

DOI: 10.18372/2310-5461.45.14579

УДК 621.315.548.0

С. О. Перепелицин

Національна академія Національної гвардії України

orcid.org/0000-0002-8435-2729

e-mail: sergpsa@inbox.lv

СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД ЗАГРОЗ УДАРУ БПЛА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЛОКІВ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ

Вступ

Рано вранці 14 вересня. Саудівська Аравія перенесла найсмертоносніший напад на свої нафтові об'єкти останнім часом, коли невелика армія безпілотників атакувала два великих нафтових заводу, знищивши майже 50 відсотків світових запасів нафти в країні. У своїй заяві державна нафтова компанія Саудівської Аравії Saudi Agamco заявила, що збитки, завдані атаками безпілотників, скоротить видобуток нафти в країні на 5,7 млн барелів на день. За оцінками, це більше 5 відсотків світових поставок нафти. Як показує практика застосування дронів, найефективнішими з них виявляються саме легкі платформи, здатні летіти відносно недалеко і переносити не дуже важкі боеприпаси. Вся справа в їх дешевизні, а також можливості нанесення точного удару по об'єктах та техніці противника. Зграї таких дронів являють собою найбільш грізну силу і завдають більшої шкоди, ніж важкі збройні з потужними ракетами платформи, кожен виліт яких коштує дуже дорого. Застосовувати важкі зенітні ракетні системи, такі як С-400 або Patriot, проти зграї легких БПЛА дуже дорого. Для ефективної боротьби з ними необхідні інші засоби. Треба визнати, що в даний час не існує надійних систем, здатних стовідсотково знищувати зграї легких дронів. Цей факт визнав глава Об'єднаного комітету начальників штабів ВС США Джозеф Данфорд, коментуючи атаку легких військових безпілотних літальних апаратів на одне з найбільших підприємств нафтової галузі Саудівської Аравії [1].

Постановка проблеми

Одне очевидне запитання, яке виникає, полягає в тому, що в 2019 році, коли збройні сили найбільших світових держав по всьому світу озброєні новітніми радіолокаційними і протиракетними технологіями, чому безпілотники, як і раніше, представляють загрозу безпеці? Чому б не використати радарі і протиракетне озброєння для запобігання атак, подібних до того, який був здійснений 14 вересня в Саудівській Аравії?

В останні роки Саудівська Аравія інвестувала 1 млрд доларів США в модернізацію своїх оборонних можливостей і тісно працювала з США з метою захисту своїх нафтових об'єктів. Згідно з повідомленням інформаційного агентства Reuters, велика частина цього апарату безпеки (щодо його системи протиповітряної оборони) залежить від американської протиракетної системи «Патріот» великої дальності. Виступаючи перед Reuters, Дейв Дереш з Національного університету оборони у Вашингтоні пояснив: «Більшість звичайних радарів протиповітряної оборони призначені для висотних загроз, таких як ракети. Крилаті ракети і безпілотники працюють близько до землі, тому їх не видно з-за викривлення Землі. Дрони занадто малі і не мають необхідних теплових характеристик для більшості радарів» [2].

Крім технічної проблеми, перехоплення безпілотних літальних апаратів з використанням звичайних протиракетних систем, полягає в надзвичайно високій вартості. Приклад з 2017 р., наведений раніше в цій статті, коли американським військовим довелося використовувати ракету «Патріот» за 3 млн доларів США, щоб перехопити безпілотник вартістю всього 200 доларів США, чітко описує це. Пам'ятайте, що 3 млн доларів США — це вартість однієї ракети «Патріот». Якщо 10 дронів будуть перехоплені з їх використанням, вартість складе колосальні 30 млн доларів США. Звичайно, такі технології, як глушники, можуть бути використані для демобілізації дронів, але вони призводять до негативних наслідків, таких як зрив промислової діяльності, небезпека для здоров'я тощо.

Метою статті є аналіз стану технологій використання БПЛА для розвідки, моделювання та аналіз загроз від застосування БПЛА противником, розробка моделей і технологій захисту від таких загроз. Виконання мети потребує вирішення таких завдань: порівняльний аналіз ефективності застосування ударних БПЛА; аналіз створення технології «рою» мініатюрних дронів; підвищення ефективності функціонування комбінованих нейромережових

методів для вирішення завдання маршрутизації інформації в мережах зв'язку і передачі даних, у мережах управління ройових платформ малорозмірних БПЛА.

Аналіз досліджень та публікацій

Аналізу, класифікації, призначенню, як у військовому, так і цивільному сегменті ринку, сучасним розробкам високорозвинених держав, присвячені праці [3–5].

У статті [6] проаналізовано у якому стані знаходяться технології БПЛА в Україні. Дві найгостріші проблеми — е технологічна і матеріальна бази.

Стаття [7] показує перспективні напрямки досліджень і прикладних розробок, які проводять у РФ для поліпшення систем управління БПЛА з застосуванням можливостей нейромереж і нейромережевих блоків.

Актуальною темою є підвищення ефективності функціонування комбінованих нейромережевих методів для вирішення завдання маршрутизації інформації в мережах зв'язку і передачі даних, у мережах управління ройових платформ малорозмірних БПЛА. Завдання, які необхідно вирішити для досягнення зазначеної мети аргументовано наведено у праці [8].

Приклади застосування нейронних мереж в задачах розпізнавання образів детально викладені у праці [9].

Напрямок досліджень, які слід направити на розв'язок практичних завдань реалізації групового управління при керуванні БПЛА, професійно викладені в статті [10].

Виклад основного матеріалу дослідження

У міру того, як озброєні безпілотники будуть все частіше використовуватися в бойових діях, військовим буде необхідно розробити нову технологію, що дозволяє долати перешкоди, з якими стикаються звичайні протиракетні системи в боротьбі з низькими і повільними літаючими безпілотниками. Наведені вище витяги з публікацій з різних сегментів Інтернету чітко вказують на назрілу необхідність комплексного і серйозного підходу на державному рівні до питання захисту від нового класу зброї — безпілотних літальних апаратів. Спримітивізований підхід державних чиновників усіх рівнів до проблеми створення власної інфраструктури розробок і виробництва безпілотних літальних апаратів різних класів від версії «мікро» до середніх і можливо стратегічних створює реальність, в якій держава Україна безнадійно відстає від технологічно розвинених країн. Закупівля зарубіжних зразків безпілотних літальних апаратів обтяжується

необхідністю закуповувати супутнє інфраструктурне обладнання: стаціонарні та мобільні станції управління, експлуатаційні комплекти запасних деталей і вузлів, тренажери для підготовки фахівців. Це шлях у нікуди. Технології бойового застосування сучасних безпілотних літальних апаратів в умовах воєнного конфлікту ставлять перед фахівцями і керівництвом силових структур та оборонно-промислового комплексу ряд завдань:

- 1) розробка моделей та аналіз загроз від застосування БПЛА противником, з урахуванням швидкого розвитку даного сегмента озброєнь;
- 2) розробка моделей і технологій захисту від таких загроз.

І тільки після цього необхідно приймати програму розвитку технологій з розподілом науково-технологічного потенціалу, виділення необхідних ресурсів, створення баз навчання і тренувань особового складу силових структур. Діюча в останні п'ять років інфраструктура повністю себе дискредитувала своєю некомпетентністю у вирішенні існуючих викликів та загроз.

Окремим викликом, після атак на найбільші стратегічні саудівські нафтопереробні підприємства, є повна відсутність у більшості держав комплексної системи раннього попередження загроз атак ударних безпілотних літальних апаратів або груп таких апаратів на стратегічні об'єкти. Проаналізувавши публікації в Інтернеті, можна зробити висновок, що існуючі системи протиракетної і протиповітряної оборони навіть у технологічно високорозвинених державах не в змозі вирішувати завдання раннього попередження атаки ударних дронів. Існуючі рішення пооб'єктового захисту об'єктів стратегічної інфраструктури дозволяють реагувати локально і в останні хвилини атак. І навіть такі технології безсильні перед атакою «рою ударних дронів» — при нальоті на високозахищенні військові об'єкти груп дронів більше двох десятків як правило існуючого ресурсу як засобів виявлення, так і засобів ураження недостатньо. Незважаючи на те, що як правило швидкості ударних «дронів-камікадзе» невеликі такі атаки припускають знищення в першу чергу засобів виявлення та ударних вогневих комплексів оборони об'єкта. Друга атака знищує інфраструктуру об'єкта. У співвідношенні в грошовому вираженні вартості атак і вартості захисту просто не можна порівнювати. І це вже сьогоднішня реальність.

У роботі проведено аналіз дій інших високорозвинених держав у вирішенні нових загроз.

Корпорація *China Electronics Technology Group* створила перший в світі безпілотник раннього попередження, який називається «літаючим радаром».

На безпілотний літак JY-300, розробленому і виготовленому 38-м Науково-дослідним інститутом державного оборонного конгломерату, на корпусі встановлені радіолокатори, здатні вести тривалий і дальній нагляд за літаками і кораблями, сказав Ронг Хайчунь, старший конструктор з інституту, який базується в Хефей, провінція Аньхой. «JY-300 — перший в світі безпілотний літальний апарат, який об'єднує радари з планером, а це значить, що радіолокаційні антени є частиною обшивки корабля», — заявив Ронг China Daily по телефону в п'ятницю в кулуарах проходить 12-й Китайської міжнародної авіаційно-космічної виставки в Чжухай, провінція Гуандун. Дрон може бути оснащений радаром виявлення морській цілі, радаром з синтезованою апертурою і оптичним і електронним приладом спостереження. Джерела з інституту повідомили, що JY-300 має дальність дії понад 1000 км, висоту польоту близько 5 км і може виявляти винищувачі з відстані близько 50 км. Вони сказали, що інженери продовжать модернізувати модель, щоб розширити її дальність польоту і висоту, а також зробити її здатної виявляти літаки-невидимки. Літак оснащений новим типом технології активної фазованої решітки, якого немає в інших типів на ринку, що робить його дуже конкурентоспроможним, заявили в компанії [3].

Безпілотники являють собою справжню «загрозу зверху», яка ставить перед поліцією, урядами та галуззю безпеки нову задачу. Огородження, відеокамери і охоронці більше не захищають чутливі будівлі або персонал належним чином, коли ваше повітряний простір відкрито. Компанія DEDRONE розробила технічне рішення для усунення цієї прогалини в безпеці. DroneTracker ефективно захищає ваше повітряний простір від повітряних загроз, забезпечуючи раннє виявлення і оповіщення в разі виявлення безпілотного літального апарату в захищеному просторі.

DroneTracker використовує масив датчиків для виявлення вторгнень у повітряний простір в режимі реального часу. Ця унікальна сенсорна система дозволяє DroneTracker виявляти численні параметри загрози, такі як шум, форма, шаблони руху і частоти. Вбудована камера зберігає зображення і відео в якості HD, що є важливим доказом вторгнення загрози. Зручний веб-інтерфейс DT Control Center дозволяє легко

налаштовувати будь-яку кількість DroneTrackers або отримувати дані, такі як фотографії або відео. Контрольований повітряний простір можна переглядати в режимі реального часу на ПК або планшеті. При виявленні загрози ви будете повідомлені за допомогою SMS, електронної пошти, мережевого повідомлення (TCP/IP), SNMP або Pushover.net. DroneTracker також може бути інтегрований в домашню бізнес систему сигналізації. Для захисту великих площ або периметра можна послідовно з'єднати кілька трекерів. Бойовики в усьому світі продовжують інвестувати в безпілотникові технології для обстеження та проведення стратегічних наступальних заходів для захисту та оборони.

Рішення DEDRONE:

1. Інтегрує виявлення безпілотників в оборонні системи.
2. Сумісний з активними захисними заходами.
3. Запускає сповіщення та контрзаходи автоматично.
4. Підходить для постійних, напівпостійних та портативних установок.

Ця сама технологія є доступною і використовується політично мотивованими терористичними групами, спрямованими на заподіяння шкоди невинним мирним громадянам. Через це урядові установи звертаються до виявлення безпілотників, щоб не лише відслідковувати власний трафік безпілотників, але і визначати, коли в їх повітряний простір потрапив несанкціонований безпілотник [4].

RINICOM — британська компанія розташована в Ланкастері, яка спеціалізується на наданні сучасних рішень для правоохоронних органів, служб швидкого реагування і захисту критично важливої цивільної інфраструктури. Rinicom довів свою прихильність НДДКР та інновацій завдяки участі в більш ніж дюжині міжнародних проектів з таких програм, як FP7, Horizon 2020 p., Eurostars, Innovate UK і NATEP на додаток до численних проектів внутрішнього і комерційного розвитку. Проект TENSOR (пошук і аналіз гетерогенного он-лайн контенту для розпізнавання терористичної діяльності) фінансується Програмою EU Horizon 2020 і буде діяти в період з вересня 2016 р. по серпень 2019 р.. У проекті беруть участь 16 партнерів проекту і 10 ключових зацікавлених сторін і радників. Система SkyPatriot складається з чотирьох модулів виявлення, кожен з яких забезпечує 90-градусний охоплення, і потужної поворотної камери на 360° для збільшення виявленого об'єкту для аналізу його сигнатури.

Ця випробовувана в польових умовах модульна конструкція дозволяє розгортати SkyPatriot у декількох операційних сценаріях, які відповідають вимогам кожного клієнта. SkyPatriot використовує потужні відеоаналітичні алгоритми II для точного розрізнення дронів і інших об'єктів, таких як птахи, хмари і навіть гілки дерев, що рухаються на вітрі. Цей процес класифікації об'єктів, які не є дронами, займає менше секунди, що істотно знижує кількість помилкових спрацьовувань. Інтелектуальний II SkyPatriot не тільки виявляє і відстежує дрон, а й використовує машинне навчання для розпізнавання зображень, щоб визначити тип / марку / модель виявленого безпілота. Це дає іншому оператору SkyPatriot ще один рівень інформації для прийняття рішень на основі фактичних даних. SkyPatriot призначений для попередження користувачів про вхід безпілота в контрольований повітряний простір. Система має безліч комерційних і оборонних програм, наприклад, аеропортів, тюрем і важливих об'єктів інфраструктури, таких як електростанції і транспортні вузли.

«Зростає ринок технологій, які можуть указувати на присутність безпілота», — каже Апурва Баджадж, менеджер з інновацій в Центрі спільного адаптивного зондування атмосфери (CASA) СЕК, який розробляє революційну радіолокаційну систему. «Ми вважаємо, що рішення для виявлення на основі радара забезпечить саме раннє попередження про вторгнення дронів». Інформаційне бюро UMass повідомляє, що радіолокаційна система CASA призначена для сканування повітряного простору, найближчого до землі, де безпілоти і суворя погода в даний час не помітні існуючим метеорологічним радіолокатором і системам спостереження літаків. Проект фінансується за рахунок 18-місячного гранту в розмірі 200 000 доларів США від Національного наукового фонду. Майкл Цинк, співдиректор CASA, каже, що дослідники їх організації вже продемонстрували, що щільна мережа радарів ближнього радіусу дії може використовуватися для відстеження торнадо з детальною точністю вулицями і прогнозування областей, де відбувається раптова повінь може мати місце. «За допомогою цього нового гранту ми хочемо показати, що ми можемо використовувати ту ж систему для моніторингу повітряного простору на наявність низьколетящих безпілотових літальних апаратів, які можуть негативно вплинути на безпечність об'єктів або поставити під загрозу суспільну безпеку», — каже Цинк. Оскільки безпілоти можуть переміщатися з

дуже високою швидкістю порівняно з погодою, дослідники планують використовувати антени з фазованною ґраткою, здатні використовувати кілька радіолокаційних променів для сканування атмосфери. Другим ключовим аспектом системи є те, що вона використовує технологію подвійної поляризації, яка може допомогти розрізнити важко виявляються рухомі цілі, такі як дрони і птахи, і їх схеми польоту [5].

«Рій» озброєний і дуже небезпечний. Роботи зі створення технології «рій» мініатюрних дронів веде американське Управління перспективних науково-дослідних проектів в сфері оборони DARPA (Defense Advanced Research Project Agency). У жовтні 2016 р. Міністерство оборони США провело демонстрацію функціонування рою БЛА, який складався з 103 мініатюрних безпілотових Perdix. Ці літальні апарати, вага кожного з яких становила лише 290 грамів, були запуснені трьома винищувачами-бомбардувальниками F/A-18 Super Hornet над випробувальним полігоном Чайна-Лейк у штаті Каліфорнія. «Мікродрони продемонстрували» продвинуту «модель поведінки рою», такі як колективне вироблення рішень, адаптується (до обстановки) лад в повітрі і «самолікування», — заявили в Пентагоні. Як пояснило військове відомство США, невеликі і недорогі автономні системи, подібні Perdix, здатні виконувати місії, на виконання яких колись було потрібно направляти «тільки великі дороги» БЛА.

Планер дрона Perdix фактично роздрукований на 3D-принтері. А значить, він дешевий і це життєво важливо для масового виробництва.

Цей «рій» формується з різних платформ з чотирма (типу MR40) або шістьма (типу MR150) повітряними гвинтами, кожна з яких оснащена малорозмірною кулястою гіростабілізованою оптико-електронною платформою, пошуково-прицільної радіолокаційною станцією і іншим розвідувальним обладнанням, а також різними авіаційними засобами ураження. Як них можуть застосовуватися: суббоеприпаси, що парашутуються, снаряди, керовані ракети, авіаційні бомби, гранатомети, кулемети і деякі інші.

Технології безпілотових «зграй» залишаються прерогативою великих технологічно розвинених країн, зокрема, американцям, то тут на п'яти їм наступають китайці. Загроза, що виходить від Китаю, — це «рій бойових дронів», які можуть протистояти ВВС США, повідомив нещодавно призначений заступник голови Пентагону з досліджень і розробок Майкл Гріффін. Влітку минулого року інженери China Electronics Technology Group запустили 119 нових одиниць безпілотових. Вони змогли успішно виконати

команди, створити угруповання, знищити передбачуваного супротивника, а також впоратися з безліччю інших бойових завдань.

Крім цих двох країн, на передньому краї розробок БПЛА залишається Ізраїль. Розвивають активно цю сферу у Ірані. Іранські військові 4 грудня 2011 року змогли «відвести» з маршруту найсучасніший стелс-безпілотною Збройних сил США RQ-170 Sentinel і посадити його на одній зі своїх авіабаз. 9 грудня його показали по національному телебаченню без видимих пошкоджень. Як саме вдалося перехопити управління у відкритих джерелах не повідомляється, але фахівці вважають, що це робота сучасного комплексу РЕБ, поставленого Ірану або Росією, або Китаєм. У МО РФ вважають найефективнішою зброєю проти дронів, як великих, так і малорозмірних, можуть бути тільки сучасні системи радіоелектронної боротьби. Їх фахівці вважають, що головне — не збити БЛА, а зруйнувати канал зв'язку з оператором або хоча б значно ускладнити навігацію апарату. Такі системи є на озброєнні російських військ радіоелектронної боротьби. До них відноситься сімейство комплексів РЕБ «Красуха». Вони здатні пригнічувати супутники-шпигуни, радары наземного і повітряного базування (АВАКС), а також порушувати або перехоплювати управління БЛА ворога. Технічні характеристики цих комплексів засекречені, але стверджується, що «Красуха-4» може ефективно діяти на дальностях до 300 кілометрів. Це значно перевищує далекобійність ракет Hellfire — основного озброєння американських ударних БЛА. А рій мінідронів, що потрапив в радіус дії «Красухи», з великою часткою ймовірності вийде з ладу в повному складі. Якщо вже потужні безпілотною Reaper і Global Hawk не обладнані системами радіоелектронного захисту, то мініатюрних зразки є незахищеними від засобів РЕБ.

В Україні багато підприємств, задіяних в авіаційній сфері, а тому технологічний і кадровий ресурс для розробки авіаційних апаратів, у тому числі і БПЛА, у нас є. З іншого боку, потрібно говорити про наявність не тільки можливостей, але і перешкод. Дві найгостріші проблеми — це технологічна і матеріальна база. Адже ні радіообладнання і електроніки для дронів, ні спеціальних матеріалів для самих апаратів ми не виробляємо — значить залежимо від поставок комплектуючих. Без активізації розробок у сфері електроніки та виробництва легких композитних матеріалів складно буде розвивати галузь безпілотною літальних апаратів.

Альтернатива багаторічному очікуванню початку власного виробництва БПЛА — закуповувати готові бойові дрони за кордоном. Наша оборонна галузь, очевидно, вирішила піти цим шляхом. На початку 2019 р. в Україну прибула перша партія ударно-розвідувальних безпілотною турецького виробництва разом зі станцією управління і боезапасом для їх озброєння. «Для нас важливі закупівлі такого обладнання, адже це відкриває можливість вивчити передові напрацювання, навчити власний персонал, що дуже важливо, і в перспективі брати участь в кооперативних міжнародних проектах розробки БПЛА», — зазначає Богдан Долінце [6].

До речі, саме спосіб створення радіоперешкод є основою недавно представленої української антибезпілотною установки. В умовах війни на Донбасі, де в основному використовують низькотехнологічні або просто цивільні дрони, така установка буде цілком ефективною. Але в перспективі технології оборони від безпілотною в Україні потребують значних вкладень і тривалого розвитку. Крихітні і не дуже, безпілотною літальні апарати потихеньку роблять революцію у військовій справі. Ігнорувати як самі дрони, так і способи захисту від них сьогодні просто неможливо. Саме тому залишається тільки побажати удачі українським конструкторам в розробці нових пристроїв і технологій, а військовим — в їх використанні на захист нашої країни.

Які висновки можна зробити? Стрімкий розвиток технології бойового застосування дронів і «зграй дронів» ставить на порядок денний розробку моделі системи раннього попередження про загрози удару БПЛА по стратегічних об'єктах.

Як видно із запропонованого матеріалу, навіть технологічно високорозвинені країни не мають чіткої концепції побудови системи раннього попередження про загрозу удару БПЛА. Окремі корпорації пропонують свої ефективні технології захисту від дронів, але тільки окремих об'єктів або компактною групи підприємств. Такі технологічні рішення не інтегровані в національні системи контролю за повітряним простором, якими керують військові служби.

Для побудови національною системи раннього попередження про загрозу ударів БПЛА необхідно в першу чергу розробити критерії оцінки виявлення та ідентифікації таких загроз. Зважаючи на низький параметра ефективної відбиває, малорозмірні БПЛА важко або немож

ливо виявляти за допомогою сучасних радіолокаційних станціях (РЛС), які використовуються в системах протиповітряної оборони (ППО). Сучасні РЛС здатні виявляти цілі на висотах від 50 метрів і вище на досить обмежених дистанціях. Велика прогалина існує в створенні надійних алгоритмів ідентифікації малорозмірних БПЛА по набору характерних ознак: за характером радіовипромінювання, по акустичні набору параметрів, по тепловим випромінюванням різних типів дронів, за критеріями розпізнавання фото і відео відображення. Щоб інтегрувати в існуючі національні системи ППО розроблені ефективні технології захисту об'єктів від ударів БПЛА, необхідне створення нових стандартів, які уможливають інтеграцію систем захисту державних і приватних стратегічних об'єктів. Таких як стандарти і протоколи каналів зв'язку і комутації, уявлення фото і відео відображення, синхронізація об'єктових систем захисту з пунктами системи ППО.

Перспективним напрямком досліджень і прикладних розробок для поліпшення систем управління БПЛА є застосування можливостей нейромереж і нейромережеских блоків. У РФ авторське конструкторське бюро «Міленіум» розробляє мережецентричної архітектуру для безпілотних літальних апаратів на базі нейромережі. Розробляється нейромережа і створюється «рій безпілотників» з єдиним сервером. У рамках цієї концепції безпілотник передає інформацію сервера про зміни в ландшафті в районі бойових дій, який її обробляє і пересилає іншим дронам. За задумом розробників, обмін інформацією між дронами дозволить підвищити ефективність виконання завдань групою БПЛА. У 2016 р. про розробку мережецентричної архітектури взаємодії дронів повідомили в Об'єднаній приладобудівній корпорації. За допомогою створеної апаратури безпілотники зможуть обмінюватися інформацією на відстані в сотні кілометрів і передавати зібрані дані на командний пункт, наземну і авіаційну техніку. Серійний випуск модернізованих дронів корпорація планує освоїти в 2017 р. Першим в мережецентричної структуру вмонтують середній БПЛА «Корсар». Паралельно в 2016 році пройшли випробування спільної розробки Головного науково-дослідного випробувального центру робототехніки Міноборони (ГНІЩ РТ) і компанії «мережецентричної платформи». Фахівці відпрацювали спільний політ кількох дронів з передачею розвідувальної інформації базової станції управління. Надалі розробники планують навчити безпілотники

виконання бойових завдань, а також підвищити автономність їх взаємодії і прийняття рішень [7].

Актуальною темою є підвищення ефективності функціонування комбінованих нейромережеских методів для вирішення завдання маршрутизації інформації в мережах зв'язку і передачі даних, у мережах управління ройових платформ малорозмірних БПЛА. Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз алгоритмів побудови оптимальних маршрутів в комп'ютерних мережах. Провести класифікацію алгоритмів, а також проаналізувати способи отримання даних, необхідних для роботи маршрутизованої системи.

2. Виконати побудову моделі нейромережеского маршрутизатора, представленого комітетом, що складається, наприклад, з трьох нейромережеских експертів: мережі прямого поширення, рекурентної нейронної мережі, радіально-базисної нейронної мережі.

3. Спроекувати методи навчання кожного типу нейромережеского експерта, що базуються на стандартних градієнтних алгоритмах оптимізації, але із застосуванням комбінованих евристичних процедур.

4. Проаналізувати алгоритми ініціалізації початкового стану нейронних мереж перед виконанням процедури навчання.

5. Виконати розробку алгоритму, що забезпечує безпечне функціонування нейромережеского комітету при виконанні функції маршрутизації інформації.

6. Спроекувати набір програмно-апаратних засобів для отримання оперативної інформації про стан фізичних ліній передачі інформації в телекомунікаційній мережі.

У даний час на порядок денному стоїть розробка нейромережеского алгоритму розподіленої адаптивної маршрутизації. Під адаптивною або динамічною маршрутизацією мається на увазі система, яка все зміни конфігурації мережі автоматично відображає в таблицях маршрутизації.

Необхідність у створенні алгоритмів такого типу виникає через наявність вразливостей в існуючих алгоритмах динамічної маршрутизації. Сьогодні в більшості телекомунікаційних мереж застосовують адаптивні розподілені алгоритми маршрутизації: дистанційно-векторні алгоритми і алгоритми стану зв'язків [8].

Примітивні методи і системи управління БПЛА в умовах воєнного конфлікту, які використовують у сьогоднішніх українських реаліях, ще якось дозволяють виконувати поставлені завдання.

Сьогодні зміни технології управління підрозділами в силових структурах в умовах виконання бойових завдань є одним з пріоритетних.

Високорозвинені технологічно країни давно перейшли на мережеві системи управління і передачі даних.

Агентство перспективних оборонних досліджень (DARPA) США експериментує з використанням сотень автономних безпілотників одночасно — вони будуть допомагати під час військових завдань.

DARPA показала, як роботи аналізували два міські квартали, щоб знайти, оточити і убезпечити вказану будівлю.

У випробовуванні брали участь як безпілотники, так і наземні роботи.

Під час їх роботи в щільній міській середовищі в цілому використовували до 250 пристроїв. Це другий з шести запланованих тестів, які будуть проводитися протягом найближчих декількох років і ускладнюватися кожен раз.

У DARPA пояснили, що одна з причин масового використання дронів — їх складніше знищити. При цьому роботи можуть допомогти під час місії в місті, де невеликі об'єкти складно помітити.

Велика група безпілотників може само дати точне уявлення про те, що відбувається навколо кварталу або навіть окремої будівлі. При цьому військові США одночасно з цим проводять випробування способів знищення безпілотних літальних апаратів.

У червні ВВС США продемонстрували новий інструмент ТНО — випромінювач, який може знешкодити до десяти дронів. Деякі з цих оборонних коштів уже використовуються: у липні ВМС США застосували нову систему під назвою MRZR LMADIS — легку комплексну систему ППО, яка може протистояти дронам.

Моделювання адаптивних нейронних мереж розглядається як найбільш затребуваний напрямок у вирішенні багатьох проблем штучного інтелекту. Актуальність досліджень у цьому напрямку підтверджується масою різних застосувань, наприклад: автоматизація процесів розпізнавання мови і образів, доказ математичних теорем, штучний синтез мови за текстом, створення експертних систем, апроксимація функціоналів, машинний переклад текстів, прогноз фінансових показників на біржовому ринку, управління бізнес процесами, побудові нейронних самонавчаючихся систем і багато іншого.

Теорія штучних систем, що самоорганізуються нейронних мереж для графічних масивів бази даних із застосуванням процесу розпізнавання без учителя, алгоритми зворотного поширення, метод зондів, теорія ймовірностей і статистичний аналіз, теорія кодування/декодування і дискретних систем, концептуального аналізу, теорія множин і кластеризації/категоризації об'єктів, методи алгоритмізації, методи комп'ютерного моделювання [9].

Аналіз застосування груп безпілотних літальних апаратів за цільовим призначенням дав можливість сформулювати вхідні дані для розроблення топологій зв'язної групи БПЛА.

Для виконання аерофотозйомки фрагменту місцевості групою БПЛА найбільш ефективною виявилася повнозв'язна топологія.

Подальші дослідження слід направити на розв'язок практичних завдань реалізації групового управління при керуванні БПЛА, що призводить до підвищення ефективності використання БПЛА, а саме:

- 1) можливість коригування плану та оптимізації маршруту польоту, ґрунтуючись на вже отриманих даних з інших БПЛА;
- 2) збільшення вірогідності успішності виконання завдання;
- 3) значний вигравш у часі;
- 4) можливість одночасного обстеження території та збільшення площі одночасного моніторингу;
- 5) можливість постановки різних завдань для багатокомпонентних учасників групи БПЛА з урахуванням ефективності топології груп [10].

Висновки

Застосування БПЛА для фото та відеозйомки в інтересах розвідки дає великі масиви зображень у масштабі реального часу. Розпізнавання образів на місцевості, розпізнавання мовної інформації, оперативне картографування місцевості перед Бонвіт операціями, розпізнавання осіб в інтересах ідентифікації, розпізнавання радіосигналів в умовах застосування противником активних перешкод — це далеко не повний перелік завдань, у яких можуть знайти застосування властивості нейромереж і нейромережевого аналізу.

Вищевикладені проблемні питання необхідно вирішувати вже сьогодні на національному рівні кожній державі окремо. Високорозвинені держави критичні технології як правило не продають.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Мукеш Рават**. Пояснено: атакований нафтовий завод у Саудівській АРАМКО; що робить атаки дронів настільки небезпечними. INDIA TODAY. 2019. URL: <https://www.indiatoday.in/> (дата звернення 20.01.2020)

2. **Mukesh Rawat**. Explained: Saudi Aramco oil facility attacked; what makes drone attacks so dangerous. New Delhi. 2019ю URL: <https://www.tripadvisor.com/> (дата звернення 20.01.2020)

3. **Жао Лей**. «Літаючий радар» — перший безпілотник раннього попередження. China Daily. 2019. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/> (дата звернення 20.01.2020)

4. **DEDRONE** protects organizations from malicious drones by securing the airspace using advanced hardware and software technology. 2019. URL: <https://www.dedrone.com/products/counter-drone-software>. (дата звернення 20.01.2020)

5. **SkyPatriot** is the industry-leading early warning optical detection system for optical drones. 2019. URL: <https://rinicom.com/drone-detection/skypatriot/>. (дата звернення 20.01.2020)

6. **Масний В'ячеслав**. Як Україна розвиває власні військові безпілотники і технології боротьби

з ворожими. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/2645524-ukrainski-vijskovi-droni-vid-sklanki-z-granatou-do-udarnogo-hajteku.html> (дата звернення 20.01.2020)

7. **Лупандин В. А.**, Мегельбей А. В., Мацько А. И., Куртсеитов Т. Л., Мироненко П. А. Основные тенденции создания и применения групп беспилотных летательных аппаратов. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2019. № 2(35). С. 88–96. DOI: 10.30748/nitps.2019.35.11.

8. **Лавренков Ю. Н.** Исследование и разработка комбинированных нейросетевых технологий для повышения эффективности безопасной маршрутизации информации в сетях связи. Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук, спец. 05.13.17. Калуга, 2014. 20 с.

9. **Оганезов А. Л.** Применение нейронных сетей в задачах распознавания образов: автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. физ.-мат. наук, спец. 05.13.11. Тбилиси, 2006. 20 с.

10. **Бондарев Д. І.**, Кучеров Д. П., Шмельова Т. Ф. Моделі групових польотів безпілотних літальних апаратів з використанням теорії графів. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2015. № 3(20). С. 61–66.

Перепеліцин С. О.

СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД ЗАГРОЗ УДАРУ БПЛА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЛОКІВ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ

Одним із засобів нового озброєння у воєнних конфліктах кінця ХХ – початку ХХІ ст., стали безпілотні літальні апарати (БПЛА), які довели свою здатність значно ефективніше вести повітряну розвідку, аніж пілотовані літаки та виконувати інші завдання бойового забезпечення, завдаючи ударів по противнику. На сьогодні неможливо уявити армію без БПЛА, адже вони вказують на ціль, наводять артилерію, коригують вогонь, передають розвідувальні дані прямо в штаб, а головне – зберігають життя бійців.

В даній роботі наведено аналіз застосування БПЛА для фото та відеозйомки в інтересах розвідки, що в результаті дає великі масиви зображень в масштабі реального часу. Система розпізнавання образів на місцевості, розпізнавання мовної інформації, оперативне картографування місцевості перед Бонвіт операціями, розпізнавання осіб в інтересах ідентифікації, розпізнавання радіосигналів в умовах застосування противником активних перешкод — це далеко не повний перелік завдань, за допомогою яких можуть знайти застосування властивості нейромереж та нейромережевого аналізу.

Безпілотна розвідувальна авіація сумісно з пілотованою та космічною розвідкою формують розвідувальну триаду. Військові фахівці розвинених країн світу вважають, що в сучасній бойовій обстановці розвідувальні БПЛА можуть більш ефективно і оперативно, в порівнянні з пілотованими літаками розвідниками, вирішувати завдання повітряної розвідки. При цьому скорочується час доведення отриманої розвідувальної інформації до відповідного органу управління. Успіх використання БПЛА залежить не тільки від якості самих апаратів, а й від підготовки пілотів, використовуваної моделі бойового застосування, дотримання умов експлуатації, проведення регламентних робіт з підтримки ресурсу, тобто наявності сервісної підтримки і ремонтної бази, а також необхідних умов для зберігання та мобільності екіпажу БПЛА при переміщенні по фронту

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок про зростання ролі розвідувальної безпілотної авіації у системі повітряної розвідки для оперативного забезпечення з розвідки.

Ключові слова: БПЛА; масиви зображень; дрон; нейромережа.

Perepelitsyn S. O.

UAV STRIKE THREAT PROTECTION SYSTEM USING NEURAL NETWORK ANALYSIS UNITS

Unmanned aerial vehicles (UAVs), which have proved their ability to conduct aerial reconnaissance much more effectively than manned aircraft and perform other combat support tasks by striking at the enemy, became one of the means of new weapons in military conflicts of the late 20th and early 21st centuries. Today it is impossible to imagine an army without an UAV, because they point to the target, bring artillery, adjust fire, transmit intelligence directly to the headquarters, and most importantly, save the lives of fighters.

This paper presents an analysis of the use of UAVs for photo and video shooting in the interests of intelligence, which as a result gives large arrays of images in real time. The system of pattern recognition on the ground, recognition of speech information, quick mapping of the area before Bonwit operations, face recognition in the interests of identification, recognition of radio signals under conditions of adversary's use of active interference - this is not a complete list of tasks by which they can find application of the properties of neural networks and neural network analysis.

Unmanned reconnaissance aircraft together with manned and space reconnaissance form the reconnaissance triad. Military experts from developed countries of the world believe that in a modern combat situation, reconnaissance UAVs can more effectively and efficiently, in comparison with reconnaissance pilots, solve airborne reconnaissance missions. This reduces the time to bring the received intelligence information to the appropriate governing body. The success of using an UAV depends not only on the quality of the devices themselves, but also on the training of pilots, the model of combat use used, compliance with operating conditions, routine maintenance of the resource, that is, the availability of service support and a repair base, as well as the necessary conditions for storage and mobility UAV crew when moving along the front.

The analysis allows us to conclude that the role of reconnaissance unmanned aircraft in the aerial reconnaissance system for operational support in reconnaissance is growing.

Keywords: UAV; image arrays; drone; neural network.

Перепелицин С. А.

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ УДАРА БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОКОВ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА

Одним из средств нового вооружения в военных конфликтах конца XX — начала XXI в., стали беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые доказали свою способность значительно эффективнее вести воздушную разведку, чем пилотируемые самолеты и выполнять другие задачи боевого обеспечения, нанося удары по противнику. Сегодня невозможно представить армию без БПЛА, ведь они указывают на цель, приводят артиллерию, корректируют огонь, передают разведанные прямо в штаб, а главное - сохраняют жизнь бойцов.

В данной работе приведен анализ применения БПЛА для фото и видеосъемки в интересах разведки, что в результате дает большие массивы изображений в масштабе реального времени. Система распознавания образов на местности, распознавание речевой информации, оперативное картографирование местности перед Бонвит операциями, распознавание лиц в интересах идентификации, распознавания радиосигналов в условиях применения противником активных помех - это далеко не полный перечень задач, с помощью которых могут найти применение свойства нейросетей и нейросетевого анализа.

Беспилотная разведывательная авиация совместно с пилотируемой и космической разведкой формируют разведывательную триаду. Военные специалисты развитых стран мира считают, что в современной боевой обстановке разведывательные БПЛА могут более эффективно и оперативно, по сравнению с пилотируемыми самолетами разведчиками, решать задачи воздушной разведки. При этом сокращается время доведения полученной разведывательной информации в соответствующий орган управления. Успех использования БПЛА зависит не только от качества самих аппаратов, но и от подготовки пилотов, используемой модели боевого применения, соблюдения условий эксплуатации, проведения регламентных работ по поддержанию ресурса, то есть наличия сервисной поддержки и ремонтной базы, а также необходимых условий для хранения и мобильности экипажа БПЛА при перемещении по фронту.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о возрастании роли разведывательной беспилотной авиации в системе воздушной разведки для оперативного обеспечения по разведке.

Ключевые слова: БПЛА; массивы изображений; дрон; нейросеть.

Стаття надійшла до редакції 28.01.2020 р.

Прийнято до друку 11.03.2020 р.