

ТЕМА

“Інтелектуальна модель оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу та її програмна реалізація”, шифр “UAV-start”

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1.....	5
РОЛЬ ТА МІСЦЕ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ В БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ	5
1.1 Постановка проблеми інтелектуального управління БпЛА.....	5
1.2. Склад, призначення інтелектуальної системи управління БпЛА.....	7
РОЗДІЛ 2.....	12
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ СТАРТУ ТА ЗЛЬОТУ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЛІТАКОВОГО ТИПУ	12
2.1. Опис інтелектуальної моделі	12
2.2. Висновки	15
РОЗДІЛ 3.....	17
РОЗРОБКА МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MISSION PLANNER	17
3.1. Опис програмного модуля	17
3.2. Висновки	23
ВИСНОВКИ	24
ПОСИЛАННЯ	25
АНОТАЦІЯ.....	28

ВСТУП

Застосування безпілотних літальних апаратів (БпЛА) стрімко зростає в усьому світі. За останні роки розроблено багато БпЛА різних класів і типів, які активно використовувалися практично в усіх сферах людської діяльності. Як відомо старт та зліт є одним з найважливіших етапів застосування будь-якого БпЛА [1–13].

Аналіз існуючої літератури з проектування та застосування БпЛА [1–13] показав повну відсутність моделей і методів розрахунку характеристик процесів старту та зльоту БпЛА літакового типу.

Основна частина БпЛА літакового типу здійснюють зліт за допомогою мобільної стартової установки, а легкі БпЛА літакового типу – за допомогою гумового джгута або “з руки” зовнішніми екіпажами БпЛА.

Практика експлуатації існуючих БпЛА літакового типу показала відсутність програмних режимів їх зльоту і посадки, що істотно знижує ефективність їх застосування.

Мета і завдання дослідження. Метою є розробка інтелектуальної моделі оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу з її програмною реалізацією.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення наступних завдань:

- провести аналіз інтелектуальних методів управління в БпЛА;
- розробити інтелектуальну модель оцінки динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу;
- розробити програмний додаток визначення оптимальних параметрів старту та зльоту БпЛА літакового типу.

Об’єктом дослідження є процес старту та зльоту безпілотного літального апарата.

Предметом дослідження є інтелектуальні методи оцінки динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу.

Методика дослідження. В ході дослідження використано основні методи наукового пізнання, такі як аналіз та синтез, методи штучного інтелекту – нечіткі когнітивні моделі. При імплементації запропонованої моделі використовувався найбільш поширений програмний продукт для безпілотних літальних апаратів – Mission Planer.

РОЗДІЛ 1

РОЛЬ ТА МІСЦЕ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІДХОДІВ УПРАВЛІННЯ В БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ

1.1 Постановка проблеми інтелектуального управління БпЛА

Під інтелектуальною системою управління (ІСУ) мається на увазі об'єднана інформаційним процесом сукупність технічних засобів та програмного забезпечення, що працює у взаємозв'язку з людиною (групою людей) або автономно, здатна на основі використання відомостей та знань при наявності мотивації синтезувати ціль, виробляти рішення про дії та знаходити раціональні способи її досягнення таким чином, суттєве розширення тактико-технічних та експлуатаційних характеристик перспективних БпЛА, передбачає необхідність розробки бортових систем управління нового покоління, побудованих на основі комплексного використання сучасних інтелектуальних технологій та забезпечуючи можливість їх функціонування в умовах невизначеності [13, 14].

Загальна відмінна риса завдань управління БпЛА незалежно від їх типу та призначення полягає в необхідності врахування різних проявів невизначеності, основними джерелами якої є такі фактори:

- нечіткість цілей функціонування та завдань управління;
- нестаціонарність параметрів БпЛА та його системи керування;
- апріорна невизначеність ситуації та умов виконання польотного завдання;
- наявність випадкових впливів довкілля;
- спотворення вхідної інформації, що надходить у каналах дистанційної передачі даних.

Слід зазначити, що системи управління переважної більшості безпілотних літальних апаратів перших поколінь, побудовані на основі класичних підходів, мають обмежені функціональні можливості, орієнтовані на автоматичні або

напівавтоматичні режими роботи в детермінованих умовах.

Автономність і експлуатаційна ефективність перспективних БпЛА будуть багато в чому залежати від наявності розвинутих засобів їх допольотної підготовки, розробка яких включає необхідність вирішення наступних завдань:

створення інтелектуальних систем автоматизації процесів підготовки польотних завдань;

створення інтелектуальних систем комплексної діагностики БпЛА.

Зі збільшенням складності систем, рівень якої оцінюється об'ємом циркуляції в них інформації, варто спробувати використовувати, створити і розвинути найбільш інтелектуальні системи і компоненти управління. При створенні систем інтелектуального управління, необхідно дотримуватися наступних основних принципів:

принцип інформаційного обміну;

принцип відкритості системи інтелектуального управління для самонавчання і самоорганізації;

принцип прогнозування змін в зовнішньому середовищі і системі.

В найближчому майбутньому системи ІСУ БпЛА літакового типу, будуть засновані на трьох рівнях та повинні функціонувати наступним чином:

1. Постановка певної мети функціонування, вибір однієї з певної множини конкретних типових ситуацій.

2. Аналіз можливих шляхів досягнення мети та вибір з них кращого варіанту.

3. Виконання обраного рішення реалізації мети.

У теорії та практиці розробки систем інтелектуального управління загальноприйнятими в даний час є наступні елементи: нейронні мережі; еволюційні алгоритми; механізми логічних роздумів та експертні системи.

1.2. Склад, призначення інтелектуальної системи управління БпЛА

Для ілюстрації цілей, завдань та засобів інтелектуалізації управління БпЛА літакового типу різного функціонального призначення розглянемо підхід, використаний в ІСУ БпЛА літакового типу, яка має здійснювати вирішення наступних завдань:

забезпечення автоматичних режимів старту та зльоту, у тому числі і з непередбачених майданчиків;

забезпечення режимів автономного польоту БпЛА вздовж заданої послідовності опорних точок або до зазначеної мети без апріорно встановленого маршруту з ухиленням від заздалегідь відомих або нововиявлених областей і зон небажаної появи, що виникають на шляху перешкод тощо, відомих або знову виявлених областей та зон небажаної появи, що виникають на шляху перешкод;

забезпечення автоматичного режиму дотримання групового порядку БпЛА у повітряному строю, а також їх групової взаємодії;

організація автоматичних режимів бортової обробки інформації, що збираються безпосередньо в процесі польоту;

організація процесів передачі командної керуючої інформації та обміну даними на основі сучасних мережевих технологій;

організація інтелектуального людино-машинного інтерфейсу, що забезпечує можливість керування поведінкою БпЛА за допомогою команд на рівні природної або близької до неї мови.

ІСУ даного БпЛА літакового типу пропонується формувати за ієрархічним принципом. Система включає стратегічний, тактичний і виконавчий рівні з наступними основними модулями:

- картографічна база даних;
- система зовнішнього відчуття;
- система навігації;
- аналізатор загальної ситуації;
- система управління поведінкою та цілевказанням;
- аналізатор локальної обстановки;

- система керування польотом;
- система управління виконавчими механізмами.

Коротко опишемо основні характеристики кожної з підсистем. Картографічна база даних забезпечує своєчасне оновлення вихідних даних на вході стратегічного рівня управління поведінкою та тактичного рівня – управління польотом БпЛА. Вміст бази даних – повна цифрова карта місцевості з розміткою висот рельєфу, координат орієнтирів, об'єктів спостереження, цілей польоту і т.п. У процесі польоту апріорно закладена картографічна інформація може поповнюватися за результатами обробки сенсорної інформації, яка безпосередньо проводиться на борту БпЛА.

Система зовнішнього відчуття, укомплектована засобами технічного зору, датчиками швидкості, висоти тощо, забезпечує збір інформації про умови польоту БпЛА, а також стан наземної та повітряної обстановки.

Система навігації забезпечує прив'язку поточного місця розташування БпЛА літакового типу до карти місцевості та подальше визначення відносних координат цілей.

Підсистема аналізу загальної обстановки здійснює сканування карти місцевості, виявляючи просторові зони, небезпечні для польоту БпЛА. Сканування здійснюється за чотирма різними областями в курсовому напрямку, вздовж поточної ділянки польоту та у двох бічних (лівій та правій) областях. На основі аналізу кожної зони визначаються середні показники щільності розосередження об'єктів, що становлять потенційну загрозу продовженню польоту БпЛА.

Верхній (стратегічний) рівень ІСУ відповідає за розв'язання завдань цілей і планування поведінки, забезпечуючи формування глобального спрямування середньої швидкості польоту БпЛА на основі навігаційних даних та результатів аналізу загальної обстановки. Підсистема аналізу локальної обстановки забезпечує детальне сканування прилеглих областей простору та оцінку необхідності маневрів при польоті БпЛА вздовж заданого глобального напрямку.

Тактичний рівень ІСУ відповідає за реалізацію польоту вздовж обраного

глобального спрямування. Тут на основі навігаційних даних, а також результатів аналізу локального стану здійснюється формування параметрів виконання необхідних маневрів.

Виконавчий рівень ІСУ, отримуючи значення параметрів курсового напрямку польоту, його швидкості та висоти, забезпечує їх відпрацювання. Підсистеми стратегічного, тактичного та виконавчого рівнів управління БПЛА побудовані за єдиними принципами організації.

Синтез алгоритмів управління з урахуванням методів штучного інтелекту здійснюється за загальною для всіх рівнів схемою. Модель об'єкта управління будується, як варіант, у вигляді логіко-лінгвістичного опису взаємозв'язків вхідних керуючих впливів та вихідних координат його стану. При цьому для кожного з вхідних та вихідних параметрів встановлюється власна лінгвістична змінна. У свою чергу, значення лінгвістичних змінних визначають розбиття області допустимих змін вхідних і вихідних параметрів на нечіткі множини, що перетинаються, відповідність яким задається їх функціями приналежності.

Основні переваги, одержувані при переході до даної технології, пов'язані з простотою як програмної, так і апаратної реалізації асоціативної пам'яті, швидкодія якої і в тому, і в іншому випадку визначатиметься лише часом звернення до її окремого осередку і матиме високі інтегральні показники. Головна проблема синтезу алгоритмів управління на основі застосування технології асоціативної пам'яті полягає у забезпеченні їхньої стійкості залежно від дискретизації параметрів. Використання спеціально розроблених критеріїв дозволяє гарантувати абсолютну стійкість систем управління з асоціативною пам'яттю, що має мінімально необхідний обсяг.

Тому, на наш погляд, доцільно починати побудову інтелектуальних систем управління БПЛА в частині інтелектуалізації оцінки динаміки старту та зльоту БПЛА літакового типу з використанням результатів, отриманих у галузі авіаційних систем штучного інтелекту (СШІ), що застосовують методологію нейро-нечітких експертних систем.

Загальну структуру бортового обчислювального комплексу (БОК)

перспективних БпЛА, сформовану на основі типового складу існуючих БпЛА, наведеного на рис 1.1.

У даній структурі апаратними модулями БОК є багатопроцесорні бортова цифрова обчислювальна машина (БЦОМ) БЦОМ 0, БЦОМ 1,..., БЦОМ 8, кожна з яких повинна задовольняти наведені вище вимоги. Зазначимо, що наведена структура БОК у повному обсязі має використовуватися в перспективних БпЛА, що входять до складу безпілотних авіаційних комплексів оперативного та стратегічного призначення [1]. Зауважимо, що для деяких типів БпЛА частина наведених БЦОМ може бути відсутня з передачею їхніх функцій іншим БЦОМ. Мінімальною одиницею БОК, яка обов'язково має входити в будь-який БпЛА тактичного призначення, є БЦОМ 0.

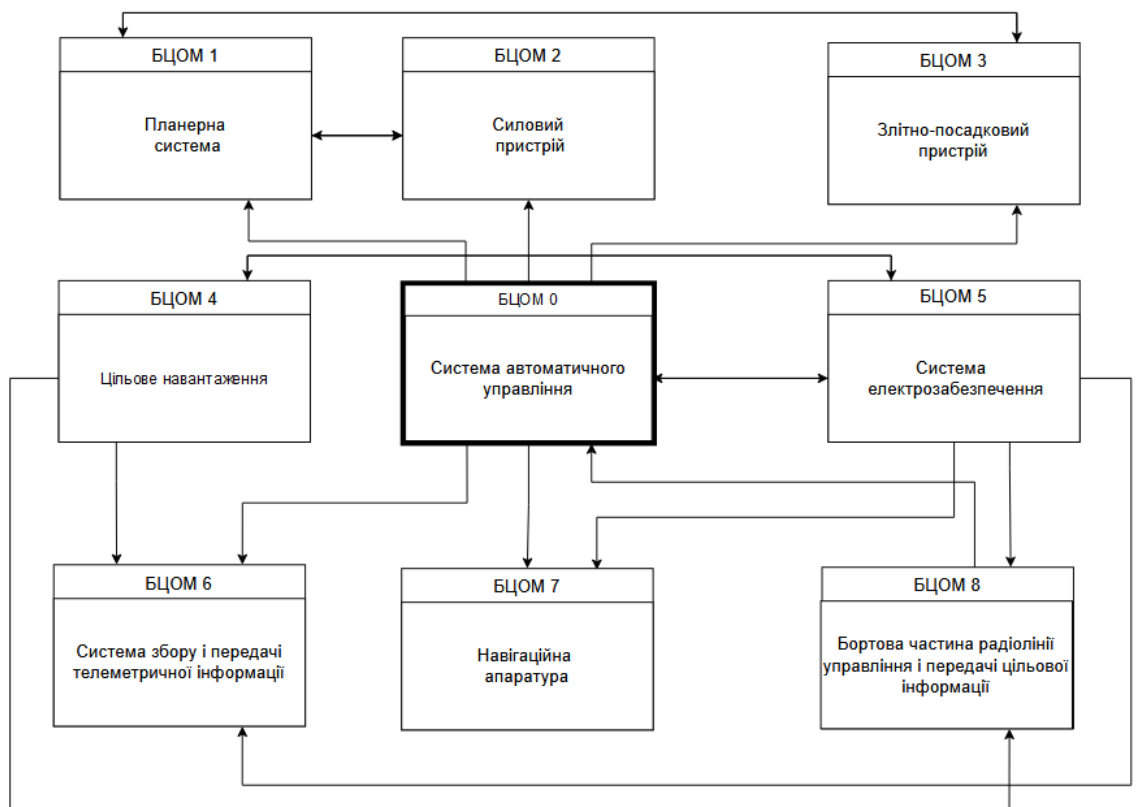


Рис. 1.1 – Загальна структура бортового обчислювального комплексу

На рис 1.2 наведено структуру взаємодії БЦОМ 0, БЦОМ 1,..., БЦОМ 8 із каналом передавання даних і системами комплексу бортового оснащення (КБО) БпЛА.



Рис 1.2 – Структура взаємодії

Така організація бортових обчислювальних засобів БпЛА забезпечить створення інтегрованих КБО БпЛА і можливість розв'язання перспективних задач у реальному або близькому до реального масштабах часу.

Як і під час розв'язання будь-якої складної науково-технічної проблеми, проблема інтелектуального керування БпЛА має вирішуватися із залученням системного підходу.

РОЗДІЛ 2

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ СТАРТУ ТА ЗЛЬОТУ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЛІТАКОВОГО ТИПУ

2.1. Опис інтелектуальної моделі

Формальна нейро-нечітка модель динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу буде мати вигляд (2.1):

$$\{P_n\} = \{\text{Rule}\}, \quad (2.1)$$

де Rule – правило нейро-нечіткої експертної системи модель динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу.

В базу правил входять наступні правила:

- правила вітрових збуджень при обмеженнях швидкості руху від 1 до 17 м/сек;
- кут старту безпілотного літального апарату літакового типу відносно горизонту;
- довжина стартової установки;
- відстань від початку напрямних до першого бугеля БпЛА;
- сила тертя бугеля БпЛА;
- сили нормальних реакцій, що прикладені до наявних у складі фюзеляжу БпЛА бугелів;
- кут підвішування стартового прискорювача до корпусу фюзеляжу БпЛА;
- тип стартового прискорювача БпЛА;
- швидкість старту БпЛА;
- швидкість маршового двигуна БпЛА (максимальна швидкість двигуна);

- час горіння стартового прискорювача БпЛА;
- число бугелів БпЛА;
- матеріал виготовлення бугелів БпЛА;
- коефіцієнт тертя матеріалів бугелів БпЛА та направляючих стартової установки;
- маса двигуна;
- масова швидкість горіння стартового прискорювача БпЛА.

Отже, як можна побачити з опису показників (складових частин нейронечіткої) моделі динаміки старту та зльоту БпЛА літакового можливо зробити наступні висновки:

- показники містять як чисельні показники значень так і вербальні;
- система показників є не остаточною та може уточнюватися для конкретного типу БпЛА літакового типу та умов застосування БпЛА.

Враховуючи обмеженість обсягу дослідження, викладемо у загальному випадку порядок функціонування запропонованої моделі.

Кожне правило визначається наступним чином (2.2):

$$\text{Rule} = \langle C \rightarrow S \rangle, \quad (2.2)$$

де C – умова правила, S – наслідок правила.

Оскільки модель динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу повинна забезпечувати подання граматичної структури правил з різного виду вкладеними умовами, буде використаний рекурсивний механізм опису вузлів і кінцевих вершин дерева умови правила. Параметр C визначається наступним чином (2.3):

$$C = \langle C_l, R, C_r \rangle, \quad (2.3)$$

де C_l – лівий вузол умови правила, R – відношення між вузлами правил, C_r – правий вузол умови правила.

Далі розглянемо наведені параметри.

$$C_l = FC_l \parallel \text{Null} \parallel C, \quad (2.4)$$

$$C_r = FC_r \parallel \text{Null} \parallel C, \quad (2.5)$$

де FC_l – ліва кінцева трійка умови правила, FC_r – права кінцева трійка умови правила.

Формули (2.4) та (2.5) дозволяють описати умови з різним ступенем вкладеності.

$$FC_l = \langle L, Z, W \rangle, \quad (2.6)$$

$$FC_r = \langle L, Z, W \rangle, \quad (2.7)$$

де L – лінгвістична змінна, Z – знак умови $Z = \{<, >, <=, >=, =, !=\}$; W – значення умови, яке визначається наступним чином (2.8):

$$W = L \parallel V, \quad (2.8)$$

де L – лінгвістична змінна, V – фіксоване значення (2.9).

$$V = T_i \parallel \text{const}, \quad (2.9)$$

де T_i – значення нечіткої змінної з терм-множин лінгвістичної змінної, const – константа. Зазначена модель допускає використання не тільки лінгвістичних змінних, але й класичних змінних. В цьому випадку їх значення може порівнюватися також з константами [15]. R – множина відношень між

вузловими вершинами $R \subset (C_l \times C_r)$ або $R: C_l \rightarrow C_r$.

Аналогічно параметру C визначається параметр S – наслідок правила.

$$S = \langle S_l, R, S_r \rangle, \quad (2.10)$$

де S_l – лівий вузол наслідку правила, R – відношення між вузлами наслідку правила, S_r – правий вузол наслідку правила.

$$S_l = FS_l \parallel \text{Null} \parallel S, \quad (2.11)$$

$$S_r = FS_r \parallel \text{Null} \parallel S, \quad (2.12)$$

де FS_l – ліва кінцева трійка наслідку правила, FS_r – права кінцева трійка наслідку правила. Формули (2.11) та (2.12) дозволяють описати наслідки з різним ступенем вкладеності.

$$FS_l = \langle L, \text{Op}, W \rangle, \quad (2.13)$$

$$FS_r = \langle L, \text{Op}, W \rangle, \quad (2.14)$$

де L – лінгвістична змінна, Op – операція, $\text{Op} = \{:=\}$, W – значення наслідку.

2.2. Висновки

В даному розділі запропонована інтелектуальна модель оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу.

Новизна запропонованої моделі полягає у наступному:

– можливості роботи як з чіткими, так і нечіткими правилами

(продукціями), що описують динаміку старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу;

– можливості адаптації під конкретний тип безпілотного літального апарату, стартової установки, а також погодні умови, в яких здійснюється експлуатація безпілотного літального апарату літакового типу;

– можливості подальшої інтеграції запропонованої інтелектуальної моделі оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу в програмне забезпечення та існуючі системи керування безпілотними літальними апаратами літакового типу;

– можливості додавання (віднімання) показників оцінки процесу старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МОДУЛЯ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ MISSION PLANNER

3.1. Опис програмного модуля

Mission Planner є наземним пунктом управління з відкритим вихідним кодом. Ця програма сумісна лише з Windows. Mission Planner можна використовувати як утиліти налаштування конфігурації, або як додатковий засіб динамічного контролю для автономного літального апарату.

Можливості програми Mission Planner:

- завантаження апаратно-програмного забезпечення (програмного забезпечення) у плату автопілота (серія Pixhawk), який керує літальним апаратом;
- початкова установка, вибір конфігурації та точне налаштування літального апарату для отримання оптимальних робочих характеристик;
- планування, збереження та завантаження окремих польотів у автопілот із звичайним введенням дорожніх точок методом «point-and-click» (вказав і натиснув) на картах Google або на інших карт;
- завантаження та аналіз журналів польотів, створюваних автопілотом;
- взаємодія з пілотажним імітатором на персональному комп'ютері для створення повномасштабного апаратно-програмного імітатора БпАК.
- маючи в розпорядженні відповідне апаратне забезпечення телеметрії, можна: відстежувати стан літального апарату у процесі експлуатації, вести журнали телеметричних вимірювань, переглядати та аналізувати журнали телеметричних вимірювань.

Початкове положення визначається як місце, де літальний апарат був приведений у дію. Це означає, що якщо виконується політ RTL (з поверненням у

точку старту), літальний апарат повернеться туди, де він був приведений у дію. Виходячи з цього, необхідно активізувати його в тому місці, куди треба його повернути, або використовувати точку збору, щоб задати альтернативну точку повернення.

На рис. 3.1. політ БПЛА літакового типу починається з автоматичного зльоту і підйому на висоту 20 метрів; потім апарат рухається до маршрутної точки WP 2, набираючи на цьому відрізку висоту 100 метрів, потім відбувається очікування протягом 10 секунд; після цього літальний апарат рухається до маршрутної точки WP 3 (знижуючись на цьому відрізку до висоти 50 метрів). Потім апарат повертається в точку старту. Оскільки прийнята за замовчуванням висота дорівнює 100 метрам, повернення в точку старту відбуватиметься на висоті 100 метрів. Досягнувши місця старту, апарат здійснює посадку. У цьому польоті передбачається, що місце старту співпадає з вихідним положенням.

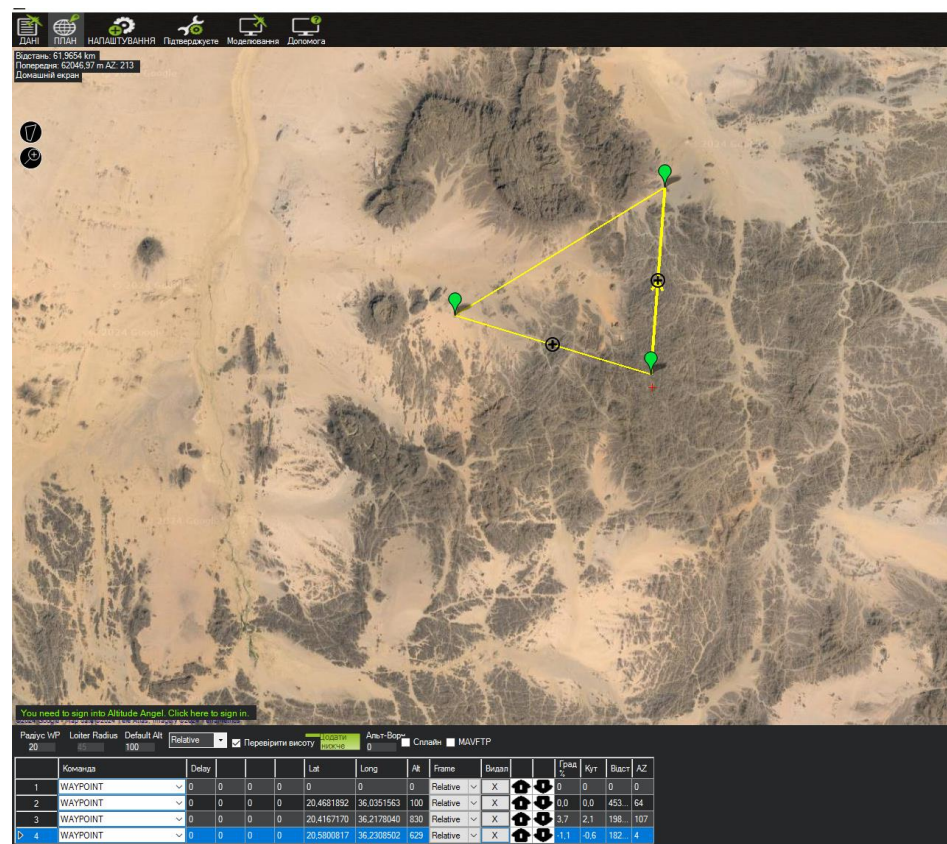


Рис. 3.1 – Політ БПЛА літакового типу

Якщо ввести маршрутні точки та інші команди (детальну інформацію можна відкрити в розділі «польотні команди»). У меню обрати потрібну команду. Заголовок стовпчика зміниться і відобразить які дані потрібні для цієї команди. Значення параметрів Lat (широта) і Lon (довгота) можна ввести, натиснувши мишкою на карті. Висота співвідноситься з висотою місця старту.

Параметр Default Alt – це висота, що приймається за замовчуванням під час введення нових маршрутних точок. Крім того, це та висота, на якій відбуватиметься політ у режимі RTL, якщо відмітити галочкою пункт Hold Default ALT; якщо цей пункт не відмічений, літальний апарат намагатиметься зберегти ту висоту, на якій він перебував під час увімкнення режиму RTL.

Verify height означає, що програма Mission Planner буде використовувати дані Google Earth для коригування потрібної висоти в кожній маршрутній точці з урахуванням висоти над місцевістю. Тому, якщо буде обрана ця опція, то під час знаходження маршрутної точки на пагорбі програма Mission Planner збільшить значення ALT на висоту пагорба. Це дає гарантію того, що літальний апарат не вріжеться в гору.

Автоматичне створення сітки Mission Planner може спроектувати план польоту, зручний для реалізації таких функцій, як картування, коли літальний апарат робить фотографії, переміщаючись над майданчиком.

Mission Planner надає відфільтрований список команд, що відповідають типу застосовуваного літального апарата, і додає заголовки стовпців для параметрів, які вимагають значень, що вводяться користувачем. Серед них навігаційні команди для переміщення по маршрутних точках і баражування в околицях, команди DO для виконання певних дій (наприклад, фотографування), а також умовні команди, які можуть стежити за тим, коли можливе виконання команд DO.

Типи команд:

– навігаційні команди використовуються для керування рухом літального апарата, включно зі зльотом, рухом у напрямку до маршрутних точок і навколо них, зміною висоти та приземлення;

– команди DO призначені для виконання допоміжних функцій, і не впливають на положення літального апарата (наприклад, встановлення відстані спрацьовування камери);

– умовні команди використовуються, щоб відкласти виконання команд DO до дотримання деяких умов, наприклад, поки БпАК не досягне певної висоти, або не опиниться на певній відстані від маршрутної точки.

Якщо використовується бездротова телеметрія і встановлене з'єднання між польотним контролером АРМ і програмним забезпеченням Mission Planner, то польотні дані будуть автоматично записані рис. 3.2.



Рис. 3.2 – Відтворення місії

Так само можна встановити необхідний часовий інтервал, рухаючи повзунок і обираючи швидкість відтворення, натискаючи клавіші швидкості.

Інформація екрана HUD змінюватиметься, а місце розташування апарата оновлюватиметься, як це відбувається в польоті. Індивідуальні значення можна побачити через вкладку Status і відобразити на графіку натиснувши на «Tuning» рис. 3.3. Потім подвійним натисканням викликати вікно з додатковими

параметрами, які буде потрібно відобразити. Це продемонструє записані дані в процесі польоту.



Рис. 3.3 – Інформація екрана HUD

Створення 3D шляху польоту. Можна створити KMZ файл рис. 3.4.



Рис. 3.4. Створення KMZ файлу

На початковому етапі відбувається отримання вихідних даних про метеорологічну обстановку в районі застосування БПЛА літакового типу. В якості джерел інформації використовуються портативні метеостанції або джерела мережі Інтернет.

Визначити координати точки розгортання БПЛА, та напрямок зльоту (рис. 3.5).

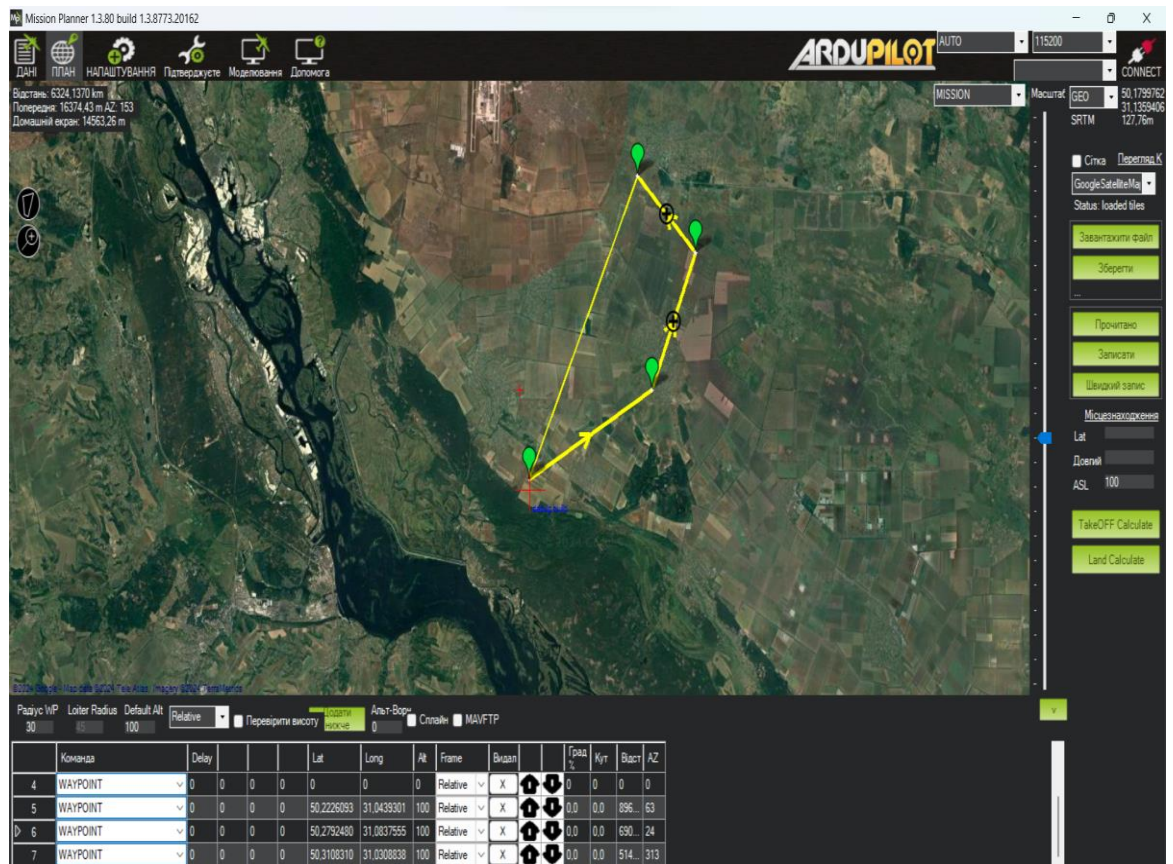


Рис. 3.5 – Приклад побудови маршруту в модифікованому програмному забезпеченні Mission Planer

Після побудови маршруту натиснути вкладку програмного забезпечення Mission Planer та система автоматично пропонує рекомендовані параметри старту БПЛА літакового типу (рис. 3.6).

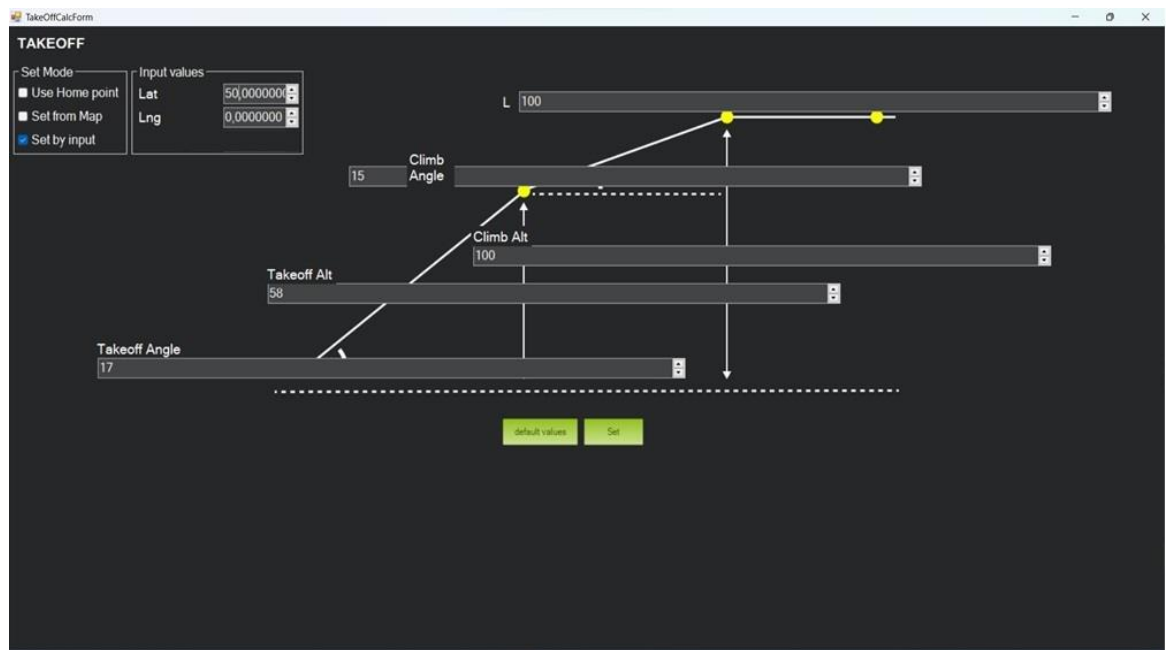


Рис. 3.6 – Варіант розрахунку старту та зльоту БПЛА літакового типу

3.2. Висновки

Запропонований у третьому розділі дослідження програмний модуль для Mission Planner дозволяє провести інтелектуальне налаштування параметрів старту та зльоту БПЛА літакового типу.

Зазначене дозволяє підвищити ефективність процесу старту та зльоту БПЛА за рахунок:

- мінімізації ролі зовнішніх екіпажів БПЛА в ході підготовки БПЛА до старту;
- визначити необхідні параметри старту та зльоту БПЛА літакового типу під конкретні льотно-технічні характеристики БПЛА;
- підвищити безпеку експлуатації БПЛА літакового типу за рахунок зменшення кількості авіаційних пригод в ході застосування БПЛА літакового типу.

ВИСНОВКИ

1. В ході дослідження визначено роль та місце інтелектуальних методів управління в безпілотних літальних апаратах літакового типу.

Визначено математичний апарат, який використовується та доцільно удосконалювати в подальшому для підвищення ефективності застосування безпілотних літальних апаратів літакового типу.

Також визначені складові частини інтелектуальних систем управління безпілотних літальних апаратів літакового типу, їх функціональне призначення і взаємозв'язки між ними.

2. На основі проведеного аналізу розроблено інтелектуальну модель оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу.

Визначено переваги запропонованої моделі, яка відрізняється гнучкістю адаптації під конкретні льотно технічні характеристики безпілотних літальних апаратів літакового типу.

3. Проведено практичну імплементацію інтелектуальної моделі оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу в програмне забезпечення Mission Planer.

Визначені переваги розробленого модуля до програмного забезпечення Mission Planer.

Напрямами подальших досліджень слід вважати удосконалення програмного забезпечення Mission Planer з метою інтелектуального управління процесом виконання польотного завдання.

ПОСИЛАННЯ

1. De Visser E., Cohen M. S., LeGoullon M., Sert O., Freedy A., Freedy E., Weltman G., Parasuraman R. A Design Methodology for Controlling, Monitoring, and Allocating Unmanned Vehicles // Third International Conference on Human Centered Processes (HCP-2008). – 2008. – P. 1-5.
2. Unmanned vehicles. Handbook 2010 / Shephard press. - Burnham, 2010. - 145 p.
3. Жарик О.М. Досвід створення і застосування ударних БПЛА багаторазового використання: сучасний стан та перспективи подальшого розвитку, визначення потреби Повітряних Сил / О.М. Жарик // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2013. – № 1(10). – С. 30-38.
4. Wang H., Zhao H., Zhang J., Ma D., Li J., Wei J. Survey on unmanned aerial vehicle networks: A cyber physical system perspective // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. Т. 22. № 2. С. 1027–1070.
5. Drew J. DARPA selects industry teams for 'Gremlins' UAV project // Flight Global [Електронний ресурс]. 04.04.2016. – URL: <https://www.flightglobal.com/news/articles/darpa-selects-industry-teams-for-gremlins-uav-proj-423819/> (дата звернення 20.03.2024).
6. Wang H., Zhao H., Zhang J., Ma D., Li J., Wei J. Survey on unmanned aerial vehicle networks: A cyber physical system perspective // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. Т. 22. № 2. С. 1027–1070. DOI: 10.1109/COMST.2019.2962207.
7. Литвиненко О.Є. Алгебраїчний метод безпомилкової бінарної нейронної мережі. Кібернетика та системний аналіз. 2024. Т. 60, №3, С. 15-25.
8. Чепурний В.А. Аналіз тенденцій розвитку та застосування розвідувальних безпілотних літальних апаратів в сучасних мережецентричних та гібридних війнах / В.А. Чепурний, М.В. Бардаков, Г.В. Худов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 4(21). – С. 24-28.

9. Шишацький А.В., Кашкевич С.О. “Аналіз форм та способів застосування безпілотних літальних апаратів”. XXII Міжнародна науково-практична конференція “Modern theories and improvement of world methods”, 06–09 червня 2023 р., Гельсінкі, Фінляндія. С. 516-520. URL: <https://isg-konf.com/modern-theories-and-improvement-of-world-methods/>

10. Кашкевич С.О., Тупота Є.В. “Комерційні безпілотні літальні апарати як загроза застосування в терористичних цілях”. XXV Міжнародна науково-практична конференція “Theoretical foundations of scientists and modern opinions regarding the implementation of modern trends”, 27-30 червня 2023 р., Сан-Франциско, США. С. 449–453. URL: <https://isg-konf.com/theoretical-foundations-of-scientists-and-modern-opinions-regarding-the-implementation-of-modern-trends/>

11. Кашкевич С.О., Тупота Є.В., Нечипорук В.В., Супрун О.М. “Аналіз дестабілізуючих чинників в каналах управління та передачі даних в безпілотних літальних апаратів”. II Міжнародна науково-практична конференція “Innovative development of science, technology and education” 16-18 листопада 2023 р., Ванкувер, Канада. С. 151-160. URL: <https://sci-conf.com.ua/ii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovative-development-of-science-technology-and-education-16-18-11-2023-vanuver-kanada-arhiv/>.

12. Шишацький А.В., Кашкевич С.О. “Аналіз особливостей організації міжплатформених ліній зв’язку”. IV Міжнародна науково-практична конференція “Modern research in science and education”, 7-9 грудня 2023 р., Чикаго, США. С. 269-275. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-research-in-science-and-education-7-9-12-2023-chikago-ssha-arhiv/>.

13. Шишацький А.В., Кашкевич С.О., Тупота Є.В. “Модель взаємодії відкритих систем для безпілотних авіаційних комплексів”. IV Міжнародна науково-практична конференція “Contemporary challenges of society and ways to overcome them”, 30 січня – 02 лютого 2024 р., Таллінн, Естонія. С. 280-288. URL: <https://isg-konf.com/contemporary-challenges-of-society-and-ways-to-overcome-them/>.

14. Шишацький А.В., Кашкевич С.О., Тупота Є.В. “Науково-методичні підходи до керування безпілотними літальними апаратами”. IX Міжнародна науково-практична конференція “Theoretical and practical aspects of the development of science and education”, 05-08 березня 2024 р., Прага, Чехія. С. 333-339. URL: <https://isg-konf.com/theoretical-and-practical-aspects-of-the-development-of-science-and-education/>.

15. Pievtsov, H., Turinskyi, O., Zhyvotovskiy , R., Sova , O., Zvieriev, O., Lanetskii, B., and Shyshatskyi , A. (2020). Development of an advanced method of finding solutions for neuro-fuzzy expert systems of analysis of the radioelectronic situation. EUREKA: Physics and Engineering, No. (4), pp. 78-89. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001353>.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи “Інтелектуальна модель оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів літакового типу та її програмна реалізація”, шифр “UAV-start”

Метою роботи є розробка інтелектуальної моделі оцінки динаміки старту та зльоту безпілотних літальних апаратів (БпЛА) літакового типу з її програмною реалізацією.

Проведено аналіз ролі та місця інтелектуальних методів управління в БпЛА; розроблено інтелектуальну модель оцінки динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу; розроблено програмний модуль визначення оптимальних параметрів старту та зльоту БпЛА літакового типу.

В ході дослідження використані основні методи наукового пізнання, такі як аналіз та синтез, методи штучного інтелекту – нечіткі когнітивні моделі. При імплементації запропонованої моделі використовувався найбільш поширений програмний продукт для БпЛА – Mission Planner.

Робота містить вступ, три розділи, висновки. У вступі показано актуальність розробки та дослідження для БпЛА літакового типу.

У розділі 1 описано роль та місце інтелектуальних підходів управління в БпЛА.

Розділ 2 містить інтелектуальну модель оцінки динаміки старту та зльоту БпЛА літакового типу.

У розділі 3 приведено результати розробки програмного модуля до програмного забезпечення Mission Planner.

Пояснювальна записка містить 24 сторінки (без титульного аркуша та посилань), 8 рисунків, перелік посилань з 15 пунктів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, інтелектуальна система управління, бортовий обчислювальний комплекс, формальна нейро-нечітка модель, координати точки розгортання БпЛА.