних апаратів у широкому температурному діапазоні. Як показує практика експериментальних досліджень, після впровадження термокомпенсаційного алгоритму відхилення вимірюваного рівня не перевищувало 2%, у той час як без компенсації похибка могла сягати 15-20%.

Висновок: У даній роботі досліджено алгоритмізацію та моделювання авіаційного паливоміра ємнісного типу. Розроблено математичну та алгоритмічну моделі, а також практичну реалізацію вимірювальної системи з урахуванням впливу змінної діелектричної проникності пального, температурних коливань та інших експлуатаційних факторів. Проаналізовано складові похибки вимірювання та розглянуто методи її зменшення шляхом цифрової фільтрації та корекції даних.

Список використаних джерел:

1. Безвесільна О. М., Киричук О. В., Назаренко Н. М. Перетворювачі механічних величин в електричні: конспект лекцій. – Київ: НТУУ «КПІ», 2022. – 156 с. – [Електронний ресурс](#).
2. Защепкіна Н.М., Шульга О.В., Наконечний О.А. Метрологічне забезпечення інформаційно-вимірювальних систем: навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2021. – 176

с.https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/43495/1/MZIVS_Navchalnyi-posibnyk.pdf?utm_source=chatgpt.com

УДК 621.397.132

БЕЗПЕКОВА НЕОБХІДНІСТЬ ЗОВНІШНЬОГО ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ЛІТАКА

Антон КУПНЕВИЧ

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – доцент Олександр МЕЛЬНИК

Ключові слова: відеоспостереження, літак, цифровий запис, мережевий відеореєстратор.

Вступ

З розвитком авіації зростала потреба у забезпеченні безпеки польоту [1]. Сучасні літаки обладнуються всіма необхідними передовими електронними системами для забезпечення безпечного польоту. Незважаючи на це, продовжують траплятися аварійні ситуації на борту, які можуть призвести до катастрофи. Найчастіше при правильних діях пілотів в надзвичайній ситуації можна запобігти авіакатастрофі.

Мета роботи

Розглядається один із засобів майбутнього, який може допомогти пілотам швидше та глибше зрозуміти ситуацію: відеокамери зовнішнього спостереження на борту літака. При встановленні їх на корпусі літака можна отримувати візуальну інформацію про стан найважливіших його частин, зокрема крил, двигунів, хвостового оперення і шасі. Маючи візуальне зображення літака ззовні, пілоти мають змогу оцінити його стан та прийняти правильне рішення в аварійній ситуації, враховуючи отриману візуальну інформацію.

Для розуміння практичної необхідності відеокамер на борту можна привести приклад авіаінциденту, який стався 25 січня 2008 року із міжконтинентальним рейсом QF32, на борту якого знаходились 440 пасажирів та 29 членів екіпажу [2]. На літаку Airbus A380 після зльоту відбувся вибух двигуна №2, уламки якого пошкодили крило, паливну, гідравлічну систему, в результаті чого у пілотів виникли труднощі з керуванням закрилками на лівому крилі та двигуном №1. Перша оцінка усіх пошкоджень зайняла у екіпажу 50 хвилин, що є багато для надзвичайної ситуації. Причиною такої довготривалої оцінки є велика кількість відмов на індикаторі бортового комп'ютера, яка потребувала обробки. Екіпаж виконав успішну аварійну посадку на запасному аеродромі, ніхто з пасажирів та членів екіпажу не постраждав.

Результати: Можна зробити висновок, що в даному випадку, при наявності камер зовнішнього відеоспостереження можна значно пришвидшити оцінку ситуації і якнайшвидше посадити літак.

Окрім забезпечення безпеки польотів, відеокамери зовнішнього відеоспостереження можуть використовуватись на сучасних українських транспортних літаках для забезпечення

пілотів додатковою інформацією в умовах роботи на непідготовленому аеродромі [3]. Наприклад, для візуального контролю обледеніння крил, контролю завантаження або полегшення руління по аеродрому.

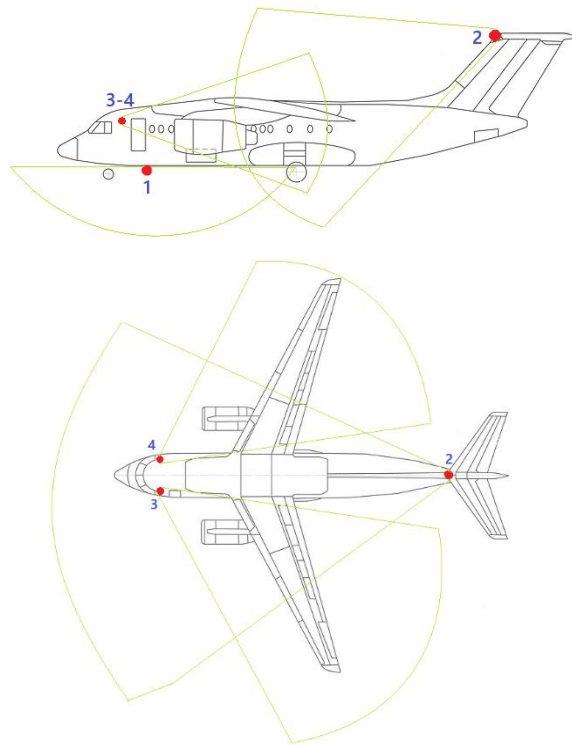


Рис.1. Можливий варіант розташування відеокамер

На рис.1 представлений варіант розташування чотирьох зовнішніх відеокамер на літаку. Така конфігурація дозволяє отримати відео покриття всіх критично важливих частин літака. Відеокамери під номерами 1 та 2 пропонується кріпити на гіростабілізованому підвісі, що дозволить розширити огляд і надасть можливість пілоту виставляти необхідне її положення.

Висновок : Отже, враховуючи необхідність забезпечення безпеки польотів та розвиток технологій можна зробити висновок, що на сучасних літаках обґрунтовано встановлювати камери зовнішнього відеоспостереження, що у випадку виникнення аварійної ситуації на борту може значно пришвидшити оцінку ситуації і якнайшвидше посадити літак.

Список використаних джерел:

33. Stephen K. C., Antonio I. C., Clarence C. R. Commercial aviation safety. New York, 2017. ISBN 978-1-25-964183-1 MHID 1-25-964183-X.
34. Airbus A380-842 | Federal Aviation Administration. URL: https://www.faa.gov/lessons_learned/transport_airplane/accidents/VH-OQA (Last accessed: 19.03.2025).
35. Sandraey M. H. Aircraft performance: an engineering approach. Boca Raton, 2017. ISBN 979-1-4878-7656-1 OLCL 971887910.

УДК 519.6: 681.3(045)

IMPROVED OPTICAL FIBER WINDING MECHANISM FOR AVIONICS SENSORY ELEMENTS

Vladyslav Kutieпов

*State university «Kyiv aviation institute», Kyiv**Scientific supervisor – Olena Tachinina, Doctor of Engineering. Professor.*

Keywords: avionics sensory elements, fiber-optic sensors, PID – controller, GID – controller.

Introduction: In the existing optical fiber winding systems of the fiber-optic sensors (FOS) sensory elements, two coils are used: the first one is the one from which the optical fiber is fed; the second is the one to which the optical fiber is fed.

A special braking electromagnetic clutch (BEC) is attached to the first coil, which sets the torque m . An electric drive with a direct current motor (DC) is connected to the second coil, which creates a traction moment on the motor shaft M . Thanks to the control of the DC motor and BEC electric drive, it is possible to maintain a constant linear velocity of the optical fiber and the set traction force (Fig. 1).

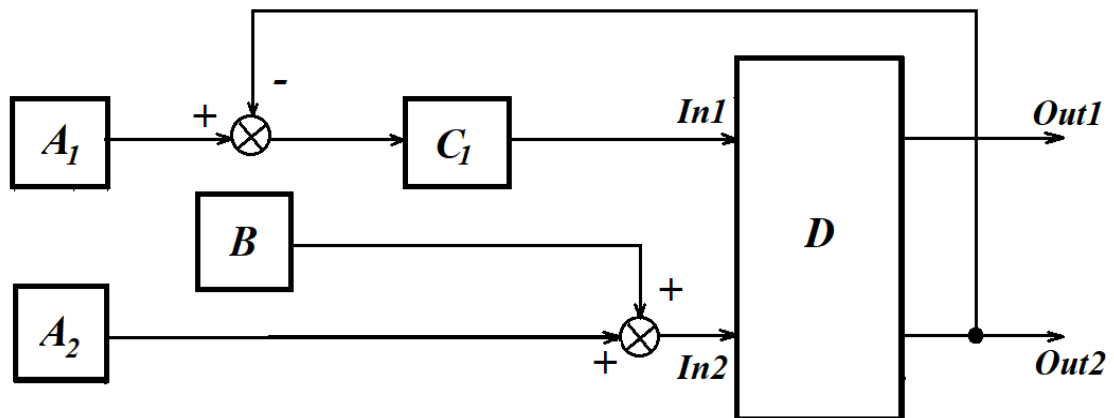


Fig.1. Block diagram of the prototype system model of optical fiber winding

In the linear velocity control channel (block C_1 , Fig. 1), PID – controller is commonly used. If $M=m$, then $I \cdot d\omega/dt = M-m=0$ where I is the moment of inertia. This means that the angular velocity ω will be equal to the desired setpoint. There are smooth parametric disturbances in the prototype system. These disturbances are associated with a change in the radius of the optical fiber winding. The change of the radius affects the linear velocity of the optical fiber and the moment of inertia on the DC motor shaft. Smooth parametric disturbances are compensated by the quasi-invariant properties of the PID - controller. The prototype system, the model of which is presented in Fig. 1, can be considered acceptable for achieving precise control parameters under the condition of the absence of random disturbances in the channel controlled by the TEM. But with their presence, it is impossible to achieve precise control, that is, it is impossible to ignore these random disturbances.

Random disturbances in the BEM controlled channel occurs because the optical fiber has different mechanical elasticity, which is randomly distributed along its length.

It is proposed first, to structurally improve the prototype - system by connecting the regulator to the traction force control channel (see Fig. 2, block C_2); secondly, to use the GID - controller instead of the PID - controller in the traction force control channel.

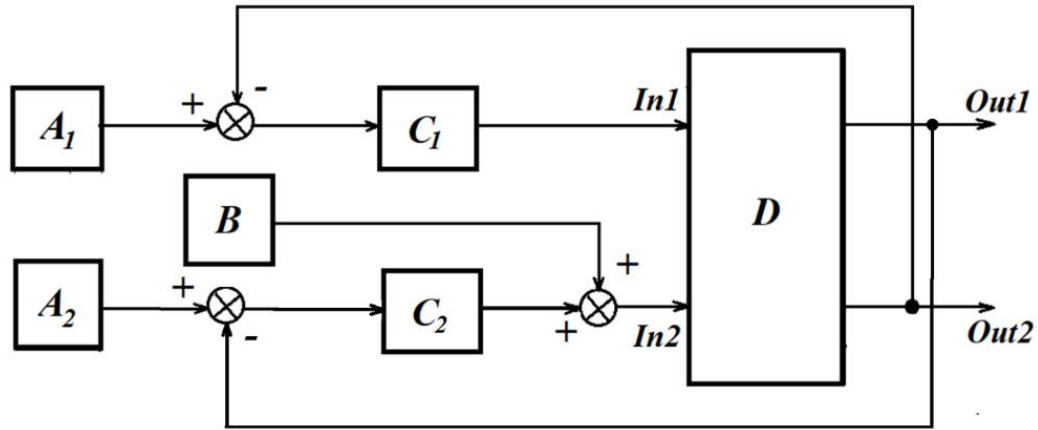


Fig.2. Improved block diagram of the prototype system model for optical fiber winding

After the transition from the structure of the prototype system (Fig. 1) to the improved structure (Fig. 2), a study of control algorithms was conducted in the following sequence: in the position of block C_2 of the improved system, the PID - controller was placed and a study was carried out to ensure precision of the control for the linear velocity of the optical fiber and the traction force of the electric drive of the optical fiber winding mechanism. Then, in the position of block C_2 of the improved system, the GID - controller was placed and a study was carried out to ensure precision of the control for the linear velocity of the optical fiber and the traction force of the electric drive of the optical fiber winding mechanism.

Conclusion: In this work, structure and block diagram of improved prototype system model for electric drive of the optical fiber winding mechanism of avionics fiber-optic sensors was proposed, in which PID-controller and GID-controller were placed.

References:

1. Fiber Optic Sensors for Harsh and High Radiation Environments in Aerospace Applications / A. Rovera et al. Sensors. 2023. Vol. 23, no. 5. P. 2512. URL: <https://doi.org/10.3390/s23052512>.
2. Girard, S.; Morana, A.; Ladaci, A.; Robin, T.; Mescia, L.; Bonnefois, J.-J.; Boutillier, M.; Mekki, J.; Paveau, A.; Cadier, B.; et al. Recent Advances in Radiation-Hardened Fiber-Based Technologies for Space Applications. J. Opt. 2018, 20, 093001.

УДК №1326

БЕЗКООНТАКТНА ВІБРОМЕТРІЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Кухта Богдана

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Микола Дивнич, д.т.н., доц.

Ключові слова: вібрація, випробування, лазер, віброшвидкість, вимірювання.

Вступ: Під час розробки нової авіаційної техніки, наприклад авіадвигунів або елементів конструкцій літальних апаратів, виконують вібраційні випробування для визначення їх динамічних характеристик.

Такі випробування в проводять при гармонічній вібрації (з фіксованою частотою або з частотою, що змінюється) або при стохастичних навантаженнях. Обладнання для випробувань традиційно складається зі збуджувачів коливань та приладів, що вимірюють наступні параметри вібрації: вібропереміщення, віброшвидкість, віброприскорення. У віброметрах можуть використовуватись індукційні, індуктивні, тензорезисторні або п'єзоелектричні вимірювальні перетворювачі. Контактні датчики розміщуються на об'єкті дослідження, що може вплинути на характер коливань. Крім того їх не можна використовувати у випадку високої температури об'єкта. У лазерних віброметрах відсутні данні недоліки, вони можуть також вимірювати дві або три складові вектора швидкості вібрації.

Мета: В лазерному віброметрі для вимірювання двох складових вектора швидкості вібрації за допомогою приймальної діафрагми, що має чотири отвори, з випромінювання лазерного діоду виділяються промені, які оптичною схемою направляються на два фотоприймача. На виходах фотоприймачів утворюються доплерівські сигнали, частота яких пропорційна двом складовим вектора віброшвидкості.

В лазерному віброметрі для вимірювання трьох складових вектора віброшвидкості, також використовується приймальна діафрагма, але вона має п'ять отворів. За допомогою приймальної діафрагми та оптичної схеми приладу з лазерного випромінювання, яке розсіяне об'єктом дослідження, виділяються промені. Ці промені інтерферують на поверхні трьох фотоприймачів на виходах яких утворюються сигнали, що пропорційні трьом ортогональним складовим вектора швидкості вібрації.

Висновок : Під час проведення вібраційних досліджень елементів конструкцій авіаційної техніки у обладнанні для проведення випробувань перспективним є застосування безконтактного лазерного віброметра, який не змінює характер вібрації та дозволяє вимірювати дві або три складові вектора швидкості вібрації.

Список використаних джерел:

1. Т. А. Красовський, В. І. Василенко, “Цифровий аналізатор електромеханічних параметрів ультразвукових коливальних систем”, Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування, Вип. 53(1), 2017.
2. Ушаков О. П. Застосування лазерної вібродіагностики у процесі стендових випробувань агрегатів авіаційної техніки [Текст] / О.П. Ушаков, А.В. Озеров, А.Ю. Калемєнєв, П.О. Хабаров // Міжвуз. Темат. Зб. наукових праць «Проблеми експлуатації та удосконалення транспортних систем». – СПб., 2009. – Тої XI. - С. 5-15

УДК 621

СУЧАСНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Лаврушко Валентин

*Державний університет "Київський авіаційний інститут"**Науковий керівник – Ситнянських Л.М. ст.викладач кафедри*

Ключові слова: навігаційні системи, супутникове позиціювання, інерціальна навігація, штучний інтелект, транспорт, автономні системи.

Вступ: Сучасні навігаційні системи є важливим компонентом транспортної та логістичної інфраструктури. Вони дозволяють забезпечувати точне визначення місцезнаходження та маршрутизацію об'єктів у реальному часі завдяки використанню супутникових технологій, інерціальних сенсорів і штучного інтелекту.

Матеріали та методи: Дослідження базується на аналізі сучасних технологій глобального позиціювання (GPS, ГЛОНАСС, Galileo), інерціальних навігаційних систем (INS) та методів машинного навчання для підвищення точності навігації.

Результати: Впровадження комплексних навігаційних систем, що поєднують супутникове та інерціальне позиціювання, дозволяє значно покращити точність навігації, особливо в умовах урбанізованого середовища. Використання штучного інтелекту дозволяє адаптивно коригувати маршрут рухомого об'єкта та прогнозувати перешкоди на шляху.

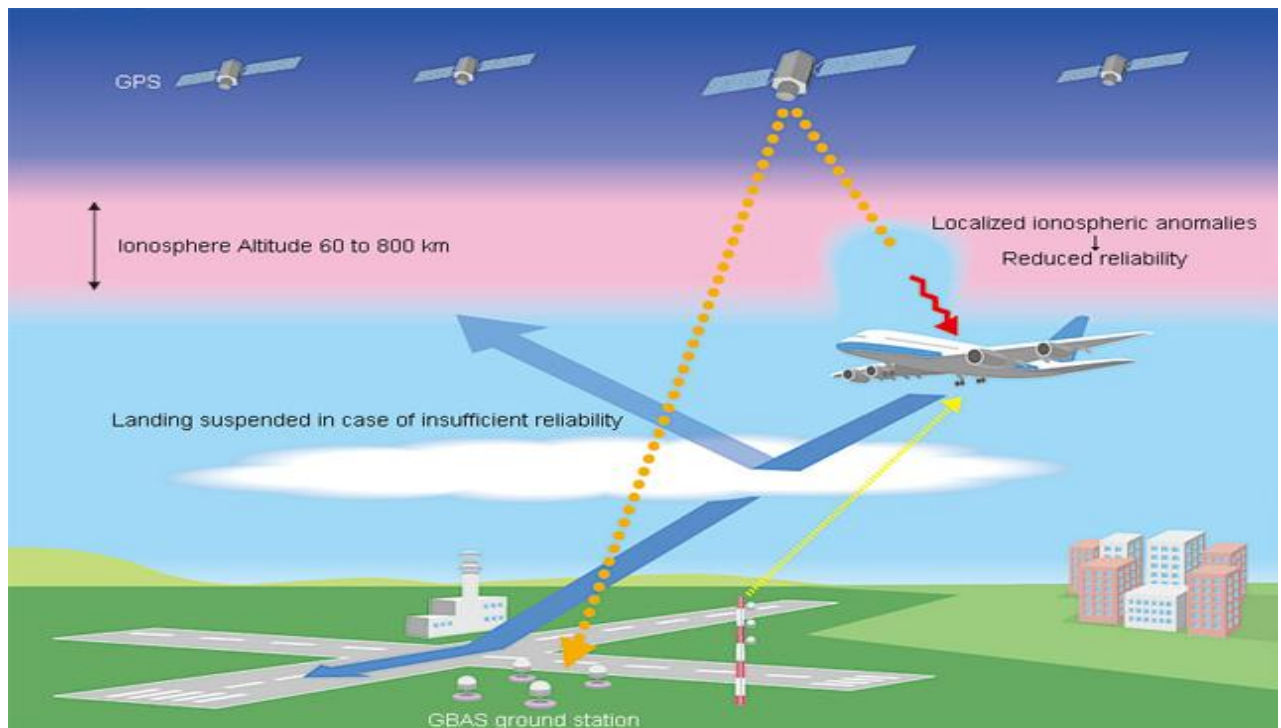


Рис.1. Precision approach using satellite navigation with GBAS and ionospheric threats

Висновок : Сучасні навігаційні технології відіграють ключову роль у розвитку транспорту та автономних систем, забезпечуючи безпечне та ефективне пересування. Подальші дослідження спрямовані на інтеграцію різних технологій для підвищення надійності навігації.

Список використаних джерел:

1. Огляд та аналіз сучасних радіотехнічних систем: <https://journal-hnups.com.ua/index.php/zhups/article/view/1118>
2. Навігаційні системи та їх використання: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/eaf06693-f8cf-4b9e-b933-6d18beb33705/content>
3. Рис.1: <https://www.aero.jaxa.jp/eng/research/star/dreams/satellitenavi/>

УДК 621.835.1

АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ГРУПОЮ БПЛА З МІНІМІЗАЦІЄЮ ШЛЯХУ ТА УСУНЕННЯМ КОНФЛІКТУ МАРШРУТІВ

Максим Мирошниченко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Наталія Білак, к.т.н., доц.

Ключові слова: БПЛА, багатооб'єктна система, оптимізація маршрутів, задача про призначення, конфлікт маршрутів

Вступ. Розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) веде до активного використання ройових систем у задачах, що потребують швидкого реагування та оптимального використання ресурсів. Автоматичне управління групами БПЛА передбачає не лише координацію їх руху, а й вирішення задач оптимального призначення цілей, мінімізації сумарного маршруту та уникнення конфліктів між траєкторіями. У ряді наукових досліджень [1, 3] розглянуто різні методи математичного програмування.

Мета. Рішення задачі автоматичного оптимального управління групою БПЛА з мінімізацією сумарного шляху та усуненням конфліктів між траєкторіями руху.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження обрано рій БПЛА в умовах виконання завдань оптимального розподілу цілей між групою.

Для побудови математичних моделей руху БПЛА у вигляді функцій вартості (відстані) між об'єктами та цілями застосовано принципи евристичного планування маршруту та векторного опису конфігурації рою.

Рішенням задачі лінійного програмування формалізовано розподіл цілей між БПЛА як задачу про призначення, у якій кожен БПЛА має бути призначений до конкретної цілі з мінімальною загальною вартістю. Використано матриці вартостей для формалізації цільової функції.

Для ефективного розв'язання задачі про призначення, а саме основної її роботи, застосовано угорський метод. Метод дозволяє знайти оптимальне призначення. Алгоритм складається з поетапного зменшення вартостей у матриці, покриття нульових елементів мінімальною кількістю ліній, та поступового переформування матриці для досягнення призначення.

У часткових підзадачах для моделювання поведінки БПЛА в динамічних умовах, зокрема при зміні кількості доступних цілей, використано метод динамічного програмування. Дозволяє адаптивно змінювати план дій залежно від поточного стану системи.

Для вирішення конфліктів маршрутів застосовано теорію кіс. Алгоритм працює за принципом гребінця. Гребінець послідовно проходить між косами. Якщо коси сплутані, то

гребінець виправляє їх. Стосовно до маршрутів, процес “розчісування” виконується алгоритмом лінії розгортки. Вертикальна лінія послідовно і дискретно переміщається по осі x , зупиняючись на точках перетину і зміни напрямку маршрутів. У цих точках виробляються маніпуляції з маршрутами для виключення їх перетинів. Вихідні дані - це координати цілей і вихідні координати БПЛА. Задається мінімальна безпечна відстань, на яку можуть зближуватися БПЛА. Воно залежить від факторів невизначеності - помилки контуру управління положенням через неточності вимірювання і управління, зовнішні збурення.

Ітеративний підхід - це спосіб реалізації алгоритмів вигляді послідовності кроків, на кожному з яких система виконує одне призначення і переобчислює вартість для залишених цілей. Це дозволяє масштабувати рішення для різних конфігурацій груп БПЛА і задач.

Результати. Було вирішено одну з задач управління багатооб’єктними системами, а саме задача розподілу цілей між БПЛА з мінімізацією сумарного шляху. Задача розподілу цілей між БПЛА з мінімізацією сумарного шляху є частковим випадком транспортної задачі – задачею про призначення. Вхідними даними задачі про призначення були координати цілей та БПЛА та площа на ділянки, були проведені розрахунки матриці відстаней. За допомогою методу булевої оптимізації – Вінгєрський методу, симплекс методу та методу гілок та меж було знайдено рішення, при якому кожен БПЛА дістався до статичної цілі з мінімальною сумарною відстанню.

Висновки: Результати дослідження підтверджують, що комплексне застосування математичного моделювання, угорського методу, динамічного програмування та ітеративного підходу дозволяє досягти високої точності розподілу цілей і мінімізації маршрутів при керуванні групою БПЛА. Розроблена система продемонструвала стабільну та ефективну роботу в умовах зміни завдань і просторових обмежень, що дозволяє вважати її придатною до використання в реальних сценаріях автоматизованого управління.

Список використаних джерел

1. Артюшин Л.М., Кононов О.А., Невзглядєнко Ю.О. Аналіз перспектив реалізації групового застосування безпілотних літальних апаратів військового призначення // Збірник наукових праць ДНДІ авіації, 2023.
2. Чисельні методи розв’язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с.
3. Методи оптимізації та дослідження операцій: навчальний посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щєхорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с.

УДК 621.395:004.42

АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ДАНИХ БОРТОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Олександр Петько

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Тетяна Соломаха, старший викладач.

Ключові слова: алгоритм, моніторинг технічного стану, бортові датчики

Вступ: Системи автоматичного скидання корисного навантаження широко застосовуються у сучасних безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Вони дозволяють виконувати точкове транспортування вантажів, скидання рятувального спорядження, військових або агротехнічних матеріалів. Одним із найефективніших рішень є використання інтелектуальної системи контролю та керування скиданням, яка забезпечує автономне прийняття рішень на основі аналізу навколишнього середовища, погодних умов і параметрів польоту. До основних типів датчиків належать **датчики температури**, датчики тиску та датчики вібрації

Мета: Метою даної роботи, є розробка алгоритму обробки даних бортових датчиків для моніторингу технічного стану авіаційних систем.

Матеріали та методи: Для реалізації алгоритму обробки даних бортових датчиків, що здійснюють моніторинг технічного стану авіаційних систем, використовуються різноманітні матеріали та методи. Бортові датчики вимірюють параметри, такі як температура, тиск, вібрація, рівень пального, прискорення та швидкість. Ці дані збираються через Data Acquisition Unit (DAU), що передає інформацію для подальшої обробки.

Обчислювальні платформи, зокрема мікропроцесори та FPGA, використовуються для швидкої обробки даних. Програмне забезпечення розробляється на C/C++ для ефективної роботи з обмеженими ресурсами та на Python для аналізу даних. Для обробки в реальному часі використовуються платформи RTOS і вбудовані системи, що виконують алгоритми безпосередньо на літаку.

Математичні методи, такі як фільтри Калмана, застосовуються для зниження впливу шуму в даних. Регресія та статистичний аналіз допомагають прогнозувати технічний стан літака. Теорія керування дозволяє адаптувати алгоритми під змінні умови.

Результати: Для реалізації такого алгоритму використовується середовище Visual studio та мова програмування C++. В ньому використані змінні та команди, що дозволяють симулювати роботу алгоритму. В основній функції створюються об'єкти датчиків температури та тиску, після чого відбувається їх обробка. Спочатку генерується випадкове значення для температури та тиску, потім це значення фільтрується за допомогою фільтра Калмана. Після цього на основі оброблених даних система приймає рішення: якщо температура занадто

висока або низька, генерується попередження. Цей код є основою, яку можна вдосконалювати для реальних авіаційних систем, додаючи більш складні алгоритми, інтерфейси для підключення реальних датчиків, а також покращуючи алгоритм фільтрації та обробки даних.

Висновок : Хоча цей алгоритм і є спрощеною моделлю, його переваги включають простоту реалізації, гнучкість і ефективність у використанні ресурсів, що може бути корисним для базових або початкових етапів розвитку систем моніторингу авіаційних систем. Алгоритм потребує мінімальних апаратних ресурсів, що робить його економічно вигідним для використання в системах з обмеженими обчислювальними можливостями, наприклад, у малих літаках або безпілотних системах. Також він легко інтегрувати з іншими базовими системами на борту літака, наприклад, з системами автоматичного управління або навігаційними системами. Це дозволяє досягти певної синхронізації між різними елементами літальної системи. Цей алгоритм може бути основою для побудови більш складних і потужних систем або використаний для малої чи безпілотної авіації.

Список використаних джерел:

1. Пархоменко Д.О., Павленко М.А., Падалка І.О. Метод виявлення аномальних послідовностей у діагностичних даних технологічного обладнання повітряного судна для попередження особливих випадків у польоті. Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: зб. тез доп. XX наук.-техн. конф., м. Чернігів, 3-4 верес. 2020 р. Чернігів: ДНДІ ВС ОВТ, 2020. С. 191
2. Арделян В.В. Методика накопичення діагностичної інформації при виконанні діагностування в розподілених базах знань пілотажнонавігаційного комплексу повітряного судна / В.В. Арделян, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ «ХП», 2016. – № 7 (1179) – С. 61 – 66

УДК 629.735.05

НОВА ЗАДАЧА МОДЕРНІЗАЦІЇ ГІРОСКОПІЧНИХ СИСТЕМ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НАПІВНАТУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Денис Садовський

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Юрченко Олексій, ст.викладач

Ключові слова: навігаційні пристрої, динамічні характеристики, первинна обробка, гіростабілізатор

Вступ: На літальних апаратах (ЛА), які виконують складні маневри в просторі з великими кутовими та лінійними прискореннями в якості вимірювачів, наприклад, кутових параметрів ЛА, застосовують гіроскопічні прилади і системи, а в окремих випадках гіростабілізатори, котрі в свою чергу володіють підвищеною опірністю до моментів збурюючих сил і більш строго зберігають чутливі осі гіроскопів незмінними в просторі. На точність навігаційних вимірів істотний негативний вплив роблять також різні недосконалості конструкцій самих навігаційних пристроїв, якщо вони створювалися без відповідного обліку характеру перетворення вхідних стохастичних факторів, у пристроях визначальних рух їхньої підстави (палуби корабля, шпангоутів літака, і платформи стенда імітатора і т.п.), якщо бортові вимірники охоплюються без відповідних оцінок і розв'язок різними зворотніми зв'язками, з інших причин. Очевидно, що зазначені вище динамічні фактори не можуть у визначальній мірі не позначитися на реалізації спочатку передбачуваних функцій (законів) перетворення вхідної інформації конкретними навігаційними пристроями.

Матеріали і методи: Динамічна атестація бортових навігаційних приладів, систем і комплексів - вид напівнатурного моделювання, основа якого складається в імітації за допомогою спеціальних стендів-генераторів динамічної обстановки місць установки засобів навігації на борту при реальних експлуатаційних просторових рухах автономних об'єктів. Проведений етап динамічної атестації [1] – вид напівнатурного моделювання, коли досліджуваний об'єкт, а саме малогабаритна гіровертикаль, містився і випробувався на динамічному стенді-імітаторі кутових просторових рухів об'єкта. На прикладі етапу проведення первинної обробки багатомірної навігаційної інформації, що доцільно проводити для подальшої структурної ідентифікації моделей динаміки досліджуваного пристрою, показані методика і можливий вид відображення результатів такої обробки.

Висновок : Таким чином, запропоновані вище новий підхід підвищення точності існуючих навігаційних пристроїв дозволить надалі створювати конкурентоспроможні

вироби досліджуваного класу

Список використаних джерел:

1. Блохін Л.М., Буріченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління – Підручник для ВНЗ. – до : КАІ , 2003. – с.208.

УДК 621.865.8(043.2)

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНОЮ ПЛАТФОРМОЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Соловей Михайло

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Юрій Безкоровайний, к.т.н., доц.

Ключові слова: мобільна платформа, мікроконтролер, дистанційне управління, хмарні технології, сенсори

Вступ: У сучасних умовах зростає попит на автономні мобільні платформи, які здатні виконувати дослідження та моніторинг в складних польових умовах. Особливо актуальним є створення інтегрованих систем керування, що дозволяють не лише дистанційно керувати рухом платформ, а й здійснювати збір та передачу даних для подальшої обробки. У працях [1, 2] розглядаються підходи до автоматизації наземних роботизованих платформ, однак питання інтеграції з хмарними сервісами та автономної роботи в умовах відсутності зв'язку залишаються відкритими.

Мета: Розробити інтегровану систему керування мобільною платформою з можливістю автономного збору екологічних даних, локального збереження інформації та подальшою передачею її на сервер при наявності підключення.

Матеріали та методи:

Об'єкт дослідження: колісна мобільна платформа, що працює в умовах обмеженого зв'язку для збору та передачі екологічних даних.

Методи дослідження:

Мікроконтролерне керування. Для автономного керування платформою застосовано комбінацію мікроконтролерів ESP32 та Raspberry Pi 4B, що взаємодіють через UART-протокол.

Сенсорні технології. Для вимірювання температури та вологості використано сенсор DHT22, а для виявлення перешкод — ультразвукові датчики. Зібрані дані записуються на SD-карту.

Програмне моделювання. Реалізовано логіку автономного пересування з реагуванням на перешкоди та записом даних, використовуючи Python та Arduino IDE.

Хмарні технології. При підключенні до мережі, зібрані дані автоматично передаються на сервер з можливістю подальшого аналізу.

Модульний підхід. Архітектура системи дозволяє гнучке масштабування, зокрема підключення додаткових сенсорів чи модулів зв'язку.

Результати6 Розпочато етап розробки та та надалі буде протестовано прототип мобільної платформи, здатний рухатися по заданому маршруту, виявляти перешкоди та повідомляти оператора. Екологічні дані зчитуються мікроконтролерами, записуються на SD-карту, і при з'єднанні з мережею передаються на сервер.

Архітектура системи підтримує модульність і дозволяє розширення – зокрема, додавання нових сенсорів, GPS або камери спостереження. Інтеграція з хмарними технологіями забезпечує централізоване зберігання та візуалізацію даних.

Висновок : Інтегрована система мобільної платформи забезпечує надійний збір даних в умовах відсутності зв'язку, що є важливим для сільськогосподарських та екологічних досліджень. Вона поєднує апаратну автономність із перевагами хмарних сервісів, має потенціал до подальшого вдосконалення та масштабування.

Список використаних джерел

1. Nguyen, T. et al. Autonomous Ground Vehicle Navigation in Unstructured Environments. *Robotics*, 2021.
2. Liu, Y., et al. Cloud-Based Robot System for Remote Environmental Monitoring. *Sensors*, 2022.
3. Павлюк, С.В. Інтеграція IoT-платформ у розподілені системи збору даних. *Системи управління та навігації*, 2023.

УДК 621.311.4.031

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОЛЬОТОМ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Синюченко Денис

Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Державного некомерційного підприємства Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

*Науковий керівник – Альона Хебда,
заступник директора з НМР, старший викладач*

Ключові слова: літальний апарат, авіоніка, безпека польоту, бортові комплекси, алгоритми управління

Вступ: Сучасні повітряні судна тісно пов'язані з електронікою, яка забезпечує функціонування всієї авіатранспортної системи. Авіоніка літальних апаратів являє собою комплекс апаратних та програмних засобів, що є частиною системи автоматичного управління літального апарату та функціонально об'єднує планер з приводом виконавчого органу.

Автоматизація процесів керування літальними апаратами є однією з основних функцій сучасної авіоніки, що має на меті забезпечення виконання безпечного польоту з мінімалізацією впливу на управління польотом членів екіпажу. Враховуючи цей факт існуючі бортові комплекси авіоніки літальних апаратів потребують постійного вдосконалення.

Провідні фахівці авіаційної галузі дійшли висновку про необхідність подальшого вдосконалення системи управління польотом літальних апаратів всіх типів, що має на меті створення сучасної багатофункціональних оптимальної системи керування, що забезпечить безпеку пілотування літальних апаратів та зменшить при цьому чисельність їх екіпажів.

Між тим, архітектура бортових комплексів авіоніки має бути забезпечена комплексом датчиків, що точно передають параметри до системи керування. Результати вимірювань цих датчиків відіграють важливу роль при визначенні динамічних характеристик літального апарату та стан функціонування його систем під час польоту.

Вдосконалення системи управління польотом літального апарату є складним і багатогранним завданням, що вимагає комплексного підходу. Ключовими напрямками та підходами є удосконалення алгоритмів управління, а саме розробка алгоритмів, які можуть адаптуватися до змінних умов польоту (вітер, турбулентність, зміни навантаження), мінімізувати використання палива, часу польоту та розраховувати оптимальні траєкторії польоту. Велике значення для вдосконалення систем управління польотом літальних апаратів відіграє штучний інтелект, роблячи їх більш безпечними, автономними та ефективними. Він дозволяє повітряним судам самостійно планувати оптимальні маршрути, враховуючи погодні

умови, обмеження повітряного простору, адаптуватися до змін умов польоту в реальному часі, уникаючи небезпечних зон, забезпечує автоматичне виявлення та уникнення зіткнень з іншими літальними апаратами або перешкодами. Системи на основі штучного інтелекту можуть приймати рішення щодо екстреної посадки або зміни маршруту для забезпечення безпеки польоту, реагувати на аварійні ситуації, такі як відмова двигуна або втрата зв'язку з наземною станцією.

Висновок: Враховуючи швидкий розвиток технологій, вдосконалення системи управління польотом літальних апаратів є постійним процесом. Інтеграція нових технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, відкриває нові можливості для автоматизації та оптимізації польоту, роблячи його більш безпечним та ефективним.

Список використаних джерел:

1. Бойко, С., Хебда, А., Стуцанський, Ю., Голованов, С., Рижик, М. (2022). Підхід до вдосконалення системи керування електричною силовою установкою літального апарату. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 315(6(2), 20-24.
2. Безпека авіації / В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов та ін. К. : Техніка, 2004. 584 с.

УДК 57:539.1.074

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДОЗИМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ

Андрій Клименко

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник: доцент Олександр Мельник

Ключові слова: первинний перетворювач, чутливість, іонізуюче випромінювання, мікропроцесор.

Вступ: Потреба в точному визначенні дози та в її вимірюванні експериментальним або теоретичним шляхом виникла з самого початку застосування іонізаційного випромінювання. Розвиток ядерних технологій, а також використання іонізаційного випромінювання в різних областях техніки, природознавства, медицини, промисловості та сільського господарства вивело вимірювання дозиметричних параметрів далеко за рамки бажаних заходів.

Мета: Метою даної роботи є освітлення слухачів з питань безпеки та актуальності вимірювання іонізуючого випромінювання в сучасному світі та моделювання власного універсального дозиметра «на всі випадки життя».

Матеріали та методики: Для наукового дослідження питання дозиметрії був використаний метод моделювання, а саме розробки і програмування дозиметра на основі платформи «Arduino».

Результат: Результатом досліджу є створення повноцінної віртуальної моделі дозиметра (Рис. 1). Розроблений дозиметр зібраний на базі α -, β -, γ - чутливого первинного перетворювача типу «Бета-1» Гейгера-Мюллера зі слюдяним вікном.

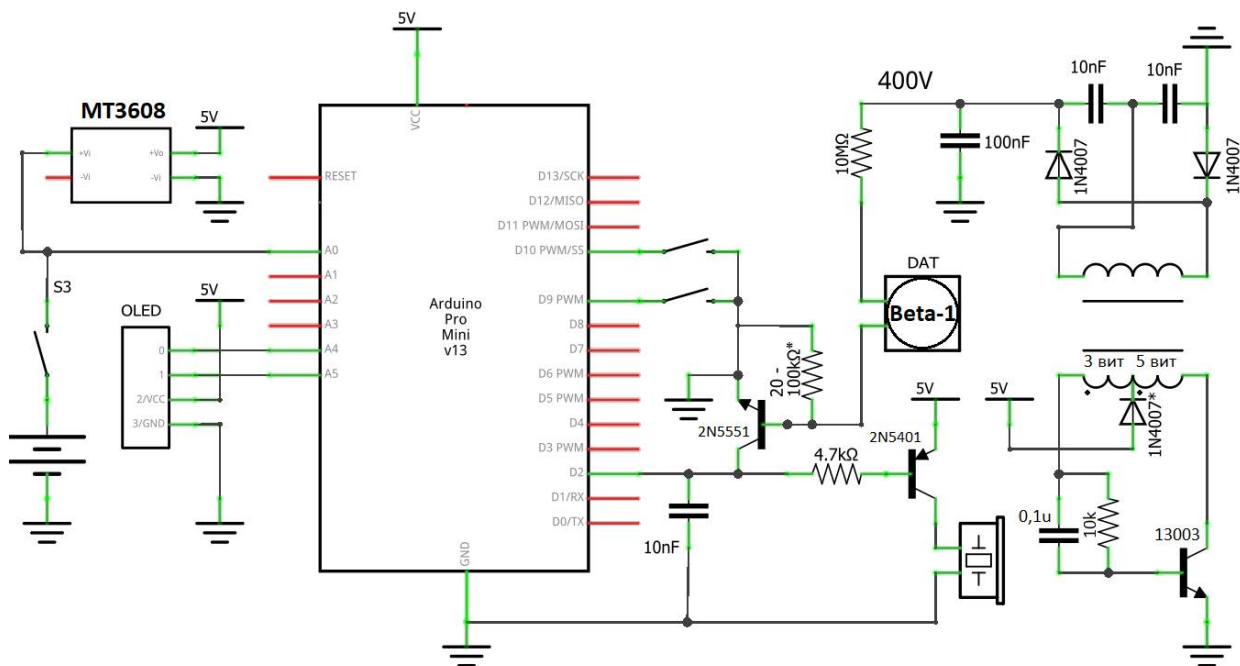


Рис. 1 Електрична схема розробленого дозиметра.

Висновок : На даному етапі розвитку людства необхідність вимірювання іонізуючого випромінювання зростає щороку, якщо не щомісяця. Запропонована мною концепція індивідуального дозиметра, який за бажанням можна зібрати власноруч, покликана попередити про можливу небезпеку користувача у найкоротші строки.

Список використаних джерел

1. Теорія по дозиметрії. URL: <https://naurok.com.ua/dozimetriya-dozi-viprominyuvannya-radioaktivniy-zahist-lyudini-398404.html>

УДК 629.7.054.42(043.2)

ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНОГО/РАДІО ВИСОТОМІРА В ЯКОСТІ ПОКАЖЧИКА ВІДНОСНОЇ ВИСОТИ НА ВИСОТІ ОДНОГО ДІАМЕТРА ГВИНТА В ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ РОТОРНОГО ТИПУ

Бандевич Григорій

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Безкоровайний Юрій Миколайович, к.т.н., доц.

Ключові слова: радіовисотомір, оптичний висотомір, відносна висота, роторні літальні апарати.

У сучасній авіації для визначення абсолютної та відносної висоти польоту переважно застосовується барометричний метод, який характеризується простотою реалізації та високою надійністю. Цей підхід ефективний для більшості літальних апаратів (ЛА), проте має суттєві обмеження при використанні на роторних ЛА, зокрема гелікоптерах і мультикоптерах, особливо під час польоту на малій висоті. На висотах, що не перевищують одного діаметра гвинта, виникає ефект повітряної подушки, який суттєво впливає на точність барометричних вимірювань [1].

Дослідження та запропоновані рішення були зроблені з метою покращення якості польоту ЛА роторного типу під час зльоту та посадки.

Об'єктом дослідження є гелікоптер «Т-Rex 800» із діаметром несучого гвинта 1690 мм, оснащений датчиком статичного тиску для збору вимірювальних даних. Експериментальне дослідження включало виконання зльотів та посадок у режимі стабілізації кутів крену і тангажу, з ручним керуванням загальним кроком гвинта та стабілізацією кутової швидкості ривання. Управління здійснювалось за допомогою радіозв'язку та апаратури керування. Управління та запис даних барометричного датчика було зроблено за допомогою автопілота «Cube Orange», встановлено на об'єкт дослідження. Для аналізу отриманих даних було використано програмне середовище Matlab.

Під час експериментального польоту гелікоптер піднімався на висоту 160 см із візуальним контролем висоти. На висоті до одного метра фіксувалось відхилення вимірів висоти від заданих, до 30 см при наближенні до землі, що може суттєво вплинути при посадці в автоматичному політі. На рисунку зображено графік залежності заданої та фактичної висоти гелікоптера та показано щільність ймовірності. Причиною похибки є різке підвищення тиску низхідним потоком гвинта гелікоптера, що робить барометричне вимірювання висоти некоректними. Алгоритмічно ця проблема не може бути вирішена через нестабільність вимірювань. Альтернативним підходом подолання даної проблеми є використання методів вимірювання висоти, не залежних від статичного тиску, такі як оптичний чи радіолокаційний

метод. Ультразвуковий метод не придатний до використання на гелікоптері в зв'язку з нестійкою роботою в умовах постійних вібрацій з великою амплітудою. Оптичний радіовисотомір чи радіовисотомір має бути встановлений так, щоб вимірювання висоти відбувалось перпендикулярно до площини, з якої відбувається запуск ЛА. Алгоритмічно можна зробити так, щоб при злету чи посадці вимір висоти був узгоджений з кутом нахилу об'єкта в просторі, для отримання фактичної висоти над землею. Другий метод подолання даного явища є фіксування швидкості зміни висоти при заданому куту нахилу тарілки головного гвинта або кількості обертів роторів та використання датчика посадки, такого як п'єзодатчик, але працюватиме це лише на малих літальних апаратах в зв'язку зі збільшенням підйомної сили гвинта в збуреному середовищі в зв'язку зі збільшенням щільності повітря в ефекті повітряної подушки, що унеможливить посадку ЛА.

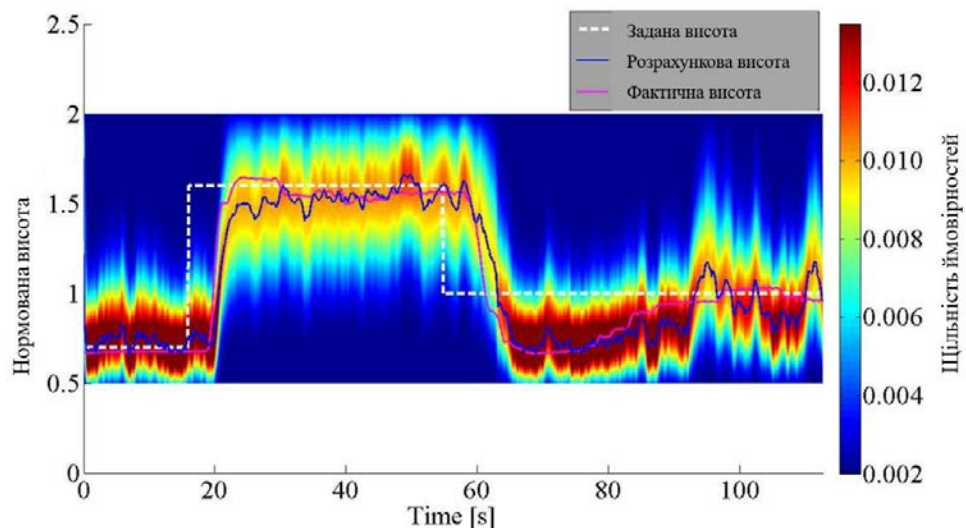


Рисунок 1. Графік залежності фактичної та вимірної висоти зі зображенням щільності ймовірностей показань висоти барометричного датчика

Висновок : Шляхи подолання даного ефекту наразі існують та можуть використані в безпілотних літальних апаратах роторного типу. Актуальність рішення є важливим в контексті різкого зросту розвитку безпілотної літальної техніки та виникнення труднощів, які супутні розвитку.

Список використаних джерел:

1. Hooi, C. G. (2015). *Height estimation and control of a rotorcraft in ground effect using multiple pressure probes* (Master's thesis). University of Maryland, Department of Aerospace Engineering.

УДК 629.735.3

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА СКИДАННЯ КОРИСНОГО НАВАНТАЖЕННЯ З ДРОНА

Роман Лукаш

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ

Науковий керівник – Тетяна Соломаха, старший викладач.

Ключові слова: дрон, система скидання, штучний інтелект

Вступ: Системи автоматичного скидання корисного навантаження широко застосовуються у сучасних безпілотних літальних апаратах (БПЛА). Вони дозволяють виконувати точкове транспортування вантажів, скидання рятувального спорядження, військових або агротехнічних матеріалів. Одним із найефективніших рішень є використання інтелектуальної системи контролю та керування скиданням, яка забезпечує автономне прийняття рішень на основі аналізу навколишнього середовища, погодних умов і параметрів польоту.

Мета: Метою даної роботи, є розробка автоматичної системи скидання корисного навантаження з дрона.

Матеріали та методи: Для надійної роботи необхідний потужний та швидкодіючий сервопривід, здатний утримувати та скинути вантаж. В залежності від ваги корисного навантаження, можна використати один із наведених нижче сервоприводів.

DS3225 – момент ≈ 25 кг·см, живлення 6–7.4V (для середніх навантажень).

HS-7950TH – момент до 35 кг·см, живлення 7.4V (для важких вантажів).

Actuonix L12-R – лінійний привід для поступового скидання важких вантажів.

Контролер має бути сумісним із польотною системою дрона та забезпечувати точне керування сервоприводом. Найкраще для виконання поставлених завдань підійде **Pixhawk (ArduPilot, PX4)**. Цей контролер інтегрується в систему керування дроном, дозволяє задавати координати точки скидання також для дистанційного керування системою використано **та NVIDIA Jetson Nano** – для обробки зображень і машинного навчання.

Результати: Процес роботи інтелектуальної системи контролю та керування скиданням корисного навантаження починається з фіксації вантажу, який утримується у закритому положенні за допомогою сервоприводу. Дрон прямує до заданої точки скидання, при цьому контролер визначає координати через GPS і коригує маршрут у реальному часі. Після досягнення цільової зони система аналізує оптимальну траєкторію, враховуючи висоту, швидкість вітру та можливі перешкоди.

Штучний інтелект додатково перевіряє навколишнє середовище, оцінюючи безпеку виконання скидання, зокрема наявність перешкод і погодні умови. Після підтвердження безпечності сервопривід отримує команду на відкриття фіксатора у найбільш підходящий

момент. Під час процесу скидання камери та сенсори фіксують його успішність і надсилають зворотний зв'язок до системи керування.

Якщо виникає необхідність коригування польоту, система аналізує ситуацію та визначає, чи слід змінити маршрут перед поверненням. Завершивши скидання вантажу, дрон або повертається на базу, або продовжує виконання наступних завдань відповідно до запрограмованої місії.

Перевагами використання такої системи є автономне прийняття рішень завдяки штучному інтелекту, висока точність скидання в оптимальному місці завдяки врахуванню погодних умов та перешкод, наявність зворотного зв'язку про результати виконання завдання, простота інтеграції у польотний контролер.

Висновок : Інтелектуальна система контролю та керування скиданням корисного навантаження є високотехнологічним інженерним рішенням, яке значно підвищує ефективність та безпеку виконання місій безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Застосування алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту забезпечує не тільки автоматизоване визначення оптимальних траєкторій, але й коригування операцій у реальному часі. Це дозволяє досягти високої точності виконання завдань навіть у складних та динамічних умовах, що сприяє підвищенню надійності та адаптивності системи в процесі її експлуатації.

Список використаних джерел:

1. "Drone Safety Guide." Federal Aviation Administration. URL: https://www.faa.gov/uas/recreational_fliers/drone_safety/
2. Git Documentation. URL: <https://git-scm.com/doc>
3. 3Pixhawk Autopilot. URL: <https://pixhawk.org/>

Scientific publication

POLIT.
Challenges of science today
AIR NAVIGATION. ELECTRONICS. TELECOMMUNICATIONS

***Abstracts of
XXV International
conference of higher education students
and young scientists***

Kyiv, 1-4 April 2025
Published in the author's edition

Наукова публікація

ПОЛІТ.
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ
АЕРОНАВІГАЦІЯ. ЕЛЕКТРОНІКА. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

***Тези доповідей
XXV Міжнародної
науково-практичної конференції здобувачів
вищої освіти і молодих учених***

Київ, 1-4 квітня 2025
Публікується у авторській редакції

Підп. до друку 10.05.2024. Електронне видання.

Формат 60x84/16. Видавець і виготовник

Державний університет «Київський авіаційний інститут» 03058. Київ – 58, проспект Любомира Гузара, 1
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України суб'єктів видавничої справи ДК № 977 від 05.07.2002