

DOI 10.33099/2786-7714-2024-2-7-80-86

УДК 623.746.-519 : 004.89

Мартинюк Олексій Ростиславович (кандидат технічних наук, доцент)

<https://orcid.org/0000-0003-2578-0018>

Медведєв Володимир Костянтинівич (кандидат військових наук, професор)

<https://orcid.org/0000-0003-2578-0018>

Національний університет оборони України, Київ, Україна

ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ КОЛЕКТИВНИХ ЗАДАЧ ПРИ ГРУПОВОМУ ЗАСТОСУВАННІ БЕЗПІЛОТНОЇ АВІАЦІЇ

Стаття присвячена висвітленню підходу до формування сукупності задач в безпілотній авіаційній системі з автономною групою безпілотних літальних апаратів. В межах підходу описується інформаційна технологія в мультиагентній системі для самостійного синтезу інтелектуальними агентами колективної задачі, яка виконується певною групою агентів. В межах підходу на етапі підготовки ставиться у відповідність множина основних призначень безпілотних авіаційних систем до множини спроможностей агентів при формуванні простих, складних, інтегральних і мережевих колективних задач, а на етапі застосування – інтелектуальними агентами самостійно синтезується колективна задача для забезпечення максимуму функції корисності безпілотної авіаційної системи.

Стаття буде корисною особам, що приймають рішення на застосування безпілотних авіаційних систем, і дослідникам, які розробляють інноваційні форми та способи застосування безпілотних авіаційних систем.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, колективна задача, мультиагентна система, взаємодія, інформаційна технологія, штучний інтелект.

Вступ

Аналіз досвіду участі підрозділів Збройних Сил України в російсько-українській війні (РУВ) показує, що застосування безпілотних авіаційних систем (БпАС) дає змогу значно підвищити ефективність вогневого впливу на об'єкти противника. Позитивний досвід вимагає подальшого розвитку безпілотної авіації в Збройних Силах України, напрямком якого визначений Стратегічним оборонним бюлетенем України (Завдання 3.3) [1].

Перехід від поодинокого застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) до їх інтегрованого застосування у різних комбінаціях, дозволить за рахунок поєднання властивостей корисного навантаження окремих БпЛА підвищити загальну функціональність групи.

На теперішній час теоретичні і практичні основи для групового управління розроблені лише для послідовного або одночасного застосування декількох БпЛА. Причому, під групою розуміється сукупність БпЛА, які знаходяться одночасно в деякому районі, без безпосередньої взаємодії між БпЛА. Функціональне ж поєднання БпЛА в колективи для виконання спільних завдань вимагає вирішення наукової проблеми, суть якої полягає в розробці науково-методичного апарату для автономного управління групою БпЛА, що здійснюється на основі взаємодії між БпЛА в повітрі, в умовах динамічного протидіючого середовища.

Задача автономного управління групою виникає при необхідності вирішення деякого завдання спільними зусиллями колективу виконавців, коли результат досягається лише при узгоджених діях всіх учасників колективу. В даній роботі будемо називати таке завдання *колективною задачею (КЗ)*, а підгрупу БпЛА, необхідних для ефективного виконання КЗ, – *колективом*.

У роботах [2-4], як при централізованому так і при децентралізованому управлінні групою, основна увага приділяється питанням взаємодії між учасниками групи при вирішенні сумісної задачі.

При централізованому управлінні задача подається у вигляді наперед спланованої мережевої моделі цільової задачі, а взаємодія організовується органом управління. При управлінні невеликою групою об'єктів (близько десяти) в детермінованому середовищі, при добре організованому контролі функціонування кожного окремого об'єкта, що виключає затримки передачі інформації, централізований спосіб управління дає оптимальний результат.

Проте, при застосуванні БпЛА в умовах активної протидії противника не можна очікувати ні детермінованості середовища, ні відсутності затримок при передачі інформації для здійснення контролю, а збільшення кількості БпЛА в групі унеможливує ефективне централізоване управління. Тому постає питання надання можливості приймати рішення кожному БпЛА, які б забезпечувались розподіленою системою

групового управління (СГУ) децентралізованим способом. Рівень автономності групи БпЛА залежить від інтелектуальності СГУ [4], яка забезпечує ефективне функціонування групи починаючи від вирішення проблеми збереження кожного БпЛА на час відсутності каналу управління, закінчуючи забезпеченням автономного координованого планування і виконанням складних динамічних колективних задач.

Задача автономного управління групою БпЛА складається з декількох незалежних підзадач, а саме:

з формування органом управління переліку КЗ, які спроможна виконувати група БпЛА, з визначенням їх пріоритетів;

з формування певної топології (бойового порядку) групи БпЛА в районі відповідальності [5-7];

з прийняття рішення групою БпЛА про участь у виконанні КЗ, що принесуть найбільшу сумарну користь, і узгодженого виконання КЗ у просторі і часі.

Найбільш якісно задачу групового управління дозволяє формалізувати теорія колективної поведінки, яка базується на методах мультиагентних систем (МАС) [8-10].

В термінах МАС кожен БпЛА доцільно подати у якості інтелектуального агента з BDI-архітектурою (Believes-Desires-Intentions, англ. – переконання-бажання-наміри), яку запропонував Братман [8] для формалізації соціальних груп. Агент поміщений в зовнішнє середовище і здатний взаємодіяти з ним (в тому числі і з іншими агентами), здійснюючи автономні раціональні дії для досягнення певної мети.

В роботі [10] показано шлях розвитку агентів від простих рефлексивних до здатних самонавчатися.

Локально взаємодіючи між собою, інтелектуальні агенти створюють так званий колективний інтелект, який здатний до самоорганізації і складної поведінки навіть якщо стратегія поведінки кожного агента досить проста (синергетичний ефект) [2-4].

В зазначених вище роботах описуються різні сторони процесу управління групою, але разом з тим для дослідження перспективного напрямку – групового застосування БпЛА, постає необхідність як у пристосуванні існуючого, так і у розробці нового ефективного методологічного апарату, який би найбільш повно відповідав децентралізованому способу управління групою БпЛА, забезпечував її масштабованість і, у той же час, був би достатньо простим у практичному застосуванні.

Ефективність автономного застосування БпЛА у великій групі напряму залежить від відповідності вибору КЗ до можливостей групи по ресурсам і управлінню, що дасть змогу реалізувати можливості кожного окремого БпЛА з максимальним ефектом для групи. Для цього необхідно мати наперед визначену множину придатних КЗ, з якої можна оперативно вибирати

найбільш відповідну умовам обстановки, що склалися.

Для формування множини придатних КЗ необхідно вирішити дві зустрічні задачі. Перша полягає в декомпозиції основних призначень БпАС, визначених керівними документами. Друга – в синтезі множини можливих колективних задач з елементарних дій БпЛА, які характеризуються властивостями інтелектуальних агентів і тактико-технічними характеристиками БпЛА з корисним навантаженням. Множина придатних КЗ є перетином множин, сформованих при вирішенні цих задач.

Таким чином метою статті є викладення підходу до формування КЗ для БпАС з групою БпЛА, що базується на методах штучного інтелекту, а саме – мультиагентних систем.

Результати

Розглядається група БпЛА задана множиною $\{UAV\}^N = \{UAV_i | i=1 \dots N\}$. Кожен БпЛА UAV_i спроможний виконувати певну елементарну дію за призначенням a^i (в загальному випадку набір дій $\{a\}_i$) з множини можливих елементарних дій (спроможностей) групи $A = \{a^j | j=1 \dots J\}$ (рис. 1). Серед яких необхідно окремо виділити притаманні всім БпЛА групи вміння визначати своє місцеположення, динамічно планувати власний маршрут руху і підтримувати контакт з локальною групою.

Під локальною групою (колективу або окремого БпЛА) розуміється підгрупа БпЛА, що складається з сусідніх БпЛА в зоні прямої видимості d_{adj} малопотужного прийомопередавача, за допомогою якого здійснюється взаємодія між БпЛА.

Кожен БпЛА UAV_i є (спів)виконавцем задачі g^k з множини всіх можливих $G = \{g^k | k=1 \dots K\}$.

В роботі розрізняються поняття групова задача і колективна. В групі БпЛА завдання окремих БпЛА незалежні, а їх ефект додається при виконанні групової задачі. Виконання же колективної задачі залежить від виконання кожної окремої задачі всіх членів колективу БпЛА.

Задача групи є відображенням множини дій БпЛА на множину підзадач (рис. 1):

$$\{UAV\}^N: A \rightarrow G^N, G^N \subset G$$

В загальному випадку складність групової задачі G^N залежить від досягнутого рівня автономності системи групового управління (СГУ) [4] і складається з підзадач g^k , які виконуються за рахунок дій ієрархії $l=1 \dots L$ БпЛА. Кожен рівень ієрархії l може бути представлений як множиною окремих БпЛА так і їх колективами.

При переході до вищого рівня організації групи, колективні задачі ускладнюються з послідовною інтелектуалізацією від простих до складних, інтегральних і мережових (рис. 2).

Визначення колективних задач

Проста задача (g_l). БпЛА UAV_i здатен виконувати a^j дію і є єдиним виконавцем задачі g_l^k .

$$UAV_i: a_i^j \rightarrow g_l^k, (i=1 \dots N, j=1 \dots J, k=1 \dots K)$$

При застосуванні декількох БпЛА групова задача буде простим поєднанням задач всіх БпЛА

групи, за рахунок поєднання елементарних дій кожного БПЛА.

$$\{UAV\}^N: \bigcup_{i=1}^N a_i^j \rightarrow \bigcup_{i=1}^N g_i^k = G_1^N, (j=1 \dots J, k=1 \dots K).$$

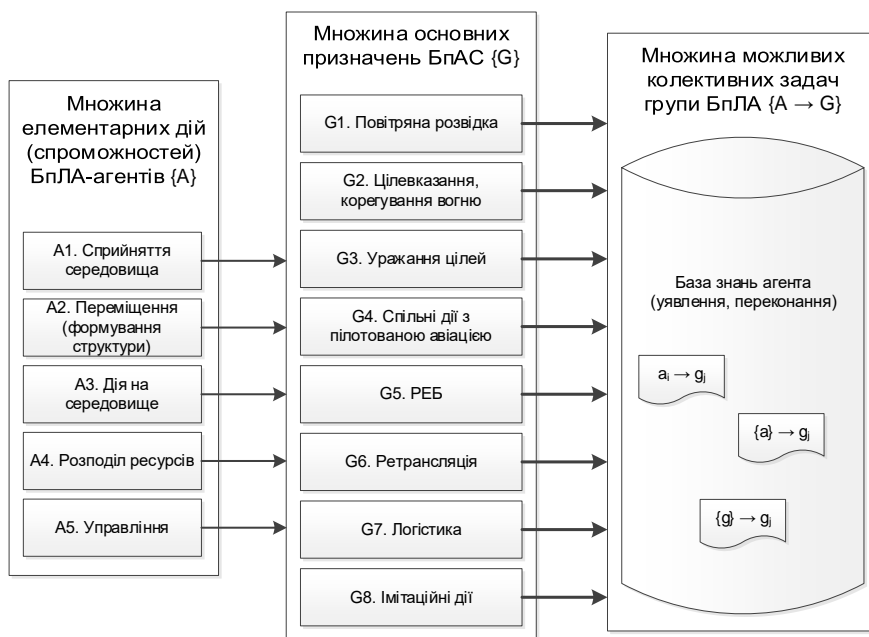


Рисунок 1. Формування множини задач для групи БПЛА

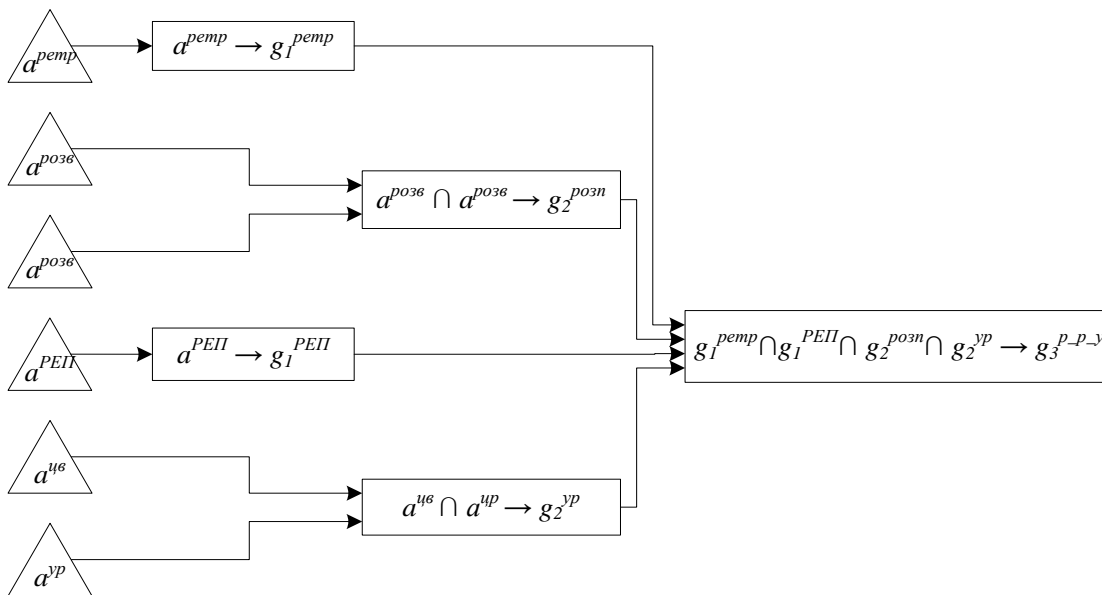


Рисунок 2. Структура інтегральної колективної задачі

Один БПЛА здатен виконати групове завдання самостійно. Кількість учасників в групі залежить від вимог до оперативності і ймовірності виконання завдання (живучості). Залежність ефективності групи від кількості учасників лінійна, синергетичний ефект не спостерігається.

Наприклад, кожен з десяти БПЛА UAV_i незалежно виконує розвідку (дія a^{розв}) території і доставляє розвідувальну інформацію на наземний пункт управління (НПУ) (задача g^{PI}). Група БПЛА {UAV}¹⁰ застосовується для підвищення оперативності розвідки заданої території.

$$\{UAV\}^{10} : 10a^{розв} \rightarrow 10g_1^{PI} = G_1^{10};$$

A={a^{розв} (розвідка)}, G={g^{PI} (доставка

розвідувальної інформації на НПУ)}.

Складна задача (g^k). Для успішного виконання КЗ необхідні спільні дії k-ої підгрупи – колективу з N_k БПЛА. Кожен БПЛА колективу UAV_i (i=1...N_k) виконує певну дію aⁱ ∈ A. При невиконанні однієї з дій aⁱ, що складають КЗ, – складна задача не виконується (g^k = ∅).

$$\{UAV\}^{N_k} : \bigcap_{i=1}^{N_k} a_i^j \rightarrow g_2^k$$

При N_k=1 складна колективна задача є простою.

Групова задача, що включає в себе складні задачі, – задача другого рівня – складається з окремих задач K підгруп БПЛА, причому, кожна дія може виконуватися від одного до m_i БПЛА для

підвищення оперативності чи/або забезпечення живучості:

$$\{UAV\}^N: \cup_{k=1}^K \cap_{i=1}^{N_k} m_i a_i^j \rightarrow \cup_{k=1}^K g_2^k = G_2^N,$$

$$\sum_{k=1}^K N_k = N$$

Приклад. Нехай підгрупа з 2-х БпЛА-розвідників $N_1=2$ виконує розвідку об'єкта (дія $a^{розв}$) сумісно, обмінюючись даними про об'єкт для збільшення ймовірності його розпізнавання (складна колективна задача $g_2^{розн}$), а друга підгрупа уражає наперед задану ціль (складна колективна задача $g_2^{уц}$): $N_2=2$, 1 ударний БпЛА (дія $a^{уц}$) і 1 БпЛА для цілевказання (дія $a^{цв}$).

Задача для групи $N=4$ виявити одну ціль і уразити іншу задану ціль.

$$K=2, N_1=2, N_2=2;$$

$A=\{ a^{розв}$ (розвідка), $a^{цв}$ (цілевказання), $a^{ур}$ (ураження));

$G=\{ g_2^{розн}$ (розпізнавання цілі), $g_2^{уц}$ (ураження цілі);

$$\{UAV^{розв}\}^2: a^{розв} \cap a^{розв} \rightarrow g_2^{розн};$$

$$\{UAV^{ур}, UAV^{цв}\}: a^{ур} \cap a^{цв} \rightarrow g_2^{уц};$$

$$\{UAV\}^4 = \{ \{UAV^{розв}\}^2, UAV^{ур}, UAV^{цв} \};$$

$$\{UAV\}^4: (a^{розв} \cap a^{розв}) \cup (a^{ур} \cap a^{цв}) \rightarrow g_2^{розн} \cup g_2^{уц} = G_2^4.$$

Інтегральна задача (g_3^k) – формується з множини P простих ($N_p=1$) і складних ($N_p>1$) колективних задач:

$$\{UAV\} \sum_{p=1}^P N_p: \cap_{p=1}^P \cap_{i=1}^{N_p} a_i^j \rightarrow g_3^k$$

Групова задача, що включає в себе інтегральні колективні задачі, – задача третього рівня – складається з окремих задач K підгруп БпЛА, причому, аналогічно як і для попереднього випадку, складні задачі можуть виконуватися множиною підгруп – від одної до q_i :

$$\{UAV\}^N: \cup_{k=1}^K \cap_{p=1}^{P_k} q_p \cap_{i=1}^{N_p} m_i a_i^j \rightarrow \cup_{k=1}^K g_3^k = G_3^N$$

За відсутності дублювання ($q_p=1$ і $m_i=1$), при невиконанні хоча б однієї з дій a_i , що складають інтегральну колективну задачу, вона розпадається на окремі прості і складні задачі.

Приклад. Нехай при виконанні завдань розвідувальним ударним комплексом по розпізнаванню цілі, передачу інформації про неї на НПУ і після підтвердження – її ураження ($g_3^{р-у}$) необхідно (Рис. 2):

2 БпЛА-розвідника, що виконують розвідку об'єкта сумісно, обмінюючись даними про об'єкт ($a^{розв}$) для його розпізнавання ($g_2^{розн}$);

1 ударний БпЛА ($a^{ур}$) і 1 БпЛА для цілевказання ($a^{цв}$) – для нанесення удару ($g_2^{уц}$);

1 БпЛА-ретранслятор ($a^{рerp}$) – для передачі інформації на НПУ ($g_1^{рerp}$);

1 БпЛА-РЕБ ($a^{PEП}$) – для радіоелектронного придушення засобів ППО противника ($g_1^{PEП}$).

$$P=4, N=6;$$

$A=\{ a^{розв}$ (розвідка), $a^{цв}$ (цілевказання), $a^{ур}$ (ураження) $a^{рerp}$ (ретрансляція), $a^{PEП}$ (РЕП));

$G=\{ g_1^{рerp}$ (передача інформації на НПУ), $g_1^{PEП}$ (РЕП), $g_2^{розн}$ (розпізнавання цілі), $g_2^{уц}$ (ураження

цілі);

$$\{UAV\}^6 = \{ \{UAV^{розв}\}^2, \{UAV^{ур}, UAV^{цв}\}, \{UAV^{рerp}\}, \{UAV^{PEП}\} \}.$$

$$\{UAV\}^6: (a^{розв} \cap a^{розв}) \cap (a^{цв} \cap a^{ур}) \cap a^{рerp} \cap a^{PEП} \rightarrow g_2^{розн} \cap g_2^{уц} \cap g_1^{рerp} \cap g_1^{PEП} = g_3^{р-у}.$$

Мережева задача (g_4^k) – є сполученням вищеперерахованих колективних задач, але поданим у вигляді мережевого графіку. Така колективна задача може вирішуватись методами теорії розкладів. Вона вимагає високої інтелектуальності від агентів БАС, складної соціальної організації і централізованого контролю [2]. В умовах активної протидії з боку середовища динамічна побудова (корегування) ефективної мережевої моделі потребує подальших досліджень, тому в даній роботі обмежимося розглядом простих, складних і інтегральних КЗ.

Формування групового завдання

Алгоритм дій органу управління під час вироблення рекомендацій щодо застосування групи БпЛА показаний на (рис. 3).

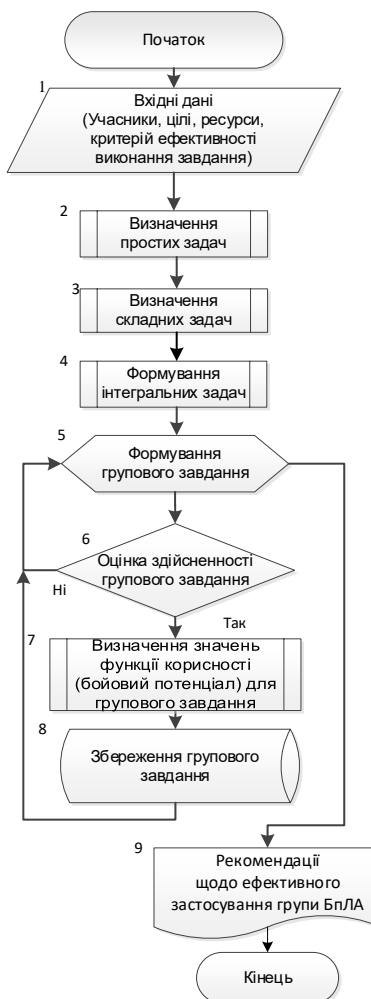


Рисунок 3 – Алгоритм формування групового завдання

Орган управління аналізує призначення БпАС, визначені керівними документами, і спроможності БпЛА, які характеризуються тактико-технічними характеристиками БпЛА і цільового навантаження

(блок 1). Для конкретної операції (бойових дій) з урахуванням БпЛА, що знаходяться на озброєнні, визначаються показники ефективності виконання завдання.

Результатом блоків 2-4 є сформована база знань агентів щодо множини можливих КЗ (рис. 1).

Групове завдання формується шляхом перебору (блок 5) варіантів групового застосування, що складаються з різних наборів простих, складних і інтегральних колективних задач.

В блоці 6 алгоритму здійснюється попередня оцінка групового завдання на основі критерію придатності. У випадку, якщо завдання йому задовольняє, в блоці 7 проводиться прогнозована оцінка важливості виконання даного завдання і значення корисності участі в ньому для БпЛА кожного типу.

В блоці 8 відбувається збереження групового завдання у базі знань з відповідним рангом.

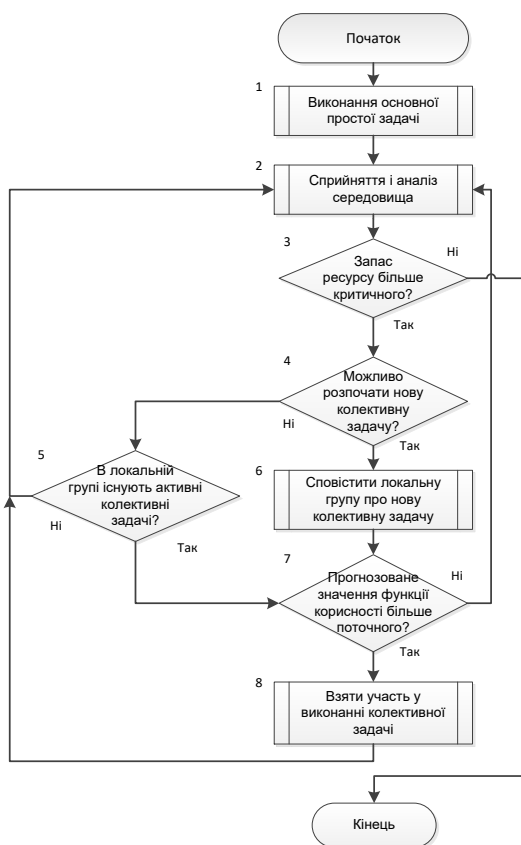


Рисунок 4 – Алгоритм прийняття рішення агентом на участь в колективному завданні

В результаті роботи органу управління формується множина можливих задач для визначеної групи БпЛА у визначеному районі призначення; визначаються необхідні типи БпЛА і їх кількість для виконання КЗ, з визначенням пріоритетів участі в них.

Обговорення

При знаходженні в групі кожен БпЛА-агент приймає рішення на основі інформації, отриманої

від локальної групи, в якому з активних завдань прийняти участь з урахуванням функції власної корисності (цільової функції). Також, кожен БпЛА може сам ініціювати колективну задачу відповідно до інформації про середовище, отриману від власних сенсорів (рис. 4).

Відмітимо, що корисність агента тим більше, чим в складнішій колективній задачі він приймає участь. Корисність групи можна описати в термінах методу бойових потенціалів [11]. Вона нелінійно зростає з ускладненням задач, які спроможна виконати група зі сталим числом учасників:

$$G_1^N < G_2^N < G_3^N < G_4^N, N = const.$$

Для кожного БпЛА функція власної корисності залежить від наявних ресурсів, досягнутого групово рівня автономності і протидії середовища:

$$W^i = f(\{a_i^j\}, t_s, t_d).$$

До ресурсів належать: множина дій (спроможностей) БпЛА $\{a_i^j\}$, час t_s початку участі у виконанні завдання (відстань до цілі) і запас льотного часу t_d (або енергоресурсу) на виконання завдання (від нього залежить ймовірність виконання завдання).

Групові задачі не передаються в автономну групу – групі призначається лише район відповідальності. Завдання група синтезує автономно, в залежності від інформації, отриманої від середовища, формуючи колективи для виконання кожного нового завдання з використанням розробленого мережевого протоколу взаємодії (рис. 5).

Наприклад (рис. 2), БпЛА UAV_i при виконанні дії $a_i^{розв}$ виявив з ймовірністю більше 0,5 наземну мобільну ціль, про що сповіщає свою локальну групу. Кожен БпЛА, що належить до локальної групи і виконує деяку просту задачу g_1 , оцінює власну корисність участі в завданні по розпізнанню виявленого об'єкта $g_2^{розп}$. При формуванні колективу для виконання завдання $g_2^{розп}$ члени локальних груп (безпосереднє оточення) колективу будуть прагнути прийняти участь в виконанні колективної задачі наступного рівня по передачі даної інформації на НПУ $g_3^{репр}$.

При неможливості прийняти участь у виконанні задачі колективу, БпЛА, що належить до локальної групи колективу, буде відштовхуватись від нього [6], тим самим даючи місце іншим агентам прийняти участь у складнішій задачі.

Агент постійно має власну оцінку ефективності поточної задачі (корисності) і проводить порівняння з можливою корисністю при виконанні переліку задач, які належать до його бажань. У випадку, якщо оцінка корисності агента (за оцінкою власних ресурсів) буде більшою і ймовірність виконання завдання перевищує задану, агент залишає поточне завдання і долучається до виконання складнішого. Про що сповіщає локальну групу.

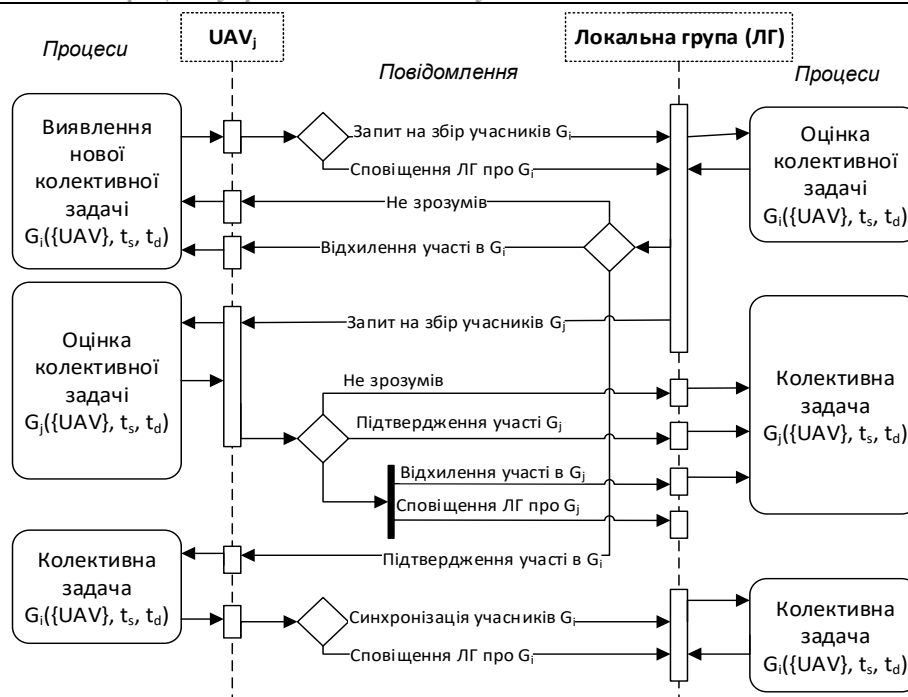


Рисунок 5. Мережевий протокол взаємодії окремого БПЛА з локальною групою

У випадку, описаному вище, коли БПЛА знаходить ціль – він прагне приєднати до задачі розпізнавання (задачі вищого рівня) інших учасників локальної групи, щоб підвищити власну корисність.

Висновки

Даний підхід дозволяє формалізувати групові задачі, визначені в керівних документах як притаманні для виконання БПЛА, і сформувані множини колективних задач, які автономна група може синтезувати в процесі застосування.

Застосування алгоритму прийняття рішення агентом на участь в колективному завданні, що базується на мережевому протоколі взаємодії окремого БПЛА з локальною групою, дозволяє підвищити автономність групи. Це відбувається за рахунок суттєвого зменшення кількості управляючої інформації в ланці “Група БПЛА – НПУ”, відповідно до розподіленого вирішення задачі цілерозподілу, порівняно із випадком централізованої організації міжагентної взаємодії з НПУ.

Аналіз задач різного рівня складності вказує на необхідність дослідження впливу якості автономного управління на можливість реалізації складних і інтегральних задач. Адже невиконання дії одним з БПЛА при виконанні простої задачі не впливає на завдання інших БПЛА; невиконання дії одним з БПЛА при виконанні складної задачі – зводить нанівець дії підгрупи; для інтегральної задачі, в залежності від рівня ієрархії, втрачається або вся задача або її складова. Тому, в подальшому необхідно дослідити баланс між ефективністю виконання підзадач великої складності і ризиками втрати ресурсів групи при невиконанні певної дії, з метою визначення оптимальної кількості БПЛА в групі, яка призначається в певний район.

Даний підхід є відправною точкою для впровадження ройового застосування БПАС з будь-якою кількістю БПЛА в групі.

Список використаних джерел

1. Стратегічний оборонний бюлетень України, затв. Указом Президента України від 17 вересня 2021 року № 473/2021.
2. Adelinde M. Uhrmacher, Danny Weyns, Multi-Agent Systems Simulation and Applications, CRC Press, 2018, ISBN 142007024X, 9781420070248.
3. Shoham, Yoav; Leyton-Brown, Kevin (2008). Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge University Press. p. 496. ISBN 978-0-521-89943-7.
4. Weiss, Gerhard, ed. (1999). Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT Press. ISBN 978-0-262-23203-6.
5. Oleksii Martyniuk, Pavlo Shchypanskyi, Vitalii Savchenko, Ihor Kostyuk, Air Defense Planning from an Impact of a Group of Unmanned Aerial Vehicles based on Multi-Agent Modeling. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020. – №8(4). – pp. 1302-1308. – DOI: 10.30534/ijeter/2020/59842020/
6. Мартинюк О. Р. Модель узгодженого руху групи безпілотної літальних апаратів // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.:НУОУ, 2016. – № 1 (25). – 214 с. – С. 78-81.
7. Ярошенко Я. В., Герасименко В. В., Коротін С. М., Блискун О. Є. (2021). Класифікація завдань спільного бойового порядку пілотованої та безпілотної авіації в операціях. Повітряна міць України, 1(1), 41–46. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2021-1-1-41-46>.
8. Bratman M., 2009, “Intention, Belief, and Practical Rationality,” in Reasons for Action, D. Sobel and S. Wall (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 13–36.
9. Stuart J. Russell, Peter Norvig (2003), Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, c. 24, ISBN 0-13-790395-2.

10. Субботін С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія [Електронний ресурс] / С.О. Субботін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

11. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації: монографія / Б.Й. Семон, О.Б. Леонт'єв, О.Б. Котов та ін. // за ред. Б.Й. Семона та О.Б. Леонт'єва. – К.: НАОУ, 2009. – 336 с., ISBN 978-966-8546-35-8.

Oleksii Martyniuk (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

<https://orcid.org/0000-0003-2578-0018>

Volodymyr Medvedev (Candidate of Military Sciences, Professor)

<https://orcid.org/0000-0003-2578-0018>

The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF SUBDIVISIONS OF STRIKE UAVS

The article is devoted to clarification an approach to forming a set of tasks in an unmanned aviation system with an autonomous group of unmanned aerial vehicles. Within this approach, information technology is described in a multi-agent system for the autonomous synthesis by intelligent agents of a collective task, which is performed by a specific group of agents. During the preparation stage, the approach aligns the set of main purposes of unmanned aviation systems with the set of agent capabilities when forming simple, complex, integral, and network collective tasks. At the application stage, intelligent agents autonomously synthesize a collective task to maximize the utility function of the unmanned aviation system.

The article will be useful for decision-makers on the application of unmanned aviation systems and researchers developing innovative forms and methods of applying unmanned aviation systems.

Keywords: *unmanned aerial vehicle, collective task, multi-agent system, interaction, information technology, artificial intelligence.*

References

1. Strategic Defense Bulletin of Ukraine, approved by the Decree of the President of Ukraine dated September 17, 2021 No. 473/2021.

2. Adelinde M. Uhrmacher, Danny Weyns, Multi-Agent Systems Simulation and Applications, CRC Press, 2018, ISBN 142007024X, 9781420070248.

3. Shoham, Yoav; Leyton-Brown, Kevin (2008). Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations. Cambridge University Press. p. 496. ISBN 978-0-521-89943-7.

4. Weiss, Gerhard, ed. (1999). Multiagent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. MIT Press. ISBN 978-0-262-23203-6.

5. Oleksii Martyniuk, Pavlo Shchypanskyi, Vitalii Savchenko, Ihor Kostiuk, Air Defense Planning from an Impact of a Group of Unmanned Aerial Vehicles based on Multi-Agent Modeling. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020. – №8(4). – pp. 1302-1308. – DOI: 10.30534/ijeter/2020/59842020/

6. Martyniuk O. R. Model of coordinated movement of a group of unmanned aerial vehicles // Modern information

technologies in the field of security and defense. – К.: NUOU, 2016. – № 1 (25). – 214 p. – P. 78-81.

7. Yaroshenko Ya., Gerasimenko V., Korotin S., Martyniuk O., & Blyskun O. (2021). Classification of tasks of joint combat order of manned and unmanned aviation in operations. Air Power of Ukraine, 1(1), 41–46. <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2021-1-1-41-46>.

8. Bratman M., 2009, "Intention, Belief, and Practical Rationality," in Reasons for Action, D. Sobel and S. Wall (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, pp. 13–36.

9. Stuart J. Russell, Peter Norvig (2003), Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, p. 24, ISBN 0-13-790395-2.

10. Subbotin S. Noniterative, evolutionary and multi-agent methods for the synthesis of fuzzy and neural network models: Monograph / S. Subbotin. – Zaporizhzhia: ZNTU, 2009. – 375 p.

11. Modern method of combat potentials in applied problems of planning the development and use of tactical aviation: monograph / B.Y. Semon, O.B. Leontiev, O.B. Kotov and others. // ed. B.Y. Semon and O.B. Leontiev. – К.: NАОU, 2009. – 336 p., ISBN 978-966-8546-35-8.