

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Географічний факультет

Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису

УДК 528.83

**ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ РУЙНАЦІЇ
ТЕРИТОРІЇ**

Галузь знань 19 – “Архітектура та будівництво”

Спеціальність 193 – “Геодезія та землеустрій”

Освітня програма – “Землеустрій та кадастр”

Кваліфікаційна робота бакалавра

студента 4 курсу

Пишногуба Владислава Віталійовича

Науковий керівник –

доцент, кандидат технічних наук

Гончаренко Олександр Степанович

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № _____ від “ _____ ” _____ 2023 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л. М.

Київ 2023

РЕФЕРАТ

У сучасному світі використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стає все більш поширеним явищем у різних галузях діяльності. Їхні можливості дозволяють здійснювати раніше недосяжні завдання, зокрема, оцінювати ступінь руйнації території після природних катастроф або воєнних конфліктів. Використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації території є актуальною та перспективною темою дослідження.

У першому розділі моєї роботи проведено аналіз використання БПЛА в Україні та за кордоном. Досліджено історію розвитку БПЛА та їх застосування в різних галузях, порівнявши стан використання БПЛА в Україні зі світовим досвідом. Це дозволило визначити переваги та недоліки використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації території.

У другому розділі детально описано технології використання БПЛА, методика збору інформації та теоретичні аспекти використання БПЛА, включаючи питання безпеки та етики. Досліджено руйнування та їх види, що можуть бути виявлені за допомогою БПЛА. Це дало змогу зробити висновки щодо ефективності використання БПЛА для збору інформації про руйнування території.

У третьому розділі розглянуто використання БПЛА на обраній території та зібрано інформацію про ступінь руйнації цієї території за допомогою БПЛА. Досліджено особливості цієї території та визначено завдання, які можуть бути виконані з використанням БПЛА. В роботі проведено аналіз зібраної інформації та встановлено, що використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації території є дуже ефективним.

Отже, на основі проведеного дослідження можна зробити висновок, що використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації території є ефективним та перспективним напрямком. Використання цих технологій дозволяє отримати точну та детальну інформацію про ступінь пошкоджень, зменшити ризики для людей та збільшити ефективність робіт з відновлення територій після руйнувань. Однак,

необхідно враховувати обмеження в зоні польоту, залежність від погодних умов та високу вартість.

Ключові слова: Безпілотні літальні апарати (БПЛА), руйнація території, світовий досвід, безпека та етика, класифікація, застосування БПЛА, військові дії. ВІМ-моделі, НВІМ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
Розділ 1. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В УКРАЇНІ ТА В СВІТІ	9
1.1. Історія розвитку БПЛА та їх застосування в різних галузях	9
1.2. Стан використання БПЛА в Україні та порівняння зі світовим досвідом ..	12
1.3. Переваги та недоліки використання БПЛА	16
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	22
Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ, МЕТОДИКА ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ	23
2.1. Технічні характеристики БПЛА, класифікація та роль у виконанні завдань	23
2.2. Методика збору та обробки інформації за допомогою БПЛА	28
2.3. Теоретичні аспекти використання БПЛА, включаючи питання безпеки та етики	31
2.4. Руйнування та їх види, що можуть бути виявлені за допомогою БПЛА	34
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	37
Розділ 3. ВИКОРИСТАННЯ БПЛА НА ОБРАНІЙ ТЕРИТОРІЇ	38
3.1. Опис обраної території та її особливості	38
3.2. Визначення завдань, які можуть бути виконані з використанням БПЛА ...	40
3.3. Використання БПЛА для збору необхідної інформації(на прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка)	42
3.4. Створення НВІМ-моделей на основі знімків БПЛА	44
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	50
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Актуальність теми

В сучасному світі використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стає все більш поширеним явищем у різних галузях діяльності, і їхні можливості дозволяють здійснювати завдання, які раніше були недосяжні.

Оцінка ступеня руйнації територій має велике значення для різних сфер діяльності. Наприклад, у сфері природних катастроф, таких як землетруси, повені або лісові пожежі, точна інформація про руйнацію допомагає організаціям швидко реагувати, планувати дії з надання допомоги та відновлення пошкоджених територій. Воєнні конфлікти також вимагають оцінки ступеня руйнації, щоб з'ясувати наслідки бойових дій та планувати подальші кроки у відновленні.

Використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій є перспективним напрямком, оскільки ці технології дозволяють отримати детальну та об'єктивну інформацію. БПЛА забезпечують здатність виконувати завдання з недоступних або небезпечних місць, забезпечуючи географічну охопленість та точність даних. Це допомагає збільшити ефективність робіт з відновлення, планування розміщення інфраструктури та прийняття рішень у відповідних галузях.

Таким чином, вивчення та впровадження досвіду використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій є актуальним завданням, яке може приносити значну користь для ефективного управління після катастрофічних подій та допомогти зменшити їхні наслідки.

Мета та завдання дослідження

Метою даної кваліфікаційної роботи бакалавра є дослідження та аналіз досвіду використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для оцінки ступеня руйнації територій після природних катастроф або воєнних конфліктів. Головною метою є виявлення переваг і можливостей використання БПЛА в процесі оцінки ступеня руйнації та їхнього впливу на ефективність та точність збирання інформації.

Завдання дослідження:

- Огляд теоретичних джерел, наукових робіт та практичного досвіду щодо використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій.
- Вивчення принципів роботи та характеристик БПЛА, доступних для використання в оцінці руйнації територій.
- Аналіз методів та алгоритмів, застосовуваних для оцінки ступеня руйнації територій з використанням БПЛА.
- Вивчення практичних прикладів успішного застосування БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій у різних ситуаціях.
- Зіставлення отриманих результатів та визначення переваг і недоліків використання БПЛА в порівнянні з іншими методами оцінки руйнації.

Дослідження цих завдань сприятиме кращому розумінню потенціалу та обмежень використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій і допоможе виявити можливості покращення інструментів та методів для більш точної оцінки та ефективного управління після катастрофічних подій.

Об'єкт та предмет дослідження

Предметом дослідження бакалаврської роботи є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для оцінки ступеня руйнації території.

Об'єктом дослідження є БПЛА та їх можливості для збору даних про руйнування територій.

Методи дослідження

Для досягнення мети дослідження використані наступні методи: аналіз наукових джерел, експертні опитування, збір та обробка даних з використанням БПЛА, порівняння результатів з традиційними методами збору даних.

Наукова новизна

Наукова новизна даної кваліфікаційної роботи полягає у розширенні знань та розуміння щодо використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для оцінки ступеня руйнації територій. Основні аспекти наукової новизни включають:

- Поєднання двох ключових напрямків дослідження: використання БПЛА та оцінка ступеня руйнації територій. Дана робота поєднує технології БПЛА з потребами визначення ступеня пошкоджень на території після катастроф або воєнних конфліктів. Це створює нову перспективу для ефективного використання БПЛА в галузі оцінки руйнації.
- Аналіз і систематизація наявних досліджень та практичного досвіду. Робота включає огляд теоретичних джерел, наукових робіт та практичного досвіду з використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій. Це дозволяє систематизувати наявні знання та інформацію, а також виявити прогалини і можливості для подальшого дослідження.
- Вивчення переваг та недоліків використання БПЛА. Дослідження спрямоване на оцінку переваг та недоліків використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій порівняно з іншими методами. Це дозволяє визначити унікальні можливості, які надає використання БПЛА, а також виявити обмеження та потенційні напрями подальшого розвитку цієї області досліджень.

Практична значимість

Наступні аспекти вказують на важливість даної роботи в практичному сенсі:

Ефективність оцінки пошкоджень: Використання БПЛА для оцінки ступеня руйнування територій надає змогу здійснювати швидку та точну оцінку пошкоджень без необхідності входження людей в небезпечні зони. Це забезпечує оперативну інформацію для прийняття рішень щодо відновлення та реагування на надзвичайні ситуації.

Зменшення ризиків для людей: Використання БПЛА для оцінки руйнування територій дозволяє уникнути потенційних небезпек та ризиків, пов'язаних з прямим

перебуванням людей на пошкоджених територіях. Це сприяє забезпеченню безпеки та мінімізації можливих травм або втрат життя.

Економічна ефективність: Використання БПЛА для оцінки ступеня руйнування територій може забезпечити економічну ефективність у порівнянні з традиційними методами. Він дозволяє знизити витрати на персонал, обладнання та час, а також забезпечує більш точні результати, що сприяє ефективному плануванню та розподілу ресурсів.

Застосування в галузях: Використання БПЛА для оцінки руйнування територій має широкі застосування в різних галузях, таких як надзвичайні ситуації та кризове управління, геологія, моніторинг навколишнього середовища та відновлення природних ресурсів.

Структура роботи

Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 53 сторінок друкованого тексту, з них основного - 45 сторінок, який містить 3 таблиць, 7 рисунків. Список використаних джерел із 22 найменувань викладено на 3 сторінках.

Розділ 1. АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В УКРАЇНІ ТА В СВІТІ

1.1. Історія розвитку БПЛА та їх застосування в різних галузях

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) - це літальні апарати, управління якими здійснюється без екіпажу. До них належать дистанційно пілотовані (ДПЛА) і безпілотні літальні апарати (БПЛА) літакової схеми, керують якими автономно, а також автоматичні космічні апарати. [5]

БПЛА мають вражаючу історію розвитку, яка починається ще у ХІХ столітті і продовжується до сьогодення. Розуміння технологій та застосування БПЛА в різних галузях значно змінилося та поширилося протягом останніх десятиліть.

Перші наукові дослідження та експерименти, пов'язані з безпілотними літальними апаратами, мали місце наприкінці ХІХ століття. У 1896 році американський винахідник Семюель Пірс ще до винаходу пілотованих літаків створив модель безпілотного апарата з електромотором, який здійснив успішний польот в Нью-Йорку.

Прорив у розвитку БПЛА належить ХХ століттю, коли технології взяли більш конкретну форму. У 1917 році, під час Першої світової війни, французький автоматичний пілотований літак "Антонетт" був розроблений Леопольдом Блоньє та генералом Шарлем Бідою. Цей літак став попередником сучасних БПЛА та демонстрував потенціал використання безпілотних систем для розвідки.

Протягом наступних десятиліть, застосування БПЛА поширилося на різні галузі. У 1930-х роках, в Сполучених Штатах Америки, почалося використання безпілотних літальних апаратів для навчання пілотів, підготовки зенітних засобів протиповітряної оборони та проведення наукових експериментів.

Перші розвідувальні БПЛА в сучасному розумінні створювалися в США на базі керованої повітряної мішені ВОР-34А "Фаєрбі". Як наслідок, з'явилися безпілотні літаки-розвідники АОР-34 (тип 147) різноманітних модифікацій і призначень, а також літак радіопротидії АОР-34 Н. У бойовій обстановці БПЛА

вперше застосовувалися під час війни в Кореї (1950-1953 рр.). У період війни у В'єтнамі безпілотні літаки-розвідники використовувалися головним чином для аерофоторозвідки об'єктів на території країни: населених пунктів, позицій підрозділів ППО, мостів, переправ тощо[5].

Застосування БПЛА у військовій сфері стало дедалі ширшим. Під час В'єтнамської війни в 1960-1970-х роках війська США активно використовували БПЛА для здійснення розвідувальних місій, виявлення цілей та наведення вогню на ворожі позиції. Це значно збільшило ефективність ведення війни та знизило ризик для пілотів.

Поступово, використання БПЛА розширилося і на цивільні галузі. У 1980-1990-х роках безпілотні літальні апарати стали застосовуватися в геодезії, картографії, аграрному секторі, наукових дослідженнях, моніторингу стану довкілля та інших областях. БПЛА здатні здійснювати зйомку з високої висоти, збирати різноманітну інформацію та перетворювати її на корисні дані для подальшого аналізу та прийняття рішень [5].

У сучасний період, розвиток технологій дав поштовх для використання БПЛА у нових галузях, таких як дрон-доставки, зйомка висотних будівель, нагляд за лініями електропередач та інфраструктурою, моніторинг стану лісів та інше. Важливим етапом в цьому процесі стала поява малих та зручних дронів, які стали доступні широкому колу користувачів. Це сприяло використанню БПЛА в особистих цілях, таких як фотографія та відеозйомка з повітря, розваги, а також в сфері



комерційних послуг.

Рис.1.1 Приклад сучасних БПЛА.

Одним з найпрогресивніших застосувань БПЛА є їх використання в галузі геологічного дослідження та добувної промисловості. Дрони використовуються для аерофотозйомки, що дозволяє отримати детальні зображення важкодоступних територій та оцінити потенціал родовищ. Вони також використовуються для виявлення нафтових розливів та оцінки забруднення навколишнього середовища, допомагаючи у виявленні проблем та швидкому реагуванні на них.

У галузі сільського господарства БПЛА використовуються для зрошення полів, навігації та контролю за врожаєм. Вони дозволяють збирати дані про родючість ґрунту, стан рослин, розподіл вологи та застосування добрив. Це сприяє оптимізації процесів сільськогосподарського виробництва, зменшенню витрат та підвищенню врожайності.

У сфері логістики та транспорту БПЛА використовуються для забезпечення дрон-доставок. Вони здатні швидко та ефективно доставляти товари до віддалених районів, місць з обмеженим доступом чи надавати допомогу під час надзвичайних ситуацій. Застосування дронів у цій галузі покращує швидкість та ефективність доставки, а також зменшує вплив на дорожні затори та сприяє зниженню екологічного впливу, оскільки дрони працюють на електричному або гібридному приводі.

БПЛА також використовуються для моніторингу стану довкілля, включаючи нагляд за лісовими масивами, оцінку забруднення повітря та води, контроль за викидами шкідливих речовин та виявлення екологічних катастроф. Вони забезпечують швидку та точну збір інформації, що дозволяє приймати своєчасні заходи для збереження природних ресурсів та запобігання екологічним кризам.

Необхідно також згадати про застосування БПЛА у сфері медицини та надання невідкладної медичної допомоги. Дрони можуть доставляти медикаменти, кров, важливе медичне обладнання та інше медичне посилення в недоступні або аварійні

райони. Швидка доставка може врятувати життя та забезпечити ефективну медичну допомогу у важких умовах.

Усі ці застосування БПЛА в різних галузях свідчать про значне розширення можливостей цієї технології та її позитивний вплив на суспільство. Продовження розвитку та вдосконалення БПЛА сприятимуть їх ширшому використанню та внесенню позитивних змін у різні сфери діяльності.

1.2. Стан використання БПЛА в Україні та порівняння зі світовим досвідом

У цьому підрозділі ми розглянемо стан використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні та порівняємо його зі світовим досвідом. Одним з напрямків використання БПЛА в Україні є їх використання військовими силами для підтримки військових операцій.

Військове використання БПЛА:

Україна активно використовує безпілотні літальні апарати для розвідування та нагляду за ворожими позиціями під час військових операцій. БПЛА допомагають збирати важливу розвідувальну інформацію, таку як розташування ворожих військ, техніки та інфраструктури, що дозволяє українській армії планувати ефективні операції та мінімізувати втрати.

У порівнянні зі світовим досвідом, використання БПЛА військовими силами є поширеним явищем. Багато країн, включаючи США, Велику Британію, Ізраїль та інші, використовують БПЛА військовими для розвідки, атак та нагляду за ворожими діями. Ці БПЛА забезпечують високу точність, збирання розвідувальної інформації та підтримку бойових операцій.

Таблиця 1.1

Порівняння використання БПЛА військовими силами в Україні та світовим досвідом

Країна	Військове використання БПЛА
Україна	Розвідка, нагляд, планування операцій Збір розвідувальної інформації, підтримка бойових операцій

США	Розвідка, наступність, підтримка бойових операцій Атаки на ворожі цілі, збір розвідувальної інформації, моніторинг великих територій
Велика Британія	Розвідка, нагляд, патрулювання Моніторинг великих територій, підтримка бойових операцій
Ізраїль	Розвідка, нагляд, цілепокладання, підтримка бойових операцій Патрулювання, атаки на ворожі цілі, захист кордонів, моніторинг великих територій

За таблицею можна побачити, що використання БПЛА військовими силами в Україні схоже на практику, що існує в інших країнах. БПЛА використовуються для розвідки, нагляду, планування операцій, а також для збору розвідувальної інформації та підтримки бойових операцій. Це дозволяє забезпечити високу точність, ефективність та мінімізацію ризику для власних військ під час проведення операцій. Загальний досвід світових країн, які активно використовують БПЛА, може бути корисним для України при вдосконаленні своїх військових технологій та тактики.

Громадська безпека та правоохоронні органи:

Спостереження та нагляд за громадським порядком: БПЛА використовуються для моніторингу вулиць, громадських місць та подій, що допомагає виявити можливі загрози та забезпечити безпеку громадян. Наприклад, поліція в США і Великій Британії активно використовує БПЛА для контролю ситуацій та розслідування злочинів.

Патрулювання та контроль над публічними заходами та масовими подіями: БПЛА допомагають поліції здійснювати нагляд за масовими зібраннями, спортивними заходами та іншими публічними подіями з повітря. Це забезпечує збільшену безпеку та реагування на екстрені ситуації.

Пошук та рятування в екстремальних ситуаціях: БПЛА дозволяють швидко локалізувати та знайти загублених або постраждалих осіб в умовах небезпеки, таких

як природні катастрофи чи аварії. Наприклад, у Сполучених Штатах дрони активно використовуються під час пошуково-рятувальних операцій під час ураганів та повеней.

Порівняння: Використання БПЛА в громадській безпеці та правоохоронних органах є поширеним у багатьох країнах. США, Велика Британія, Ізраїль та Японія володіють значним досвідом в цій сфері. Вони активно використовують БПЛА для спостереження громадського порядку та патрулювання вулиць. Наприклад, поліція США використовує БПЛА для спостереження за територіями з підвищеним ризиком, з'ясування деталей злочинів та надання додаткової підтримки поліцейським на землі. У Великій Британії БПЛА використовуються для контролю масових заходів, допомагаючи забезпечити безпеку громадян та протидіяти потенційним загрозам.

Пошук та рятування в екстремальних ситуаціях: БПЛА є незамінними інструментами для пошуку та рятування під час природних катастроф, аварій та надзвичайних ситуацій. Вони можуть швидко переглядати великі території та забезпечувати даними для координації дій рятувальних служб. Наприклад, у США БПЛА активно використовуються під час пошуково-рятувальних операцій під час ураганів, землетрусів та лісових пожеж.

Порівняння: США, Велика Британія, Ізраїль та Японія є лідерами у використанні БПЛА в громадській безпеці та правоохоронних органах. У США поліція в більшості штатів має спеціалізовані підрозділи, які використовують БПЛА для моніторингу та контролю. Велика Британія використовує БПЛА для нагляду за масовими заходами та спостереження за публічним порядком, забезпечуючи безпеку населення. Ізраїль та Японія також активно використовують БПЛА в поліції та громадській безпеці, демонструючи високий рівень професіоналізму та передові технології.

Аграрний сектор:

Землеробство та сільське господарство: БПЛА використовуються для моніторингу стану посівних площ, виявлення хвороб та шкідників, контролю рівня

зрошення та забезпечення високої продуктивності в сільському господарстві. Наприклад, у Сполучених Штатах БПЛА допомагають фермерам виявляти нерівномірність зрошення та недолік поживних речовин у рослинах, що дозволяє ефективно використовувати ресурси та підвищувати врожайність.

Лісове господарство: БПЛА використовуються для моніторингу та контролю стану лісових масивів, виявлення лісових пожеж, визначення обсягу деревини та оцінки стану деревостану. Наприклад, у Канаді та Швеції БПЛА використовуються для виявлення лісових пожеж та моніторингу лісових ресурсів.

Порівняння: Багато країн, включаючи США, Канаду, Австралію та Німеччину, активно використовують БПЛА в аграрному секторі. У цих країнах вони стали невід'ємною частиною сільськогосподарського та лісового господарства, забезпечуючи точне картографування, моніторинг стану рослинності та раціональне використання ресурсів. Країни з великими сільськогосподарськими секторами, такі як Бразилія та Китай, також зростають у своєму використанні БПЛА для підвищення ефективності сільського господарства та контролю за виробництвом продовольства.

3. Доставка та логістика:

Безпілотні літальні апарати використовуються для доставки товарів та вантажів на великі відстані, зокрема в важкодоступних або віддалених районах. Це може включати доставку медичних препаратів, запасних частин для промислових об'єктів або невеликих посилок. Наприклад, компанія Amazon розробляє програму Prime Air для доставки товарів за допомогою БПЛА, що дозволяє забезпечувати швидку та ефективну доставку покупок.

Порівняння: У цій сфері США, Китай, Японія та країни Європейського союзу лідери використання БПЛА для доставки та логістики. Наприклад, в Китаї компанії JD.com та Alibaba активно використовують БПЛА для доставки товарів у великих містах. У США також проводяться експерименти з використанням БПЛА для доставки харчових продуктів та медичних препаратів віддаленим областям.

Наукові дослідження та дослідження доквілля:

БПЛА забезпечують унікальні можливості для наукових досліджень, огляду довкілля та моніторингу природних ресурсів. Вони можуть використовуватися для картографування територій, виявлення змін у ландшафтах, вивчення кліматичних змін, моніторингу водних джерел та визначення забруднення навколишнього середовища. Наприклад, у Норвегії використовуються БПЛА для досліджень полярних регіонів та вивчення змін в льодовиках.

Порівняння: Використання БПЛА в наукових дослідженнях та дослідженнях довкілля є глобальним явищем. Все більше країн у всьому світі використовують БПЛА для проведення наукових досліджень та вивчення довкілля. Наприклад, у Швеції безпілотні апарати використовуються для моніторингу водних систем та виявлення забруднень. В Австралії БПЛА застосовуються для дослідження рифів та морського життя. Велика Британія використовує БПЛА для вивчення птахів та їх міграційних шляхів.

У цій сфері також спостерігається постійний розвиток передових технологій. Вчені постійно працюють над покращенням сенсорів та камер, що використовуються на БПЛА, для отримання більш детальної та точної інформації. Крім того, розробляються алгоритми обробки даних, що дозволяють автоматично аналізувати та інтерпретувати отриману інформацію.

Загалом, використання безпілотних літальних апаратів в наукових дослідженнях та дослідженнях довкілля сприяє зростанню нашого розуміння природних процесів, виявленню екологічних проблем та розробці більш ефективних стратегій управління природними ресурсами.

1.3. Переваги та недоліки використання БПЛА

Розглянемо переваги та недоліки використання БПЛА (безпілотних літальних апаратів) в різних сферах діяльності.

Таблиця 1.2

Загальні переваги та недоліки використання БПЛА

Переваги використання БПЛА	Недоліки використання БПЛА
1. Збільшення ефективності та продуктивності роботи	1. Висока вартість придбання та обслуговування БПЛА
2. Зниження ризиків для людського життя та безпеки	2. Потенційна загроза приватності та безпеки даних
3. Можливість доступу до важкодоступних або небезпечних зон	3. Обмежена продуктивність при поганій погоді та відсутності супутникового сигналу
4. Швидкість та точність виконання завдань	4. Потреба у висококваліфікованому персоналі для управління БПЛА
5. Можливість моніторингу та збору великої кількості даних	5. Питання щодо регулювання та правового аспекту використання БПЛА

Загалом, використання БПЛА має багато переваг, таких як покращена ефективність роботи, безпека та зниження ризиків для людей, доступ до небезпечних зон та важкодоступних місць, швидкість та точність виконання завдань, а також здатність збирати великі обсяги даних.

Однак, існують і недоліки, такі як висока вартість придбання та обслуговування БПЛА, потенційна загроза приватності та безпеці даних, обмежена

продуктивність в певних умовах, потреба у висококваліфікованому персоналі та питання щодо правового регулювання.

Важливо враховувати ці переваги та недоліки при використанні БПЛА в різних сферах діяльності. Нижче розглянуті переваги та недоліки використання БПЛА в окремих областях:

Військове застосування:

Переваги: БПЛА забезпечують збільшену безпеку військових сил, зменшуючи ризик для життя пілотів. Вони можуть бути використані для розвідки, моніторингу, збору розвідувальної інформації та наведення ударів, забезпечуючи більшу точність та ефективність операцій[18].

Недоліки: Недостатність дати правового регулювання використання БПЛА в військових діях може породжувати етичні та правові проблеми. Також можлива недостатня надійність зв'язку та супутникового покриття в деяких районах, що може обмежувати ефективність БПЛА.

Геологічні дослідження:

Переваги: БПЛА дозволяють проводити аерофотозйомку, лазерне сканування та картографування рельєфу місцевості. Вони можуть бути використані для виявлення рудних родовищ, дослідження геологічних формацій та встановлення місця розташування ресурсів.

Недоліки: Обмежена продуктивність БПЛА при поганій погоді, високій висоті або у важкодоступних територіях може ускладнити проведення геологічних досліджень. Також виникають питання стосовно правового регулювання використання БПЛА для збору геологічних даних.

Фото- та відеозйомка:

Переваги: БПЛА забезпечують унікальні можливості для зйомки високоякісних фото- та відеоматеріалів з повітря. Вони можуть бути використані для створення панорамних знімків, аерофотографії ландшафту, зйомки подій та

рекламних матеріалів. БПЛА дозволяють отримати нестандартні ракурси та кадри, які раніше були недосяжними.

Недоліки: Залежно від типу БПЛА, обмежена місткість камери та обмежена тривалість польоту можуть бути недоліками для довготривалих фото- та відеозйомок. Також виникають питання щодо приватності, особливо коли БПЛА використовуються для зйомки приватних територій або людей без їхньої згоди.

Аграрна галузь:

Переваги: БПЛА можуть використовуватися для моніторингу стану посівів, контролю за розподілом ресурсів (наприклад, внесення добрив) та виявлення хвороб або шкідників, що допомагає збільшити врожайність та знизити витрати.

Недоліки: Обмежені можливості використання БПЛА в умовах низької видимості або погіршеного погодного стану можуть обмежувати ефективність їх використання в аграрній галузі. Також потрібно враховувати витрати на придбання та обслуговування БПЛА.

Доставка та логістика:

Переваги: Використання БПЛА для доставки товарів або медичних препаратів може забезпечити швидку доставку у важкодоступні місця, врятувати життя та зменшити час доставки. Вони також можуть використовуватися для моніторингу логістичних процесів та інвентаризації складів.

Недоліки: Обмежені місткість та дальність польоту БПЛА можуть обмежувати їх потенціал у великомасштабних операціях доставки та логістики. Крім того, низька погодна стійкість БПЛА може стати проблемою у випадку небезпечних або непередбачуваних погодних умов. Для успішної реалізації потенціалу БПЛА у цій галузі також важливо враховувати вимоги щодо безпеки та регулювання повітряного простору.

Пожежна охорона:

Переваги: БПЛА можуть бути використані для виявлення та моніторингу лісових пожеж, ідентифікації гарячих точок та надання швидкої інформації

рятувальним службам. Вони можуть сприяти збільшенню ефективності та безпеки пожежних операцій.

Недоліки: Обмежена тривалість польоту та обмеженість навантаження польоту внаслідок незворотної шкоди від пожежі можуть стати проблемою для довготривалих моніторингових операцій. Також важливо враховувати погодні умови, що можуть обмежити ефективність БПЛА у виявленні та моніторингу пожеж.

Підготовка та навчання:

Переваги: БПЛА можуть бути використані для навчання пілотів, операторів та інших професійних категорій. Вони дозволяють створювати реалістичні симуляції польотів та навчальних ситуацій, що допомагає покращити ефективність та безпеку підготовки.

Недоліки: Обмежена місткість пасажирської кабіни та обмеження у виконанні деяких маневрів, які можуть бути відтворені в симуляторі, можуть обмежувати реалістичність підготовки. Крім того, вартість придбання та обслуговування БПЛА для навчальних цілей може бути значною. Необхідно також враховувати наявність кваліфікованого персоналу для використання та навчання з використання БПЛА.

Екологічні дослідження:

Переваги: БПЛА можуть бути використані для збору даних про довкілля та дослідження природних резерватів. Вони дозволяють здійснювати аеріальну фотозйомку, моніторинг стану водойм, виявлення змін у ландшафті та оцінку рівня забруднення.

Недоліки: Обмежена автономія польоту та обмежена вагова місткість БПЛА можуть обмежувати продуктивність у великих екологічних дослідженнях. Додатково, питання щодо надійності даних, зібраних БПЛА, можуть виникати у зв'язку з можливими перешкодами та завадами у зборі інформації.

Медична допомога:

Переваги: БПЛА можуть бути використані для швидкої доставки медичних препаратів, донорських органів або невеликих медичних засобів в унікальних або

важкодоступних місцях. Вони можуть збільшити шанси на виживання та зменшити час доставки, що особливо важливо в надзвичайних ситуаціях.

Недоліки: Обмежена місткість та обмеження у вантажопідйомності БПЛА можуть обмежувати їхню ефективність у великомасштабних медичних операціях. Також потрібно враховувати правові аспекти та регулювання, пов'язані з використанням БПЛА в медичних цілях.

У кожній з цих розглянутих сфер використання БПЛА є свої переваги і недоліки. Перед використанням БПЛА в конкретних цілях важливо провести детальний аналіз і врахувати усі аспекти, що впливають на його ефективність.

Одним з ключових аспектів є регулювання повітряного простору та дотримання правових норм. Кожна країна має власні правила та обмеження щодо використання БПЛА. Потрібно бути ознайомленим з місцевими законами та отримати необхідні дозволи перед початком використання БПЛА.

Також слід враховувати технічні обмеження БПЛА, такі як тривалість польоту, вагова місткість, дальність польоту та здатність працювати в різних погодних умовах. Вибір підходящої моделі БПЛА залежить від конкретних вимог і завдань, які потрібно виконати.

Крім того, безпека є ключовим аспектом використання БПЛА. Необхідно дотримуватись правил безпеки, уникати незаконного вторгнення в приватність людей та захищати власні дані від можливих загроз. Також важливо мати належну підготовку та кваліфікацію операторів БПЛА, щоб уникнути можливих аварій або неправильного використання[13].

Загалом, БПЛА мають значний потенціал у багатьох галузях, проте їх використання пов'язане з вагомими перевагами і недоліками. Враховуючи всі фактори, можна знайти оптимальний спосіб використання БПЛА в конкретних випадках, що сприятиме досягненню кращих результатів та ефективності в відповідних сферах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі роботи проведено аналіз використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні та світі. Розглянута історія розвитку БПЛА та їх застосування в різних галузях. Виявлено, що використання БПЛА знайшло своє застосування у військовій сфері, цивільних ділянках, а також у сфері антитерористичної діяльності.

Аналіз стану використання БПЛА в Україні показав, що їх застосування є перспективним та поступово розширюється в різних сферах, таких як моніторинг стану навколишнього середовища, аерофотозйомка, виявлення загроз та інші. Порівняння зі світовим досвідом дозволило виявити різницю у рівні розвитку та використання БПЛА, але водночас показало потенціал для подальшого росту в Україні.

У розділі було також розглянуто переваги та недоліки використання БПЛА. Зазначено, що серед переваг можна виділити здатність до проведення моніторингу на великій відстані, безпеку персоналу, швидкість та маневреність. Однак, присутні й недоліки, такі як обмежена продуктивність в умовах поганої погоди, вразливість до електромагнітних перешкод, потреба високої кваліфікації оператора та інші.

Загальним висновком до першого розділу є те, що використання БПЛА має значний потенціал у різних сферах діяльності. В Україні є позитивний досвід використання БПЛА, але існує необхідність в подальшому розвитку цієї галузі та вдосконаленні технологій використання БПЛА з метою покращення їх продуктивності та ефективності.

Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ, МЕТОДИКА ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ

2.1. Технічні характеристики БПЛА, класифікація та роль у виконанні завдань

У цьому розділі розглянуто чотири важливі технічні характеристики БПЛА - розмах крил, навантаження польоту, автономія польоту, максимальна швидкість їх вплив на продуктивність та функціональність БПЛА. Цей аналіз був проведений на основі технічних характеристик БПЛА Bayraktar.

1. Розмах крил і максимальна вага взльоту.

Розмах крил (Wingspan) і максимальна вага взльоту (Maximum Takeoff Weight) є важливими технічними характеристиками БПЛА, які впливають на його продуктивність та функціональність.[16]

Розмах крил визначає довжину крила БПЛА від кінця до кінця і може мати велике значення для досягнення кращої стабільності та дальності польоту. Більші розмахи крил зазвичай забезпечують здатність до плавного польоту та зменшення опору повітря, що дозволяє БПЛА легше утримуватися в повітрі та забезпечує більший проміжок польоту.

Максимальна вага під час злітання визначається максимальною допустимою вагою, при якій БПЛА може злетіти. Цей параметр впливає на навантаження, яке БПЛА може нести, включаючи додаткове обладнання, сенсори, паливо та інші корисні навантаження. Чим вища максимальна вага під час злітання, тим більше може бути перевезено корисного навантаження, що розширює можливості БПЛА у виконанні завдань.

2. Автономія польоту.

Автономія польоту (Flight Endurance) є важливим параметром, що вказує на тривалість польоту БПЛА без необхідності підзарядки або дозаправки паливом. Цей показник визначає, наскільки тривалими можливими є місії, які може виконати

БПЛА без перерви на підзарядку або дозаправку паливом. Автономія польоту залежить від кількох факторів, таких як тип палива, розмір паливного бака, споживання палива та ефективність системи енергоменеджменту БПЛА[16].

Залежно від завдання, що має бути виконане, важливо мати достатню автономію польоту для забезпечення довготривалого моніторингу, дослідження чи навігації. Наприклад, у випадку моніторингу природних резерватів чи підтримки пошуково-рятувальних операцій, тривалість польоту може виявитися критичною для ефективного виконання місії.

3. Максимальна швидкість.

Максимальна швидкість (Maximum Speed) є ще однією важливою технічною характеристикою БПЛА, яка впливає на його функціональність та можливості виконання завдань. Цей показник визначає максимальну швидкість, яку БПЛА може розвивати в польоті. Висока максимальна швидкість може бути корисною для швидкого переміщення до місця призначення або виконання завдань, які вимагають оперативності.

Однак, варто враховувати, що збільшення швидкості може призвести до збільшення опору повітря та зменшення стійкості БПЛА. Тому вибір оптимальної максимальної швидкості повинен залежати від конкретних потреб місії та характеристик БПЛА.

4. Навантаження польоту.

Навантаження польоту (Payload) включає всі корисні навантаження, які можуть бути перевезені або використовувані БПЛА для виконання завдань. Це можуть бути різні типи обладнання, сенсори, камери, пристрої для збору даних або навіть вантажі для доставки. Величина та тип навантаження польоту значно впливають на можливості та функціональність БПЛА, а також на обсяг і якість зібраної інформації.

Для різних місій можуть бути вимоги щодо типу і розміру навантаження. Наприклад, для аерофотограмметрії і картографування можуть використовуватися високо роздільні камери або лідарні системи, в той час як для моніторингу

навколишнього середовища можуть бути важливі сенсори для вимірювання якості повітря, рівня забруднення або радіаційних показників.

5. Класифікація БПЛА.

Таблиця 1.1

Класифікація БПЛА.

Ознака	Види
За масштабом завдань	Тактичні, оперативно-тактичні, оперативно-стратегічні
За тривалістю польоту	Малої тривалості, середньої тривалості, великої тривалості
За масою	Малорозмірні, середньорозмірні, великорозмірні, важкі
За практичною стелею польоту	Маловисокі, середньовисокі, висотні, стратосферні
За правилами польоту	Візуальні, приладові, візуально-приладові
За використанням	Військові, цивільні (державні, приватні, комерційні), антитерористичні
За базуванням	Наземні, морські, космічні
За радіусом дії	Ближнього радіусу, малого радіусу, середнього радіусу, дальнього радіусу, великої дальності польоту
За напрямком зльоту та посадки	Горизонтальні, вертикальні, мультипідйомні парашутні, мачтові, безпосадкові, мультиспускові
За кількістю використань	Одноразові Багаторазові
За типом літального апарату	З літаковою аеродинамічною схемою, з гелікоптерною аеродинамічною схемою, легші за повітря
За типом системи керування	Дистанційно пілотовані, дистанційно керовані автоматичні, дистанційно керовані авіаційною системою

БПЛА за масштабом завдань, які вирішуються, поділяються на тактичні, тобто дальність їх польоту не перевищує 80 км, оперативно-тактичні – до 300 км, оперативно-стратегічні – до 700 км [2].

Маса БПЛА поділяє їх на малорозмірні – до 200 кг, середньорозмірні – 200-2000 кг, великорозмірні – 2000-5000 кг, важкі – більше 5000 кг [3].

За тривалістю польоту БПЛА ділять на малої тривалості: БПЛА, які можуть проводити короткочасні місії з обмеженим часом польоту, середньої тривалості: БПЛА, які мають помірний час польоту і можуть здійснювати більш тривалі місії без постійного повернення до бази, великої тривалості: БПЛА, здатні до тривалого польоту і розглядаються як довготермінові дрони, що забезпечують продовжену роботу в повітрі.

За практичною стелею польоту відділяють маловисокі БПЛА, що працюють на низьких висотах над землею і зазвичай використовуються для місій нагляду і спостереження, середньовисокі БПЛА, які здатні працювати на середніх висотах і виконувати різноманітні місії, включаючи розвідку та збір інформації. Висотні БПЛА, працюють на великій висоті, що надає їм можливість здійснювати далекомагістральні розвідувальні місії або місії зв'язку. Стратосферні БПЛА, в свою чергу, здатні до польоту у стратосфері і виконують місії, пов'язані з довгодальним спостереженням та комунікаціями.

Літальні апарати за типом поділяються за літаковою аеродинамічною схемою, за гелікоптерною аеродинамічною схемою та легші за повітря. [4].

За базуванням літальні апарати наземні, морські, космічні, що здатні до польоту в космосі і використовуються для космічних досліджень або спостережень.

Використання поділяє БПЛА на військові, які використовуються військовими силами для розвідки, наведення ударів, командного зв'язку та інших військових завдань, цивільні (державні, приватні, комерційні) - використовуються для цивільних потреб, таких як моніторинг стану навколишнього середовища, аерофотозйомка, доставка вантажів та антитерористичні БПЛА, які використовуються для боротьби з тероризмом, виявлення та нейтралізації загроз.

За типом системи керування можна виділити 4 види:

- Дистанційно пілотовані: БПЛА, які керуються оператором з землі через безпроводне з'єднання.
- Дистанційно керовані: БПЛА, які керуються оператором з землі, але можуть також виконувати певні автономні завдання.
- Автоматичні: БПЛА, які мають вбудовану систему автономного керування і можуть виконувати місії без прямого втручання оператора.
- Дистанційно автономні: БПЛА, що комбінують можливості дистанційного керування та автономного функціонування, здатні працювати як у режимі віддаленого керування, так і у режимі автономної роботи.

6. Роль технічних характеристик у виконанні завдань.

Технічні характеристики БПЛА мають безпосереднє вплив на його ефективність та здатність виконувати різноманітні завдання. Залежно від специфічних вимог місії, можуть бути встановлені різні критерії для вибору БПЛА з оптимальними технічними характеристиками.

Наприклад, для моніторингу великих територій з високою точністю і довготривалим часом польоту можуть бути важливими параметри, такі як великий розмах крил, висока автономія польоту і значна максимальна вага взльоту. З іншого боку, для швидкого реагування на надзвичайні ситуації можуть бути більш пріоритетними параметри, такі як висока максимальна швидкість та можливість перевезення необхідного обладнання для швидкого реагування.

Окрім того, врахування технічних характеристик БПЛА також дозволяє забезпечити оптимальну взаємодію між навантаженням і платформою. Наприклад, при великому навантаженні польоту може бути необхідне збільшення потужності двигуна або розширення обсягу паливного бака для забезпечення достатньої енергії протягом тривалого польоту.

Технічні характеристики БПЛА також впливають на безпеку його експлуатації. Наприклад, деякі завдання можуть вимагати польоту на великій висоті або в складних погодних умовах. В таких випадках важливими параметрами можуть бути

стійкість до вітру, можливість виконання автономних аварійних процедур або наявність системи автоматичного керування польотом.

Необхідність врахування технічних характеристик БПЛА визначається завданнями, які він повинен виконувати, і специфічними умовами його застосування. При виборі підходящої моделі БПЛА важливо зробити компроміс між різними параметрами, щоб забезпечити оптимальне виконання місії.

2.2. Методика збору та обробки інформації за допомогою БПЛА

Для збору та обробки інформації за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) використовуються спеціалізовані методики, які включають планування місії, збір даних, їх обробку та аналіз. В цьому розділі розглянемо загальну методику збору та обробки інформації за допомогою БПЛА, що дозволяє отримати якісні та корисні дані для різних додатків.

1. Планування місії.

Першим кроком у методиці збору інформації за допомогою БПЛА є планування місії. Цей етап передбачає визначення цілей місії, вибір оптимального маршруту польоту, встановлення параметрів зйомки та визначення необхідних навантажень та датчиків. Планування місії зазвичай включає такі кроки:

Визначення цілей місії: Це перший крок, де визначаються основні цілі та завдання місії БПЛА. Наприклад, це може бути збір географічних даних, виявлення об'єктів або моніторинг деякої області.

Вибір маршруту польоту: На основі цілей місії та вимог щодо зони спостереження вибирається оптимальний маршрут польоту БПЛА. Враховуються такі фактори, як географічні обмеження, погодні умови та потенційні перешкоди.

Параметри зйомки: На цьому етапі встановлюються параметри зйомки, такі як висота польоту, кут нахилу камери, час виставлення експозиції та частота кадрів. Вибір цих параметрів залежить від типу даних, які потрібно зібрати, та вимог щодо роздільної здатності, деталізації та точності зображень.

Визначення необхідних навантажень та датчиків: На цьому етапі визначається необхідне обладнання та датчики, які будуть використовуватися для збору даних. Наприклад, це можуть бути високоякісна камера для фотографування або відеозапису, теплові камери для виявлення теплових сигнатур або сенсори для збору даних про рельєф місцевості.

2. Збір даних.

Після планування місії БПЛА здійснює польот з метою збору даних з встановлених параметрів. Під час польоту БПЛА здійснює зйомку, виконує вимірювання та збирає інші необхідні дані. Зібрані дані можуть бути різноманітного характеру, включаючи зображення, відео, географічні координати, теплові дані та інші.

Збір даних здійснюється за допомогою спеціалізованих сенсорів та обладнання, яке встановлюється на БПЛА. Ці дані записуються та зберігаються на вбудованих накопичувачах або передаються в реальному часі до наземної станції керування. Для забезпечення надійності збереження даних рекомендується використовувати надійні системи резервного копіювання та забезпечення інтегритету даних під час передачі.

Під час збору даних за допомогою БПЛА необхідно враховувати різні фактори, які можуть впливати на якість та точність отриманих результатів. Наприклад, висота польоту має вплив на роздільну здатність та покриття зйомки. Вища висота може забезпечити більшу покриття, але знизити деталізацію. Кут нахилу камери також має значення, оскільки він визначає зону спостереження та перспективу зйомки[19].

Параметри зйомки також можуть бути встановлені залежно від особливостей об'єкту або задачі місії. Наприклад, для зйомки географічних даних можуть використовуватись спеціальні камери з високою роздільною здатністю та географічними позначками. Теплові камери можуть застосовуватись для виявлення теплових аномалій або контролю стану інфраструктури. Вибір навантажень та датчиків пов'язаний з конкретною метою місії та потрібними типами даних для досягнення поставлених цілей.

3. Обробка інформації.

Отримані дані з БПЛА потребують подальшої обробки для отримання корисної інформації. Цей етап включає обробку, аналіз та інтерпретацію даних з метою отримання підґрунтя для прийняття рішень або отримання нових знань. Обробка інформації може включати такі кроки:

Сегментація та фільтрація даних: Вихідні дані можуть містити шуми або непотрібну інформацію, тому важливим етапом є сегментація та фільтрація даних. Сегментація дозволяє розділити зображення на окремі об'єкти або регіони, що спрощує подальший аналіз. Фільтрація даних використовується для видалення шумів або непотрібної інформації, покращуючи якість даних та забезпечуючи більш точні результати.

Екстракція ознак: На цьому етапі визначаються важливі ознаки або характеристики з даних, які є релевантними для поставленої задачі. Це можуть бути геометричні ознаки, текстурні характеристики, кольорові атрибути тощо. Екстракція ознак допомагає зменшити обсяг даних і зосередитися на ключових аспектах.

Аналіз та моделювання: На цьому етапі виконується аналіз отриманих даних та розробка математичних моделей або алгоритмів для отримання нових знань або розв'язання конкретних проблем. Це може включати застосування статистичних методів, машинного навчання, штучного інтелекту та інших технологій для обробки та інтерпретації даних.

Візуалізація та представлення результатів: Після обробки та аналізу даних важливим кроком є їх візуалізація та представлення. Це може бути у формі графіків, таблиць, карт або інших візуальних елементів, що допомагають зрозуміти інформацію та зробити висновки. Візуалізація допомагає зробити дані більш доступними та сприяє легшому сприйняттю та аналізу результатів.

Отже, методика збору та обробка інформації з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є ефективним і потужним інструментом для отримання різноманітних даних. Вона дозволяє здійснювати зйомку та вимірювання з високою точністю, а також збирати інші необхідні дані, які можуть бути важливі для різних галузей, таких як географія, дослідження навколишнього середовища, сільське господарство, стан інфраструктури та багато іншого.

2.3. Теоретичні аспекти використання БПЛА, включаючи питання безпеки та етики

В цьому розділі розглядаються теоретичні аспекти використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА), а також важливі питання, пов'язані з безпекою та етикою в їх застосуванні. Дослідження в цій області включають розробку правових норм, стандартів та етичних принципів, які регулюють використання БПЛА в різних сферах діяльності.

1. Правові аспекти використання БПЛА

Використання БПЛА підпадає під юридичний режим, що визначає правові обмеження та вимоги до їх експлуатації. Розроблення правового фреймворку сприяє забезпеченню безпеки, захисту приватності та прав людей, а також регулює використання БПЛА згідно з вимогами законодавства.

Одним з основних документів, що регулюють використання БПЛА, є авіаційне законодавство країни. Воно визначає правила та вимоги щодо реєстрації БПЛА, встановлення дозволів на польоти, вимог до кваліфікації пілотів та інших аспектів безпеки польотів.

Крім того, велику роль відіграють спеціальні правила для безпілотних апаратів, які встановлюються органами цивільної авіації. Ці правила визначають максимальні висоти польоту, відстані від аеропортів, обмеження щодо зон польотів, а також вимоги до безпеки та безперешкодного функціонування.

Окрім авіаційного законодавства, використання БПЛА також може підпадати під інші секторові законодавчі акти, які регулюють конкретні сфери застосування БПЛА. Наприклад, у сфері комерційної фотографії або відеозйомки можуть бути встановлені вимоги до ліцензування та заборони польотів у певних місцях з метою забезпечення приватності та безпеки громадян.

Для безпеки польотів іноді використовуються системи контролю траєкторій (UAS Traffic Management Systems), які забезпечують взаємодію між різними БПЛА та регулюють їх рух у визначених зонах. Ці системи можуть включати в себе датчики, алгоритми автоматичного управління та комунікаційні протоколи для забезпечення безпеки та координації польотів.

На законодавчому рівні в Україні правові аспекти регулюють “Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України”[7].

Так, одним із пунктів використання БПЛА є під час виконання польотів за вправами курсів бойової підготовки, програм льотної підготовки, курсів навчально-льотної підготовки (далі - КБП) БПЛА повинен мати відповідний ступінь помітності для забезпечення спостереження за ним зовнішніми пілотами, авіаційним персоналом, залученим до виконання польотів БПЛА, та персоналом, в інтересах якого виконуються ці польоти[7].

2. Етичні аспекти використання БПЛА

Зростаюче використання БПЛА породжує важливі етичні питання, пов'язані з приватністю, безпекою та впливом на суспільство. Врахування цих аспектів є необхідним для забезпечення етичного та відповідального використання БПЛА.

Технологія дронів розвивається дуже швидко. Майбутні комерційні технології – від вантажних дронів до новітніх концепцій командування і управління, від автономності до роїв, від уникнення зіткнень до мультимодальних операцій – будуть масово ставати на заваді нинішнім рішенням С-UAS (засоби протидії безпілотним літальним апаратам)[15].

Один з основних етичних аспектів пов'язаний з приватністю і захистом персональних даних. Збір і обробка даних, здійснювані за допомогою БПЛА, можуть порушувати приватність громадян. Безпілотні апарати, оснащені високоякісними камерами і сенсорами, здатні збирати велику кількість інформації про особисте життя людей, їхню приватну власність та поведінку. Це створює потенційну загрозу

для приватності та вимагає розробки ефективних механізмів захисту особистих даних.

Ще одним етичним аспектом є безпека використання БПЛА. Неправильне використання або втрату контролю над БПЛА може становити загрозу для безпеки громадян, майна та інфраструктури. Наприклад, нежитлові зони для польотів БПЛА можуть бути обмежені з метою запобігання можливим аваріям або неправомірному вторгненню в приватну власність.

Також потрібно враховувати етичні аспекти щодо впливу БПЛА на суспільство. Зростаюче використання БПЛА може мати екологічні наслідки, такі як шумове забруднення або викиди відходів. Крім того, впровадження БПЛА в різні галузі може впливати на робочі місця та економіку, що вимагає обговорення та забезпечення справедливих умов використання та зайнятості.

Для розробки етичних принципів використання БПЛА необхідно взяти до уваги думки та погляди різних зацікавлених сторін, включаючи громадян, правозахисні організації, виробників БПЛА, правоохоронні органи та інші зацікавлені сторони. Забезпечення відкритості та прозорості у процесі прийняття рішень є ключовим аспектом вирішення етичних питань, пов'язаних з використанням БПЛА. Важливо залучати різні зацікавлені сторони до діалогу і консультацій з метою врахування різноманітних поглядів та забезпечення широкого спектру інтересів.

Крім того, розробка етичних стандартів та нормативних документів є необхідною для регулювання використання БПЛА. Вони мають визначати етичні принципи, які повинні бути враховані під час проектування, виробництва та експлуатації БПЛА.

Ці принципи можуть включати заборону незаконного збирання та використання персональних даних, обов'язкову ідентифікацію та реєстрацію БПЛА, а також вимоги до безпеки польотів та захисту від несанкціонованого доступу.

З метою забезпечення відповідального використання БПЛА, необхідно надавати навчання та інструктаж користувачам щодо етичних аспектів використання, безпеки та приватності. Це може включати навчання пілотів, операторів та інших осіб, які взаємодіють з БПЛА, про етичні стандарти та вимоги до їх діяльності.

Узагальнюючи етичні аспекти використання БПЛА включають захист приватності та особистих даних, безпеку польотів та вплив на суспільство. Врахування цих аспектів вимагає розробки ефективних механізмів захисту, регулювання та врахування поглядів різних зацікавлених сторін. Розробка етичних стандартів, навчання користувачів та забезпечення прозорості у прийнятті рішень є ключовими кроками на шляху до відповідального використання БПЛА.

2.4. Руйнування та їх види, що можуть бути виявлені за допомогою БПЛА

Руйнування є актуальною проблемою в багатьох сферах, включаючи будівництво, моніторинг і нагляд за територіями, екологічний контроль тощо. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) надає нові можливості для виявлення руйнувань і забезпечує більш швидке, ефективне і безпечне моніторингове середовище. У цьому розділі будуть розглянуті різні види руйнувань, які можуть бути виявлені за допомогою БПЛА, а також методи та технології, які застосовуються для їх виявлення.

1. Види руйнувань

Руйнування може мати різноманітні причини і призводити до різних наслідків. Нижче наведені деякі види руйнувань, які можуть бути виявлені за допомогою БПЛА:

Стихійні лиха: БПЛА можуть використовуватись для виявлення наслідків стихійних лих, таких як повені, землетруси, лавини тощо. Вони можуть надати

широку інформацію про пошкоджені будівлі, затоплені ділянки та інші зони небезпеки.

Пожежі: БПЛА можуть служити для виявлення та моніторингу пожеж, особливо в труднодоступних місцях. Вони можуть виявити точки запалення, визначити масштаб пошкоджень та допомогти управляти локалізацією та гасінням пожеж.

Будівельні руйнування: БПЛА можуть використовуватись для оцінки стану будівель та інфраструктури. Вони дозволяють виявити тріщини, пошкодження фундаментів, руйнування стін та інші ознаки пошкоджень. Це допомагає підтримувати безпеку на будівельних об'єктах і вчасно виявляти потенційні небезпеки[17].

2. Методи та технології виявлення руйнувань

Для виявлення руйнувань за допомогою БПЛА використовуються різні методи та технології. Нижче наведені деякі з них:

Візуальне спостереження: БПЛА оснащені високоякісними камерами, які дозволяють здійснювати візуальне спостереження і виявляти ознаки руйнувань. Вони можуть зафіксувати тріщини, розламані конструкції, зсуви ґрунту та інші видимі пошкодження[17].

Термальне зображення: БПЛА можуть бути обладнані термальними камерами, які дозволяють виявляти теплові зміни, пов'язані з руйнуванням. Наприклад, під час пожежі термальна камера може виявити точки запалення та зони збільшеної температури, що допомагає вчасно вжити заходів по гасінню та зменшенню пошкоджень.

Лазерне сканування: БПЛА можуть використовувати лазерне сканування (LiDAR) для створення точних тривимірних моделей території. Це дозволяє виявляти незримі пошкодження, такі як внутрішні тріщини, зміни рельєфу та деформації конструкцій.

Аналіз зображень з використанням штучного інтелекту: Застосування штучного інтелекту дозволяє автоматизувати аналіз великої кількості зображень, отриманих від БПЛА. Системи комп'ютерного зору та алгоритми глибокого навчання можуть виявляти ознаки руйнувань, які не завжди помітні людському оку. Наприклад, вони можуть розпізнавати руйнування фундаменту, тріщини в стінах або крихкі конструкції, що допомагає вчасно вжити заходів по ремонту та укріпленню будівель.

3. Застосування таблиць для виявлення руйнувань

У розпізнаванні руйнувань за допомогою БПЛА можуть бути використані також таблиці та бази даних. Вони можуть містити інформацію про типові ознаки руйнувань, що виявлені раніше, а також характеристики, що допомагають їх ідентифікувати. Наприклад, таблиця може містити дані про розміри тріщин, типи пошкоджень, характерні форми руйнувань та їхні атрибути. Під час аналізу зображень, отриманих від БПЛА, система може порівнювати знайдені ознаки зі значеннями в таблиці для виявлення відповідностей та класифікації типу руйнування.

Наприклад, якщо БПЛА виявляє тріщину певного розміру та форми на стіні будівлі, система може порівняти ці дані зі значеннями в таблиці і встановити, що це відповідає певному типу руйнування. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес виявлення руйнувань і забезпечує швидке та ефективне аналітичне рішення.

Результати, отримані від БПЛА та оброблені за допомогою методів, технологій та таблиць, можуть бути візуалізовані у вигляді звіту, діаграми чи географічних карт. Це дозволяє операторам та стороннім зацікавленим особам отримати зрозумілу та вичерпну інформацію про виявлені руйнування. Звіти можуть містити детальний опис виявлених пошкоджень, включаючи їхню розташованість, розмір, форму та ступінь серйозності. Діаграми та графіки можуть візуалізувати статистику щодо розподілу руйнувань за типами або розмірами, що допомагає зробити аналіз інформації більш зручним та доступним.

Географічні карти можуть відображати місця виявлених руйнувань, дозволяючи операторам швидко оцінити просторовий контекст і розміщення пошкоджень. Це особливо корисно при моніторингу великих територій або урбанізованих областей, де точне місцезнаходження руйнувань може бути важливим для прийняття відповідних заходів.

Загальні результати аналізу руйнувань, здійсненого за допомогою БПЛА, можуть бути використані для прийняття рішень щодо ремонту, реконструкції або укріплення об'єктів. Виявлення руйнувань заздалегідь допомагає зменшити ризик аварій та негативних наслідків, а також забезпечує збереження життя та майна.

У висновку, використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для виявлення руйнувань є ефективним і потужним інструментом, що надає можливість швидко і точно виявляти ознаки пошкоджень в різних сферах. Застосування методів, технологій та таблиць сприяє автоматизації процесу виявлення руйнувань та забезпечує безпеку на будівельних об'єктах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У другому розділі розглянута технологія використання БПЛА, методика збору інформації та теоретичні аспекти цієї сфери. Також було розглянуто руйнування і їх види, які можуть бути виявлені за допомогою БПЛА.

Аналіз технічних характеристик БПЛА показав, що існує різноманітність видів БПЛА, які використовуються для виконання різних завдань. Роль БПЛА включає здійснення моніторингу, збір інформації, аерофотозйомку та інші види діяльності.

Методика збору та обробки інформації за допомогою БПЛА є складним процесом, який включає планування маршруту, виконання завдання зі збору даних, обробку та аналіз інформації. Важливо враховувати питання безпеки та етики при використанні БПЛА, забезпечувати конфіденційність та захист персональних даних.

Руйнування, що можуть бути виявлені за допомогою БПЛА, охоплюють різні види небезпек, включаючи стихійні лиха, пожежі, забруднення навколишнього середовища та інші. Використання БПЛА дозволяє оперативно виявляти та

моніторити такі ситуації, що допомагає управлінню кризовими ситуаціями та прийняттю рішень.

Висновки до другого розділу свідчать про важливість використання БПЛА у зборі інформації та моніторингу. Технології використання БПЛА мають великий потенціал у різних галузях, проте необхідно враховувати питання безпеки та етики при їх використанні. Дослідження та розвиток цих технологій мають продовжуватися з метою їх вдосконалення та ефективного застосування в майбутньому.

Розділ 3. ВИКОРИСТАННЯ БПЛА НА ОБРАНІЙ ТЕРИТОРІЇ

3.1. Опис обраної території та її особливості

Місто Буча, розташоване в Київській області, стало постраждалим від воєнних дій, що тривали з 27 лютого 2022 року до 31 березня 2022 року. Протягом цього періоду місто зазнало надзвичайних руйнацій, що змінили його обличчя назавжди.



Також ми розглянемо місто Маріуполь, яке зазнало одних з найбільших руйнацій на фоні військового конфлікту.

Рис. 3.1. Фото зруйнованих будівель у м. Буча.

Фотографії наслідків воєнних дій у місті Буча та Маріуполь свідчать про непередбачуваний рівень руйнацій та зруйнованих інфраструктурних об'єктів. Стіни зруйнованих будівель розкидані по території, відкриваючи вид на великі тріщини та обвалища. Багато будівель мають пошкоджені дахи та вікна, що свідчить про сильну силу удару, яка вплинула на міста. Ці руйнування спричинили значні труднощі для відновлення і реконструкції міст.

На фотографіях можна побачити також пошкоджені дороги та автомобілі. Великі ями на дорогах та розбиті асфальтові покриття створюють складнощі для проїзду та транспортного сполучення. Руїни транспортних засобів та обвалинами завалені мости свідчать про значні пошкодження транспортної інфраструктури.

Окрім того, на фотографіях видно знищення комунальних систем, таких як водопостачання та каналізація. Зруйновані труби та повалені колодязі стають очевидними наслідками воєнних дій, які суттєво позначилися на житті міста та його мешканців.

Однією з найбільш вразливих категорій об'єктів є житлові будинки. Фотографії показують руйнування будинків, зруйновані стіни, обвалища та розкидані уламки. Багато житлових будинків стали непридатними для проживання через значні пошкодження, що вимагають великомасштабного відновлення та реконструкції.

Важливо зазначити, що на фоні воєнних дій території міст Буча та Маріуполь також зазнали змін в їх характеристиках та природному середовищі. Природні елементи, такі як дерева, лісові масиви та парки, були пошкоджені або зруйновані. Залишки обвалених дерев, знищені лісові пасовища та зелені насадження підсилюють враження від руйнації.

Фотографії з БПЛА наслідків воєнних дій у містах Буча та Маріуполь є сильним свідченням масштабів руйнацій та важливості відновлення територій. Ці зображення стануть основою для подальшої оцінки ступеня руйнацій та розробки

стратегій відновлення, в яких безпосереднє використання БПЛА грає важливу роль. Зображень наслідків руйнацій у містах Буча та Маріуполь допоможуть визначити необхідні роботи з відновлення і спрямують зусилля на відновлення цих територій після воєнного конфлікту.



Рис. 3.2 Фото зруйнованих будівель у м. Маріуполь.

3.2. Визначення завдань, які можуть бути виконані з використанням БПЛА

Використовуючи БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій міст Буча та Маріуполь, перед собою я міг би поставити наступні завдання:

Фото- та відеофіксація пошкоджень: Збір високоякісних фотографій та відео з повітря дозволить детально документувати руйнування території. Завдяки високій роздільній здатності камери БПЛА, можна зафіксувати пошкоджені будівлі, дороги, мости, комунальні системи та інші інфраструктурні об'єкти. Такі зображення слугуватимуть основою для подальшого аналізу та оцінки ступеня руйнації.

Вимірювання розмірів пошкоджень: З використанням відомих масштабних параметрів, таких як розміри будівель або ділянок землі, можна використовувати

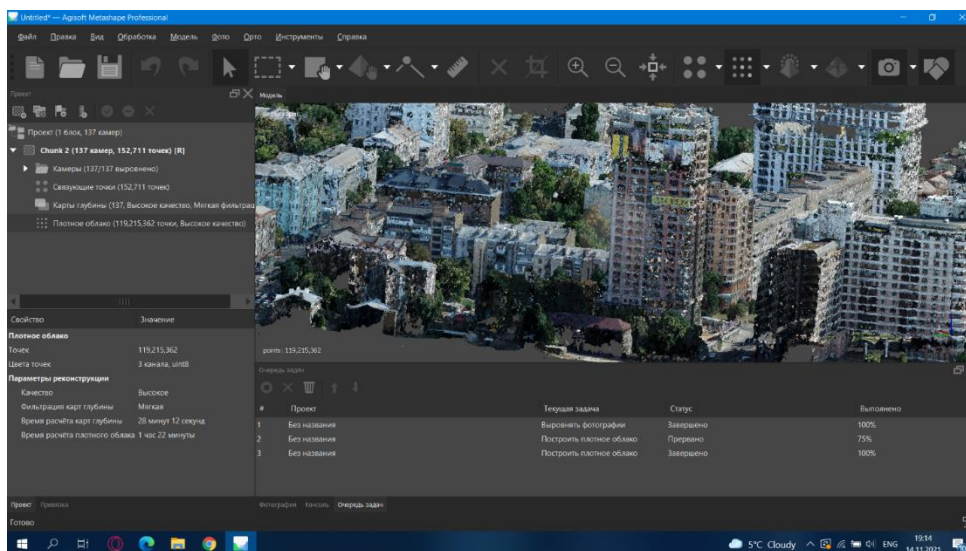
БПЛА для вимірювання розмірів пошкоджень. За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення можна обробляти отримані дані та визначати площу пошкоджень, розміри тріщин, відстань між руїнами тощо. Це допоможе кількісно оцінити ступінь руйнації території.

Створення тривимірних моделей: Використовуючи технологію обробки зображень та точного геопросторового позиціонування, можна створити тривимірні моделі руйнувань територій. Це дозволить отримати більш детальне уявлення про пошкодження, їх глибину, ступінь пошкодження будівель та інші особливості. Такі моделі можуть бути корисними для подальшого аналізу та планування робіт з відновлення.

Картографування поверхні: БПЛА може використовуватися для картографування поверхні пошкодженої території. Завдяки високоточним датчикам і системі позиціонування, БПЛА може зібрати дані про топографію, контури та висоти руйнувань. Це допоможе зрозуміти рельєф пошкодженої території та сприятиме плануванню робіт з відновлення[14].

Оцінка екологічних наслідків: БПЛА може збирати дані про екологічний стан пошкоджених територій, включаючи забруднення довкілля та пошкодження природних ресурсів. За допомогою датчиків, що вимірюють якість повітря, води, ґрунту, можна здійснити моніторинг та оцінку екологічних наслідків воєнного конфлікту.

Вибір завдань залежить від мети оцінки ступеня руйнації території та вимог замовника. Комбінація цих завдань та результатів, отриманих за допомогою БПЛА, дозволить зробити комплексну оцінку ступеня руйнації та планувати подальші кроки



щодо відновлення.

Рис.3.3 Приклад створення тривимірної моделі на основі знімків з БПЛА.

3.3. Опис процесу використання БПЛА для збору необхідної інформації(на прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка)

У цьому підрозділі описано процес використання безпілотного літального апарату (БПЛА) для збору необхідної інформації про зруйновану будівлю у с. Бородянка. Крім того, на основі зібраної інформації розроблено BIM-модель, яка використовується для оцінки руйнації будівлі.

1. Вибір БПЛА та планування маршруту:

Враховуючи характеристики зруйнованої будівлі та її області, вибирається відповідний безпілотний літальний апарат. Планується маршрут польоту, який охоплює всю зруйновану будівлю та забезпечує оптимальне покриття території.

2. Збір візуальної та даних з обладнання:

БПЛА здійснює польот над зруйнованою будівлею, збираючи візуальні дані у вигляді фотографій і відеозаписів. Додатково, за допомогою спеціалізованого обладнання, можуть бути зібрані дані про температуру, вологість, структурну стабільність тощо.

3. Обробка та аналіз зібраних даних:

Зібрані фотографії та відеозаписи обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення для створення точного 3D-моделювання зруйнованої будівлі. Отримана BIM-модель включає інформацію про геометрію будівлі, пошкодження та ступінь руйнації окремих елементів, що дозволяє провести детальну оцінку стану будівлі.

4. Оцінка руйнації та розроблення заходів:

За допомогою отриманої BIM-моделі, проводиться аналіз ступеня руйнації будівлі та визначаються критичні пошкодження. На основі цієї оцінки розробляються рекомендації та заходи щодо відновлення, ремонту, або ліквідації будівлі залежно від ступеня пошкоджень та експлуатаційного стану.

Використання БПЛА та розробка BIM-моделі на прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка дозволяють ефективно зібрати необхідну інформацію про стан будівлі, провести оцінку руйнації та розробити заходи для подальшого втручання. Цей підхід дозволяє зберегти час і зусилля, а також забезпечує більш точну оцінку пошкоджень та стану будівлі.



Рис.3.3 Фрагмент огляду пошкодженої будівлі в селі Бородянка

Висновки:

Обстеження будівельних об'єктів і споруд, пошкоджених під час агресивного впливу, зокрема військових дій, потребує розробки спеціальних заходів для проведення обстеження.

Аналіз стану будівель і споруд, а також їх конструкцій пропонується проводити дискретно для формування картини зміни їх стану з часом.

Виконання первинного обстеження будівельних конструкцій з використанням засобів дистанційного моніторингу (БПЛА) дозволяє сформувати інформаційну базу даних про стан цих конструкцій.

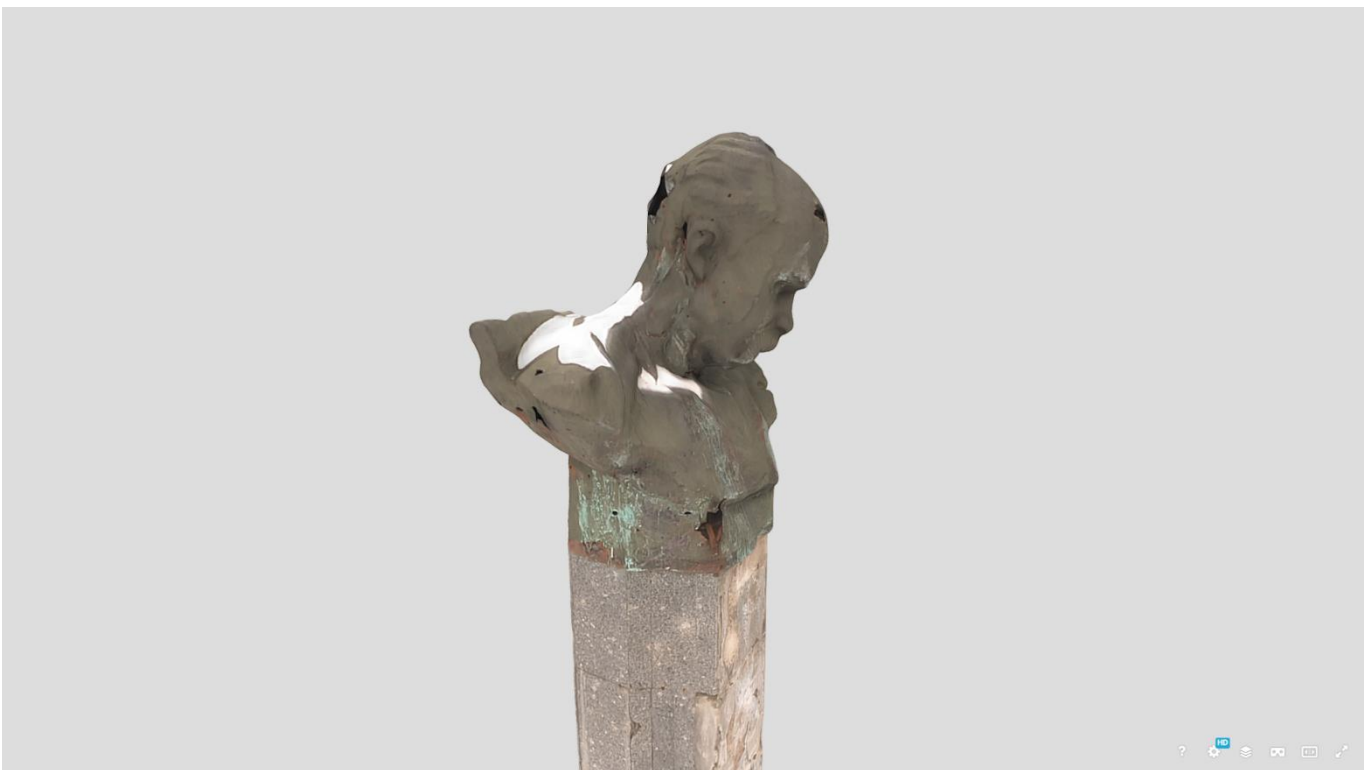
Сучасні програмні засоби дають змогу створювати проміжні 3D-моделі об'єктів з бази даних фотомоніторингу.

Порівняльний аналіз імітаційного моделювання будівельних об'єктів та їх картографічний аналіз дозволяють коригувати BIM-модель об'єкта для розроблення заходів з відновлення його експлуатаційного стану або утилізації чи ліквідації.

3.4. Створення NBIM-моделей на основі знімків БПЛА

BIM (Building Information Modeling) є інноваційною технологією, яка дозволяє створювати та управляти інформаційними моделями будівель та споруд на різних етапах їх життєвого циклу[21].

Процес створення BIM-моделі будівлі починається зі збору даних за допомогою БПЛА. БПЛА може здійснювати зйомку з повітря та наземну зйомку, що дозволяє отримати детальну інформацію про будівлю та її стан. Зібрані дані, такі як фотографії, відеозаписи та лазерне сканування, обробляються та аналізуються для



створення точної геометричної моделі будівлі.

Рис. 3.4 Приклад формування тривимірної цифрової моделі пам'ятника Т.Г. Шевченку у селі Бородянка за авторством Р. Дем'яненка[22].

Отримана геометрична модель потім інтегрується з іншими інформаційними джерелами, такими як технічні специфікації, розрахунки структури, системи комунікацій тощо. Це дозволяє створити повну BIM-модель, яка містить не лише геометричну інформацію, але й деталі про матеріали, параметри систем, графіки виконання робіт та іншу важливу інформацію.

Переваги використання BIM-моделі включають:

- Висока точність інформації: BIM-модель надає детальну інформацію про будівлю, що дозволяє уникнути помилок та неправильних розрахунків на ранніх етапах проектування та будівництва.
- Покращена співпраця: BIM-модель створює єдину інформаційну платформу, на якій різні учасники проекту можуть спілкуватися та обмінюватися даними, що сприяє покращенню співпраці та зниженню ризиків конфліктів.
- Зменшення витрат та термінів: BIM-модель дозволяє виявляти проблеми та конфлікти на ранніх етапах проектування, що дозволяє уникнути зайвих витрат і затримок під час будівництва.
- Покращений управління будівлею: BIM-модель може використовуватися для управління будівлею протягом усього її життєвого циклу, включаючи експлуатацію, обслуговування та ремонт.

Мінуси використання BIM-моделі включають:

- Високі вимоги до навчання: Використання BIM-моделі вимагає від учасників проекту додаткової підготовки та навчання з використання спеціалізованого програмного забезпечення.
- Потреба відкритості та співпраці: Є необхідність у забезпеченні відкритого обміну даними між різними учасниками проекту, що може бути проблематичним у випадку відсутності співпраці або відмови від використання BIM-технологій.

- Високі витрати: Впровадження BIM-технологій може бути пов'язане з великими витратами на програмне забезпечення, обладнання та навчання персоналу.

Одним із актуальних напрямків використання БПЛА є створення спеціалізованих HBIM – моделей.

HBIM (Historical Building Information Modeling) є спеціалізованою версією BIM-моделювання, спрямованою на відтворення та збереження історичних будівель. HBIM модель використовується для документування, відновлення, аналізу та управління історичними спорудами.

Модель HBIM була задумана для підтримки операторів, архітекторів, інженерів-будівельників та їхньої діяльності: економічних розрахунків, управління будівельним майданчиком, діагностичного аналізу, проектування, будівельного тендеру та власне реставрації[20].

Процес створення HBIM моделі включає наступні етапи:

- Збір даних: Початкові дані про історичну будівлю збираються за допомогою різних методів, таких як лазерне сканування, фотограмметрія, геодезичні виміри та архівні дослідження. Ці дані використовуються для створення точної геометричної моделі будівлі.
- Моделювання геометрії: На основі зібраних даних створюється тривимірна геометрична модель будівлі, яка відображає її фізичну форму та архітектурні деталі.
- Додавання інформації: В HBIM модель включаються не тільки геометричні дані, але й додаткова інформація про будівлю, така як історичні документи, фотографії, розрахунки та описи матеріалів. Це дозволяє зберегти важливі архівні дані та забезпечити доступ до них.
- Аналіз та дослідження: Завдяки HBIM моделі можна проводити різноманітні аналізи та дослідження, включаючи структурний аналіз, енергетичну ефективність, вплив зовнішніх чинників та інші аспекти. Це допомагає

зрозуміти стан будівлі, її потенціал та необхідні заходи з охорони та реставрації.

- Управління та збереження: НВІМ модель може бути використана для управління історичною будівлею протягом її життєвого циклу. Вона дозволяє здійснювати моніторинг, планування робіт, координацію проектів та зберігання даних для майбутнього використання.

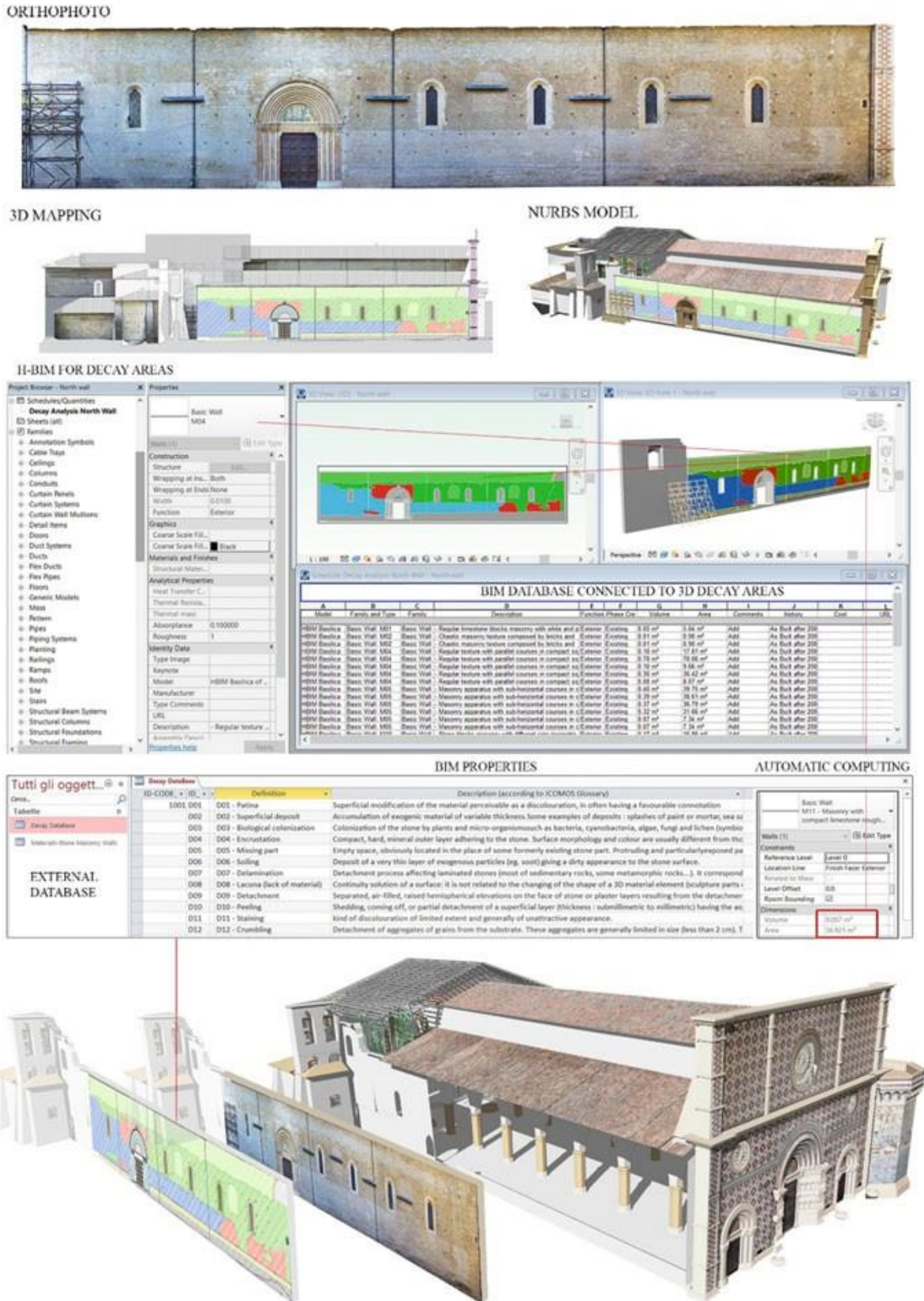


Рис. 3.5 Користь HBIM для 3D-картографування та створення специфічної бази даних BIM, пов'язаної з новим типом інформації, таким як зони розпаду та стратиграфічна інформація[20].

Плюси використання НВІМ моделі включають:

Збереження культурної спадщини: НВІМ дозволяє точно відтворити та зберегти історичні будівлі, зберігаючи їх оригінальні архітектурні деталі та характер. Реставрація та реконструкція: НВІМ модель допомагає зрозуміти стан будівлі та планувати реставраційні роботи, забезпечуючи більш точне відтворення історичних елементів. Ефективне управління: З використанням НВІМ моделі можна забезпечити ефективне управління історичною будівлею, планувати обслуговування та ремонти, а також моніторити зміни у часі.

Аналіз та дослідження: НВІМ модель дозволяє проводити різноманітні аналізи, дослідження та симуляції для зрозуміння властивостей та поведінки історичної будівлі.

Незважаючи на переваги, використання НВІМ моделей також має деякі мінуси:

Складність збору даних: Збір даних для створення НВІМ моделі може бути часо- та ресурсоємним процесом, оскільки вимагає детального вивчення історичних джерел та фізичного вимірювання будівлі. Вартість: Впровадження НВІМ технології може бути витратним завданням, оскільки вимагає спеціалізованого обладнання, програмного забезпечення та навчання персоналу. Складність моделювання: Врахування всіх деталей та особливостей історичної будівлі при моделюванні може бути викликом, особливо при відтворенні складних архітектурних елементів.

У висновку, створення НВІМ-моделей на основі знімків БПЛА є перспективним напрямом в галузі збереження та реконструкції історичних будівель. Використання цієї технології дозволяє отримати точні дані про стан будівлі, зберегти її автентичність та забезпечити належний рівень документації. Проте, необхідно продовжувати дослідження та розробку методів аналізу даних НВІМ для вирішення викликів, пов'язаних зі збереженням та структурним аналізом історичних будівель.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У даному розділі було проведено детальний опис процесу використання безпілотних повітряних апаратів (БПЛА) для збору необхідної інформації на прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка. В результаті дослідження було встановлено, що використання БПЛА значно спрощує процес збору інформації та надає можливість отримати точні й детальні дані про стан руйнування будівельних конструкцій.

Процес використання БПЛА включає підготовку апарату до польоту, навігацію його до місця обстеження, збір інформації з використанням датчиків та камер, а також обробку та аналіз отриманих даних. Завдяки використанню БПЛА, ми маємо змогу отримати доступ до важкодоступних або небезпечних місць, що дозволяє проводити обстеження будівель та споруд з високою точністю й безпекою.

На прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка була розроблена ВІМ-модель, яка дозволила провести оцінку руйнування будівлі. Імітаційне моделювання та картографічний аналіз надали можливість коригувати ВІМ-модель об'єкта та розробити заходи щодо відновлення його експлуатаційного стану або утилізації чи ліквідації.

Отже, використання БПЛА для збору необхідної інформації, зокрема на прикладі зруйнованої будівлі у с. Бородянка, є ефективним і перспективним методом, який дозволяє отримати точні та детальні дані про стан будівельних об'єктів та споруд. Це відкриває широкі можливості для використання БПЛА в галузі обстеження та моніторингу будівельної інфраструктури з метою забезпечення безпеки та ефективності будівельних проектів.

Також підрозділ 3.4 "Створення НВІМ-моделей на основі знімків БПЛА" досліджує можливості використання ВІМ-технологій у поєднанні з даними, отриманими від БПЛА, для створення НВІМ-моделей. У цьому розділі були

розглянуті переваги та недоліки ВІМ-моделей загалом, а також конкретні переваги та виклики, пов'язані зі створенням НВІМ-моделей.

ВИСНОВКИ

В ході дослідження, поставлені завдання були успішно виконані, що дало можливість отримати значну кількість інформації та знань про використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій.

Огляд теоретичних джерел, наукових робіт та практичного досвіду дав можливість отримати поглиблене розуміння даної теми і виявити актуальні питання для подальшого дослідження.

Дослідження принципів роботи та характеристик БПЛА показало, що ці технології є досить перспективними для оцінки ступеня руйнації територій. Аналіз методів та алгоритмів, застосовуваних для оцінки руйнації з використанням БПЛА, виявив різноманітні підходи та можливості їх застосування в різних ситуаціях.

Практичні приклади успішного використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій дали позитивні результати та підтвердили ефективність цих технологій. Зіставлення отриманих результатів дозволило визначити переваги БПЛА в порівнянні з іншими методами оцінки руйнації, зокрема, швидкість, точність та можливість отримання деталізованої інформації.

Загальною висновком з дослідження є те, що використання БПЛА для оцінки ступеня руйнації територій є важливим та перспективним напрямом. Однак, варто враховувати такі фактори, як технічні обмеження, необхідність кваліфікованих операторів та аналітиків даних, а також етичні та правові аспекти використання БПЛА. Подальше розвиток цієї галузі вимагатиме подальшого дослідження та вдосконалення методів, алгоритмів та протоколів для забезпечення максимальної ефективності та точності оцінки руйнації територій з використанням БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глотов В., Церклевич А. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2014. – Вип. I (27). – С. 131-136.
2. Дементьев Д.О. Бойові Літальні комплекси в складі єдиної інформаційно-розвідувально-навігаційно-ударної системи / Дементьев Д.О. // Зб. наук. пр. Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2015. – №27. – С. 74-77.
3. Кутовий, О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і озброєння – 2014. – № 4. – С. 39 – 47.
4. Моисеев, В. С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография / В. С. Моисеев. – Казань: ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»), 2013. – С. 768.
5. Алексеев С.В. Безпілотні літальні засоби: Історія та перспективи розвитку // Сучасна спеціальна техніка 3(38) – 2014. – С. 89 – 97.
6. Шатов С.В., Трипутень С.М. Визначення параметрів уламків зруйнованих і пошкоджених будівель і споруд. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Дніпро: ПДАБА, 2014. Вип. 78. С. 305-311.
7. Наказ "Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України", [Електронний ресурс], Режим доступу: - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#Text>.
8. Закон України "Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність" № 353-XIV від 23.12.1998.

9. Lee T., Leok M., McClarmroch N. [та ін.] Керування складними маневрами квадаторного БПЛА за допомогою геометричних методів SE(3) . Optimization and Control. 2011. 8p.
10. Пыркин А.А. [та ін.] Синтез системи керування квадрокоптером з використанням спрощеної математичної моделі. СПб.: Изв. вузів. Приладобудування, 2013. Том 56. № 4. С. 47-51.
11. Кім М.Л., Родачев О.С., Певзнер Л.Д., Платонов О.К. Про можливість використання мобільних робототехнічних літальних апаратів під час виконання оперативного плану ліквідації аварії на шахтах. Уголь. 2018. № 1. С. 34-38.
12. Певзнер Л.Д., Кім М.Л., Полуектов Д.С. Моделювання руху безпілотного літального апарата в умовах підземних шахтних виробок. Праці Міжнародної конференції "Сучасні технології в задачах керування, автоматизи та обробки інформації-2018". Алушта. С. 255-257.
13. Конурін А.І., Денисова О.В., Хмелінін О.П. Основні проблеми та перспективи застосування безпілотних літальних апаратів для обстеження виробленого простору під час підземної розробки родовищ. Фундаментальні та прикладні питання гірничих наук. Інститут гірничої справи ім. М.А. Чинакала СО РАН. 2016. Том 1. № 3. С. 93-97.
14. Шатов С.В., Титюк О.О., Савицький М.В., Титюк О.О. Обстеження технічного стану димових труб з використанням безпілотних літальних апаратів.
15. К. Палестіні. Протидія дронам, у пошуках срібної кулі // Стаття у НАТО Ревю, [Електронний ресурс], Режим доступу - <https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2020/12/16/protidya-dronam-v-poshukah-srbno-kul/index.html>.
16. Офіційний сайт компанії Baykar [Електронний ресурс]. Режим доступу - <https://www.baykartech.com/en/>.
17. А. С. Білик, А. І. Коваленко / Сучасні методи моделювання прогресуючого руйнування будівель і споруд // Будівництво. Матеріалознавство.

Машинобудівництво. - 2016. - Вип. 87. - С. 35-41. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smmevtek_2016_87_5

18. Дрони: переваги, недоліки, загрози. Карпець Я. Стаття Український інтерес, [Електронний ресурс], Режим доступу - <https://uain.press/blogs/drony-perevagy-nedoliky-zagrozy-1102658>.

19. Башинський В.Г., Рагулін В.В., Обґрунтування необхідності обробки відеоінформації на борту розвідувального бпла // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2022. Вип. № 1(11).

20. Raffaella Brumana, Daniela Oreni. Survey and Scan to BIM Model for the Knowledge of Built Heritage and the Management of Conservation Activities. - 2020.

21. Bruno Daniotti, Marco Gianinetto, Stefano Della Torre. Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment.

22. Цифрової моделі пам'ятника Т.Г. Шевченку у селі Бородянка. Платформа Sketchfab. Режим доступу : - <https://sketchfab.com/3d-models/shot-monument-to-taras-shevchenko-94658a22413747e98244bd1a23b17b3b>.