Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук

(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем

(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Дослідження методів формування кластеру безпілотних літальних апаратів для виконання задач локального моніторингу

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, групи ІУСТм-19-1

Мальований Т.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Кудрявцева М.С.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

зав. кафедри _____ Петров К.Е.

(підпис) (прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні управляючі системи та технології
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Мальованому Тарасу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів формування кластеру безпілотних літальних апаратів для виконання задач локального моніторингу

затверджена наказом по університету від "27" жовтня 2020р. № 1455 Ст

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 9 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Науково-технічні публікації, статті, результати досліджень щодо безпілотних літальних апаратів, агентних систем

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

1. Огляд і аналіз існуючих методів, моделей і систем безпілотних літальних апаратів

2. Дослідження технологій проектування мультиагентних систем

3. Реалізація методу формування кластеру безпілотних літальних апаратів

4. Практична реалізація

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових рисунків

Рисунок 1 – Структурна схема самонавчаємих агентів.
Рисунок 2 – Структурна схема формування кластеру БПЛА.
Рисунок 3− Параметри моделі стану БПЛА

Рисунок 4– Архітектура самонавчаємого агента у вигляді діаграми класів UML
Рисунок 5– Архітектура кластеру БПЛА у вигляді діаграми класів UML
Рисунок 6-11 Екранні форми

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	02.11.2020	
2	Аналіз предметної галузі та постановка задачі	03.11.2020 – 05.11.2020	
3	Огляд і аналіз існуючих методів, моделей і систем безпілотних літальних апаратів	06.11.2020 – 10.11.2020	
4	Дослідження технологій проектування мультиагентних систем	11.11.2020 – 16.11.2020	
5	Реалізація методу формування кластеру безпілотних літальних апаратів	17.11.2020 – 20.11.2020	
6	Практична реалізація	21.11.2020 – 25.11.2020	
7	Підготовка пояснювальної записки та графічного матеріалу	26.11.2020 – 08.12.2020	
8	Надання пояснювальної записки на перевірку керівнику	09.12.2020	
9	Захист перед ЕК	16.12.2020	

Дата видачі завдання 02 листопада 2020 року

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Кудрявцева М.С.
(підпис) (посада, прізвище, ім'я, по батькові)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 79 сторінок, 15 рисунків, 31 джерело.

ЛОКАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ, БЕЗПІЛОТНИЙ ЛІТАЛЬНИЙ АПАРАТ, ДРОН, КЛАСТЕР БПЛА, КОЛЕКТИВНИЙ РОЗУМ, АГЕНТ, САМОНАВЧАЄМИЙ АГЕНТ, МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА

Метою атестаційної роботи є дослідження технологій мультиагентних систем, методів формування кластеру безпілотних літальних апаратів для ефективного виконання задач локального моніторингу в умовах непередбачуваних зовнішніх впливів навколишнього середовища.

Об’єктом дослідження є кластер (група) безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Предметом дослідження є методи колективного розуму, мультиагентні системи та технології.

Методи дослідження – методи системного та об’єктно-орієнтованого аналізу, методи колективного розуму.

У рамках наукових результатів дослідження представлено метод формування кластеру безпілотних літальних апаратів; модель стану БПЛА та модель кластеру БПЛА.

У рамках практичних результатів за допомогою платформи DJI Flight Simulator проведено моделювання роботи кластеру безпілотних літальних апаратів для вирішення задачі локального обльоту та моніторингу території по заданому плану і пошук людей за допомогою БПЛА, оснащених тепловізійною камерою.

ABSTRACT

The certification work contains 79 pages, 15 figures, 31 references.

LOCAL MONITORING, UNMANNED AERIAL VEHICLES, DRON, UAV CLUSTER, COLLECTIVE INTELLIGENCE, AGENT, SELF-TRAINING AGENT, MULTI-AGENT SYSTEM,

The purpose of the certification work is the study of technologies of multi-agent systems, methods of forming a cluster of unmanned aerial vehicles for the effective implementation of local monitoring tasks in conditions of unpredictable external environmental influences.

Object of research is a cluster (group) of unmanned aerial vehicles (UAV).

Subject of research there are collective intelligence methods, multi-agent systems and technologies.

Research methods are methods of system and object-oriented analysis, methods of collective intelligence.

Within the framework of the research results, a method for forming a cluster of unmanned aerial vehicles is presented; UAV state model and UAV cluster model.

Within the framework of practical results using DJI Flight Simulator platforms the modeling of the operation of a cluster of unmanned aerial vehicles was carried out to solve the problem of local flight and monitoring of the territory according to a given plan and the search for people using UAVs equipped with a thermal imaging camera.

ЗМІСТ

ВСТУП.....10
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ І СИСТЕМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....12
1.1 Аналіз безпілотних літальних апаратів та специфіка їх задач.....12
1.2 Аналіз задач локального моніторингу при використанні БПЛА 15
1.3 Аналіз агентів та мультиагентних систем.....24
1.4 Аналіз існуючих систем групового управління БПЛА.....27
1.5 Постановка задачі.....31
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ.....33
2.1 Дослідження структури та видів агентів.....33
2.2 Вимоги до розробки мультиагентної системи для управління групою БПЛА.....40
2.3 Дослідження методологій проектування мультиагентних систем.....42
3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ КЛАСТЕРУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....45
3.1 Метод формування кластеру БПЛА.....45
3.2 Моделі формування кластеру БПЛА.....46
4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....49
4.1 Практична реалізація за допомогою UML діаграм.....49
4.2 Моделювання роботи кластеру БПЛА.....54
ВИСНОВКИ.....61
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....63
Додаток А.....67

ВСТУП

Останнім часом розвиток мобільних роботів набув швидкого темпу, особливо популярним стало застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в різних сферах людської діяльності. В першу чергу це пов’язано з перевагами, якими володіє дрон. Завдяки невеликим розмірам, надійній конструкції, компактності, маневреності, простоті управління, маючи малу вагу при значній масі корисного навантаження, безпілотні літальні апарати здатні виконувати широкий спектр задач.

Вони успішно використовуються у воєнній галузі, для аерофотозйомки та картографування, оперативного прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, моніторингу об’єктів промисловості та природніх комплексів, доставки товарів, у розважальних цілях тощо.

Застосування безпілотних літальних апаратів у цивільних цілях відносно новий напрямок, що стрімко розвивається. Серед основних причин та переваг використання дронів для таких цілей:

– висока оперативність, що особливо важливо в надзвичайних ситуаціях;

– надійність, оскільки відсутній людський фактор;

– відсутність або суттєве зниження загрози для життя та здоров’я персоналу;

– економічна ефективність завдяки відносній дешевизні дрона;

– візуальний моніторинг в режимі реального часу із забезпеченням високої якості зображень;

– швидкий пошук з ідентифікацією цілі;

– використання термографії, нічного бачення та голосового сповіщення;

– можливість застосування груп дронів для реалізації більш складних функцій в умовах надзвичаної ситуації.

Як і будь-які інші новітні технології, розвиток безпілотної промисловості передбачає певні ризики:

- безпекові – наприклад, при безконтрольному приземленні в громадських місцях, атомних об’єктах, посольствах, туристичних та пам’ятних місцях, що може спричинити пошкодження майна або травмування людей;
- порушення конфіденційності і таємниці особистого життя, адже безпілотники зазвичай містять відеокамери, мікрофони, різноманітні датчики в т.ч. GPS та системи реєстрації місцерозташування осіб. Вони можуть здійснювати польоти над закритими садами, стежити за людьми на вулицях, підраховувати кількість людей, що заходять і виходять з будівель. Це може зробити безпілотники нав’язливими та викликати незадоволення суспільства.

Оскільки безпілотними відносяться до авіації, вони повинні дотримуватися міжнародних правил безпеки польотів.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ, МОДЕЛЕЙ І СИСТЕМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

1.1 Аналіз безпілотних літальних апаратів та специфіка їх задач

В сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) або Unmanned Aerial Vehicles (UAV) набувають все більшу актуальність в якості легких і доступних інструментів для дослідження, розвідки, повітряних зйомок. Раніше БПЛА мали переважно військове призначення, однак сьогодні для них ставляться нові задачі цивільної галузі, які успішно можуть вирішуватися за їхньою допомогою. У світі ведуться розробки щодо впровадження БПЛА в екологічну та сільськогосподарську сфери діяльності, а також при вирішенні різних задач моніторингу місцевості [1].

Поняття безпілотний літальний апарат має декілька визначень. Безпілотний літальний апарат – це літальний апарат багаторазового або умовно-багаторазового використання без екіпажу на борту (людини-пілота), який здатний самостійно та цілеспрямовано переміщатися в повітрі для виконання різних функцій в автономному режимі (за допомогою виконавчої програми), або за допомогою дистанційного керування (що здійснюється людиною-оператором із стаціонарного або мобільного пульту керування), або автоматично [2, 3].

Однією з головних переваг БПЛА є максимальне виключення людського фактора при виконанні поставленої задачі, що особливо актуально при вирішенні задач в небезпечних для життя людини умовах.

Безпілотні літальні апарати, як правило, літають за заданою програмою, яку людина може змінювати в процесі польоту. Іноді використовують кілька моделей, які передають інформацію на головний пульт, за рахунок чого людина, що приймає рішення, за той же час отримує більш актуальні та інформативні дані [2].

Завдання, які вирішуються в даний час за допомогою безпілотних літальних апаратів, вимагають повноцінного приладового оснащення. Сучасний БПЛА за рівнем технічного оснащення часто перевершує пілотований літак. Управління БПЛА − є критичним завданням, що забезпечує виконання місії, безпеку і комерційний успіх застосування систем управління.

За загальним призначенням або за способами управління безпілотні літальні апарати можна поділити на три групи [4]:

- дистанційно-пілотований літальний апарат (ДПЛА) або БПЛА з ручним управлінням − керується пілотом-оператором з дистанційного пульта. Особа, що керує або візуально спостерігає БПЛА, або орієнтується по зображенню, що передається відеокамерою. Обмеження такого управління: при візуальному спостереженні розміри БПЛА і умови видимості обмежують дальність ручного керування, як правило, не перевищує 1-2 км. При спостереженні за відеокамерою, управління стає обмеженим в нічний час доби або в умовах обмеженої видимості. Пілот повинен добре орієнтуватися на місцевості.
- дистанційно-керований (або пілотований) літальний апарат (ДПЛА) − автоматизоване управління БПЛА полягає в передачі по командній радіолінії типових завдань для виконавчих механізмів.

До типових завдань відносяться: зробити правий (лівий) поворот на N градусів, вийти в задану точку, набрати задану висоту, повернутися, здійснити обліт об'єкта (району). В цьому випадку спостереження і контроль виконання виробляються за даними телеметричної інформації. Як правило, такі ДПЛА оснащені приймачем GPS, що здійснює визначення координат і автопілотом, що забезпечує в деякій мірі координований політ і стабілізацію літального апарату. Також ДПЛА можуть реалізовувати своє функціональне призначення частково автономно, при епізодичному втручанні оператора управління для перенацілювання або перепрограмування системи керування літальним апаратом.

– безпілотний автоматичний літальний апарат (БПАЛА) –безпілотний літальний апарат, що реалізує своє функціональне призначення в автоматичному режимі відповідно до закладених у нього алгоритмів і програм функціонування. Автоматичне управління БЛА забезпечує можливість повністю автономного польоту БПЛА по заданій траєкторії на заданій висоті із заданою швидкістю зі стабілізацією кутів орієнтації.

Автоматичне управління, здійснюване повноцінним автопілотом, гарантує безпечний політ дрону поза зв'язком з базовою станцією, практично при будь-яких погодних умовах.

Саме такий спосіб управління БПЛА є в даний час найбільш затребуваним з боку експлуатантів безпілотних систем, тому що пред'являє найменші вимоги до підготовки персоналу і забезпечує безпечну і ефективну експлуатацію систем безпілотних літальних апаратів.

Функції керування БПЛА виконує система управління.

Для виконання цілей БПЛА система керування безпілотним літальним апаратом повинна реалізовувати наступні функції [5]:

– автоматичний зліт та посадку;

– автономний політ по заданій траєкторії, тобто програмне керування;

– стабілізацію положення в просторі при зовнішньому збуренні (сильні повітряні потоки, зміщення центру мас БПЛА, пов’язане з присутністю фото та відео апаратури на борту тощо);

– високу маневреність, швидкодію та точність руху по траєкторіям;

– розпізнання зображення визначених об’єктів з максимальною точністю при різних умовах навколишнього середовища;

– передачу чіткого зображення в режимі реального часу;

– планування маршруту з уникненням статичних та динамічних перешкод.

Однак, недоліком автоматичних БПЛА при виконанні завдання є вразливість системи управління і можливість зіткнення з різними видами

перешкод на шляху проходження апарату навмисної (пастки) або ненавмисної (птиці), що може призвесьт до пошкодження дрона.

Тому, незалежно від сфери діяльності та покладеної мети на БПЛА, актуальною задачею є об'єднання їх у кластери або групи, в яких надійність такої системи підвищується за рахунок реплікації функцій іншими об'єктами. При формуванні кластеру необхідно врахувати, що стратегічно важливий апарат зможе виконати поставлену мету і, по можливості, повернутися в задану позицію, в той час як інші БПЛА в групі будуть виконувати захисні та відволікаючі функції. Таким чином, значно підвищується ймовірність виконання цілі.

1.2 Аналіз задач локального моніторингу при використанні БПЛА

На сьогоднішній день безпілотні літаючі апарати або дрони активно застосовуються для зйомки з висоти, їх перспективу давно розглянули в оборонній промисловості. Однак галузі застосування коптерів постійно розширюються. Проаналізуємо сфери діяльності, в яких успішно прижилися ці роботизовані установки. Судячи з кількості і різноманітності професій, на зміну яким можуть прийти БПЛА, можна сказати, що ера дронів настала [6].

1. Дрон-розкопник. У минулому році квадрокоптер gopro зміг виявити стародавнє поселення в Мексиці. Сталося це тому, що на робота повісили тепловізор, він і показав місцезнаходження холодних ділянок під піском, де археологи змогли знайти стародавні поховання. Також тепловізори встановлені на вертольотах в великих містах України і допомагають відслідковувати прориви на теплотрасах.

2. Дрони-помічники на МКС. У минулому році фахівці Project Tango іNASA вирішили спільно зайнятися створенням автономних дронів-помічників, які будуть допомагати астронавтам в побуті. Ці дрони мають форму сфер і

призначені для роботи в невагомості. Завдяки розробкам Google в області AR-реальності, люди можуть створити 3D-модель навколишнього простору, за рахунок чого навігація ботів стає значно простіше.

3. Дрони для роздачі інтернету. У 2013 році відразу два інтернет-гіганта оголосили про своє рішення створити мережі, які зможуть покрити всю планету. У березня 2014 року Марк Цукерберг виявив бажання купити компанію, яка займається створенням дронів на сонячних батареях. Через місяць від Google надійшло повідомлення про придбання схожої компанії. Також IT-гігант заявив про бажання утворити мережу з супутників, лазерів і дронів, які утворюють інтернет-покриття по всій планеті.

Через місяць компанія Google повідомила про придбання подібної компанії і плани створити зв'язку мереж супутників, лазерів і дронів, які зможуть забезпечити інтернет-покриттям всю Землю. В результаті IT-гігант став власником бренду Titan Aerospace, і це повинно забезпечити підключення до Інтернету в важкодоступних ділянках планети. Роботи на сонячних батареях успішно використовуються вже не один рік, тому для досягнення мети залишилося навчити їх літати і оснастити більш потужними передавачами. Потрібна кількість супутників вже присутня на орбіті.

4. Дрони-швидка допомога і постачальники медикаментів.

Дрон не завжди може мати вигляд невеликого квадрокоптера. Це в черговий раз підтвердили в Массачусетському технологічному інституті, де розробили міні-гелікоптери, якими можна управляти на віддаленій основі. Ці дрони доставлять ліки і припаси на важкодоступні території планети. Таке транспортування обійдеться значно дешевше, ніж при використанні іншого виду транспорту: вертольота або автомобіля.

Квадрокоптери доставляють кров, трансплантати, вакцини пацієнтам слаборозвинених країн - Руанди, Танзанії, Папуа-Нової Гвінеї. Саме цей напрямок використання квадрокоптера найбільш затребуваний і оцінений медиками.

Застосування апаратів в надзвичайних ситуаціях довело їх незамінність після землетрусу на Гаїті в 2012 році, тайфуну на Філіппінах і в інших регіонах, де інфраструктура була повністю зруйнована. Лідером з порятунку людей і доставці медикаментів за допомогою безпілотників виступає каліфорнійська компанія Zipline, яка тісно співпрацює з міжнародною організацією «Лікарі без кордонів».

Таким чином, квадрокоптера можуть вирішити проблему майже 2х мільярдів чоловік з Африки та Азії, обмежених в доступі до медичних послуг, ліків. Величезний потенціал дронів в транспортуванні ліків або вакцин допомагає в ситуаціях, коли важливий часовий фактор.

5. Дрони-постачальники товарів. Нещодавно в ЗМІ з'явилася інформація, що дрони будуть задіяні Amazon і Alibaba в цілях доставки замовлень. Поки обидві компанії активно шукають спосіб впоратися з законодавчими заборонами, але не виключено, що їм це вдасться, оскільки до вирішення цього завдання підключився Google.

Дрони не тільки переміщують товари, а й активно доставляють піцу. Їх задіяла одна з найбільших піцерій світу, Dominos Pizza. У них власні домікоптери з'явилися ще кілька роки тому. З того моменту технології стали куди більш розвиненими, і не виключено, що в найближчому майбутньому така швидкісна доставка стане реальністю.

6. Дрон-санепідеміолог. Цей дрон може бути задіяний в будівництві, а конкретніше - перед його початком. Робот досліджує будівельний майданчик на предмет того, чи дотримані там санітарно-епідеміологічні вимоги і нормативи для того чи іншого рівня висоти. До того ж на майданчику можна буде виміряти рівень електромагнітного і радіоактивного випромінювання. За допомогою дрона обстежують розташовану поблизу територію, вимірюють рівень шуму, випромінювання на тій чи іншій висоті.

7. Дрон-рекламіст. Досвід застосування безпілотних літаючих машин в рекламі має азіатська сеть ресторанов Wokker, для яких креативне рекламне агентство випустило 10 дронів. Літаючі банери можна побачити навколо бізнес-

центрів, в обідній час вони зазивають голодних «білих комірців» відвідати їх заклад

8.Дрон-офіціант.У Сінгапурі безпілотні літальні апарати допомагають впоратися з дефіцитом обслуговуючого персоналу в закладах громадського харчування. Для управління дронамі Infinium Robotics використовується комп'ютерна програма, а орієнтуватися в просторі дозволяють інфрачервоні датчики. Додатково до всього, в комплект кожного пристрою входять камери, гвинти і захисні решітки.

Дрони Infinium Robotics в одному з барів за раз переносять до двох кілограмів їжі і напоїв. У лондонському ресторанчику Yo Sushi дрони вже успішно замінюють латати підноси. Тутешні офіціанти тепер не переміщаються від столика до столика, а керують безпілотними літальними апаратами через ipad-додаток.

9.Дрон-патрульний. Багато країн вже багато років ведуть активну боротьбу з незаконною імміграцією, а також піратством і тероризмом. Застосування безпілотних літальних апаратів може надати серйозну допомогу у вирішенні цих проблем. Наприклад, поліція та прикордонні органи в Австралії активно використовують безпілотники, щоб забезпечити безпеку узбережжя. За їхнім прикладом незабаром збирається послідувати Індія. В умовах потенційного тендера зазначено, що апарати будуть використовуватися для денних і нічних операцій.

Актуальною може бути допомога дронів у вирішенні питань навколишнього середовища. З їх допомогою влада може стежити, щоб люди не забруднювали природні ресурси відходами, а також використовувати їх в цілях дослідження озонового шару.

10. Дрон-фермер. У США біологи і епідеміологи б'ють тривогу: в країні активно знижується популяція бджіл, причому поки не встановлено, відбувається це з вини пестицидів, паразитів або яких-небудь інших впливів навколишнього середовища. Для вирішення цієї проблеми співробітники

Гарварда створили робопчелу, завдання якій - перетворювати енергію в рух (п'єзоелектрики).

Поки цього проекту не під силу врятувати всіх бджіл світу, так як він має ряд обмежень. Мініатюрні бджоли прив'язані проводами до джерела енергії, а крихітне тільце не дозволяє скоригувати напрямок їх руху, але не виключено, що в майбутньому ми не зможемо відрізнити звичайне комаха від роботизованого аналога.

11. Дрон-тренер. Фахівці австралійського технологічного інституту Флойд Мюллер і Еберхард Гратер створили дрона, який може стати нашим особистим тренером під час пробіжок. Він буде супроводжувати людину з метою поставити необхідний ритм. Також можна влаштовувати з роботом змагання з бігу. За допомогою спеціального програмного забезпечення дрон дізнається бігуна за кольором і малюнком його одягу. Щоб у людини не виникало почуття переслідування, творці Jogobot подбали про те, щоб він завжди летів попереду бігуна.

12. Дрон-винороб. БПЛА став помічником виноробів французького регіону Бордо. Літаючий робот оснащений камерою з високою роздільною здатністю, контролює ситуацію на землях і передає виноробам інформацію про те, в якому стані лоза. Це дозволяє дізнатися, чи потрібен винограду додатковий полив або підживлення добривами. Дрон також має інфрачервону камеру для визначення ступеня зрілості винограду. Так може бути організований збір ягід з кожної лози в момент їх оптимальної зрілості, а це дуже важливо для якості вина.

13.Дрон-журналіст. Оскільки ці літаючі апарати здатні бачити зверху все, вони можуть стати відмінними помічниками для працівників ЗМІ. Це зрозуміли в University of Missouri, де майбутні журналісти вивчають курс управління дронамі. Тут вчать, як використовувати БПЛА для збору інформації. Активний досвід використання дронів є у папараці, які таким чином отримують фото і відео зірок у домашніх басейнів.

Також безпілотники задіють в спортивній журналістиці. На даний момент в компанії Falkor Systems займаються розробкою роботів, яких можна використовувати для зйомки екстремальних видів спорту, таких як сноубординг, бейсджампінг, ралі і т.і.

14.Дрон-охоронець. Дрон не тільки з вбудованою відеокамерою і датчиками, які реагують на рух і тепло, а й електрошоковим пістолетом (зарядом в 80,000 вольт), може замінити на посаді охоронців. Подібний досвід є у залізничній компанії Deutsche Bahn: там задіяли дронів, щоб дізнатися, хто зіпсував вагони поїзда за допомогою графіті. Для цих цілей були закуплені дрони, які літали над шляхами на висоті 150 метрів і спускалися, як тільки помічали щось підозріле.

15. Дрон в парках розваг. Disney впроваджує дронів в своїх повітряних уявленнях. За задумом, будуть задіяні повітряні ляльки-маріонетки, які управляються дронамі. Систему збираються повністю інтегрувати в наземну станцію управління, яка контролює політ пристроїв протягом вистави. Працівники Disney вважають, що це дозволить їм позбутися від обмежень, які зараз є в повітряних номерах.

Також ці літальні апарати можуть бути задіяні на святах і корпоративах, де можна влаштовувати в розважальні змагання бойових коптерів.

16. Порятунок життів. Безпілотники успішно вміють шукати і рятувати людей, зниклих в недоступних місцях - горах, лісах, океанах. Квадрокоптери з тепловими камерами можуть знайти людину, яка потрапила в лавину або провалилася в печеру. Прилади попередять поліцейських про знаходження злочинців в темний час, рейнджерів - про засідку браконьєрів. Під час стихійних лих з їх допомогою доставляються не тільки ліки, а й засоби зв'язку.

В Австралії за допомогою дронів були виявлені і доставлені рятувальні засоби двом підліткам, яких віднесло в море на кілометр від берега. Вся операція з транспортування рятувального плоту зайняла кілька хвилин. Також безпілотники задіяні для виявлення акул. Крім того, в гірських районах за допомогою дронів скидається вибухівка для контрольованого сходу лавин.

17. Інспектування нафтових вишок. Безпека навколишнього середовища та обслуговуючого персоналу - основні параметри, прийняті до уваги керівниками нафтових і газових компаній під час підписання контракту на огляд і оцінку технічного стану платформ і нафтових вишок за допомогою безпілотників. Переваги використання дронів очевидні:

-швидкий огляд і оцінка важкодоступних зон;

-можливість оперативного реагування на критичну ситуацію;

-доступ до місць інспекції, які представляють небезпеку для людей;

-можливість отримання якісних і детальних знімків несправностей і дефектів обладнання на будь-якій висоті;

-швидке розгортання безпілотної інспекції.

18. Спостереження за дикою природою. Моніторинг за популяцією тварин, визначення ареалу їх проживання в масштабах великих географічних зон стає можливим з приходом безпілотної системи інспекції. На думку фахівців, дрони є найбезпечнішою, екологічно чистої і недорогою альтернативою пілотованим літакам.

Квадрокоптера, які можуть знімати в декількох режимах, (DJI Spark) Можуть використовуватися в екстремальних ситуаціях, на значних площах, не нервуючи тварин і не порушуючи їх ритм життя. З їх допомогою дослідники стежать за поведінкою пінгвінів в Антарктиді, переміщенням горбатих китів біля узбережжя Чилі, спостерігають за перельотами птахів, стежать за шляхами міграції слонів в Індії. За допомогою фото- та відеоматеріалу вчені знайшли місця проживання диких тварин, які перебувають на межі зникнення, і можуть запобігти їх загибель.

19. Боротьба зі злочинністю. Безпека співробітників поліції істотно зросла із застосуванням на службі квадрокоптера (DJI Phantom 4 PRO). Ефективне використання дронів особливо доцільно в наступних випадках:

– аналіз дорожньо-транспортних пригод. Знімки з камери безпілотника фіксують всі деталі аварій, терміновість виклику медичних служб, шляхи проїзду до місця події;

– моніторинг натовпу. Великі заходи, концерти, спортивні змагання, паради зазвичай супроводжуються наявністю величезної кількості людей. Дрони дають можливість оцінити загрозу, регулювати прохід натовпу по шляхах, що не допускає тисняви, побачити сторонні предмети;

– інспекція бомб. Обстеження підозрілих пакетів або сумок можна здійснювати за допомогою безпілотника, щоб оцінити первинну загрозу і прийняти рішення про ступінь його небезпеки;

– вистежування злочинців в темний час. Наявність тепловізорів на камері дрона допомагають поліції переслідувати злочинців, керуючись даними з безпілотника.

20. Допомога під час катастроф. Безпілотники допоможуть при техногенних катастрофах, коли працівники гуманітарних служб не можуть отримати доступ до зон лиха. Вони оцінять збиток від аварій на промислових підприємствах, залізничних катастроф з небезпечними вантажами, терористичних актів, визначать ступінь забруднення великих територій хімічними або ядерними відходами, нададуть допомогу постраждалим.

У 2011 році під час цунамі в Японії було пошкоджено будівлю атомній станції Фукусіма. Ціла армія дронів оцінювала ситуацію і ступінь руйнування станції. Ці пристрої брали участь в моніторингу радіаційної загрози, стежили за поширенням опромінення на інші території.

21. Допомога фермерам. У сільському господарстві безпілотники, оснащені тепловізорами, оцінюють зростання рослин. Багатоспектральні датчики дозволяють фермеру контролювати застосування зрошення, добрив і пестицидів в необхідних місцях. Також вони можуть моніторити здоров'я культур, їх зараженість грибковими або бактеріальними інфекціями.

Крім цього, поля можна обробляти за допомогою безпілотників в складних географічних ландшафтах, розпорошуючи добрива в тих місцях, куди не може добратися літак. Використовуючи технологію ультразвукового ехолота, розпилювальні дрони точно проводять процедуру обприскування, уникаючи ризику надлишкового нанесення хімікатів.

22. Зйомка спортивних подій. Насолоджуватися грою улюбленої команди, бачити найдрібніші нюанси гри, стежити за емоціями гравців стало можливо за допомогою зйомки, виконуваної дронамі. Чудові і захоплюючі кадри гострої боротьби дають глядачеві можливість відчути напруження гри і співпереживати гравцям. Крім глядацького інтересу, безпілотна передача допомагає вирішити ще ряд важливих завдань:

-спортивні коментатори отримують детальну картинку того, що відбувається, що допомагає їм вести репортаж безпомилково;

-тренерський склад має можливість ретельно проаналізувати хід гри і внести корективи в дії команди;

-рекламні агентства використовують кращі моменти ігрового протистояння для створення рекламних продуктів.

23. Охорона національних кордонів. Застосування дронів для захисту державних кордонів є затребуваним і ефективним. Такі безпілотники можуть оснащуватися системами розпізнавання осіб і номерних знаків автомобілів, тепловізорами, технологією перехоплення телефонних дзвінків. Це дуже зручно для запобігання і реагування на інциденти на кордоні. До того ж, це зручний спосіб контролю ситуації в малодоступних прикордонних районах.

За допомогою безпілотників прикордонники можуть відстежувати контрабандистів, наркоторговців і перешкоджати незаконному перетинанню кордону в важкопрохідних зонах.

24. Порятунок планети. За допомогою дронів наукові організаціями проводять дослідницькі проекти, відновлення тропічних лісів, відстежують танення льодовиків в Арктиці. Із застосуванням дронів вчені збирають інформацію і фотокадри з цікавих для них регіонів, що допомагає робити більш точні прогнози кліматичного характеру.

Виникнення і поширення масштабних пожеж, зміна природних умов і глобальне потепління - всі ці проблеми вивчаються за допомогою високоточної апаратури, що доставляється безпілотниками до місця спостережень. Зміна

природного місця існування веде до масової загибелі тварин, і тільки отримана інформація може сприяти переселенню диких тварин і порятунку цілих видів.

26. Торгівля нерухомістю. Багато ріелторів вважають використання безпілотників важливою технологією для входу в бізнес нерухомості. Використовуючи літаючі камери, агент створює приголомшливі ландшафти, перспективи, оточення об'єкта продажу. Замовник може оглянути потенційне житло з висоти пташиного польоту, обстежити свій сад, побачити сусідські споруди.

Крім цього, клієнт може бачити стан верхніх конструкцій, даху, оглянути прилеглі дороги і дитячі ділянки.

1.3 Аналіз агентів та мультиагентних систем

Більшість сучасних систем управління групою безпілотних літальних апаратів характеризуються відсутністю автономної постановки нових завдань, що дозволяє групі оперативно приймати ефективні рішення щодо зміни сценарію виконання поставленого завдання. Типовими прикладами подій, що викликають необхідність в постановці нових завдань, є:

- поява нової вигідної інформації, яку можна використати для більш ефективного виконання завдання;
- вихід з ладу частини наявних пристроїв;
- зміна критеріїв прийняття рішень.

Чим вище невизначеність, чим більш розподілений характер мають процеси прийняття рішення і чим частіше трапляються незаплановані події, тим нижче ефективність існуючих систем, нездатних самостійно приймати рішення і автоматично перебудовуватися під зміни в середовищі.

Для вирішення подібних проблем застосовуються мультиагентні технології. В основі цих технологій лежить поняття «агента» − программного

об'єкта, здатного сприймати ситуацію, приймати рішення і взаємодіяти з собі подібними об’єктами.

Агент – програмна (софтбот, бот) або програмно-апаратна (робот) система, яка має здатність самостійно виконувати дії для досягнення найкращого очікуваного результату, представляючи інтереси користувача або власника. Головна риса, що відрізняє агентів, − спосіб взаємодії з користувачем і самостійне вирішення поставленої задачі. Для успішної взаємодії агенти повинні вміти співпрацювати в середовищі, координувати дії та вести переговори [7].

Людина, що розглядається в ролі агента, має очі, вуха і інші органи чуття, а виконавчими механізмами для нього служать руки, ноги, рот та інші частини тіла. Робот, що виконує функції агента, в якості датчиків може мати відеокамери та інфрачервоні далекоміри, а його виконавчими механізмами можуть бути різні двигуни. Програмне забезпечення, яке виступає в ролі агента, у якості вхідних сенсорних даних отримує коди натискання клавіш, вміст файлів і мережеві пакети, а його вплив на середовище виражається в тому, що програмне забезпечення виводить дані на екран, записує файли і передає мережеві пакети.

Характерними особливостями інтелектуальних агентів є [8]:

- колегіальність −здатність до колективної цілеспрямованої поведінки в інтересах вирішення загального завдання;
- автономність − здатність самостійно вирішувати локальні завдання;
- активність − здатність до активних дій заради досягнення загальних і локальних цілей;
- інформаційна і рухова мобільність − здатність активно переміщатися і цілеспрямовано шукати і знаходити інформацію, енергію і об'єкти, необхідні для кооперативного вирішення спільного завдання;
- адаптивність − здатність автоматично пристосовуватися до невизначених умов в динамічному середовищі.

Ці можливості кардинально відрізняють мультиагентні системи (МАС) від існуючих жорстко організованих систем управління групи автономних БПЛА [9].

Багатоагентна або мультиагентна система – система незалежних агентів, що взаємодіють між собою. Такі системи використовуються при вирішенні задач, які складно або неможливо вирішити з використанням одного агента (онлайн-торгівля, рятувальні операції, ліквідація черезвичайних ситуацій, моніторинг у сільському господарстві, моделювання соціальних структур) [10].

Вважається, що один агент володіє всього лише частковим поданням про глобальну проблему, а значить, він може вирішити лише деяку частину спільного завдання. У зв'язку з цим для вирішення складного завдання необхідно створити деякий безліч агентів і організувати між ними ефективну взаємодію, що дозволить побудувати єдину багатоагентного систему. У многоагентних системах весь спектр завдань за певними правилами розподіляється між усіма агентами, кожен з яких вважається членом організації або групи. Розподіл завдань означає привласнення кожному агенту деякої ролі, складність якої визначається виходячи з можливостей агента.

Для організації процесу розподілу завдання в многоагентних системах створюється система розподіленого вирішення проблеми. У такому варіанті процес декомпозиції глобальної задачі і зворотний процес композиції знайдених рішень відбувається під управлінням деякого єдиного «центру». При цьому мультиагентна система проектується строго зверху вниз, виходячи з ролей, визначених для агентів, і результатів розбиття глобальної задачі на підзадачі.

Технологія мультиагентних систем, хоча і нараховує вже більше ніж десятирічну історію свого активного розвитку, знаходиться в даний час ще в стадії становлення. Ведуться активні дослідження в області теоретичних основ формалізації основних понять і компонент систем, особливо в області формалізації ментальних понять. Основні досягнення в цій частині поки не дуже орієнтуються на аспекти практичної реалізації. Зокрема, при формалізації

ментальних понять необхідно використовувати нові підходи для роботи з погано структурованою даними, не цілком певними поняттями, методами, які базуються на ймовірності та нечіткості.

В теорії мультиагентних систем як одна з перспективних моделей розглядається модель самонавчального агента. При цьому використовуються результати в області вилучення знань і машинного навчання в загальній постановці. При цьому завдання навчання агентів колективному поведінці досить нова і специфічна, тому що кооперативне рішення задач на увазі спільне використання знань декількох агентів. Це питання технології мультиагентних систем є актуальним і недостатньо пророблениим.

Технологія мультиагентних систем не є просто об'єднанням різних результатів. Інтеграція, яка призводить до парадигми мультиагентних систем, привносить ряд принципово нових властивостей і можливостей в інформаційні технології і по суті являє собою якісно новий, більш високий рівень її розвитку, той рівень, який дозволяє прогнозувати її провідне становище в найближчі десятиліття.

1.4 Аналіз існуючих систем групового управління БПЛА

Необхідність об’єднання безпілотних літальних апаратів у кластери, як вже було відзначено, обумовлена тим, що при такій організації багато завдань виконуються швидше, точніше і з меншими витратами всіх видів ресурсів. Перевагами даного типу управління є: більший радіус дії, розширений набір виконуваних функцій і більш висока ймовірність виконання завдання без втручання людини, що досягається за рахунок можливості перерозподілу цілей між БПЛА групи в разі виходу з ладу деяких з них.

Тому такі складні завдання як, наприклад, участь в бойових і операціях забезпечення, розмінування територій, а також для вирішення ряду цивільних

завдань, наприклад, в метеорології (визначення температури, тиску, швидкості вітру), при вимірюванні теплових коливань (для організації пошуку людей), зйомці по заданому маршруту можуть бути ефективно вирішені дронами тільки при їх груповій взаємодії.

Розглянемо існуючі рішення цієї задачі.

Група БПЛА з децентралізованим управлінням застосована для вирішення ряду практичних завдань в сільському господарстві на масштабних територіях. Розмір агрохолдингів, які займаються сільським господарством, сягає понад 500 тисяч гектар посівних площ. Внаслідок цього, активність й моніторинг за розвитком посівів людьми є складно здійсненним. Для підвищення якості управління та реагування при утворенні аномальних зон з вогнищами шкідників і ділянок, що вимагають додатково й підгодівлі добривами, сучасні організації використовують віддалені системи моніторингу: супутникові системи і безпілотні літальні апарати [11]. На практиці серед БПЛА мультикоптери виявляються більш затребуваними, оскільки їх можна використовувати і для інших завдань, наприклад, для стеження за сільськогосподарською технікою в полях, де потрібна здібність зависання в повітрі.

Недоліком використання мультикоптерів в завданні картування сільськогосподарських площ є обмеженість часу і відстані їх польоту. Покриття масштабних площ можливо при вико ристаннігрупи квадрокоптерів, яка керується оператором як єдине ціле.

Усі ці задачі в сільському господарстві вирішуються трьома найбільш популярними комерційними мультикоптерами: AGCO Solo, senseFly eXom і DJI Farmer. Серед дронів з фіксованим крилом популярністю користуються моделі senseFly eBee Ag, PrecisionHawk Lancaster і Trimble. Вартість таких пристроїв може варіювати від 1 500 до 25 000 доларів США. Системи управління цими дронами дозволяють виконувати задачі групового управління [11].

У роботі [12] описується багатоагентна система, яка використовується для управління пакетом з чотирьох безпілотних повітряних суден (БПЛА). Система недавно використовувалася в серії випробувальних польотів, в ході яких пілот швидкого реактивного літака керував командою з чотирьох БПЛА (один реальний, три змодельованих), що виконують репрезентативну місію. Описується структура системи і на прикладі проілюстрована реорганізація агентів у міру виконання місії.

Очікування відносно недорогих, високонадійних і ефективних БПЛА, а також несхильних фізичним, психологічним або тренувальним обмеженням пілотів-людей, призвело до великих досліджень в усьому світі. Сучасні системи, такі як Predator або Global Hawk, вимагають, щоб кілька операторів управляли однією платформою.

Концепцією даної роботи є партнерське ставлення при прийнятті рішень між людиною-оператором і розумною автономною здатністю. Людина забезпечує керівництво на рівні місії (за допомогою засобів планування і управління) для «пулу» взаємодіючих БПЛА і бере на себе в основному контролюючу роль. БПЛА самоорганізуються для досягнення цілей, поставлених оператором.

Через проблеми з нормативними вимогами або відповідальності деякі важливі рішення повинні будуть прийматися людьми. Отже, безпілотний об'єкт повинен передавати такі рішення оператору.

Мультиагентна система (MAS) забезпечує природний і потужний спосіб представлення багатоплатформених завдань і наборів скоординованих і взаємодіючих агентів. Агенти, які виконують завдання, які чітко пов'язані з єдиною платформою (платформа місцевості), можуть розміщуватися на цій платформі, в той час як агенти більш загального призначення можуть бути розподілені між платформами (платформа наземних об'єктів, транспортних засобів, зброї і т.ін.) .

Агенти забезпечують самоорганізуєму систему управління безпілотними літальними апаратами, яка відіграє центральну роль в реалізації концепції.

Агенти відправляють команди контролерам на кожній платформі БПЛА і отримують інформацію про стан і спостереження.

Для виконання завдань ядерної безпеки розроблений високотехнічний автономний безпілотник для пошуку джерел радіоактивного випромінювання RaDron [13].

Безпілотник дуже маленький і легкий, вагою 2 кг, повністю автономний− для управління людина не потрібен −і високотехнологічний: може розпізнати складні перешкоди і переміщатися навіть без сигналу GPS. Дрон може дістатися туди, куди інші сучасні транспортні засоби не можуть проникнути, а сучасна потужна технологія візуалізації дозволяє точно визначити параметри джерела випромінювання. Це рішення незрівнянно більш досконале, безпечне і дешеве, ніж вже існуючі системи.

RaDron може бути використаний для контролю радіаційної безпеки на кордонах, в портах, аеропортах, на атомних станціях і в сховищах ядерних відходів, для моніторингу поставок ізотопів для ядерної медицини. Він також незамінний на місцях інцидентів з викидом радіації: наприклад, під час пожежі в центрі ядерної медицини, при аварії з автомобілем, що перевозять радіоактивні матеріали.

Програмне забезпечення на основі штучного інтелекту управляє безпілотником, щоб знаходити джерело радіації в складних умовах, наприклад в зонах, де немає покриття GPS.

Система також може використовувати групу з кількох взаємодіючих БПЛА для більш швидкого пошуку джерела випромінювання (або кілька дронів виконують функцію екранування від випромінювання). Потенційними споживачі є рятувальники, пожежники, поліція, силовики, прикордонні патрулі, співробітники атомних електростанцій і лікарень, де використовують методи ядерної медицини. Пристрій простий в застосуванні, його можуть використовувати рядові співробітники.

Із проведеного дослідження можна зробити висновки: розробники системи управління польотом і дисплеїв повинні діяти в рамках строгих правил, котрі контролюють безпеку і схвалення польотних систем.

Необхідно якомога більше інтегрувати з відповідними системами, тестувати (повторно багато разів) і реєструвати (ведення численних журналів поведінки агентів).

Саме такі рішення допоможуть створювати високо автономні повітряні системи в майбутньому.

1.5 Постановка задачі

В роботі розглядається можливість застосування мультиагентної адаптивної системи для управління групою БПЛА. Це дозволить збільшити ефективність використання БПЛА за рахунок групового польоту з автономним спілкуванням між БПЛА.

Для реалізації цієї мети необхідно:

- провести дослідження різних видів агентів: рефлексивних, діючих з урахуванням внутрішнього стану, діючих на основі цілей, заснованих на моделі та корисності, агентів з можливістю навчання. Для класифікації агентних програм використовуються дві основні ознаки: ступінь розвитку внутрішнього уявлення про навколишній світ та спосіб прийняття рішення. Обрати кращий вид агенту для вирішення задачі групового управління БПЛА;
- сформувати вимоги до розробки мультиагентної системи для управління групою БПЛА;
- провести дослідження методологій проектування мультиагентних систем, обрати методологію для вирішення задачі групового управління БПЛА;
- реалізувати метод формування кластеру БПЛА;
- розробити модель стану БПЛА та модель кластеру БПЛА;

- провести практичну реалізацію задачі у вигляді UML діаграми класів;
- провести моделювання роботи кластеру БПЛА.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ

2.1 Дослідження структури та видів агентів

Проведемо дослідження різних видів агентів для методу створення кластеру БПЛА у вигляді агентів. Чотири основні види програм агентів, які втілюють певні принципи, лежать в основі майже всіх інтелектуальних систем [14]:

- прості рефлексивні агенти;
- рефлексивні агенти, засновані на моделі;
- агенти, що діють на основі цілі;
- агенти, що діють на основі корисності;
- агенти, що навчаються.

Найпростішим видом агента є простий рефлексивний агент. Подібні агенти вибирають дії на основі поточного акту сприйняття, ігноруючи всю іншу історію актів сприйняття, наприклад, агент-пилосос являє собою простий рефлексивний агент, оскільки його рішення засновані тільки на інформації про поточне місцезнаходження і про те, чи містить воно сміття.

Прості рефлексивні агенти характеризуються тією чудовою особливістю, що вони надзвичайно прості, але зате володіють досить обмеженим інтелектом. Схематичне зображення структури простого рефлексного агента представлене на рисунку 2.1

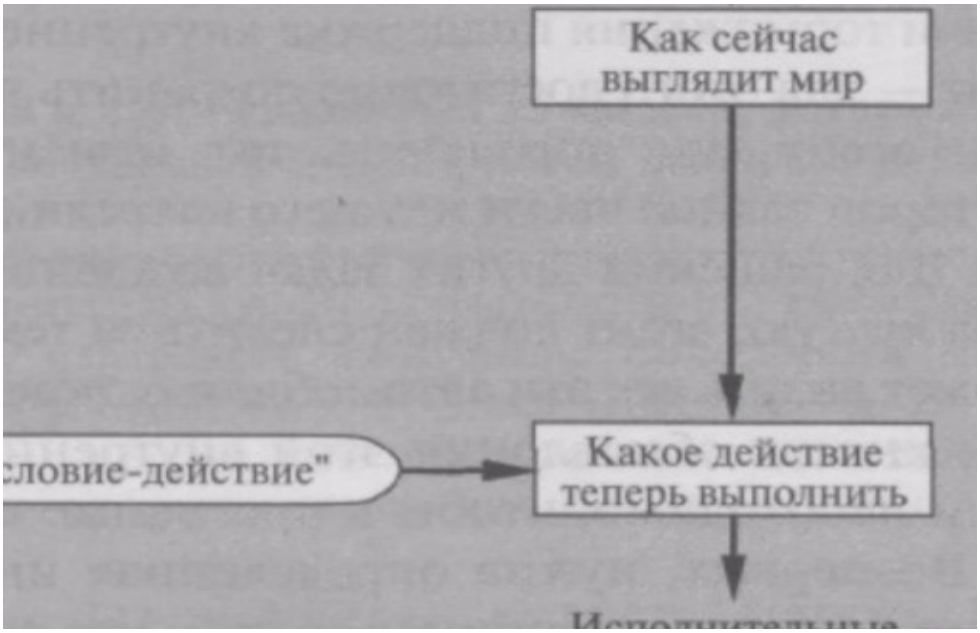

Рисунок 2.1 − Структурна схема простого рефлексивного агенту

Рефлексивні агенти, основані на моделі. Найбільш ефективний спосіб організації роботи в умовах часткової спостережуваності полягає в тому, щоб агент відстежував ту частину світу, яка сприймається ним в поточний момент. Це означає, що агент повинен підтримувати внутрішній стан, який залежить від історії актів сприйняття і тому відображає принаймні деякі з неспостережуваних аспектів поточного стану.

Для забезпечення можливості поновлення цієї внутрішньої інформації про стан протягом часу необхідно, щоб у програмі агента були закодовані знання двох видів.

По-перше, потрібна певна інформація про те, як світ змінюється незалежно від агента (наприклад, про те, що автомобіль, що йде на обгін, зазвичай стає ближче, ніж в якийсь попередній момент).

По-друге, потрібна певна інформація про те, як впливають на світ власні дії агента (наприклад, що при повороті агентом рульового колеса за годинниковою стрілкою автомобіль повертає вправо).

Ці знання про те, «як працює світ» (які можуть бути втілені в простих логічних схемах або в складних наукових теоріях) називаються моделлю світу,

агент, в якому використовуються такі знання, називається агентом, заснованим на моделі.

Структурна схема рефлексивного агенту, заснованого на моделі, представлена на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 − Структурна схема рефлексивного агенту, заснованого на моделі

Агенти, орієнтовані на меті. Знань про поточний стан середовища не завжди достатньо для прийняття рішення. Наприклад, на перехресті доріг автівка може повернути ліворуч, повернути праворуч або їхати прямо; правильне рішення залежить від мети (місце призначення). Таким чином, агенту потрібно не тільки опис поточного стану, а й інформація про мету, яка описує бажані ситуації.

Програма агента може комбінувати цю інформацію з інформацією про результати можливих дій (з такою ж інформацією, як і та, що використовувалася при оновленні внутрішнього стану рефлексивного агента) для вибору дій, що дозволяють досягти цієї мети.

Агент, заснований на моделі і на цілі, стежить за станом світу, а також за безліччю цілей, яких він намагається досягти, і вибирає дію, що дозволяє домогтися досягнення цих цілей.

Структура агента, що діє на основі мети, показана на рисунку 3.3.

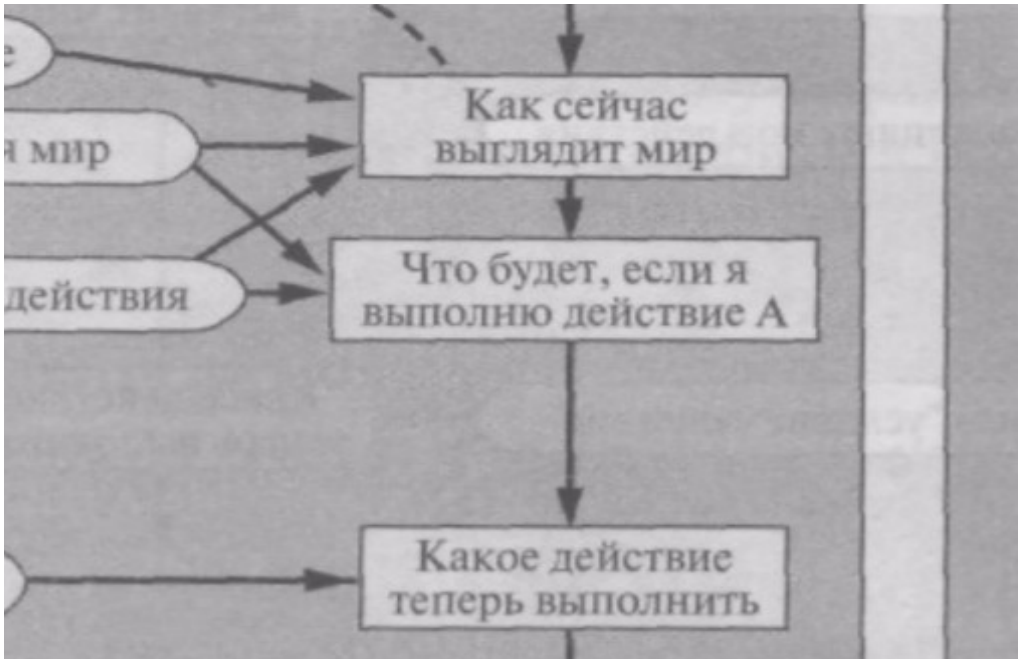

Рисунок 2.3 − Структурна схема агенту, заснованого на меті

Агенти, орієнтовані на корисність. Насправді в більшості варіантів середовища для вироблення високоякісного поведінки одного лише урахування цілей недостатньо. Наприклад, зазвичай існує багато послідовностей дій, що дозволяють автівці дістатися до місця призначення (і тим самим досягти поставленої мети), але деякі з цих послідовностей забезпечують більш швидку, безпечну, надійну або недорогу поїздку, ніж інші.

Мета дозволяює провести лише жорстку бінарну відмінність між станами «задоволеності» і «незадоволеності», тоді як більш загальні показники продуктивності повинні забезпечувати порівняння різних станів в точній відповідності з тим, наскільки задоволеним станом агент, якщо його вдасться досягти.

Оскільки поняття «задоволеності» представляється не зовсім формалізованим, частіше застосовується термінологія, згідно з якою стан, більш детально визначений в порівнянні з іншим, розглядається як той, що має більш високу корисність для агента.

Функція корисності відображає стан (або послідовність станів) як дійсне число, яке позначає відповідний ступінь задоволеності агента. Повна специфікація функції корисності забезпечує можливість приймати раціональні рішення в описаних нижче двох випадках, коли цього не дозволяє зробити мета.

По-перше, якщо є конфліктуючі цілі, такі, що можуть бути досягнуті тільки деякі з них (наприклад, або швидкість, або безпека), то функція корисності дозволяє знайти прийнятний компроміс.

По-друге, якщо є декілька цілей, до яких може прагнути агент, але жодна з них не може бути досягнута з усією визначеністю, то функція корисності надає зручний спосіб зваженої оцінки ймовірності успіху з урахуванням важливості цілей.

Агент, заснований на моделі і на корисності. У ньому модель світу використовується поряд з функцією корисності, яка вимірює переваги агента стосовно до станам світу. Потім агент вибирає дію, яка веде до найкращої очікуваної корисності.

Рисунок 2.4 − Структурна схема агенту, заснованого на корисності

На рис. 2.1-2.4 описані програми агентів, в яких застосовуються різні методи вибору дій, але не були наведені відомості про те, як створюються програми агентів.

Агенти, що навчаються [15]. Структура агента, що навчається, може поділятися на чотири концептуальних компонента (критик, навчальний компонент, генератор проблем, продуктивний компонент).

Найбільш важлива відмінність спостерігається між навчальним компонентом, який відповідає за внесення удосконалень, і продуктивним компонентом, який забезпечує вибір зовнішніх дій.

Загальна модель агентів, що навчаються, представлена на рисунку 2.5.

Рисунок 2.5 − Модель агентів, що навчаються

Продуктивним компонентом є те, що розглядалося у якості всього агента: він отримує сприйняту інформацію і приймає рішення про виконання дій. Навчальний компонент використовує інформацію зворотного зв'язку від критика з оцінкою того, як діє агент, і визначає, яким чином має бути

модифікований продуктивний компонент для того, щоб він успішніше діяв в майбутньому.

Критик повідомляє навчальному компоненту, наскільки добре діє агент з урахуванням постійного стандарту продуктивності. Критик необхідний, оскільки самі результати сприйняття не дають ніяких вказівок на те, чи успішно діє агент. Наприклад, програма може отримати результати сприйняття, що вказують на те, що вона правильно функціонує, але їй потрібно стандарт продуктивності, який дозволив би визначити, що це - хороший результат; самі дані сприйняття нічого про це не говорять.

Важливо, щоб стандарт продуктивності був постійним. Цей стандарт слід розглядати як повністю зовнішній по відношенню до агента, оскільки агент не повинен мати можливості його модифікувати так, щоб він більшою мірою відповідав його власній поведінці.

Останнім компонентом агента, що навчається, є генератор проблем. Його завдання полягає в тому, щоб пропонувати дії, які повинні призвести до отримання нового та інформативного досвіду. Справа в тому, що якщо продуктивний компонент наданий самому собі, то продовжує виконувати дії, які є найкращими з точки зору того, що він знає.

Таким чином, агенти мають самі різні компоненти, а самі ці компоненти можуть бути представлені в програмі агента багатьма способами, тому створюється враження, що різноманітність методів навчання надзвичайно велика. Проте всі ці методи мають єдиний об'єднуючий їх аспект. Процес навчання, здійснюваний в інтелектуальних агентах, можна в цілому охарактеризувати як процес модифікації кожного компонента агента для забезпечення більш точної відповідності цих компонентів доступної інформації зворотного зв'язку і тим самим поліпшення загальної продуктивності агента.

Таким чином, рефлексивні об'єкти вибирають дії на основі поточного сприйняття стану середовища, ігноруючи історію сприйняття. Агент, діючий з урахуванням внутрішнього стану, комбінує поточне сприйняття з колишнім внутрішнім станом, в результаті відбуваються дії і відбувається зміна

внутрішнього стану. Для агенту, діючого на основі цілей, характерно відстеження стану середовища, а також безліч цілей, яких він намагається досягти, і вибирає дію, спрямовану на досягнення цих цілей. Агент, заснований на моделі та корисності, схожий на агента, що діє на основі цілей, за винятком наявності функції корисності, яка ставить у відповідність зі станом агенту дійсне число, що має сенс для очікуваної корисності даного стану. Агент вибирає дію, яка веде до кращого очікуваної корисності. В особливий клас виділяють агентів з можливістю навчання. Навчання має важливу перевагу: воно дозволяє агенту функціонувати спочатку в невідомих йому варіантах середовища і ставати більш компетентним у порівнянні з тим, що могли б дозволити тільки його початкові знання. У структурі цього агента виділяють чотири концептуальних компонента: критик, продуктивний компонент, компонент, що навчається та генератор проблем.

Для методу створення кластеру БПЛА важливими факторами є навчання, оцінка зворотнього зв’язку, можливість відстеження зміни середовища, тому на підставі цих характеристик агенту, кращим для вибору є рефлексивний самонавчаємий агент.

Продуктивний компонент забезпечує вибір зовнішніх дій (отримує сприйняту інформацію і приймає рішення про виконання дій), навчальний компонент використовує інформацію зворотнього зв'язку від критика з оцінкою того, як діє агент, і визначає, яким чином має бути модифікований продуктивний компонент, генератор проблем відповідає за внесення удосконалень, а процес самовдосконалення відбувається на основі отриманого інформативного досвіду.

2.2 Вимоги до розробки мультиагентної системи для управління групою БПЛА

Колективний розум (інтелект) − здатність групи знаходити вирішення завдань більш ефективноі, ніж краще індивідуальне рішення в цій групі. В цьому відношенні колективний інтелект перевершує за рівнем інтелект будь-якого індивідуума групи [16].

Таким чином, кластер (група) БПЛА має наступні переваги щодо використання поодиноких дронів (агентів):

- взаємозамінність у випадках позаштатних ситуацій,
- розширена інформованість про навколишнє середовище за рахунок комунікації всередині групи,
- підвищена надійність і швидкість виконання завдань
- здатність колективно виконувати більш складні завдання.

В даній роботі розглядається задача формування кластеру безпілотних літальних апаратів з використання мультиагентних технологій.

Для розробки мультиагентної системи для групи БПЛА необхідно виконання загальних вимог:

- на кожній моделі повинен бути невеликий, але потужний мікро-комп'ютер для роботи в режимі реальному часу як автопілот, а також для передачі даних агентів між собою;
- необхідно організувати надійний та захищений канал зв'язку між агентами групи.

В основі групового управління лежить колективний розум, який описує колективну поведінку децентралізованої самоорганізовуємої системи, яка складається з безлічі об'єктів – агентів, локально взаємодіючих між собою і з навколишнім середовищем.

Робота системи буде заснована на взаємодії і «спілкуванні» моделей БПЛА між собою, при цьому буде отримана нова додаткова інформація для коригування польоту автопілотом.

Робота кожного агента групи БПЛА, що описується моделлю, полягає у вирішенні основних завдань:

- визначення точного місця розташування і ступеня виконання ним завдання;
- порівняння своїх даних із заданою метою;
- відправка своїх даних іншим агентам системи і прийняття їх даних;
- впровадження коригувальних дій для повернення до виконання завдання.
- кожен агент виконує дію, що перед ним поставлена та у разі необхідності, змінити дію на іншу.

В даній роботі необхідно створити групу або кластер БПЛА, який зможе сумісно виконати поставлену задачу, за умови, що апарати можуть бути різного призначення (постачати вантаж, фотографувати або здійснювати відеозйомку, бути розвідниками, мішенями). Метою роботи групи БПЛА є виконання поставленої стратегічної цілі. При розробці кластеру необхідно врахувати, що стратегічно важливий апарат зможе виконати поставлену мету і по можливості повернутися назад, в той час як інші БПЛА в групі будуть виконувати захисні та відволікаючі функції.

2.3 Дослідження методологій проектування мультиагентних систем

Будь-яка багатоагентна система складається з програмних агентів і агентської платформи, яка підтримує взаємодію агентів. Найбільш досконалі з існуючих інструментальних засобів підтримки технології розробки мультиагентних систем зазвичай інтегрують в собі засоби розробки компонент обох типів. Зазвичай прийнято використовувати агентську платформу, яка побудована відповідно до абстрактної архітектури FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [17].

Тому різні реалізації, в основному, розрізняються інтерфейсної частиною, що зв'язує агентів і агентську платформу. Значно більше різноманітності в

засобах розробки агентів. За цією ознакою всі інструментальні засоби створення агентів можна розділити на два базових класи, а саме, інструментарії, орієнтовані на розробку МАС BDI (Belief-Desire-Intention) −fрхітектура і інструментарії, орієнтовані на розробку агентів з груповою поведінкою.

1. BDI-архітектура (Belief-Desire-Intention) (за змістом - «архітектура, керована намірами і знаннями», або «архітектура, орієнтована на досягнення заданих цілей») являє знання, механізми виведення і внутрішні стани агента в такій формі, яка дозволяє йому при пошуку рішень знаходити власні шляхи розв'язання, міркуючи аналогічно людині.

Зазвичай в цій архітектурі інформаційні, мотиваційні та поведінкові аспекти моделі агента представляються в термінах його ментальних понять, до яких відносяться знання агента, його переконання (знання про навколишній світ), бажання і наміри. Ці поняття формалізуються за допомогою тих чи інших розширень мов модальних і темпоральних (часових) логік.

Попри всю різноманітність варіантів побудови таких агентів загальне в них полягає в тому, що в процесі прийняття рішення про поведінку агент вибирає конкретну мету, будує план її досягнення, і виконує цей план. BDI-агенти повинні виконувати цей процес самостійно на основі власних "інтелектуальних" можливостей. Можна говорити, що BDI-архітектура орієнтована на опис моделі індивідуальної поведінки агента в груповій поведінці, але не на опис групової поведінки МАС в цілому. "Групова поведінка" тут повинна виникати як результат інтеграції поведінки агентів спільноти і обміну повідомленнями між ними [18].

Зауважимо, що механізми виведення при цьому зазвичай виявляються досить складними, а в складних випадках групова поведінка МАС може виявитися і непередбачуваною. Однак існує широкий клас додатків, де така архітектура виявляється ефективною.

Можна також відзначити, що BDI-архітектура є досить популярною серед дослідників, схильних більше до теоретичної роботи.

2. Інший клас архітектури −це архітектура, орієнтована на явний опис групової поведінки. При її розробці спочатку на підставі змістовного аналізу застосування визначається безліч можливих сценаріїв групової поведінки МАС в цілому. Далі для кожного такого сценарію визначаються ролі, які в ньому повинні грати агенти, а також протоколи, відповідно до яких ці ролі повинні в цих протоколах взаємодіяти. Інакше кажучи, в цій архітектурі увага акцентується на "зовнішній поведінці" агента, тобто на поведінці, яку "видно" іншим агентам і яка явно задається в термінах ролей і протоколів [19].

У цій архітектурі поведінка агента управляється подіями. Джерелами подій можуть бути повідомлення інших агентів, сигнали сенсорів, що сприймають стан зовнішнього середовища та ін. Події можуть ініціюватися самим агентом при переході в деякий внутрішній стан. У цій архітектурі групова поведінка агентів реалізується простіше, опис ментальних понять агента і процесів вироблення рішень виглядає більш простим і зрозумілим, налагодження та оцінка властивостей результуючої системи також можуть бути виконані простіше. Методологічною основою технології розробки МАС такої архітектури є методологія Gaia [20-22].

Стосовно до додатків в області групового управління, архітектура Gaia є набагато більш кращою. У таких додатках найскладніший аспект моделі МАС, яким є групова поведінка, описується явно, а функції самих агентів (їх ролі) зазвичай описуються в більш простій формі. У цій архітектурі простіше виконати всі вимоги до процесів координації групової поведінки.

Для підтримки технології створення прикладних МАС з архітектурою, орієнтованою на явний опис групової поведінки, розроблені два базові інструментальні засоби. Один з них - це інструментальний засіб Multi-Agent System Development Kit (MASDK), що реалізує методологію Gaia [20-22]. Засіб розрахований на підтримку технології розробки широкого кола прикладних многоагентних систем, зокрема, систем групового управління. Другий компонент призначений для генерації програмної інфраструктури, що забезпечує відкритість МАС на основі архітектури, орієнтованої на сервіс.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ КЛАСТЕРУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

3.1 Метод формування кластеру БПЛА

Кожен БПЛА в групі розглядається як окремий агент. Взаємодія між агентами − головна риса мультиагентних систем, що відрізняє їх від інших інтелектуальних систем. Головними характеристиками будь-якої взаємодії є спрямованість, вибірковість, інтенсивність і динамічність.

В якості вида агенту в пункті 2.1 обгрунтовано вибір самонавчаємого агента.

Роботу мультиагентної системи в групі БПЛА можна звести до вирішення двох основних завдань:

- визначення точного місцезнаходження групи БПЛА і ступеня виконання завдання на основі загальних даних групи;
- визначення кращого сценарію для кожного агента для виконання завдання групою.

В даній роботі необхідно створити групу або кластер БПЛА, який зможе СУМІСНО виконати поставлену задачу, за умови, що апарати можуть бути різного призначення (постачати вантаж, фотографувати або здійснювати відеозйомку, бути розвідниками, мішенями). Метою роботи групи БПЛА є виконання поставленої стратегічної цілі. При розробці кластеру необхідно врахувати, що стратегічно важливий апарат зможе виконати поставлену мету і по можливості повернутися назад, в той час як інші БПЛА в групі будуть виконувати захисні та відволікаючі функції.

Представимо взаємодію БПЛА у вигляді кластеру у вигляді структурної схеми формування кластеру БПЛА, яка представлена на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 Структурна схема формування кластеру БПЛА

Для реалізації методу формування кластеру необхідно виконати наступні етапи:

1. Визначити стратегічну мету, для її виконання декомпозиювати на підцілі, які взаємопов’язані між собою і можуть змінюватися при виконанні завдання групою БПЛА.

2. Для виконання кожної підцілі виконується набір взаємопов’язаних дій, які теж можуть бути замінені для досягнення цілі.

3. Взаємодія з пристоями БПЛА виконується за програмної підтримки агентів через платформу.

4. Кластер агентів представлений їх різними видами, наприклад, розвідник, захисник, мішень, постачальник вантажу, що здійснює фото або відеозйомку. У кластер агентів можуть бути додані й інші види БПЛА у відповідності до поставленої цілі і дій, які необхідно виконати для її досягнення. Крім цього, БПЛА можуть при необхідності брати функції один одного (тобто БПЛА у кластері є взаємозамінними).

5. Отримані результати передаються на відповідні цілі у вигяді зворотнього зв’язку, таким чином реалізуючи процес навчання.

Така адаптивність дозволить групі оперативно приймати ефективні рішення щодо зміни сценарію виконання поставленої мети.

3.2 Моделі формування кластеру БПЛА

Для формування кластеру необхідно побудувати модель стану БПЛА та модель кластеру БПЛА. Такі моделі дозволять описати групу дронів, що здійснюють одночасну роботу, а також забезпечують взаємозв'язок один з одним.

Необхідно для БПЛА, що описується вектором стану , реалізувати таке управління , при якому група БПЛА буде виконувати спільне завдання з можливістю зовнішнього керуванням , а також обробляти позаштатні ситуації.

У даній моделі

− вектор положення центру мас БПЛА;

− вектор лінійної швидкості (по вісям *x,y,z*);

− кути обертання;

− вектор кутової швидкості (по вісям x,y,z);

t – вектор часу.

Параметри моделі стану БПЛА наочно представлені на рисунку 3.2.

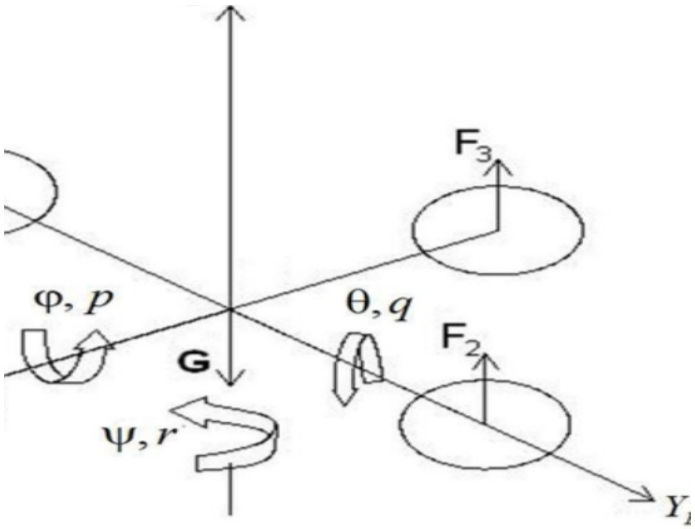

Рисунок 3.2− Параметри моделі стану БПЛА

Координати визначаються за допомогою високоточного GPS приймача, інтегрованого акселерометра і годинника реального часу для визначення необхідних характеристик для успішного виконання завдань польоту (наприклад, рівень заряду, прогноз часу виконання завдання і т.ін.).

Для формування кластеру БПЛА представимо модель кластера БПЛА у вигляді

де −кластер (група) БПЛА;

−стратегічна мета, декомпозована на окремі дії, що виконуються БПЛА;

−зовнішнє керуванням.

Вибір конкретної дії залежить від інтегрального показника зовнішнього керування і показника декомпозиції цілі.

Група взаємодіючих моделей БПЛА має додаткові корисні властивості у порівнянні з використанням моделі стану одного БПЛА:

- колективний обліт виробляє велику картину світу, можливість створення об'ємної картини світу;
- взаємодія між БПЛА дає можливість коригування плану та оптимізацію маршруту польоту, грунтуючись на вже отриманих даних з інших БПЛА;
- більша безліч стратегій;
- більш ефективне вирішення завдань у тих сферах, в яких одиночний пристрій поступається (геологія, метеорологія);
- більше гарантій виконання завдання і повернення на базу;
- виграш у часі (головна умова для задач пошуку втратившихся людей);
- можливість одночасного обстеження великої території;
- можливість постановки різних завдань для різних учасників групи БПЛА.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

4.1 Практична реалізація за допомогою UML діаграм

Мультиагентні системи (МАС) – це системи, що складаються з безлічі агентів, які потенційно можуть взаємодіяти один з одним.

Для побудови агентно-орієнтованих систем (АОС) можна вказати два підходи: реалізація єдиного автономного агента або розробка МАС. Автономний агент взаємодіє тільки з користувачем і реалізує весь спектр функціональних можливостей, необхідних в рамках агентно-орієнтованої програми. На противагу цьому МАС, розробка якої розглядається у роботі, будується як об'єднання окремих підсистем (агентів), заснованих на знаннях, і здатних функціонувати в деяких середовищах, а так само знаходитися в визначених відносинах і взаємодіяти один з одним, формуючи певну організацію, при цьому володіти набором індивідуальних і спільних дій [23].

Процес розробки МАС є складним і трудомістким процесом, який повинен бути чітко формалізованим для розробників та спиратися на деякі визначені стандарти.

Методології проектування АОС все ще знаходяться в початковій стадії розвитку. Відомі підходи можна розділити на чотири основні класи [24-29]:

- базуються на методах об’єктно-орієнтованого програмування (ООП) і технологіях з використанням відповідних розширень;
- використовують традиційні методи інженерії знань;
- засновані на організаційно-орієнтованих уявленнях;
- комбінують у різній мірі методи трьох перших класів.

У розділі практичної реалізації розглядається процес проектування агентів на основі об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування з використанням уніфікованої мови моделювання UML.

При порівнянні особливостей ООП з набором вимог, що пред'являються до програмних агентів, стає, очевидно, що технологія ООП найбільш підходить

для програмної реалізації МАС. Такий підхід використовує обмін повідомленнями для взаємодії агентів, а також принципи наслідування та агрегування.

Перед тим, як описати агента в термінах класів і методів UML, спочатку наведемо архітектуру самонавчаємого агента, представлену у другому розділі роботи (пункт 2.1).

Загальна модель самонавчаємих агентів представлена на рисунку 2.1.

Рисунок 4.1 − Загальна модель самонавчаємих агентів

Для програмування самонавчаємих агентів можна використовувати різні мови об'єктно-орієнтованого програмування, але найчастіше використовують мову Java. Агент представляється об'єктом і завдяки цьому успадковує свою унікальну індивідуальність. Щоб бути активним, агент повинен бути об'єктом з внутрішнім подієвим циклом, як будь-який об'єкт класу thread мови Java.

Програмний код типового подійного циклу агента на мові Java, де події виникають в результаті сприйняття середовища, представлений нижче.

```
Environment e; // стан середовища
RuleSet r; // набір правил
while (true) {
state = senseEnvironment (e); // оцінити середовище
a = chooseAction (state, r); // вибрати дію
e.applyAction (a); // виконати дію}
```

Цей цикл є нескінченним, що забезпечує живучість агента.

Для агента, реалізованого у вигляді об'єкта, автономія може здійснюватися шляхом оголошення всіх методів об'єкта закритими. Тоді агент тільки сам може викликати свої методи, і жоден інший агент не може за-

ставити його зробити що-небудь, що не входить в його наміри. Інші агенти можуть спілкуватися з таким агентом побічно шляхом генерування подій або повідомлень в середовищі, яку даний агент сприймає і на яку реагує.

Надання агенту можливості «спілкуватися» з іншими агентами реалізує «товариськість». Розмови, які здійснюються шляхом передачі та прийому повідомлень, дозволяють агентам координувати свою діяльність і співпрацювати, якщо вони до цього схильни.

Розглянемо приклад проектування типової агентної архітектури за допомогою діаграми класів UML, що полегшує розуміння і створення агентів. Данийі приклад не відображає кожен функціональний аспект архітектури агента, а лише дає загальну схему реалізації типових архітектур самонавчаємих агентів [30, 31].

Діаграма класів архітектури самонавчаємого агента показана на рисунку 4.2.

Рисунок 4.2 − Архітектура самонавчаємого агента у вигляді діаграми класів UML

Розглянемо функціональні можливості класів:

клас Agent являє продуктивний компонент агента, який розглядається у якості всього агента: отримує сприйняту інформацію і приймає рішення про виконання дій;

клас BehaviorCollection представляє колекцію методів поведінки агента;

клас Behavior – це метод поведінки агента;

клас Action – дії агента;

клас Environment – навколишнє середовище агента;

клас State – стан навколишнього середовище агента;

клас Standard – стандарт продуктивності для агента (повністю зовнішній по відношенню до агента);

клас Critic – клас критик повідомляє навчальному компоненту, наскільки добре діє агент з урахуванням постійного стандарту продуктивності

клас Training – навчальний клас використовує інформацію зворотного зв'язку від критика з оцінкою того, як діє агент, і визначає, яким чином має бути модифікований продуктивний компонент для того, щоб він успішніше діяв в майбутньому;

клас Problem – завдання класу генератору проблем полягає в тому, щоб пропонувати дії, які повинні призвести до отримання нового та інформативного досвіду агента.

Метод run () класу агента виконує дію, яка визначається поточним методом поведінки агента і станом навколишнього середовища. Колекція об'єктів в ООП дозволяє додавати і видаляти методи поведінки без зміни програмного коду функції вибору дії getAction (), тому що для перегляду списку методів поведінки можна використовувати ітератор. Кожен метод поведінки активується, коли він відповідає середовищуі, і кожен з них може блокувати інші методи поведінки.

Функція getAction () не надто ефективна так як має час виконання, який вимірюють як O(n), де n - число методів поведінки. Час виконання цієї функції можна скоротити до O(logn), використовуючи дерева рішень, або до O(1), використовуючи апаратні засоби або паралельну обробку.

Розробник повинен гарантувати, що кожному стану навколишнього середовища відповідає, принаймні, один метод поведінки. Для цього можна визначити спосіб поведінки за замовчуванням, який відповідає всім вхідним сигналам, але блокується усіма іншими відповідними для стану середовища методами поведінки.

Представлена реалізація архітектури агентів з використанням мови ООП є загальною. В міру ускладнення агентів або представлення їх у групу ця технологія буде розширюватися. Однак, наведені принципи є досить загальними, при додаванні до складу агента нових функцій переписувати весь його програмний код не буде потрібно.

В загальному випадку, побудова діаграм класів агентів в UML дозволяє показати функціональні призначення (ролі), які грають агенти, можливості для їх взаємодії і межагентні залежності.

Межагентні взаємодії і залежності можливі тільки в разі побудови повної МАС, яка містить інфраструктуру, що забезпечує транспортування повідомлень, а також службу каталогів і сповіщення про події.

Взаємодія агентів в МАС виконується за допомогою прийому та передачі повідомлень «агентами-клієнтами» і обробки цих повідомлень «агентами-серверами». При цьому в різних ситуаціях одні й ті ж агенти можуть виступати в ролі інших агентів (при необхідності брати на себе функції інших агентів).

Представимо діаграму класів для мультиагентної системи, що описує кластер агентів БПЛА (рисунок 4.3).

Рис. 4.3. Архітектура кластеру БПЛА у вигляді діаграми класів UML

клас TypeAgent визначає вид БПЛА (розвідник, захисник, мішень, постачальник вантажу, що здійснює фото або відеозйомку);

клас AgentCollection представляє колекцію видів агентів;

клас TargetAgent визначає безліч підцілей для вибору дій конкретним агентом;

клас TargetCollection представляє колекцію підцілей для вибору дій конкретним агентом.

Таким чином, в даному підході до проектування МАС використання універсальної мови моделювання UML дозволяє розробнику використовувати існуючі стандарти скрізь, де це можливо, що обґрунтовується більш гнучким процесом розуміння і проектуваннння.

в загальному випадку, при розробці та реалізації МАС за допомогою мови UML можна виділити загальні характеристики системи, структуру агентів і цілей, а також специфікувати протоколи взаємодій і поведінки агентів.

Таким чином, проаналізувавши основні види діаграм мови UML і можливість їх застосовності при описі різних аспектів розробки МАС, можна зробити висновок, що проектування МАС зручно виконувати, спираючись на об'єктно-орієнтовану методологію проектування, яка в свою чергу дозволяє формалізувати процес розробки МАС і зберегти час, а так само допомагає об'єднати різні процеси, необхідні для реалізації МАС, в єдиний ланцюжок.

Оскільки в даний час немає загально-прийнятої методології проектування МАС, то можна зробити висновки про актуальність використання даного підходу при розробці програмних агентів на основі об'єктно-орієнтованої методології проектування і реалізації з використанням мови UML і її доповненням деякими елементами теорії агентів, що забезпечить зручний і наочний процес розробки і специфікування кроків, які необхідно виконати розробнику МАС на кожній стадії циклу розробки.

4.2 Моделювання роботи кластеру БПЛА

У рамках даної роботи розглянуто вирішення завдань локального моніторингу території автономною групою безпілотних літальних апаратів. Ці завдання мають безліч актуальних додатків в різноманітних галузях, таких як: військова справа, геодезія (обстеження території), географія (мапування), дозиметрія (визначення рівня радіації), завдання охорони, пошук втрачених людей, геологічна і метеорологічна розвідка, розвідка в зоні підвищеної небезпеки.

В рамках атестаційної роботи розглянемо вирішення задачі локального обльоту та моніторингу території по заданому плану і пошук людей за допомогою тепловізійних камер групою безпілотних літальних апаратів. Колективна поведінка БПЛА дозволить швидко визначити точне знаходження координат об’єктів пошуку, після чого стає можливою зйомка і передача

потокового відео оператору, який приймає рішення про необхідність подальших заходів.

Для моделювання даної задачі використано платформу DJI Flight Simulator та програмне забезпечення для обробки теплових даних Pix4D та платформи SiteScan.

DJI Flight Simulator - професійне програмне забезпечення для навчання пілотів, засноване на передовій технології управління польотом дрону для створення максимально реалістичних умов польоту [32].

Програма розрахована, перш за все, на тренування операторів для виконання комерційних місій. DJI Flight Simulator запускається на комп'ютері, а управління здійснюється за допомогою справжнього контролера дрона. У симуляторі можна встановити різну ступінь освітлення і погодні умови. Представлені різні локації, включаючи міський ландшафт і острів.

DJI Flight Simulator дозволяє вчитися управляти різними дронами компанії, включаючи Mavic 2 Enterprise, Phantom 4 Pro, Inspire 2 і Matrice 210 RTK. Для тренування представлені різні типи місій, в тому числі проведення інспекцій та операцій по локальному моніторингу, пошуку і порятунку.

У даній роботі в системі DJI Flight Simulator налаштовані специфічні вимоги з управління кластером безпілотних літальних апаратів.

Платформа SiteScan дозволяє отримувати і використовувати структурно деталізовані теплові карти і 3D-моделі, надаючи новий рівень візуалізації проектів. Платформа 3DR Site Scan дозволяє користувачам легко оглядати будівлі, споруди та комунальні послуги, складати карту сонячних батарей, відстежувати затвердіння бетону і багато іншого. Робочий процес дуже простий. Користувачі SiteScan планують і виконують свій політ в SiteScan, як зазвичай, буде вести зйомку як RGB-діапазоні, так і в тепловому. Потім дані можна перетворити в структурно деталізовані теплові карти і моделі, використовуючи можливості обробки в Pix4D.

Дрон Phantom 4 Pro має необхідні функції для того, щоб бути взаємозамінним в кластері БПЛА:

– професійний квадрокоптер оснащений камерою з 1-дюймовим 20Мр сенсором і механічним затвором, що знімає високоякісне 4K / 60 fps відео і фото 14 fps, обладнаний системою сканування простору в 5 напрямках (за рахунок цього дрон може виконувати функції захисника), що володіє автономністю польоту 30 хв. і дальністю польоту до 7км;

– доставка і скидання вантажу за дуже короткий час із застосуванням додаткової платформи, що розміщується на шасі коптера (застосовується для риболовлі – закид приманки / годівниці і рибальських снастей; доставка медикаментів, засобів захисту, спаскомплектов в важкодоступні місця);

– дрон має можливість установки тепловізора для виконання завдань моніторингу; спеціального насоса для взяття проб рідини; спеціального щупа для взяття проб повітря або грунту.

В якості групи дронів будуть використані БПЛА Phantom 4 Pro с камерами Zenmuse X4s и XT – це пакет, що складається з наступних компонентів:

– дрон Phantom 4 Pro;

– камера Zenmuse X4s;

– тепловізор Zenmuse XT;

– платформа 3DR Site Scan;

– програмне забезпечення для обробки теплових даних Pix4D.

Екранні форми задачі управління групою безпілотних літальних апаратів наведені на рисунках 4.4-4.8.

На рисунку 4.4 представлений приклад виліту кластеру БПЛА для виконання завдання локального моніторингу території.

На рисунку 4.5 представлений приклад роботи тепловізійної камери БПЛА.

На рисунку 4.6 представлений приклад польоту БПЛА з працюючим тепловізором.

На рисунку 4.7 наведений приклад настройки параметрів для пошуку людей при виконанні завдання групою БПЛА.

На рисунку 4.8 наведений приклад інформації, що надана оператору кластером БПЛА.

Рисунок 4.4 – Приклад виліту кластеру БПЛА для виконання завдання

Рисунок 4.5 – Приклад роботи тепловізійної камери БПЛА

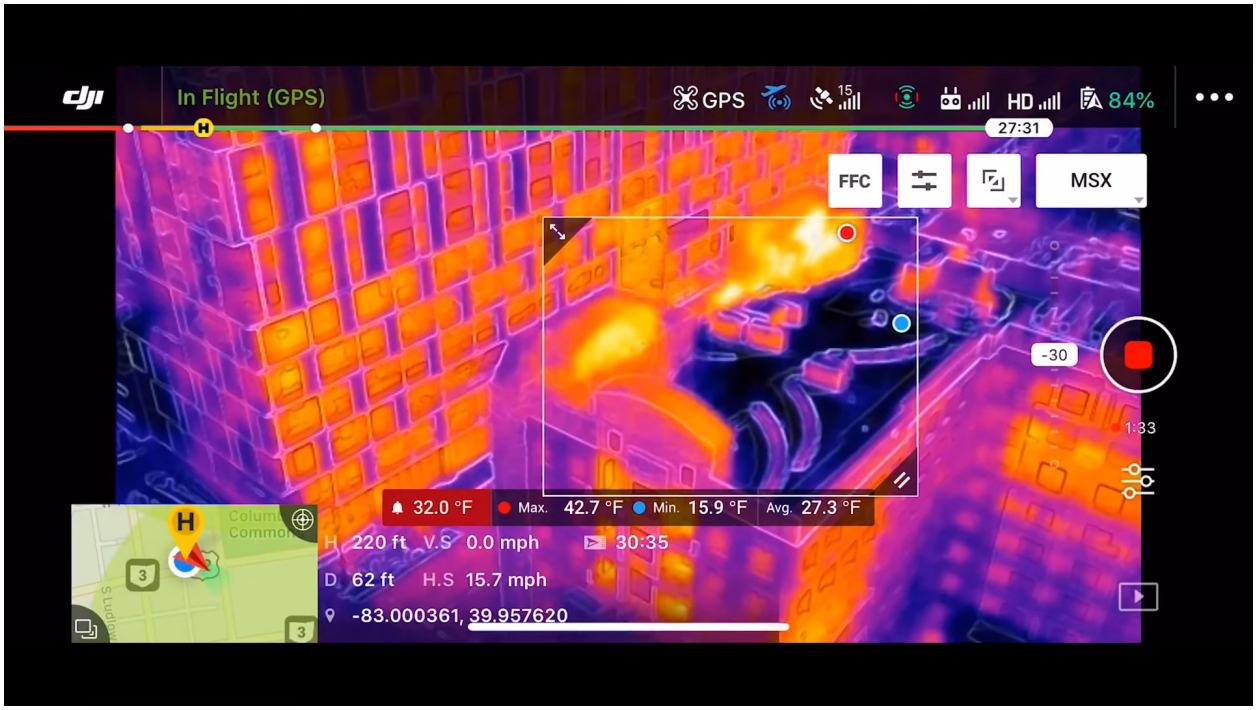

Рисунок 4.6 – Приклад польоту БПЛА з працюючим тепловізором

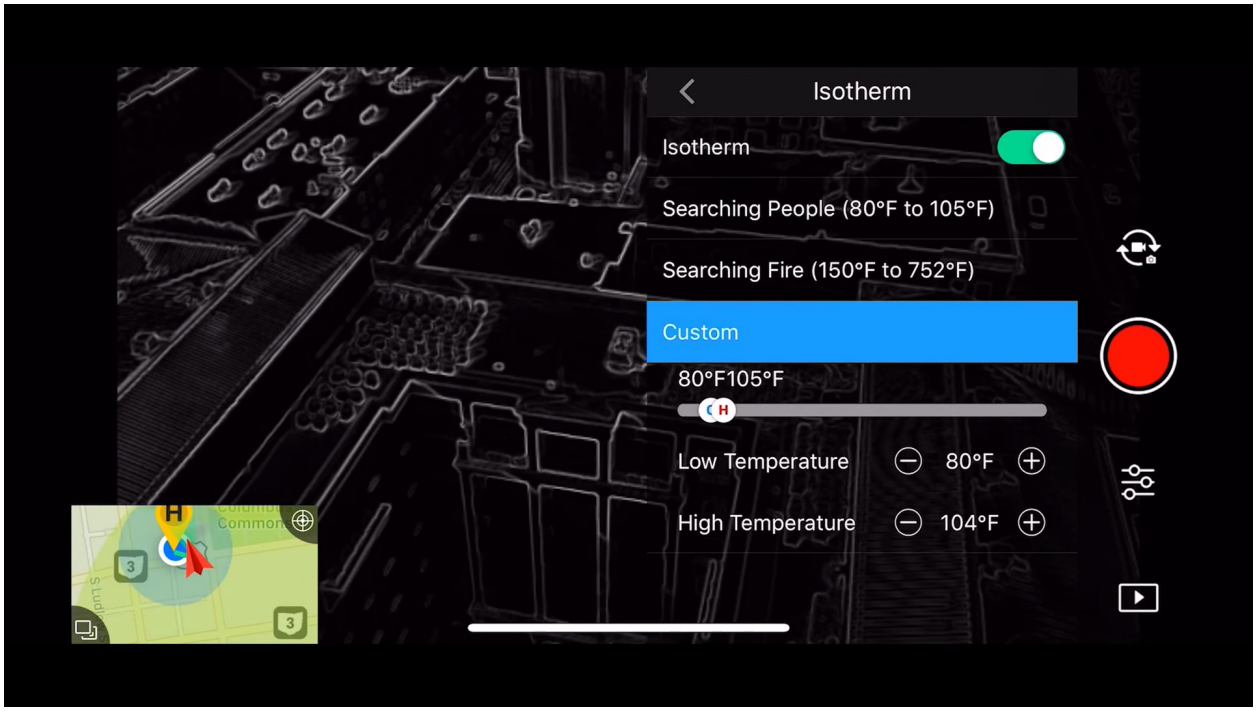

Рисунок 4.7 − Приклад настройки параметрів для пошуку людей при виконанні завдання групою БПЛА

Рисунок 4.8 − Приклад інформації, що надана оператору кластером БПЛА

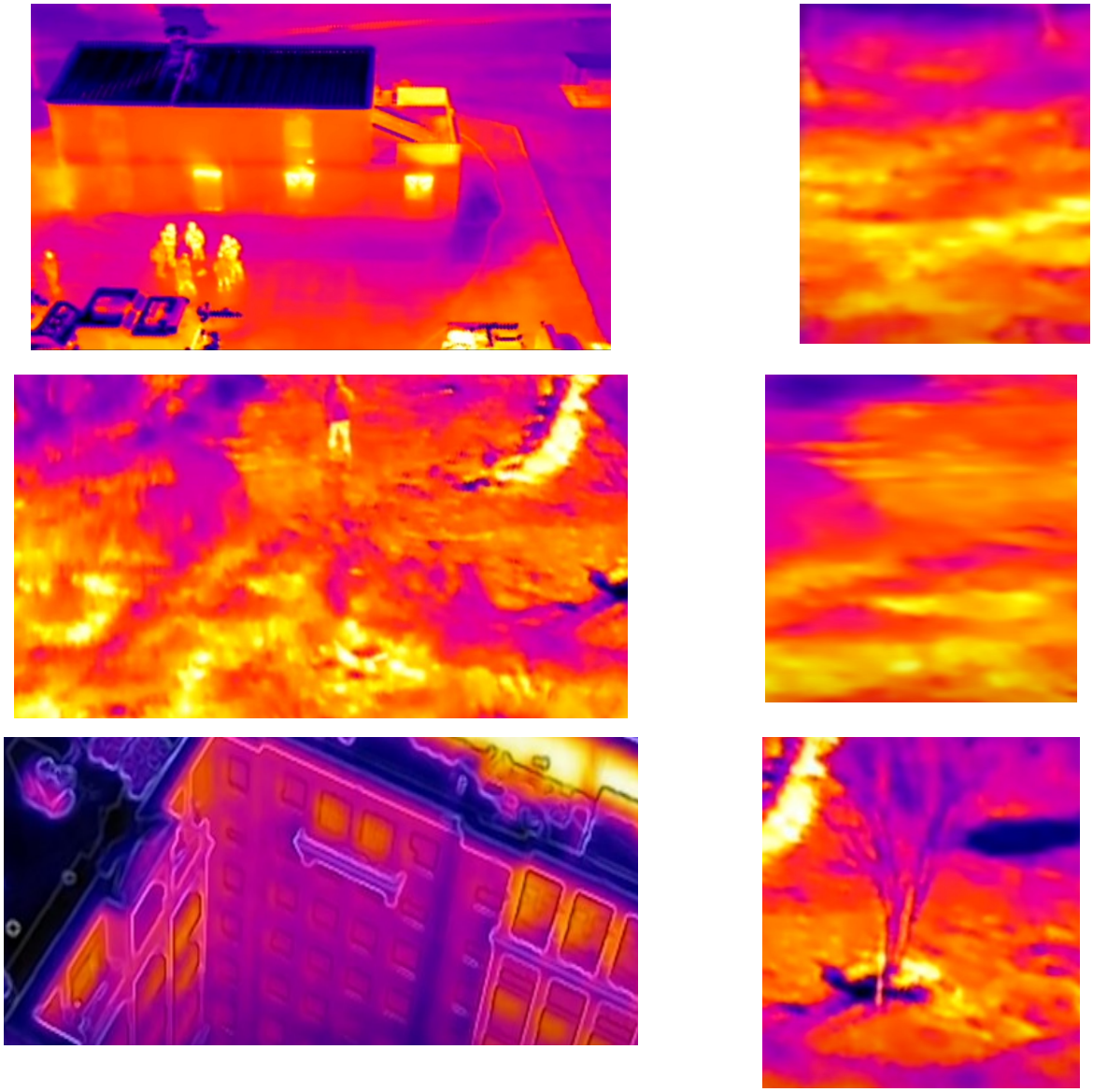

Рисунок 4.9 – Приклад інформації, що надана оператору кластером БПЛА (деталізована інформація)

ВИСНОВКИ

Атестаційна робота виконано згідно з методичними вказівками [33].

В роботі розглядається застосування мультиагентної адаптивної системи для управління кластером (групою) БПЛА. Це дозволить збільшити ефективність використання БПЛА за рахунок групового польоту з автономним спілкуванням між БПЛА.

В роботі проведено огляд і аналіз існуючих методів, моделей і систем безпілотних літальних апаратів, в межах якого розглянуто аналіз безпілотних літальних апаратів та специфіка їх задач; аналіз задач локального моніторингу при використанні БПЛА; аналіз агентів та мультиагентних систем; аналіз існуючих систем групового управління БПЛА.

На основі проведеного аналізу виконано дослідження різних видів агентів; сформовані вимоги до розробки мультиагентної системи для управління групою БПЛА; обгрунтовано вибір методології проектування мультиагентної системи.

У рамках наукових результатів представлено метод формування кластеру БПЛА; розроблено модель стану БПЛА та модель кластеру БПЛА.

У рамках практичних результатів розроблені UML діаграми класів для опису кластеру БПЛА та виконано моделювання роботи кластеру безпілотних літальних апаратів для вирішення задачі локального обльоту та моніторингу території по заданому плану і пошук людей за допомогою БПЛА, оснащених тепловізійною камерою.

Метод і моделі групової організації дронів мають ряд переваг. Техніка, може працювати під управлінням людини, але в той же час здатна приймати автономні рішення, дозволяє вирішувати ряд завдань, пов'язаних з дослідженням важкодоступних та/або небезпечних місцевостей, пошуком, моніторингом. Використання БПЛА в багатьох випадках дозволить істотно

зменшити вартість різних пошукових операцій, спростити і зробити безпечною процедуру їх проведення.

На найближчий час у планах зі створення групи БПЛА є написання алгоритму за допомогою мови VHDL (Very High Speed Hardware Description Language) − мови опису апаратури інтегральних схем, що значно пришвидшить процес управління кластером.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. 1. Bento M. Unmanned aerial vehicles: An overview [Електронний ресурс] / Maria Bento // Inside GNSS. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://www.insidegnss.com/auto/janfeb08-wp.pdf (дата звернення 06.10.2020).

2. Портал новостей по аэрокосмической и оборонной тематике [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.shephardmedia.com/news/uv-online (дата звернення 06.10.2020).

3. The Free Dictionary [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.thefreedictionary.com/Unmanned+Aerial+Vehicle.1 (дата звернення 06.10.2020).

4. Скобелєв П.О. Відкриті мультиагентні системи для опера-тивної обробки інформації в процесах прийняття рішень // Автометрія No 6. С. 45—61.

5. Зубарева М. Г., Цветков А. А., Хамуш А. Л., Шорох Д. К., Шуклин А. В., Юрсков С. В. Методологии проектирования мультиагентных систем [Текст] // — М.: Буки-Веди, 2016. — С. 3-8.

6. Рейтинг лучших квадрокоптеров с камерой 2018 [Електронний ресурс] // Geeksus. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://geeksus.ru/rejtingi/best-fpvkvkopteri/ (дата звернення 06.10.2020)

7. Рассел, С., Норвиг, П. Искусственный интеллект. Современный подход. : Вильямс, 2007. – 1408 с.

8. Агенты и мультиагентные системы−[Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: http://aivanoff.blogspot.com/2007/12/blog-post_18.html (дата звернення 06.10.2020)

9. Скобелєв П.О. Відкриті мультиагентні системи для оперативної обробки інформації в процесах прийняття рішень // Автометрія. № 6. С. 45 61.

10. Scerri P., Pynadath D., Johnson L., Rosenbloom P., Si M., Schurr N., Tambe M. A Prototype Infrastructure for Distributed Ro-botAgentPerson Teams

Information Sciences Institute and Computer Science Department. University of Southern California.

11. Галустян Н.К. Децентралізоване управління групою квадрокоптера.– Москва, 2016. - 124с.

12. Fly-by-agent: Controlling a pool of UAVs via a multi-agent system Jeremy W. Baxter *, Graham S. Horn, Daniel P. Leivers QinetiQ Ltd., Malvern Technology Centre, St. Andrews Road, Malvern WR14 3PS, UK Available online 23 November 2007.

13. Drones Detect Radiation// Режим доступу до ресурсу: https://inside unmanned systems.com/drones-detect-radiation (дата звернення 06.10.2020).

14. Мальований Т.В., наук.керівник Кудрявцева М.С. Дослідження методу створення кластеру безпілотного літального апарату // XXIV Міжнародний молодіжний форум «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті». – Харків: ХНУРЕ, 7-9 квітня 2020. – С. 34-35

15. Зубарева М. Г., Цветков А. А., Хамуш А. Л., Шорох Д. К., Шуклин А. В., Юрсков С. В. Методологии проектирования мультиагентных систем [Текст] // — М.: Буки-Веди, 2016. — С. 3-8.

16. Ngoc Thanh Nguyen. Transactions on Computational Collective Intelligence // Springer, 2011.— P.63

17. FIPA: The Foundation of Intelligent Physical Agents. http://www.fipa.org/ (дата звернення 01.11.2020)

18. Fisher K, Muller J.P., Heimig I., Scheer A-W. Intelligent Agents in Virtual Enterprises. In Proceedings of the First Interational. Conference “The Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology”, London, UK, 1996, С. 205-224.

19. Jennings N. Commitments and Conventions: The Foundation of Coordination in Multi-Agent Systems, The Knowledge Engineering Review, 8 (3), 1993, С. 223-250.

20. Wooldridge M., Jennings N., and Kinny D. 2000. The Gaia Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. International Journal of Autonomous Agents and Multi Agent Systems, 3(3), С. 285-312.

21. Filatov, V., Yerokhin, A., Zolotukhin, O., Kudryavtseva, M Personalized Adaptation of Learning Environments 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED OPTOELECTRONICS AND LASERS CAOL*2019 September 06-08, 2019, Sozopol, Bulgaria

22. Filatov V., Yerokhin A., Zolotukhin O., Kudryavtseva M. The Information Space Model in the Tasks of Distributed Mobile Objects Managing //Information extraction and processing. – №47 (123), 2019.- p. 80-86

23. Буч Г. Об'єктно-орієнтований аналіз та проектування з прикладами додатків на С ++ / Пер. з англ. - М .: Изд-во "Біном", 1999..

24. Люгер Д.Ф. Штучний інтелект: стратегії і методи вирішення складних проблем. - М: Видавець-ський будинок "Вільямс", 2003.

25. Вітте В.А. Мультиагентні моделі взаємодії для побудови мереж потреб і можливостей у відкритих системах / В. А. Вітте, П. О. скоби-лев // Автоматика і телемеханіка. - 2003. - №1. - С. 177-185.

26. Андрєєв В. Методи і засоби створення відкритих мультиагентних систем для підтримки процесів прийняття рішень / В. Андрєєв, В. А. Вітте, С. В. Батіщев // Известия РАН. Теорія і системи управління. -2003. - №1. - С. 126-137.

27. Городецький, В.І. MAS DK: інструментарій для розробки многоагентних систем і приклади прило-жений / В. І. Городецький, О.В. КАРСАН, І.В. Хотенко, А.

28. Котенко І.В. , Уланов А.В. Багатоагентного мо-делірованіе захисту інформаційних ресурсів в мережі Інтернет // Известия РАН. Теорія і системи управліня. - 2007. - №5. - С. 74-88.

29. Ferber, JA meta-model for the analysis and design of organisations in multi-agent systems / J. Ferber, O. Gutk-necht // In Proceeding of the 3rd

International Conference on Multiagent Systems (ICMAS 98). - IEEE CS Press, 1998..

30. Шахмаметов Р.Г. Розподілені системи штучного інтелекту: Учеб. посібник. - Новосибірськ: Изд-во НГТУ, 2007.

31. J. Mylopoulos, M. Kolp, and J. Castro. UML for agent-oriented software development: The Tropos proposal. In Proc. of the 4th Int. Conf. on the Unified Modeling Lan-guage UML'01, Toronto, Canada, 2001.

32. DJI Flight Simulator // Режим доступу до ресурсу: https://www.dji.com/simulator/info (дата звернення 02.11.2020).

33. Методичні вказівки до організації виконання та захисту атестаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, освітньої програми «Комп'ютерні науки» для студентів усіх форм навчання [Текст] / Упоряд.: М.В. Євланов, В.Г. Іванов, Л.М. Ребезюк, Н.В. Рябова. – Харків: ХНУРЕ, 2020. 58 с.