УДК 004.8:623.746-519:629.3.014 DOI 10.18372/2073-4751.87.21683

Кібіткін С.О., к.т.н.,
orcid.org/0000-0001-8007-4015,
e-mail: sergejkibitkin@gmail.com,
Андерсон Г.Г.,
orcid.org/0009-0001-8925-0270,
e-mail: german031985@gmail.com,
Маліка А.А.,
orcid.org/0009-0001-5594-4389,
e-mail: artjom.malika@gmail.com

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАЛЕЖНОСТІ FPV-БПЛА ЗА НАЯВНІСТЮ ТА АВТЕНТИЧНІСТЮ ІДЕНТИФІКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ

Навчально-науковий тренінговий центр оперативно-бойової підготовки Національної академії Служби безпеки України

Вступ

Інтенсивний розвиток безпілотних авіаційних систем зумовив суттєве розширення сфери їх застосування та одночасно актуалізував проблему достовірного встановлення належності безпілотного літального апарата під час його перебування у повітряному просторі. Особливого значення ця проблема набуває для малорозмірних безпілотних літальних апаратів, зокрема БпЛА, для яких оперативне прийняття рішення щодо характеру виявленого об'єкта має здійснюватися за обмеженого часу та неповної інформації. У таких умовах принциповим є забезпечення можливості не лише виявлення повітряного об'єкта, а й отримання формалізованої ознаки, яка дає змогу встановити його належність до визначеної категорії авторизованих апаратів.

Одним із технологічних напрямів розв'язання зазначеної задачі є дистанційна ідентифікація, за якої безпілотний літальний апарат передає ідентифікаційну інформацію засобам, розташованим поза його бортовою системою. Однак задача визначення належності повинна розглядатися як послідовність взаємопов'язаних процедур, у межах яких факт виявлення сигналу доповнюється перевіркою ідентифікатора та встановленням його автентичності.

Таким чином, наукова проблема полягає у формуванні такого способу визначення належності БпЛА, за якого рішення приймається не за його фізичною або радіотехнічною сигнатурою, а за результатами виявлення спеціального ідентифікаційного сигналу, перевірки ідентифікаційної інформації та підтвердження її автентичності.

Метою статті є розроблення методу визначення належності БпЛА на основі виявлення спеціального ідентифікаційного сигналу, перевірки відповідності ідентифікатора визначеній множині дозволених ідентифікаторів та встановлення автентичності отриманої ідентифікаційної інформації.

Для досягнення поставленої мети необхідно сформувати формальне представлення процесу ідентифікації, визначити послідовність оброблення ідентифікаційного сигналу, встановити критерій прийняття рішення щодо

належності БпЛА та провести аналіз властивостей запропонованого підходу.

Аналіз сучасних підходів до ідентифікації БпЛА за спеціальними сигналами

Сучасні підходи до дистанційної ідентифікації безпілотних літальних апаратів ґрунтуються на передаванні від борту до зовнішнього засобу спостереження інформації, яка дає змогу встановити ідентичність апарата та пов'язати отримані дані з відповідним об'єктом. У літературі Remote ID розглядається як технологічний механізм, що забезпечує наземному спостерігачеві можливість отримувати ідентифікаційну інформацію про БпЛА без безпосереднього доступу до його бортової системи [1]. При цьому виділяються два принципово різні способи доставки ідентифікаційних повідомлень:

- безпосереднє радіомовлення;
- передавання інформації через мережеву інфраструктуру [1].

Для задачі визначення належності БпЛА найбільш значущим є радіомовний варіант, оскільки він передбачає формування апаратом спеціального повідомлення, яке може бути прийняте зовнішнім засобом без встановлення попереднього з'єднання з БпЛА. У такому випадку інформаційна взаємодія описується послідовністю

БпЛА→ ідентифікаційний сигнал → засіб приймання → ідентифікатор.

Відповідно, результатом первинної процедури є не визначення фізичних характеристик літального апарата, а отримання його цифрової ідентифікаційної ознаки. [1, 6]. У системі на основі LoRaWAN ідентифікаційна інформація передається від БпЛА до наземних станцій, що додатково дає змогу визначати його місцеположення [6].

Сучасний напрям досліджень зміщується від простого передавання ідентифікатора до забезпечення його криптографічно підтвердженої достовірності. Запропонований у [2] підхід A²RID передбачає безпосередню автентифікацію повідомлень дистанційної ідентифікації та використовує механізми цифрового підпису для підтвердження їх походження. [2]. Подальший розвиток цього напряму представлений у [3], де процедура дистанційної ідентифікації доповнюється механізмами анонімної автентифікації та постквантового захисту.

Окремий напрям становлять системи, призначені для ідентифікації групи БпЛА. У [4] запропоновано механізм дистанційної ідентифікації рою, у якому інформація від окремих апаратів збирається засобами спостереження та передається для подальшої перевірки. Такий підхід демонструє масштабованість принципу ідентифікаційної мітки: рішення може формуватися не тільки щодо одиничного БпЛА, а й щодо множини апаратів, для кожного з яких існує власний ідентифікатор [4].

Інший аспект полягає у перевірці узгодженості ідентифікаційної інформації з параметрами фактичного польоту. У системі ORION досліджується використання Remote ID-повідомлень для перевірки траєкторій БпЛА, що передбачає оброблення і зіставлення інформації, отриманої від розподілених приймальних засобів [5]. З урахуванням розглянутих підходів основні характеристики спеціального ідентифікаційного сигналу, що мають значення для подальшого формування методу, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Основні характеристики спеціального ідентифікаційного сигналу

Характеристика	**Функціональне призначення**	**Джерела**
Наявність спеціального сигналу	Встановлення факту передавання ідентифікаційної інформації	[1], [6], [7]
Ідентифікатор БпЛА	Формування цифрової ознаки конкретного апарата	[1], [4], [6]
Передавання місцеположення та супутніх даних	Просторове співвіднесення ідентифікатора з об'єктом	[1], [5], [10]
Перевірка належності ідентифікатора	Встановлення відповідності дозволеній множині	[4], [5], [9]
Автентифікація повідомлення	Підтвердження достовірності походження ідентифікаційної інформації	[2], [3], [8], [9]
Захист від підміни	Зниження ймовірності формування неправдивої ідентифікаційної інформації	[2], [3], [8], [9]

Порівняння досліджених підходів показує, що дистанційна ідентифікація поступово переходить від концепції простого передавання відкритого ідентифікатора до багаторівневої процедури перевірки отриманої інформації рис. 1.

$$\text{Signal} \rightarrow ID \rightarrow Verification \rightarrow Authentication \rightarrow Decision.$$

Рис. 1. Узагальнена інформаційна структура спеціального ідентифікаційного сигналу.

При цьому перші три операції забезпечують отримання та перевірку ідентифікаційної інформації, а автентифікація визначає можливість використовувати отриманий результат як достовірну основу для подальшого рішення. Саме необхідність такого розмежування підтверджується сучасними дослідженнями безпеки Remote ID, у яких відкриті ідентифікаційні повідомлення розглядаються як потенційно вразливі до підміни та інших атак [8, 9].

Отже, проаналізовані підходи формують технологічну основу для побудови системи ідентифікації, в якій спеціальний сигнал виступає первинною ознакою наявності ідентифікаційної інформації, ідентифікатор – засобом встановлення цифрової належності об'єкта, а автентифікація – механізмом підтвердження достовірності цієї інформації. Водночас наявні підходи переважно орієнтовані на дистанційну ідентифікацію, моніторинг, керування повітряним рухом або захист інформаційного обміну [1–10].

Постановка задачі визначення належності БпЛА

У межах цього дослідження задача визначення належності БпЛА розглядається як задача прийняття рішення за результатами аналізу спеціально сформованої ідентифікаційної інформації, що передається бортовою системою безпілотного літального апарата. Принципову структуру поставленої задачі наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Задача прийняття рішення за результатами аналізу спеціально сформованої ідентифікаційної інформації.

Етап оброблення	**Позначення**	**Умова**	**Інтерпретація результату**
Виявлення сигналу (S_i)	$S_i = \begin{cases} 1, & \text{ідентифікаційний сигнал від } x_i \text{ виявлено,} \\ 0, & \text{ідентифікаційний сигнал від } x_i \text{ не виявлено} \end{cases}$	$S_i=1$	спеціальний ідентифікаційний сигнал виявлено
Отримання ідентифікатора (D_i)	$D_i = \begin{cases} 1, & ID_i \text{ отримано та розпізнано,} \\ 0, & \text{ідентифікатор відсутній або не розпізна} \end{cases}$	$D_i=1$	ідентифікатор прийнято та розпізнано
Перевірка належності (V_i)	$V_i = \begin{cases} 1, & ID_i \in \mathcal{A}, \\ 0, & ID_i \notin \mathcal{A}. \end{cases}$	$V_i=1$	ідентифікатор належить дозволеній множині
Автентифікація (A_i)	$A_i = \begin{cases} 1, & \text{автентичність ідентифікаційного повідомлення підтвердже} \\ 0, & \text{автентичність не підтверджено.} \end{cases}$	$A_i=1$	достовірність ідентифікаційної інформації підтверджено
Формування рішення(F_i)	$F_i = S_i D_i V_i A_i.$	$F_i=1$	належність встановлено

Для кожного об’єкта система спостереження здійснює пошук спеціального ідентифікаційного сигналу (S_i). Прийнятий сигнал має містити ідентифікаційну інформацію, яка дозволяє співвіднести його з визначеним БпЛА. У найпростішому представленні така інформація може бути задана ідентифікатором (D_i).

Після отримання ідентифікатора виникає задача встановлення його відповідності множині дозволених ідентифікаторів ($A = \{ID_1, ID_2,\ldots,ID_M\}$), де M визначає кількість ідентифікаторів, яким у межах досліджуваної системи надано статус дозволених. Відповідність отриманого ідентифікатора цій множині характеризується функцією V_i. Застосування лише цієї перевірки не забезпечує необхідного рівня достовірності. Ідентифікатор, що належить до множини (A), може бути відтворений або використаний у неправдивому повідомленні. Для встановлення належності необхідно додатково враховувати результат автентифікації отриманої ідентифікаційної інформації (Ai).

Такий поділ відповідає сучасному розвитку систем дистанційної ідентифікації, у яких поряд із передаванням ідентифікатора застосовуються механізми його автентифікації [2, 3]. З урахуванням зазначених умов рішення щодо ii-го об’єкта може бути представлене функцією (F_i).

Отримана постановка дозволяє розмежувати три різні інформаційні ситуації. У першій ситуації спеціальний сигнал відсутній, тому система не отримує передбаченої ідентифікаційної ознаки. У другій сигнал наявний, однак отриманий ідентифікатор не відповідає дозволеній множині або не проходить процедуру автентифікації. У третій ситуації всі необхідні умови виконуються одночасно, що створює підстави для позитивного рішення щодо належності.

Отже, задача визначення належності БпЛА формалізується як задача бінарного прийняття рішення за результатами послідовного встановлення наявності спеціального ідентифікаційного сигналу, отримання ідентифікатора, перевірки його відповідності дозволеній множині та автентифікації ідентифікаційної інформації.

Модель кооперативної ідентифікації БпЛА

Кооперативна ідентифікація передбачає, що БпЛА бере безпосередню участь у формуванні інформації, необхідної для встановлення його належності. Бортова система формує спеціальний ідентифікаційний сигнал, що містить ідентифікатор, а зовнішній засіб приймання здійснює його виявлення, декодування та перевірку[1, 6]. Відмінність запропонованої моделі рис. 2 полягає в тому, що отримання ідентифікатора розглядається лише як проміжний результат, після якого здійснюється його перевірка та автентифікація.

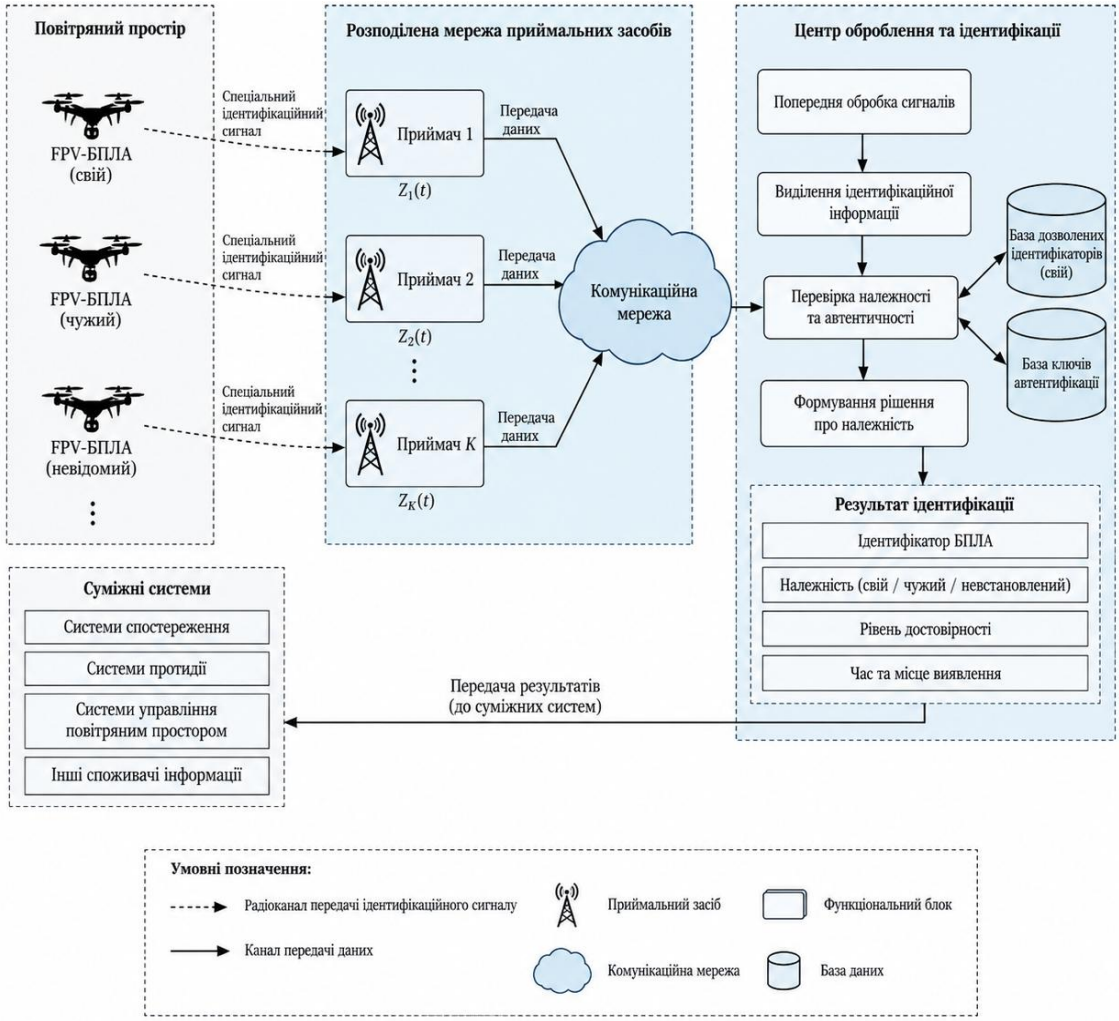

Рис. 2. Принципова схема роботи моделі кооперативної ідентифікації БпЛА

Отримана схема роботи моделі представляє формальне розділення процесів виявлення, ідентифікації, перевірки та автентифікації. Це принципово важливо для поставленої задачі, оскільки дозволяє трактувати спеціальний ідентифікаційний сигнал як первинну кооперативну ознаку, але не використовувати сам факт його наявності як достатню умову позитивного рішення. Дослідження A²RID, pqRID та сучасних архітектур Remote ID підтверджують доцільність розмежування ідентифікаційної інформації та механізмів її автентифікації [2, 3, 9].

Таким чином, послідовність перевірок має бути трансформована в метод, який визначатиме порядок

оброблення отриманого сигналу, умови переходу між процедурами та правила формування кінцевого рішення.

Метод визначення належності БпЛА ґрунтується на послідовному опрацюванні спеціального ідентифікаційного сигналу з переходом від факту його виявлення до формування рішення щодо належності повітряного об’єкта. Цей метод встановлює порядок їх практичного використання та умови переходу між етапами оброблення. Загальна логіка процедури наведена на рис. 3.

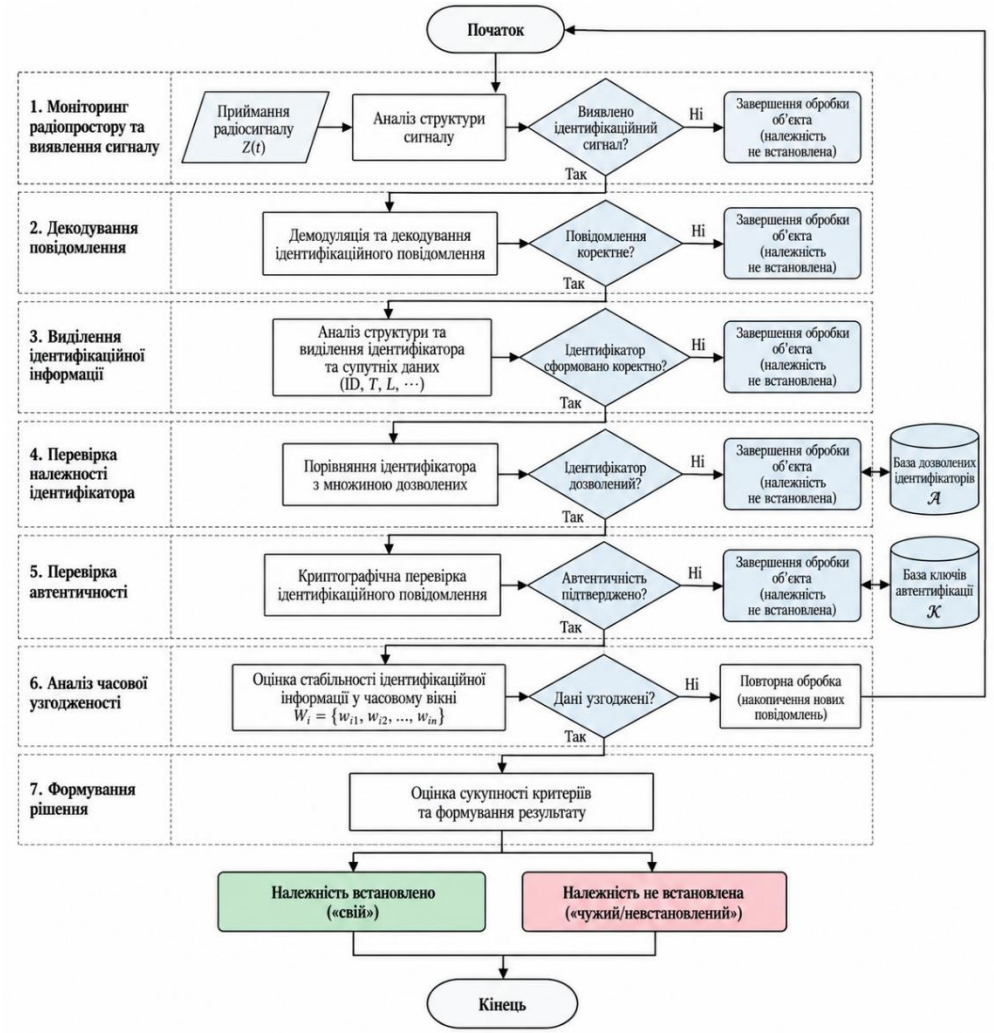

Рис. 3. Класична схема методу визначення належності FPV-БпЛА

Початковою операцією є моніторинг радіопростору та виявлення спеціального ідентифікаційного сигналу. Прийнятий сигнал піддається попередньому аналізу, у процесі якого визначається наявність ознак, що відповідають встановленій структурі ідентифікаційного повідомлення. [1,6,7].

За наявності ідентифікаційного сигналу виконується демодуляція та декодування повідомлення. Після успішного декодування здійснюється структурний аналіз повідомлення та виділення ідентифікатора і супровідних інформаційних полів. Ідентифікатор розглядається як основний параметр, за яким здійснюється подальше співвіднесення об'єкта з дозволеною множиною. [1,6,10].

Наступний етап передбачає порівняння отриманого ідентифікатора з базою дозволених ідентифікаторів.

Перевірка автентичності є критичним етапом запропонованого методу. Її призначення полягає у встановленні того, чи дійсно отримане повідомлення сформоване легітимним джерелом, а не є результатом підміни, повторної передачі або іншої форми маніпуляції ідентифікаційними даними. [8,9]. Використання механізмів прямої автентифікації та постквантової автентифікації, розглянутих у [2,3], забезпечує технологічну основу для реалізації відповідної процедури.

Додатковою умовою запропонованого методу є оцінювання часової узгодженості отриманих ідентифікаційних повідомлень. Для цього формується часовий інтервал спостереження

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min} \quad (1)$$

де (t_{max}) і (t_{min}) є максимальним та мінімальним моментами отримання повідомлень, включених до поточної вибірки. Відповідність повідомлень установленому часовому вікну визначається умовою

$$\Delta t \le \Delta t_{\text{adm}} \quad (2)$$

де (Δt_{adm}) – допустима тривалість інтервалу накопичення інформації. Застосування цієї умови дає змогу обмежити використання застарілих ідентифікаційних повідомлень та забезпечити їх належність до одного актуального циклу спостереження [5].

За наявності декількох приймальних засобів отримані повідомлення можуть об'єднуватися в єдиний інформаційний масив. У цьому випадку кожний приймач виконує локальне приймання та первинне опрацювання, а подальша перевірка здійснюється централізовано. [4,5].

У разі отримання суперечливих ідентифікаційних даних процедура не повинна завершуватися негайним формуванням позитивного результату. Такі дані переводяться у режим повторного накопичення та перевірки. Для часової вибірки

$$W_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \ldots, w_{in}\} \quad (3)$$

де w_{ij} –j-те повідомлення, отримане від і-го об'єкта;

n – кількість повідомлень у вибірці

Також можна визначити частку повідомлень, що містять домінуючий ідентифікатор:

$$C_i = \frac{n_i^*}{n} \quad (4)$$

де (n_i^*) – кількість повідомлень із домінуючим ідентифікатором,

(n) – загальна кількість повідомлень у вибірці.

При цьому параметр (C_i) використовується виключно як критерій стабільності інформації та не замінює процедуру автентифікації.

Завершальним етапом є формування рішення про належність об'єкта. Узагальнено алгоритмічна послідовність методу має вигляд

$$\begin{cases} D_i = \mathcal{D}[Z_i(t)], \\ I_i = \mathcal{I}[D_i], \\ V_i = \mathcal{V}[I_i, \mathcal{A}], \\ A_i = \mathcal{A}_{\text{ut}}[D_i, \mathcal{K}], \\ C_i = \mathcal{C}(W_i, \Delta t_{\text{adm}}), \\ R_i = \begin{cases} 1, & V_i = 1 \wedge A_i = 1 \wedge C_i = 1, \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

Це дозволяє врахувати обмеження широкомовних ідентифікаційних систем, пов'язані з можливістю підміни ідентифікаційної інформації [8,9], та використати механізми автентифікації, представлені в [2,3].

Оцінювання запропонованого підходу до визначення належності БпЛА доцільно здійснювати за сукупністю функціональних та інформаційних характеристик, які безпосередньо визначають достовірність прийняття рішення [1–3,8,9].

Для порівняння сформуємо критерії, що характеризують інформаційні можливості підходу: можливість встановлення факту наявності спеціального сигналу, отримання ідентифікатора, перевірку його належності до дозволеної множини, криптографічне підтвердження автентичності, можливість роботи з декількома приймачами та формування однозначного рішення щодо належності об'єкта. Узагальнене порівняння наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Порівняння підходів до визначення належності FPV-БпЛА

Підхід	Виявлення сигналу	Отримання ID	Перевірка ID	Автентифікація	Часова узгодженість	Декілька приймачів	Рішення про належність
Remote ID [1,6,7,10]	+	+	+	–/частково	частково	+	частково
Аутентифіковані підходи [2,3]	+	+	+	+	частково	+	частково
Розподілені підходи [4,5]	+	+	+	частково	+	+	частково
Запропонований підхід	+	+	+	+	+	+	+

Основною відмінністю запропонованого підходу є послідовне поєднання ідентифікації та автентифікації. У традиційних Remote ID-системах отримання ідентифікатора не обов'язково означає підтвердження його достовірності [1,6,10]. Це створює можливість підміни ідентифікаційної інформації, що зазначається в дослідженнях безпеки Remote ID [8,9]. Запропонований підхід усуває цю логічну невизначеність шляхом обов'язкового проходження процедури автентифікації перед формуванням позитивного рішення.

Додатковою особливістю є використання часової узгодженості повідомлень та можливість об'єднання інформації від декількох приймачів. Це підвищує стійкість процедури до короткочасних втрат інформації та створює можливість контролю відповідності ідентифікаційних повідомлень актуальному стану об'єкта [4,5].

Якість рішення доцільно оцінювати через ймовірність хибного прийняття стороннього об'єкта:

$$P_{\mathrm{FA}} = P(R_i = 1 \mid H_0),$$

та ймовірність хибного відхилення дозволеного об'єкта:

$$P_{\mathrm{MD}} = P(R_i = 0 \mid H_1).$$

Таким чином, запропонований підхід переводить задачу від простого виявлення або розпізнавання ідентифікатора до його послідовної перевірки та підтвердження належності. Його ефективність у подальшому може бути оцінена за показниками достовірності, оперативності та стійкості до помилкової ідентифікації.

Література

1. Belwafi K., Alkadi R., Alameri S. A., Al Hamadi H., Shoufan A. Unmanned Aerial Vehicles' Remote Identification: A Tutorial and Survey. IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 87577–87601. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3199909.

2. Wisse E., Tedeschi P., Sciancalepore S., Di Pietro R. A²RID–Anonymous Direct Authentication and Remote Identification of Commercial Drones. IEEE Internet of Things Journal. 2023. Vol. 10, No. 12. P. 10587–10604. DOI: https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3240477.

3. Kim J., Lee Y., Kang J.-H., Seo S.-H. pqRID: Compact, Anonymous Remote Identification, and Post-Quantum Authentication for Drones. IEEE Internet of Things Journal. 2026. Vol. 13, No. 6. P. 10939–10953. DOI: https://doi.org/10.1109/JIOT.2025.3650221.

4. Seo K., Kim J., Lee S., Kwon J.-W., Seo S.-H. Efficient Remote Identification for Drone Swarms. Computers, Materials & Continua. 2023. Vol. 76, No. 3. P. 2937–2958. DOI: https://doi.org/10.32604/cmc.2023.039459.

5. Sciancalepore S., Davidovic F., Oligeri G. ORION: Verification of Drone Trajectories via Remote Identification Messages. Future Generation Computer Systems. 2024. Vol. 160. P. 869–878. DOI: https://doi.org/10.1016/j.future.2024.06.047.

6. Ghubaish A., Salman T., Jain R. Experiments with a LoRaWAN-Based Remote ID System for Locating Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Wireless Communications and Mobile Computing. 2019. Vol. 2019. Article 9060121. P. 1–11. DOI: https://doi.org/10.1155/2019/9060121.

7. Koulouris C., Piromalis D., Al-Darraji I., Tsaramirsis G., Musa M. J., Papageorgas P. A Preliminary Study and Implementing Algorithm Using Finite State Automaton for Remote Identification of Drones. Applied Sciences. 2023. Vol. 13, No. 4. Article 2345. DOI: https://doi.org/10.3390/app13042345.

8. Shi Q., Caleb T. D., Shao S., Kaabouch N. Security of ADS-B and Remote ID Systems: Cyberattacks, Detection Techniques, and Countermeasures. Sensors. 2026. Vol. 26, No. 2. Article 634. DOI: https://doi.org/10.3390/s26020634.

9. Wang Z., Souza F., Gurtov A., Wzorek M. A Survey on Drone Remote ID Architectures, With an Emphasis on Security. IEEE Open Journal of the Communications Society. 2026. DOI: https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2026.3717215.

10. Ruseno N., Lin C.-Y., Chang S.-C. UAS Traffic Management Communications: The Legacy of ADS-B, New Establishment of Remote ID, or Leverage of ADS-B-Like Systems? Drones. 2022. Vol. 6, No. 3. Article 57. DOI: https://doi.org/10.3390/drones6030057

Кібіткін С.О., Андерсон Г.Г., Маліка А.А.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАЛЕЖНОСТІ FPV-БПЛА ЗА НАЯВНІСТЮ ТА АВТЕНТИЧНІСТЮ ІДЕНТИФІКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ

У статті йдеться про можливі методи встановлення належності БпЛА до визначеної категорії апаратів. Метою статті є розроблення методу визначення належності БпЛА на основі виявлення спеціального ідентифікаційного сигналу, перевірки відповідності ідентифікатора визначеній множині дозволених ідентифікаторів та встановлення автентичності отриманої інформації. У дослідженні зазначено, що задля визначення належності БпЛА найбільш значущим є радіомовний варіант, оскільки він передбачає формування апаратом спеціального повідомлення, яке може бути прийняте зовнішнім засобом без встановлення попереднього з'єднання з БпЛА. З'ясовано, що проаналізовані в статті підходи формують технологічну основу для побудови системи ідентифікації, в якій спеціальний сигнал виступає первинною ознакою наявності ідентифікаційної інформації, ідентифікатор – засобом встановлення цифрової належності об'єкта, а автентифікація – механізмом підтвердження достовірності цієї інформації. Окрім того, в даній роботі встановлено, що метод визначення належності БпЛА ґрунтується на послідовному опрацюванні спеціального ідентифікаційного сигналу з переходом від факту його виявлення до формування рішення щодо належності повітряного об'єкта. Цей метод встановлює порядок їх практичного використання та умови переходу між етапами оброблення. Значну увагу приділено завданням прийняття рішення за результатами аналізу спеціально сформованої ідентифікаційної інформації, про що в статті міститься окрема таблиця, а також описаний алгоритм дій після отримання ідентифікатора стосовно встановлення відповідності БпЛА сукупності наявних ідентифікаторів.

Таким чином, визначено, що запропонований у даному дослідженні підхід відзначається послідовним поєднанням ідентифікації та автентифікації, що переводить задачу від простого виявлення або розпізнавання ідентифікатора до його послідовної перевірки та підтвердження.

Ключові слова: *БпЛА, визначення належності, ідентифікація, інформація, сигнал.*

Kibitkin S.O., Anderson H.H., Malika A.A.

METHOD FOR DETERMINING FPV UAV AFFILIATION BASED ON THE PRESENCE AND AUTHENTICITY OF AN IDENTIFICATION SIGNAL

The article discusses potential methods for determining whether an unmanned aerial vehicle (UAV) belongs to a designated category of aircraft. The purpose of this article is to develop a method for establishing UAV affiliation based on detecting a dedicated identification signal, verifying that the identifier matches a defined set of authorized identifiers, and establishing the authenticity of the received information. The study highlights that the broadcast option is the most significant for determining UAV affiliation, as it involves the aircraft generating a specialized message that can be received by external equipment without prior connection establishment with the UAV. It was established that the approaches analyzed in the article form the technological foundation for building an identification system in which the specialized signal serves as the primary indicator of identification information, the identifier acts as a means of establishing the object's digital affiliation, and authentication serves as the mechanism for verifying the validity of this information. Furthermore, this work establishes that the method for determining UAV affiliation is based on the sequential processing of the specialized identification signal, transitioning from the fact of its detection to making a decision regarding the aerial object's affiliation. This method establishes the procedure for their practical implementation and the criteria for transitioning between processing stages. Significant attention is given to decision-making tasks based on the analysis of specially generated identification information, for which the article provides a dedicated table, as well as a description of the algorithm of actions following the receipt of an identifier to match the UAV against a set of existing identifiers.

Thus, it is determined that the approach proposed in this study is characterized by a sequential combination of identification and authentication, shifting the task from simple identifier detection or recognition to its step-by-step verification and confirmation.

Keywords: *UAV, affiliation determination, identification, information, signal.*

Стаття подана до редакції: 16/06/2026
Стаття прийнята до опублікування:25/06/2026
Стаття опублікована: 10/11/2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії CC BY 4.0