

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА ТУРИЗМУ

КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
освітнього ступеня магістр

на тему **Застосування геоінформаційних технологій в  
організації раціонального використання  
земельних ресурсів**

Спеціальність \_\_\_\_\_ 193 «Геодезія та землеустрій» \_\_\_\_\_

Виконав: студент, \_\_\_\_\_ Василь Бобрушко \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

ДУБЛЯНИ - 2022р





## Зміст

Вступ	6
1. Проблеми раціонального землекористування	8
1.1 Сутність та зміст раціонального використання землі	8
1.2 Розвиток інформатизації кадастру та систем просторового планування на основі геоінформаційних технологій	12
2. Роль геоінформаційних систем при забезпеченні раціонального землекористування	19
2.1 Геоінформаційне забезпечення земельного адміністрування.	19
2.1.1 Забезпечення ГІС даними для створення просторових моделей територій	19
2.1.2. Приклади успішного застосування ГІС технологій в управлінні територіями	21
2.2. 3D моделювання територій населених пунктів як механізм для документування та аналізу землекористування та об'єктів нерухомості. Тенденції розвитку 3D кадастру	24
2.3. Фотограмметричні технології із застосуванням безпілотних знімальних апаратів для кадастрових робіт та документування стану місцевості	28
3. Експериментальні дослідження моделювання території ЛНУП за матеріалами аерознімання з БПЛА	36
3.1 Об'єкт моделювання, підготовчі геодезичні роботи	36
3.2 Підготовка політного завдання та виконання аерознімання з БПЛА	38
3.3 Порядок опрацювання аерознімків комп'ютерною програмою Pix4Dmapper	42
4. Охорона праці та захист населення від надзвичайних ситуацій	51
4.1 Загальні підходи організації охорони праці та безпеки населення	51
4.2. Заходи щодо забезпечення умов та безпеки праці при проведенні геодезичних робіт	53
5. Охорона навколишнього середовища	56
Висноки	61
Список використаної літератури	62
Додатки	67



**УДК 528.9/332.2.3:631.12**

Застосування геоінформаційних технологій в організації раціонального використання земельних ресурсів. Бобрушко В.В. - Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Дубляни, ЛНУП, 2022.

70 с. текст. част., 1 табл., 25 рис., 45 джерел, Електронна презентація.

Проаналізовано сучасну наукову думку щодо раціонального використання земель

Проаналізовано сучасні підходи щодо методів збору вихідних даних шляхом зйомки території та формування даних для ГІС на території об'єкту дослідження кваліфікаційної роботи.

Застосовано методи опрацювання матеріалів аерознімання на території об'єкту дослідження.

За результатом кваліфікаційної роботи викладено методологію геоінформаційного тривимірного моделювання території академічного містечка Львівського національного університету природокористування та створено ортофотоплан і цифрову модель місцевості.

## Вступ

Актуальність теми. Геоінформаційні технології та сучасні методи збору просторової інформації дають змогу створювати цифрові та електронні моделі місцевості, особливо корисні для ефективного управління нерухомістю в межах забудованих територій. Створення таких моделей є актуальним завданням для теорії та практики геодезичної науки та землеустрою і є прямою умовою впровадження в перспективі тривимірного кадастру. Як вхідні дані дедалі частіше застосовують матеріали аерознімання з безпілотних літальних апаратів.

Мета і задача дослідження. Моделювання територій та окремих об'єктів нерухомості в межах академічного містечка Львівського національного університету природокористування за даними аерознімання з безпілотного літального апарату.

Предметом дослідження даної роботи є методи аерознімання із застосуванням безпілотників та геоінформаційні методи тривимірного моделювання місцевості.

Об'єктом дослідження є територія академічного містечка Львівського національного університету природокористування.

Методологія і методика дослідження. Методологічною основою дослідження є вимірювання, спостереження, методи картографування, аналіз робіт вітчизняних та зарубіжних вчених з досліджуваної проблеми.

Інформаційна база. Зображення досліджуваної території отримані за допомогою безпілотного літального апарату DJI 3 Pro в 2021 році, геодезична знімальна мережа на території розвинута методом ГНСС, програмний комплекс PIX4D.

Особистий внесок дипломника. Кваліфікаційна робота є самостійно виконаною науковою працею, в якій викладено методологію геоінформаційного тривимірного моделювання території академічного містечка Львівського національного університету природокористування. Висновки що винесені на захист, зроблено самостійно.

Структура і обсяг кваліфікаційної роботи. Складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури. Робота виконана на 70 сторінках тексту, презентаційні матеріали підготовлені у в PowerPoint 2010.

# **1. Проблеми раціонального землекористування**

## **1.1. Сутність та зміст раціонального використання землі**

Земля є найбільш цінним природним ресурсом, багатством нашої країни. Від її раціонального, ефективного та бережного використання залежить добробут теперішнього і майбутніх поколінь. Земельні ресурси розглядають як компонент навколишнього середовища, територію на якій проживає населення та проводиться розмежування адміністративного устрою країни, а також як економічні ресурси такі як ліси, родовища корисних копалин, сільськогосподарські землі. Визначальною ознакою цих ресурсів є їх вичерпність, тому актуальною проблемою є раціональне, науково обґрунтоване їх використання. Для досягнення стабільного, сталого розвитку держави слід забезпечити використання природних ресурсів таким чином, щоб задовільняти матеріальні потреби суспільства та збереження і при можливості – покращення їх стану [1] .

Законодавством [2] встановлено перелік категорій, на які поділяються землі України за основним цільовим призначенням:

- а) землі сільськогосподарського призначення;
- б) землі житлової та громадської забудови;
- в) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;
- г) землі оздоровчого призначення;
- г) землі рекреаційного призначення;
- д) землі історико-культурного призначення;
- е) землі лісогосподарського призначення;
- є) землі водного фонду;
- ж) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення.

За роки незалежності України відбулися суттєві зміни у структурі основних видів угідь [3]. Зокрема, порівняно із станом на 1 січня 1994 року площа сільськогосподарських угідь зменшилась з 41,89 млн. га до 41,63 млн.

га, тобто на 260 тис. га; площа забудованих земель збільшилась з 2,39 млн. га до 2,49 млн. га; площа водойм залишилась без змін – 2,42 млн. га, а площа лісовкритих земель зроста з 10,33 млн. га до 10,57 млн. га, тобто на 240 тис. га. Поділ земельного фонду за основним цільовим призначенням і суворе дотримання умов їх використання має важливе значення для здійснення раціонального використання земель і є одним з визначальних типів раціонального землекористування. Дані щодо стану земельних ресурсів необхідно неперервно збирати та виконувати їхній аналіз з метою вчасного виявлення, прогнозування та запобігання негативних змін. Державні та комунальні установи займаються складанням рекомендацій для прийняття управлінських рішень. Об'єктом моніторингу визначено всі землі не залежно від їхнього цільового призначення.

В Україні сформована і продовжує вдосконалюватись система використання земель, яка передбачає виробничий (корисний, ефективний), дозвільний, відтворювальний і природоохоронний аспекти раціонального користування обмеженими земельними ресурсами. Вказане стосується всіх земель вище перелічених категорій всіх форм власності.

Використання земель вимагає постійного вдосконалення структури розподілу земель відповідно до складених історично на певних територіях умов господарювання, планів та перспектив розвитку економіки, задля поліпшення організації території. Також законодавчо визначаються й інші напрями раціонального використання земель та їх охорони в цілому по державі та в межах її окремих адміністративних утворень [4].

Законодавство України, зокрема стаття 5 Земельного кодексу України визначає як один з основних принципів забезпечення раціонального використання та охорони земель [2].

Спосіб користування землею має велике значення для розвитку сільськогосподарської економіки та в соціальному сенсі. Від пануючого типу землекористування в країні залежить і розподіл у ній доходів від землеробства між різними верствами суспільства [5]. Очевидна справедливість поширення

цього твердження й на інші сфери економічної діяльності, що використовують землю для виробництва, транспорту тощо. Умовою ефективного використання земельних ресурсів є розв'язання низки таких важливих завдань, як розмежування права державної та комунальної форм власності, створення системи державного земельного кадастру та інших кадастрів, забезпечення ефективного державного контролю за використанням земель, моніторингу земель, розвитку ринкового землевпорядкування, підготовки, перепідготовки й підвищення кваліфікації кадрів у галузі управління використанням земельних ресурсів [6].

Відповідно до положень Закону України «Про охорону земель» [7] охорона земель – це «система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення для несільськогосподарських потреб, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення». Завданнями охорони земель є забезпечення збереження та відтворення земельних ресурсів, екологічної цінності природних і набутих якостей земель. Об'єктом особливої охорони держави є всі без виключення землі в межах території України.

Визначальними щодо розуміння раціонального використання землі є положення Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Вони як обов'язкову екологічну вимогу при використанні природних ресурсів громадянами, підприємствами, установами та організаціями висувають додержання раціонального та економного використання природних ресурсів на основі широкого застосування новітніх технологій [8].

Ряд діючих в Україні нормативних документів визначають раціональність використання земель з превалюванням економічних позицій. Так, ДСТ 26640-85 «Землі. Терміни та визначення» визначає раціональне використання земель як забезпечення всіма землекористувачами в процесі виробництва максимального ефекту при здійсненні мети землекористування з урахуванням охорони земель та оптимальної взаємодії з природними факторами. В цьому ж ключі розглядають раціональність землекористування в роботах інших авторів, зокрема Другак В.М., Третяк А. М., Третяк В. М [9, 10]. Критику цього положення дано в роботі Г. Радченко [11]. Автор звертає увагу, що згадане трактування раціональності використання землі пов'язується із виробництвом, у той час як земля використовується не лише як засіб виробництва, а є і «...операційною базою для системи розселення, розміщення галузей народного господарства та шляхів сполучення, і є невід'ємною умовою, місцем, засобом і джерелом існування живих організмів, життєдіяльності людини, забезпечення її духовних і матеріальних потреб». Тому справедливим є уточнення, що в інших перерахованих випадках не потрібне раціональне використання. Крім того, у здійсненні мети землекористування мається на увазі лише економічний ефект, хоч у землекористувачів виникають і інші цілі, наприклад, оздоровчі, рекреаційні, естетичні тощо, які не взяті у визначенні ДСТ до уваги.

В науковій літературі раціональне використання землі як правило розглядають з умов дотримання відповідних принципів (правил) її використання та охорони. Власне ці принципи відображають зміст раціонального землекористування і частково змінюються під впливом загального розвитку науки та суспільних відносин в країні. В історичній ретроспективі принципи раціонального використання земельних ресурсів практично незмінними залишаються положення щодо екології ґрунтів та їхня охорона. У статті [О. В. Лебеденко [12] досліджено теоретичні основи раціонального використання земель та запропоновано класифікацію існуючих принципів раціонального використання земель. На основі положень,

розроблених Мицай М.А., Горлачук В.В., В'юн В.Г., Семикін О.М. та інших авторів [12], які пропонували принципи раціонального використання земельних ресурсів залежно від аспектів землекористування, автор розділює всі принципи на чотири групи: 1) принципи організаційного характеру; 2) принципи економічного характеру; 3) принципи соціального характеру; 4) принципи екологічного характеру (таблиця 1).

Таблиця 1. Принципи раціонального використання земельних ресурсів  
(за О. В. Лебедеко [12])

Принципи організаційного характеру	Принципи економічного характеру	Принципи соціального характеру	Принципи екологічного характеру
— цільове використання земельних ресурсів; — пріоритет сільськогосподарського використання земель; — врахування зональних відмінностей; — плановість організації використання земельних ресурсів	— принцип рівноправності всіх форм власності й господарювання на землі; — принцип платності землекористування; — принцип економічного стимулювання	— принцип законності; — принцип нормативного забезпечення; — принцип відповідальності за порушення земельного законодавства; — принцип державного регулювання	— регулювання господарського навантаження на угіддя; — принцип диференційованого використання земель; — підвищення родючості ґрунтів і продуктивності угідь; — охорона земель

## 1.2. Розвиток інформатизації кадастру та систем просторового планування на основі геоінформаційних технологій

Основний метод визначення дійсного стану земель - оцінка їхніх кількісних і якісних характеристик в просторово-часовому аспекті. Інформація про стан земель є необхідна при прийнятті рішень з організації їх раціонального використання та охорони, розробки землевпорядних проектів, ведення обліку земель тощо. Зібрати та централізовано накопичувати землевпорядну інформацію є складною задачею. Традиційно вона вирішується картографічними методами, а в сучасному розумінні – складають



геоінформаційні цифрові та електронні моделі місцевості. Оскільки ГІС є багатоцільовою системою, то інформація в ній повинна бути представлена від дрібномасштабних до великомасштабних картографічних зображень. Вирішення багатьох завдань можливе тільки в основі яких покладені точні, актуальні та якісні картографічні матеріали:

- Просторове планування, розробка містобудівної документації (схеми планування країни, областей, районів, ОТГ та Генеральних планів населених пунктів, розвиток містобудівного кадастру всіх рівнів);
- Землевпорядні проекти – інвентризація земель, встановлення меж населених пунктів;
- Точне землеробство;
- Екологічні проекти (Біосферні заповідники, Національні природні парки);
- Геологічні та геофізичні проекти;
- Лісове, водне господарства.

Геоінформаційні системи (ГІС) дають можливість автоматизації однотипної та нетривіальної роботи, акумулювання даних, можливість перегляду, пошуку, інтерактивної роботи з даним, а також матиме можливість організувати мережевий доступ та контролювати політику доступу до інформації, механізм генерування документації та багато іншого [13].

Формально геоінформаційну систему земельного призначення можна описати як сукупність вхідних, проміжних і вихідних моделей геопросторових даних, процесів їх обробки і перетворення, а також взаємодії процесів між собою і користувачів із системою [14]. В більш загальному сенсі в геоінформаційних технологіях виділяють окремий клас – Земельно-інформаційні системи. Метою формування земельно-інформаційної системи є створення механізму геоінформаційного забезпечення наявних на територіях України систем, пов'язаних із життєдіяльністю, соціально- економічним розвитком територій та сприятиме дотримання прав громадян та суб'єктів земельних відносин [15].

Географічна інформаційна система або геоінформаційна система (ГІС) – це інформаційна система що опрацьовує інформацію про об'єкти та явища які пов'язані з певним місцеположенням відносно Землі [16]. За більш широким означенням ГІС - це комп'ютерна система, яка забезпечує збір, підтримку, зберігання, аналіз, видачу та розповсюдження просторових даних і інформації [17]. Як слідує з цих визначень, мова йде про багатоцільові, багатоаспектні інформаційні системи, які поєднують просторові дані, методики їхнього опрацювання, апаратні і програмні засоби, а також людей що їх розробляють і обслуговують. ГІС вибудовують на положеннях відносно нової наукової дисципліни – геоінформатики, яка в свою чергу поєднує такі три складові:

- Загальна геоінформатика –це розділ геоінформатики, що займається дослідженням і розробкою наукових основ, концепцій, загальних методів моделювання, аналізу та представлення цифрових моделей геосистем;
- Прикладна геоінформатика вивчає практичні методи роботи з ГІС, застосування ГІС-технологій в різних галузях науки та економіки;
- Спеціальна геоінформатика є основою для аналізу систем і методів обробки просторових даних.

Геоінформаційні системи (ГІС) знайшли застосування у багатьох сферах діяльності людини та суспільства. Проблемна орієнтованість ГІС – загальна характеристика, пов'язана із формулюванням вирішуваної задачі, набором вхідної інформації і використовуваними інформаційними ресурсами. Тематична база інтегрованих геоданих, стосовно досліджуваної території, є основою для створення складної інформаційної моделі об'єкта дослідження в проблемно-орієнтованій ГІС. Множину типових задач умовно об'єднують в чотири базові прикладні групи, кожна з яких вимагає прийняття специфічних рішень стосовно проектування ГІС, вибору типу просторових даних, моделі, інструментів тощо. Це – інвентаризація, оцінка і моніторинг оточуючого середовища (природно-ресурсні ГІС), кадастр (кадастрові ГІС), планування і управління просторово розподіленим майновим і господарчим комплексом, комунікаціями і засобами зв'язку (мережеві, корпоративні ГІС), планування і

контролю в управлінні територіями (інформаційно-управлінські, муніципальні ГІС).

ГІС технології характеризує забезпечення застосування новітніх інформаційних технологій: супутникові технології визначення місцеположення точок місцевості (ГНСС), електронні геодезичні приладів, у тому числі роботизовані, дистанційні засоби отримання геопросторової інформації, зокрема лідарні зйомки, аерознімання з пілотованих та безпілотних літальних апаратів, космічні системи дистанційного зондування Землі тощо.

Починаючи від зародження у 1960-х роках геоінформаційні технології були тісно пов'язані з проблематикою обліку земельних ресурсів, документування земельних відносин що існують на територіях різного масштабу охоплення – від планетарного до локального. В наш час в геоінформатиці виокремився окремий вид інформаційних систем – Земельні Інформаційні Системи (ЗІС). Вони дозволяють централізовано, у визначених законами і нормативами структурах і форматах даних накопичувати інформацію про земельні ділянки. ЗІС також в автоматизованому режимі, оперативно дозволяють вирішувати рутинні завдання щодо перевірки та корегування актуальності, повноти та коректності інформації, виявляти недоліки в наповненні та адмініструванні спеціалізованих банків даних та інфраструктури геопросторових даних. Розвинуті в геоінформатиці методи просторового та часового аналізу та моделювання реалізуються для цілей створення та дослідження цифрових моделей територій, топографічного, кадастрового та тематичного картографування. В поєднанні із сучасними засобами телекомукаційного зв'язку, такі системи дозволяють вирішувати складні задачі обігу просторових даних. Сучасні геоінформаційні системи дозволяють будь-якій установі, підприємству чи громаді за досить короткий термін створити якісні геопросторові бази даних щодо земельних ресурсів та виконати аналіз якості їхнього застосування.

Досі ГІС є найбільш перспективним напрямком в формуванні управління земельними ресурсами [18]. Адже унікальна здатність цих систем забезпечити одержання актуальної і наочної інформації в картографічній формі та формі електронних документів, що формуються на вимогу користувача за даними, накопиченими в стандартизованих базах даних. Таким чином, ГІС виступають засобом забезпечення задач, що пов'язані з інформатизацією кадастру та систем просторового планування територій. Такі спеціалізовані геоінформаційні системи в розвинених країнах почали впроваджуватись в кінці 1960-х років і до теперішнього часу пройшли певний розвиток. Аналіз цього розвитку і його тенденції в Україні приведено в роботі [19] (рис.1).



Рисунок 1 — Розвиток інформаційних технологій для кадастру та систем просторового планування

Сучасний ринок інформатики пропонує дуже різноманітні програмні комплекси, які реалізують сотні алгоритмів оброблення просторових даних. Це спонукало до розроблення вже від початку 1990-х років низки національних та міжнародних стандартів, які визначають якісні характеристики програмного забезпечення та даних, які застосовуються для кадастру та управління

територіями і нерухомістю (наприклад, ISO TC 211/SC/WG7 - міжнародний стандарт, який створено у 1994 році.

З означених вище переваг геоінформаційних систем та їхню інтегруючу роль в інформаційному забезпеченні потреб різних ланок управління, законодавство України та діючі нормативні акти спонукають застосовувати саме такі інформаційні системи як зразок новітніх технологій [21].

Важливою на нашу думку тенденцією для умов України є розроблення та впровадження єдиної методики управління ресурсами громади за допомогою геоінформаційних систем. Така розробка вимагає значних фінансових витрат на придбання сучасних комп'ютерних засобів і необхідного програмного забезпечення, а також на фахову підготовку та для оплати праці висококваліфікованого персоналу. Поки більшість ОТГ фінансових можливостей для цього не мають і розробники (наприклад, компанія «БломІнфо-Юкрейн»: <http://biu.com.ua/> та інші) пропонують забезпечувати ОТГ програмними геоінформаційними ресурсами і забезпечувати їм доступ до наборів даних через створення регіональних геоінформаційних процесінгових центрів (ГПЦ). Ці центри надаватимуть усім фахівцям ОТГ, а саме землевпорядникам, архітекторам, економістам та менеджменту можливості накопичення та обробки своїх геоданих дистанційно - за технологією «клієнт-сервер».

Враховуючі означені проблеми запровадження гіс-технологій як інструменти управління нерухомістю та земельними ресурсами громади, фахівці багатьох компаній здійснюють розробки ГІС інструментарію на основі пропрієтарного (ArcGIS) та відкритого програмного забезпечення ГІС, зокрема геоінформаційної системи QGIS.

Відкрите програмне забезпечення ГІС набуває широкої популярності в багатьох сферах і має великий потенціал до впровадження в галузях кадастру і управління територіями. За даними опитування користувачів відкритих ГІС, проведеним в Інституті географії Національної академії наук України, галузі використання ГІС Серед них (можна було вибирати декілька відповідей)

більшість задіяні у картографічному виробництві (43%) та займаються науковими дослідженнями (40%) (Рис. 2). Натомість фахівців в галузі кадастру нерухомості виявилось 6,1%, територіального управління – 16,3%.

### В якій галузі ви використовуєте ГІС (49 відповідей)

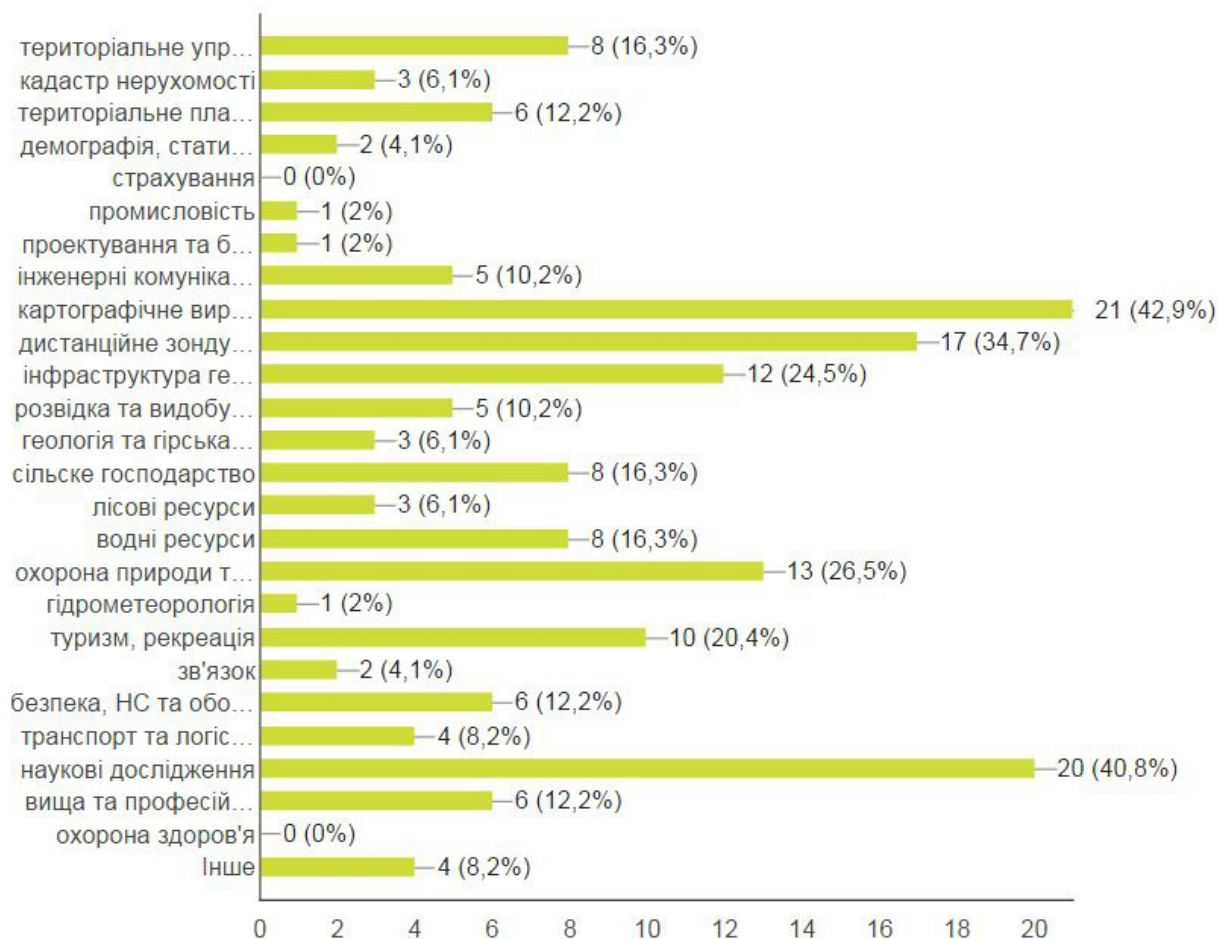


Рисунок 2 — Галузі використання ГІС (Інститут географії Національної академії наук України)

## **2. Роль геоінформаційних систем при забезпеченні раціонального землекористування**

### **2.1. Геоінформаційне забезпечення земельного адміністрування.**

#### **2.1.1. Забезпечення ГІС даними для створення просторових моделей територій**

Як і будь-яка інші прикладні геоінформаційні системи, ЗІС та кадастрові АІС будуть ефективними при наявності повних, актуальних, точних в геометричному та достовірні в тематичному сенсі даних.

Традиційний кадастр, який для забезпечення завдань з обліку та управління ресурсами, територіями і нерухомістю використовує планово-картографічні документи із запровадженням геоінформаційних технологій перейшов на електронний документообіг в 2D форматі з об'єднанням графічної та описової (семантичної) частин в геореляційній моделі даних. В інформаційних моделях, що засновані на теорії множин, опис об'єктів нерухомості в кадастрі подається правилом:

$$K(t) = \{G(x_i), A(d_i), t\}, \quad (1)$$

де  $K(t)$  – база даних об'єктів нерухомості;

$G(x_i)$  – елементи системи, що описують просторові характеристики об'єкта;

$A(d_i)$  – елементи системи, що описують сутнісні (непросторові, семантичні) характеристики об'єкта;

$t$  – час опису стану об'єкта.

Такий опис об'єкта як інформаційної одиниці в електронній системі обліку є універсальним для багатьох різновидів підсистем, необхідних для функціонування цілісної ЗІС, ведення містобудівної документації та кадастру нерухомості в межах адміністративного утворення. Це дозволяє здійснити типізацію наборів профільних геопросторових даних, як це наприклад здійснено М. Дьоміним, А. Лященко в уже нами згадуваній роботі [19] щодо містобудівної документації (рис. 3).

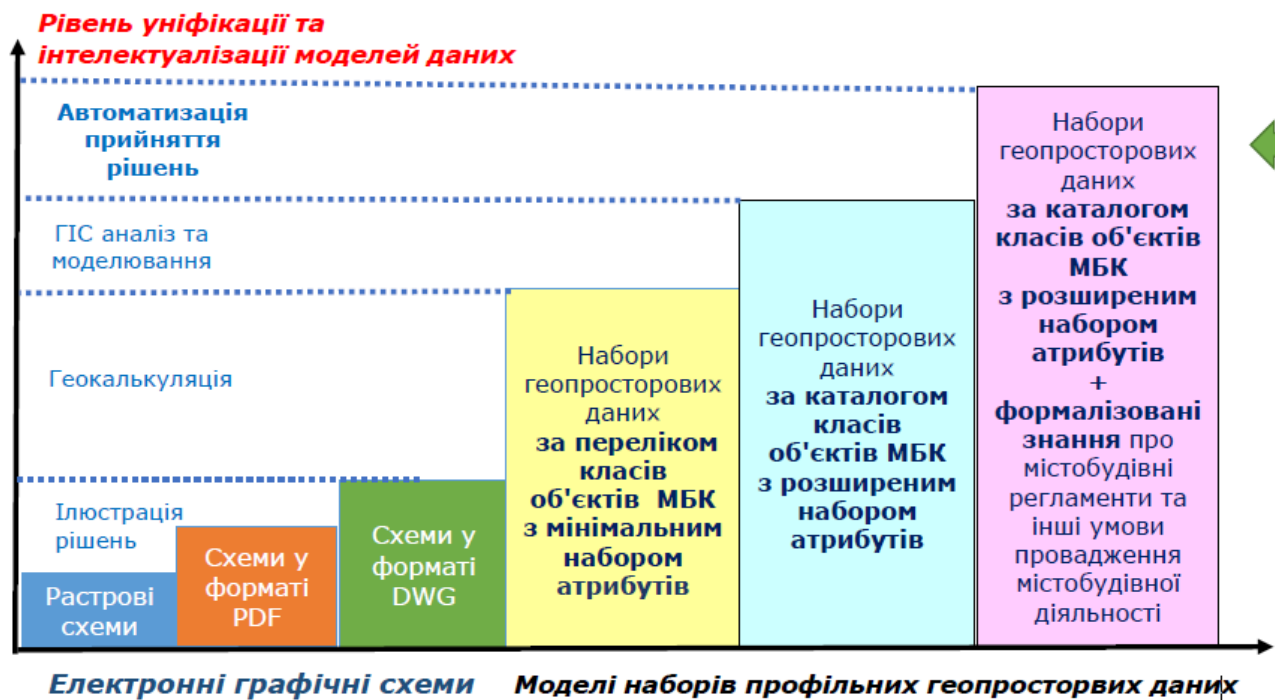


Рисунок 3 — Типізація наборів профільних геоданих для містобудівної документації за рівнем уніфікації структури і змісту

Дані для внесення відомостей до ДЗК та містобудівного кадастру формуються в файлах форматів eXtensible Markup Language (XML). Використання цього формату даних визначене Порядком ведення Державного земельного кадастру [22].

Застосування системи XML-електронних документів в АІС ДЗК та МБК дозволяє використовувати єдині уніфіковані системи класифікації об'єктів та їхніх атрибутів (властивостей) та реалізовувати об'єктно-орієнтований підхід для опису базових класів об'єктів кадастрового обліку. Формат є відкритим, документованим і тим самим створює для всіх виробників інформаційних систем єдині XML-схеми усіх електронних документів, що розробляються на множині базових класів і єдиних класифікаторів.

Для формування картографічних матеріалів, цифрових моделей територій тощо вживаються формати векторних та растрових файлів: GeoTIFF, SHP, DMF, MID/MIF, DXF, XML, GeoJSON, GPX, LOC, ARINC, AIXM. Для публікації матеріалів на сторінках інтернет-ресурсів – формат KML.



## 2.1.2. Приклади успішного застосування ГІС технологій в управлінні територіями

В роботі Липського В. та Мальцева С. [23] приведено такі переваги застосування ГІС:

- Оптимізація роботи з документами та людьми:

Збір даних – 30%

Аналіз даних - 20%

Звіти та сортування результатів - 50%

- Оптимізація роботи з картами:

Збір даних – 60%

Аналіз даних - 60%

Звіти та сортування результатів - 40%.

Автори подають також окремі приклади застосування ГІС технологій в управлінні територіями. Так, цікавими є приклади економії від використання ГІС технологій за зарубіжним досвідом:

Область впровадження	Завдання	Рішення на основі ГІС	Економічний ефект
Департаменти вивезення сміття і адміністративних послуг.	Підвищення ефективності маршрутизації і оптимізації робіт по прибиранню сміття.	Створена заснована на ГІС методика.	У два етапи скоротили число машин для вивозу твердих відходів з 39 до 29, що дало економію в \$250 000 в рік. Водії, що звільнилися, працюють в інших програмах.
Водний департамент	Вказівка по скороченню витрат і загальному підвищенню ефективності діяльності.	Упроваджена ГІС, що зберігає час співробітників, пов'язаний із збором інформації, плануванням, створенням карт і проведенням інспекцій.	Очікувана за п'ять років чиста економія засобів від впровадження ГІС за рахунок підвищення ефективності роботи співробітників оцінюється в \$5 356 943.
Департамент поліції	Необхідно виявити райони з високою злочинністю і понизити число крадіжок із зломом в цих районах.	З допомогою ГІС виявлені проблемні райони і тенденції злочинів в них. Почата програма моніторингу. У районах посилені програми допомоги мало їдущим і таким, що мають потребу.	Число злочинів в проблемних районах за сім тижнів знизилось на 67%.
Шкільний департамент	Треба оптимізувати маршрути шкільних автобусів	У Arc GIS створені інструменти для підтримки планування доставки учнів	Перегляд маршрутів і місць зупинок дозволив понизити витрати на \$49 000 в рік.
Інженерний департамент	Не виставляються рахунки клієнтам, що використовують стічну каналізацію, оскільки частина власності не врахована.	Нанесена на карту власність, яка не врахована в місцевих системах каналізації, складені форми рахунків власникам.	Скоректована база даних дозволила додатково отримувати \$8000.
Інспекторський відділ	Необхідно виправити процедуру видачі дозволів.	З допомогою ГІС створена автоматизована система.	Система дозволила скоротити витрати часу на видачу дозволів на 250 годин в рік.
Департаменти планування і фінансів	Перегляд бюджету показав, що сума доходів від місцевих стікерів (\$25 за кожен стікер), що належать на місцеві автомашини, не відповідає числу сімей в містах.	Виявлено, що в списках опікувальної ради міст зафіксовані автомобілі, приписані до округу, не приписані до міст. Шляхом проведеної засобами ГІС адресної прив'язки виявлена невідповідність записів реєстрації адрес по містах і округу.	Геокодування (адресна прив'язка) 16 000 додаткових записів адрес дозволила виявити 2 100 сімей, які не оплачували вартість стікерів, обов'язкових для жителів міст. Додатковий дохід міст склав \$52 500 в рік.
Відділ інформаційних технологій	На складання адресних наліпок на конвертах для розсилки повідомлень витрачається багато часу.	Засобами ГІС автоматизовано процес створення адресних наліпок на повідомленнях, що розсилаються різними департаментами в різні організації залежно від зони, в якій вони розташовані.	Час, що витрачається на розсилку повідомлень співробітниками чотирьох департаментів скоротилося на 500 годин в рік.

В доповіді С. Кубаха [24] приведено формулювання типових проблем громад в управлінні земельними ресурсами, які виявлено при виконанні досліджень за проектом «Підтримка аграрного і сільського розвитку»:

1.Невизначеність меж території юрисдикції ОТГ.

2. ОТГ не має повних повноважень розпоряджається землями державної та комунальної власності .
3. Недоотримання надходжень до місцевого бюджету від плати за землю .
4. Неможливість спланувати діяльність через брак інформації про ресурси .
5. Забруднення земель (засмічення території, звалища, скотомогильники, тощо).
6. Неможливість задовільнити потреби та інтереси громадян в отриманні земельних ділянок.
7. Пропозиції для залучення інвестора та ведення бізнесу відсутні.
8. Резервування перспективних для розвитку громад територій не здійснюється.
9. Догляд меліоративних систем не здійснюється.
10. Незаконне використання безгосподарних лісів.

Для вирішення означених проблем застосовано геоінформаційний підхід, що автори вважають позитивним прикладом.

Обґрунтування і результати створення геоінформаційної бази даних для забезпечення проблем землеустрою території Одеської області представлено в статті [25] де автори за власним досвідом роботи констатують, що комплексно, ефективно та економічно доцільно вирішити основні питання проведення землеустрою в межах області можливо лише із застосуванням ГІС-технологій.

О. Железняк та Л. Гебрин. [26] відзначають, що значну роль у вирішенні проблем щодо ведення ефективного землекористування відіграють геоінформаційний аналіз та обробка даних дистанційних аерокосмічних досліджень. Серед іншого, робиться висновок, що застосування аерокосмічних методів та ретроспективного аналізу використання земель виявило проблеми щодо ефективності управління земельними ресурсами Закарпатської області.

В роботі Борового В.О. та Зарицького О.В. [27] представлено розроблений авторами програмний інструментарій для автоматизації проектування зонінгу забудованих територій. Один з програмних інструментів - «Містобудівні правила 4» (рис. 5) відображає принцип проектування нової

забудови із врахуванням усіх обмежувальних за ДБН (Державні будівельні норми) нормативів та допустимі норми взаємного розташування містобудівних об'єктів.

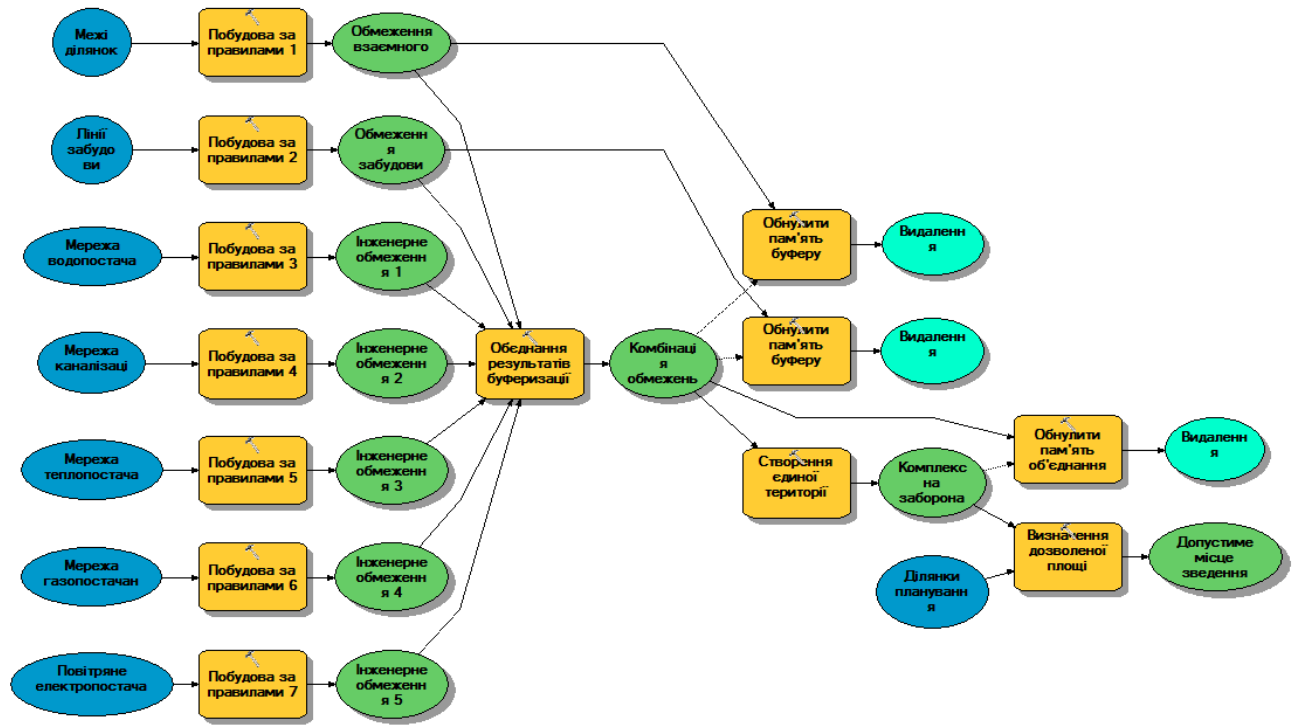


Рисунок 5 — Модель геообробки «Містобудівні правила 4».

(прямокутниками позначено програмні інструменти ГІС, овалами – набори даних які є вхідними для програмних інструментів та результатами їхньої роботи; стрілки визначають порядок застосування програмних інструментів)

Як результат роботи модель геообробки у виді картографічного шару визначає допустимі частки території для зведення будівель та споруд.

Однією з важливих наукових проблем є пошук методів інтеграції просторових даних для створення геоінформаційних моделей (GIS) та будівельних інформаційних моделей (BIM), екологічних, кліматичних моделей тощо [28].

## **2.2. 3D моделювання територій населених пунктів як механізм для документування та аналізу землекористування та об'єктів нерухомості.**

### **Тенденції розвитку 3D кадастру**

Розвиток ГІС технологій надає можливості для моделювання і аналізу явищ і подій з врахуванням реального просторового місцеположення об'єкта і певного набору його характеристик. В багатьох країнах традиційне подання кадастрових карт і планів в двовимірному (2D) форматі вже вважається недостатнім для вирішення складних завдань в галузі кадастру, територіального планування, ведення муніципального господарства, розроблення інвестиційних проектів тощо. Досвід зарубіжних країн свідчить про успішне впровадження нової парадигми - створення 3D моделі кадастру і таким чином перехід до тривимірного обліку і реєстрації об'єктів. Досвід в створенні 3D-кадастрів мають Велика Британія, Швеція, Китай, Нідерланди та інші країни. В цих країнах активно розвивають сферу 3D-моделювання для кадастру, відбувається постійне оновлення нормативів в сфері земельно-майнових відносин із застосуванням 3D-моделей об'єктів нерухомості. Актуальність такої тематики обґрунтовується ускладненням площ забудови в містах, розвитком підземної і надземної інфраструктури, ростом кількості операцій з нерухомістю.

В існуючих 3D кадастрових системах інтегруються моделі рельєфу місцевості, будівель, надземних та підземних інженерних споруд і комунікацій, рослинності. Така інтеграція дає нову якість кадастрового обліку. Більш повно забезпечуються механізми захисту прав власності, потреби планування розвитку територій, потреби ринку нерухомості.

Традиційно межі об'єкта нерухомості визначаються в проекції на умовну рівневу (горизонтальну) поверхню. Кадастрові карти і плани показують ситуацію в плані і не містять жодних даних про висоти. В 3D кадастрі враховується ситуація, коли об'єкти нерухомості можуть розташовуватись над, під або безпосередньо на поверхні одної земельної ділянки. Межі земельної ділянки визначаються як конус від центра Землі, який перетинає

земну поверхню та проходить вгору в космічний простір [29, 30, 31]. В земельну ділянку входять поклади корисних копалин, будівлі або частини споруд (які розділені горизонтально, вертикально або іншим чином).

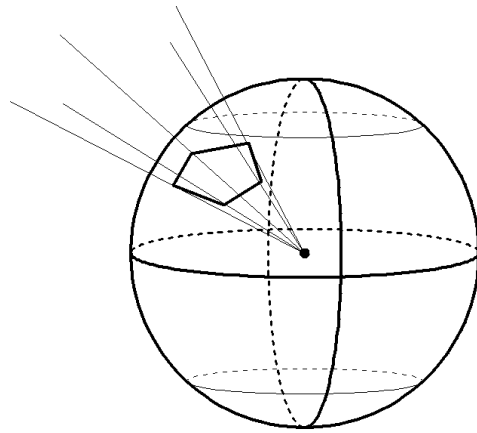


Рисунок 6 — Земельна ділянка в 3D кадастрі

Згідно з описаним визначенням, права на земельну ділянку діляться в вертикальному напрямку.

В Італії разом з традиційним земельним кадастром ведеться окремий кадастр будівель (Cadastré of Buildings). В Іспанії існує така система тривимірної реєстрації: на кадастровій карті відображається 3D модель будівлі з позначенням кольором меж прав всередині будівлі. При цьому точного визначення висот приміщень не вимагається, а за стандартну висоту поверху приймається 3 м [32].

Застосування тривимірних моделей в різних сферах:

- 3D моделювання пам'яток архітектури.
- 3D-моделі на відміну від традиційної карти краще зрозуміла неспеціалістам і дозволяє наочніше уявити навколишнє середовище, особливо на багатокомплексних, щільно забудованих та структурованих ділянках території [33].
- Тривимірні моделі міст використовують для міського та архітектурного планування, розміщуючи проєктовані об'єкти серед існуючих будівель.
- Тривимірна карта з фасадами будівель та під'їздами, доповнена схемами інженерних комунікацій необхідна для міських комунальних і рятувальних

служб. Отримуємо зручну основу для управління, моніторингу та ремонту міських інженерних мереж. Можна структурувати будівлю за поверхами та навіть побачити інтер'єр окремого приміщення.

- Тривимірна модель ідеально підходить для наочної презентації потенційним туристам, інвесторам, або покупцям розташування об'єктів нерухомості, земельних ділянок та їх найближчої інфраструктури.

З означених застосувань не всі потребують надто точного (а отже і тривалого в часі та матеріально затратного) та деталізованого моделювання. В практиці 3D моделювання будинків сформовано так звані «рівні деталізації», або Level of Detailing (LOD) (рис.7). Концепція рівня деталізації стандарту OGC CityGML 2.0 призначена для диференціації багатомасштабних представлень семантичних 3D-моделей міста. На практиці це поняття в основному використовується для позначення геометричних деталей моделі, насамперед будівель [34].

В той же час впровадження 3D технологій поруч з очевидними перевагами вимагає вирішення складних технологічних питань, застосування нових методів збору даних та необхідність зміни нормативно-правової бази кадастрової діяльності.

Розробники інформаційних систем, у тому числі ГІС підтримують цю тенденцію і пропонують відповідні технологічні рішення. 3D візуалізація забезпечується програмними продуктами від компаній Google, Microsoft, ESRI (ArcGIS), Autodesk (3DS MAX), ТОВ «Аналітика» (Digitals Delta) та інших.

Цікавим прикладом є запропоновані компанією ESRI електронні тривимірні базові карти для потреб місцевого самоврядування. «Local Government 3D Basemaps» — це проект для геоінформаційної системи ArcGIS Pro, який можна використовувати для створення високоякісних 3D-сцен для органів місцевої влади, представників бізнесу та громадськості. Ці сцени організовані за різними рівнями деталізації (LOD) і отримані з 2D оперативних даних, якими керує департамент або уповноважене агентство місцевого урядування. Після створення 3D-сцени є основою для 3D-процесів і програм; і

забезпечити послідовний географічний контекст для місцевих урядових департаментів і установ.

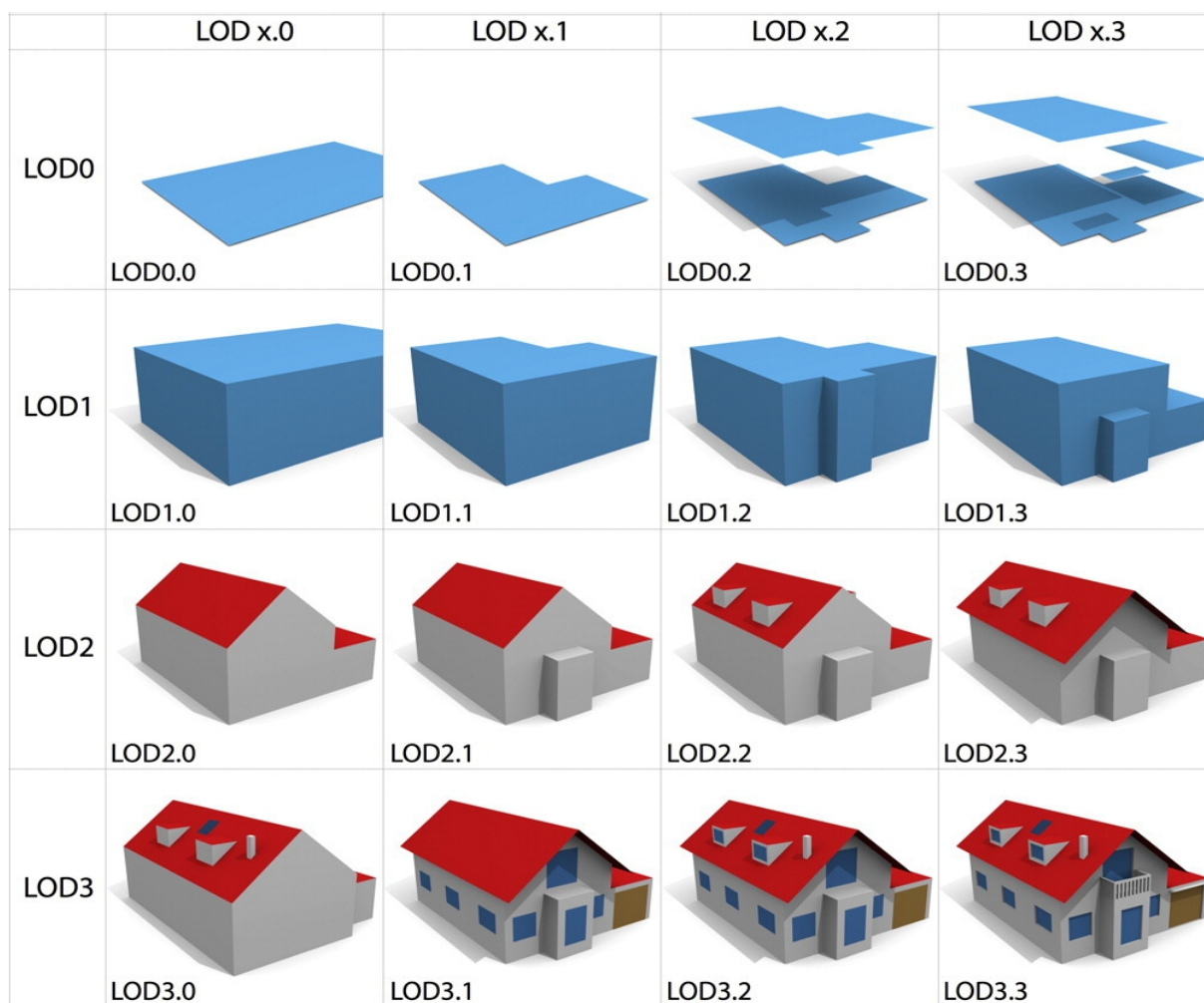


Рисунок 7 — LOD, визначені стандартом CityGML 2.0.

Геометрична деталізація та семантична складність зростають, закінчуючи LOD3, наступні рівні деталізації містять моделі внутрішніх приміщень

В Україні теж ведуться дослідження умов і доцільності впровадження елементів 3D кадастру. Спроможні громади вже зараз реалізують власні програми землеустрою із застосуванням цих технологій. Так, у м.Києві на виконання міської цільової програми використання і охорони земель на 2019-2021рр. було здійснено серед інших заходи щодо отримання цифрової моделі рельєфу та 2D/3D моделі міста [35]. Аналогічні моделі створюються і в інших містах.

### **2.3. Фотограмметричні технології із застосуванням безпілотних знімальних апаратів для кадастрових робіт та документування стану місцевості.**

Для вирішення науково-технічних та прикладних задач для збору інформації про місцевість широкого поширення набуло аерознімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Ці літаючі платформи використовуються як носії знімальної апаратури різних типів і виконують аерознімання відносно невеликих ділянок в стислі терміни при мінімальних затратах на адміністрування та фотограмметричне опрацювання отриманих матеріалів. Сучасні технічні і технологічні рішення, які реалізовано в аерозніманні з використанням БПЛА дозволяють автоматизувати практично всі процеси підготовки до аерознімання, його виконання за планом проходження маршруту та застосувати високопродуктивне програмне забезпечення для створення цифрових моделей місцевості.

Для потреб кадастрової діяльності інтерес представляють в першу чергу ортофотоплани і 3D моделі високого просторового розрізнення, які за геометричною точністю відповідають встановленим нормативним вимогам до великомасштабних топографічних планів. Результати аерознімання з БПЛА дозволяють оперативно вирішувати такі задачі:

- виявляти неправомірне, нецільове і нераціональне використання земельних угідь, територій населених пунктів та підприємств, виявляти інші порушення в сфері земельного законодавства;
- виконувати уточнення меж земельних угідь і ділянок, що надає більш актуальну та точну інформацію адміністраціям, господарюючим організаціям, контролюючим органам про реальні площаді земельних угідь та обґрунтовано приймати ними відповідні рішення;
- з допомогою 3D-моделі будівлі можна визначити її просторове положення в місцевій системі координат, обчислити площу плями забудови, визначити кількість поверхів та оцінити стан прибудинкової території;



– за ортофотопланом чи просторовою моделлю визначати координати характерних точок.

Використання БПЛА для аерознімання передбачає виконання всіх етапів підготовки польоту та геодезичного забезпечення території за аналогією з аерозніманням з пілотованого носія. Використовується два підходи - з підготовкою наземної опорної мережі геодезичних точок, коли необхідно перед виконанням робіт маркувати на місцевості певну кількість точок, просторові координати яких слід визначити геодезичними методами. Другий підхід є більш технологічним і передбачає фіксування координат центрів проектування в момент отримання аерознімків з допомогою GPS геодезичного класу точності в RTK/PPK режимах. Такий підхід дозволяє суттєво зменшити кількість точок планово-висотного обґрунтування і тим самим зекономити до 75% час проектування, підготовчих геодезичних робіт та аерознімання. На рисунку 8 представлена технологічна схема збору і обробки даних з використанням БПЛА у випадку використання бортової апаратури GPS в RTK або PPK режимах. Зауважимо також, що при роботі бортової GPS в RTK режимі зменшується загальна тривалість опрацювання знімків. Після складання проекту опрацювання та вибору необхідних параметрів оброблення в спеціальному програмному забезпеченні всі етапи можна здійснити в автоматичному режимі.

На рисунку 9 представлено порядок виконання робіт із створення 3D-моделі будівлі для потреб кадастру з використанням методу опорних точок. Типовою точністю визначення просторових координат точок наземної опорної мережі – 2-3 см. Частину точок цієї мережі можна використати як контрольні для незалежної оцінки точності створених ортофотопланів та 3D моделей. Для оцінки точності створених 3D моделей також можуть використовуватись як контрольна інформація проміри довжин ліній між однозначно опізнаними на аерознімках архітектурними елементами споруд.

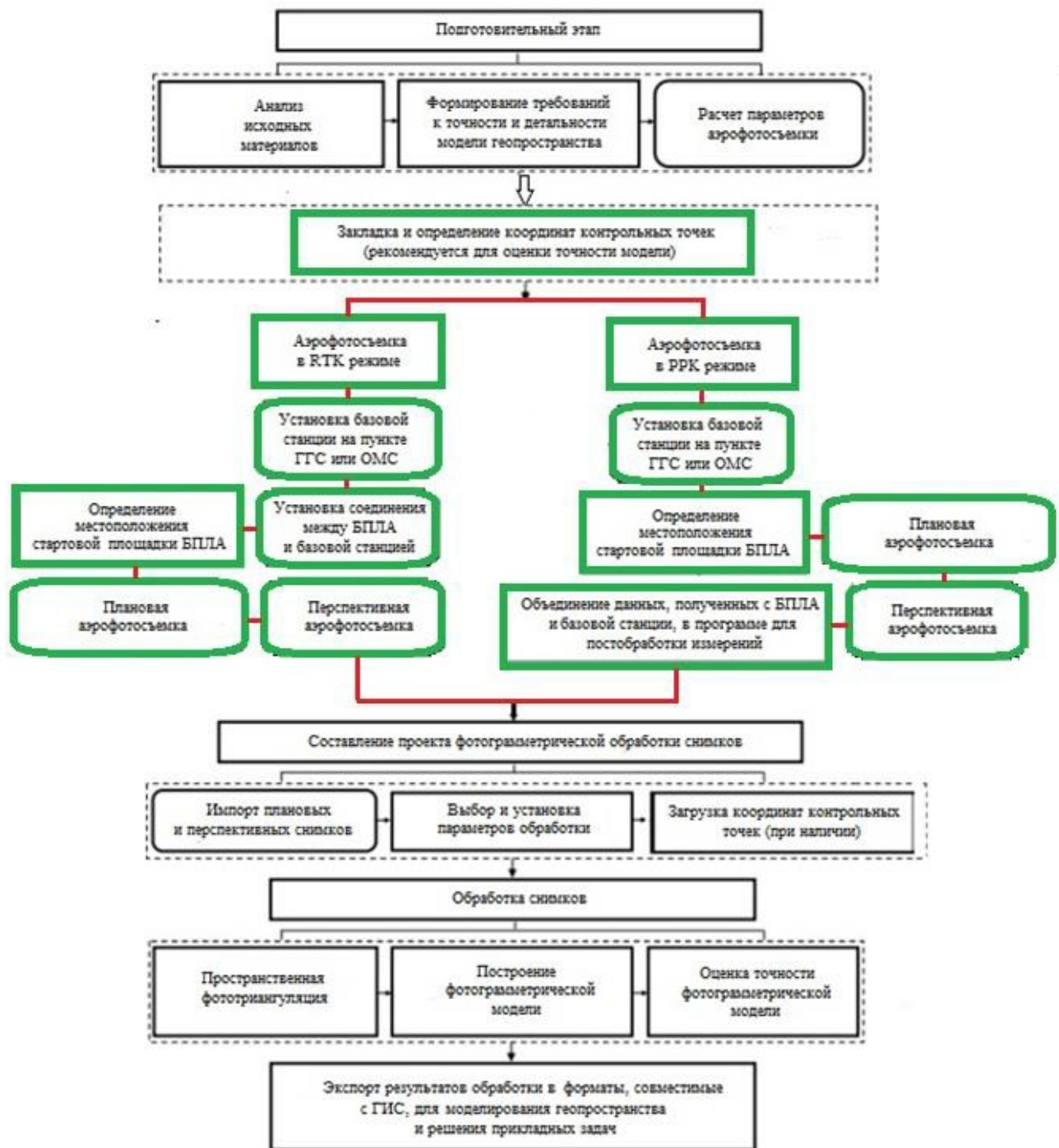


Рисунок 8 — Технологічна схема виконання аерознімання з БПЛА в RTK та PPK режимах та подальшого опрацювання даних геопросторового моделювання

Важливим етапом передпольотної підготовки є розрахунок параметрів аерознімання. Вхідними даними є межі ділянки картографування, масштаб створюваного топографічного або кадастрового плану, висота перетину рельєфу горизонталями. При виконанні розрахунків слід брати до уваги можливості та обмеження використання БПЛА для потреб кадастрових робіт,

сформовані протягом багаторічної практики [36]. Це стосується як щодо вибору часу знімання, типу носія, типу знімальної апаратури так і параметрів власне аерознімання.

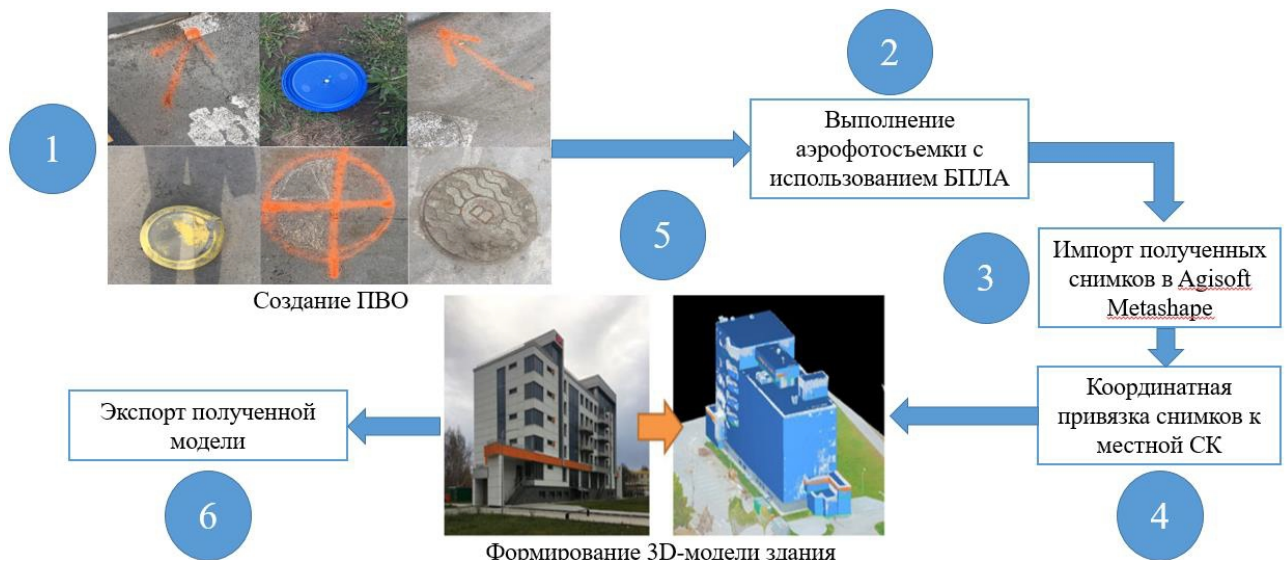


Рисунок 9 — Основні етапи 3D-модельювання будівлі при використанні мережі наземних опорних точок

Вхідними даними для розрахунку є також фокусна відстань камери  $f$ , розміри кадру  $l_x$  та  $l_y$ , крейсерська швидкість БПЛА  $V$ , тривалість польоту без зміни акумулятора  $T_{C0}$  і величина допустимого змазу зображення  $\delta$ .

Розрахунок параметрів планового аерознімання з квадрокоптера типу DJI 3 Pro з метою створення топографічного плану масштабу 1 : 1000 площею 1 км<sup>2</sup> (квадрат із сторонами  $A=C=1$  км) представлено в таблиці. Значення GSD виберемо рівним 5 см / піксел (Ground sample distance – розмір проекції піксела на місцевості), яке рекомендується обрати в 2-3 рази меншим за граничну графічну точність (0,1 мм) для масштабу створюваного плану (для масштабу 1 : 1 000 – 10 см) та щонайменше вдвічі меншим за точність визначення координат точок цифрової фотограмметричної моделі. Також при виборі параметра GSD враховується можливість правильного розпізнавання та інтерпретації зображень об'єктів.

Врахуємо, що повздовжнє і поперечне перекриття знімків при зніманні з БПЛА мають бути значно більшими, ніж у випадку застосування типової

великоформатної камери. Багаторічний досвід вказує, що зменшення перекриттів знімків нижче значення 80% (повздовжнє перекриття) та 60% (поперечне, або міжмаршрутне перекриття) не рекомендується, оскільки це може призвести до некоректних результатів аеротріангуляції та, як наслідок, до проблем у створенні ортофотокарти або автоматичних фотограмметричних вимірювань з використанням елементів зовнішнього орієнтування зображень.

Таблиця 1 — Розрахунок параметрів аерознімання з БПЛА

№	Параметр	Формула	Значення
1	Висота фотографування, м ( $f = 4086 \text{ pix}$ )		122,6
2	Тривалість підйому і спуску, хвилин (швидкість підйому і спуску відповідно $V_{\text{П}}=V_{\text{С}}=4 \text{ м/с}$ )		1,02
3	Розрахункове повздовжнє перекриття знімків, %	$P = 80\%$	80
4	Розрахункове поперечне перекриття знімків, %	$Q = 60\%$	60
5	Відстань між маршрутами на місцевості, м		72
6	Кількість маршрутів на ділянці		15
7	Базис фотографування, м		24
8	Кількість знімків в маршруті		45
9	Загальна кількість знімків		675
10	Загальна довжина всіх маршрутів, км		17,2
11	Тривалість знімання ділянки, год		0,67
12	Тривалість польоту, год		0,18
13	Кількість польотів		4
14	Інтервал між експозиціями, с		3,35
15	Максимально допустима тривалість експозиції при фотографуванні, $\text{с}^{-1}$		1/470
16	Мінімальний об'єм флеш-пам'яті, Мб		6264

Найбільшого поширення для кадастрових аерознімачів в межах населених пунктів набули БПЛА вертолітного типу (мультикоптери). Політ БПЛА здійснюється в одному з двох режимів - автоматичному (рекомендовано для точного витримування завдання польоту) або ручному. Для здійснення польоту в автоматичному режимі оператор перед попередньо проектує політне завдання в спеціальному програмному забезпеченні. Такі програми розробляються під операційну систему для смартфонів і планшетів, вимагають підключення до мережі Інтернет та мають microUSB інтерфейс для завантаження плану польоту в пульт управління БПЛА. Короткий перелік популярних програм для проектування польоту БПЛА та його управлінням:

- DroneDeploy;
- Litchi;
- UgCS;
- Pix4DCapture;
- Cube-fly та інші.

Для відтворення високих будівель і інженерних споруд рекомендована кругова схема польоту.

- Перший раз потрібно пролетіти навколо будівлі з відхиленням оптичної осі камери на кут  $45^\circ$
- Другий і при потребі наступні рази потрібно облетіти навколо споруди, збільшуючи висоту польоту та зменшуючи кут нахилу камери на кожному колі. висота польоту не повинна збільшуватися більш ніж удвічі між сусідніми колами, оскільки різні висоти призводять до надмірної різномасштабності знімків (параметр GSD). При цьому щоб забезпечити достатнє взаємне перекриття знімків, рекомендується робити знімки кожні 5-10 градусів.

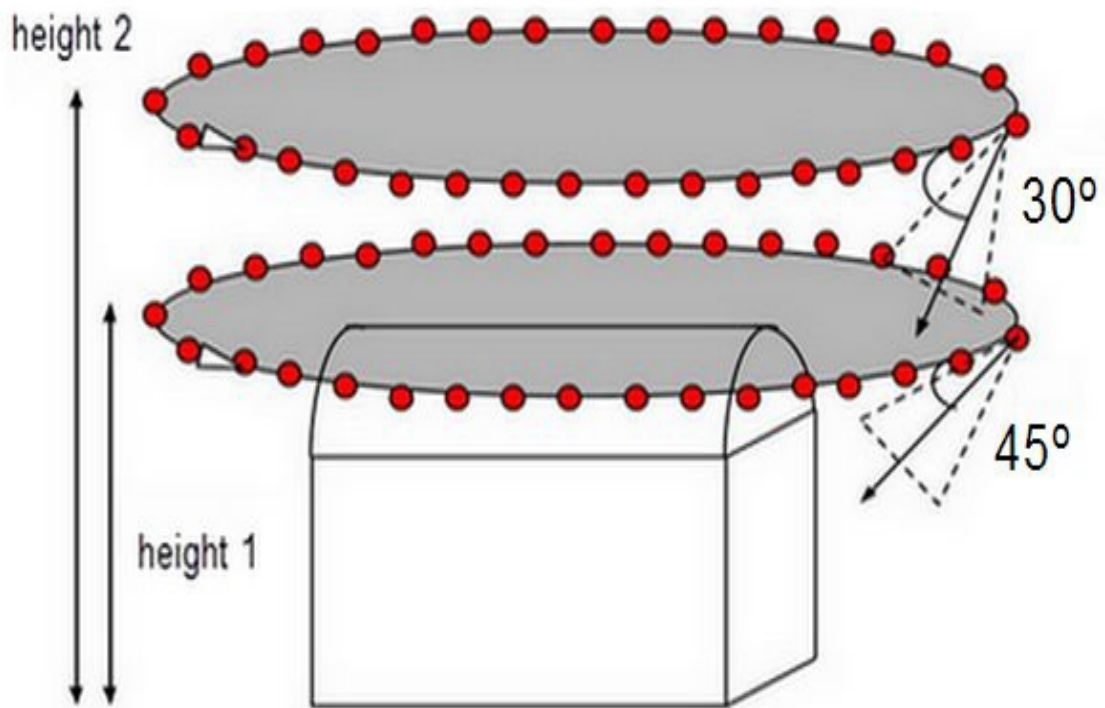


Рисунок 10 — Схема кругових польотів БПЛА при зніманні будівель та інженерних споруд

Розглянемо універсальний підхід до порядку знімання забудованих територій (із забезпеченням видимості фасадів будівель) або територій із складним рельєфом. Таким способом планування польоту, який забезпечує 3D-реконструкцію міських територій є схема збору зображень за подвійною сіткою (double grid image) , для того щоб всі зображення фасадів будівель (північ, захід, південь, схід) було видно на знімках. Перекриття має бути таким самим як у загальному випадку топографічного планового знімання. Щоб фасади були видимими на аерознімках, відхилення оптичної осі камери від вертикалі повинні складати від 10 до 35 °.



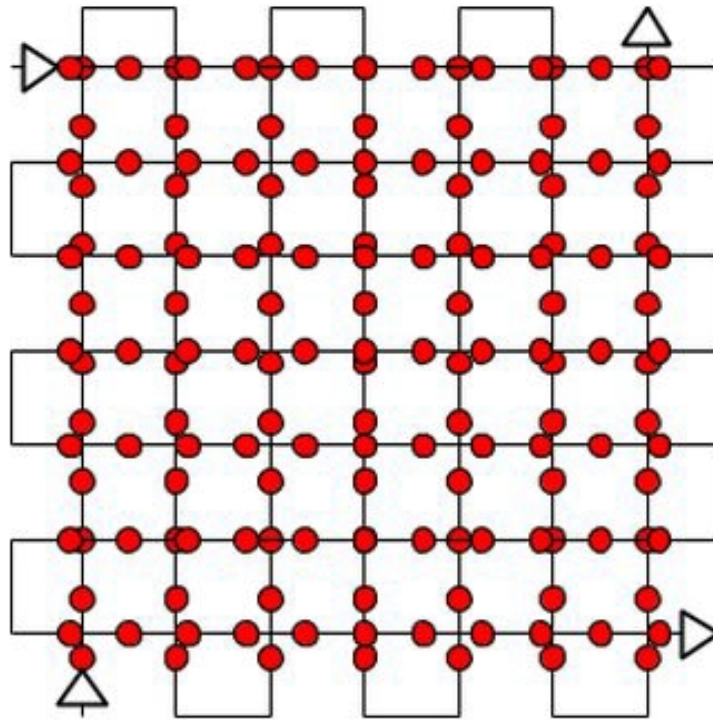


Рисунок 11 — План-схема польотів БПЛА при зніманні забудованих територій (із забезпеченням видимості фасадів будівель) або територій із складним рельєфом.

Після виконання аерознімання отримані знімки, дані телеметрії польоту та дані опорних мереж опрацьовують з допомогою спеціального програмного забезпечення. На ринку представлена велика кількість таких програмних комплексів, найбільшого поширення набули програми:

- Agisoft Metashape;
- Reality Capture;
- TrimbleUASMaster;
- Trimble INPHO;
- Pix4Dmapper;
- Cube-fly та інші.

### **3. Експериментальні дослідження моделювання території ЛНУП за матеріалами аерознімання з БПЛА**

#### **3.1. Об'єкт моделювання, підготовчі геодезичні роботи**

Об'єктом дослідження є територія Львівського національного університету природокористування. На території розміщено навчальні корпуси університету, допоміжні споруди та необхідна для здійснення діяльності університету інфраструктура. 1892 року за ініціативи професора ботаніки Ігнація Шишиловича створено дендропарк чи ботанічний сад та розсадник плодово-ягідних дерев, який був водночас частиною навчального процесу сільськогосподарської школи. У 1894 році його розширили. У парку ростуть катальпа, біла акація, сосна чорна, магнолія, бук європейський, каштан кінський, форзиція. У 60-х роках ХХ століття було впорядковано територію сільськогосподарського інституту та з'явився новий парк, з цінних порід тут було насаджено тую західну, ялина колюча, сосну Веймута, липу крупнолисту, дейцію, спірею, горобину, оцтове дерево. Оскільки парк є частиною навчального процесу, тут також висаджено головні лісоутворюючі породи: дуб черешчатий, бук лісовий, ясен звичайний, сосна звичайна, ялина європейська, модрина польська, береза поникла та інші. Рельєф досліджуваної території рівнинний, з перепадом абсолютних висот рельєфу від 254,9м до 268,8м над рівнем моря. Загальна площа досліджуваної території складає 64га.

На досліджуваній території існує геодезична знімальна мережа, яка складається із 35 механічно закріплених в ґрунті та на асфальто-бетонних покриттях точок. Перед аерозніманням точки маркувались білою аерозольною фарбою з допомогою Х-подібного шаблона розміром 40х40см. План опорної мережі показано на рис. . Каталог координат точок, які були використані в дослідженні приведено в додатку. Для перевірки якості розпізнавання точок на аерознімках було виконано пробний політ квадрокоптером DJI 3 Pro і одержано пробні аерознімки з висоти знімання 90м (рис.13). Цей експеримент



показав достатність такого способу маркування опорних точок для подальшого використання.



Рисунок 12 — Опорна знімальна геодезична мережа на території ЛНУП





Рисунок 13 — Аерознімки, виконані для перевірки якості розпізнавання опорних точок

### **3.2. Підготовка політного завдання та виконання аерознімання з БПЛА**

У відповідності до виконаних в розділі 2 цієї роботи попередніх розрахунків параметрів аерознімання території з метою створення ортофотоплану місцевості масштабу 1:1000 нами було запрограмовано політний контролер квадрокоптера DJI 3 Pro. Для цього процесу використано програму PIX4Dcapture, яка працює на пристроях з операційною системою Android і вимагає включення в мережу Інтернет. Після запуску програми

PIX4Dcapture вибираємо пристрій та тип політного завдання. Нами відповідно обрана модель квадрокоптера і тип політного завдання Double grid For 3D models, як показано на рис.14. Далі обирається територія знімання на карті або космічному знімку та потрібне розрізнення знімків (GSD=5см).

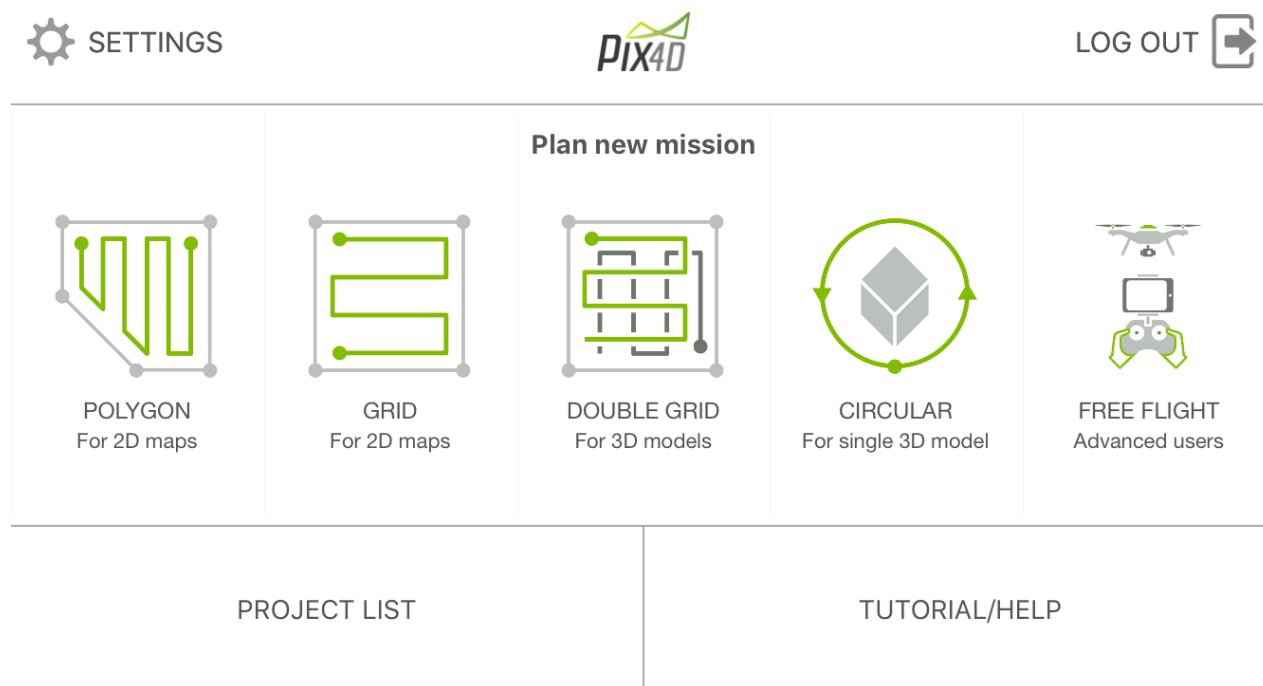


Рисунок 14 — Вибір типу політного завдання в програмі PIX4Dcapture

Важливим є контроль за розрахунковим часом виконання місії – він не повинен перевищувати 75% від паспортної тривалості польоту даної моделі на одній зарядці акумуляторної батареї. З цих міркувань було заплановано 3 політних завдання, виконаних з різних точок старту/приземлення (стадіон біля літнього театру та асфальтований майданчик біля учбового павільйону факульту механіки, енергетики та інформатики).

Для виконання польоту за запроєктованим політним завданням слід обрати безпечний, вільний від споруд і високої рослинності майданчик для старту і посадки квадрокоптера. Підключаємо з'єднання БПЛА і пульта управління по мережі безпроводного зв'язку в строгій відповідності з інструкцією виробника. USB-кабелем підключаємо смартфон, на якому програмувалось політне завдання в програмі PIX4Dcapture і запускаємо на

виконання цю програму. Пересвідчуємось в правильності зчитування завдання і натискаємо кнопку «Старт» на екрані смартфона. Якщо з'єднання БПЛА і пульта керування відбулось - стане доступна і загориться зеленим кольором кнопка «Next» на екрані смартфона. Після її натискання розпочнеться перевірка робочого стану БПЛА, всіх його систем керування, енергоживлення, надійності зв'язку із супутниковою системою позиціонування і повноти отриманого політного завдання. Якщо ця перевірка буде успішною - стане доступна і загориться зеленим кольором кнопка «Start» на екрані смартфона. Цю кнопку слід натиснути і утримувати, поки не запустяться двигуни БПЛА і не розпочнеться зліт та виконання квадрокоптером запрограмованого політного завдання.

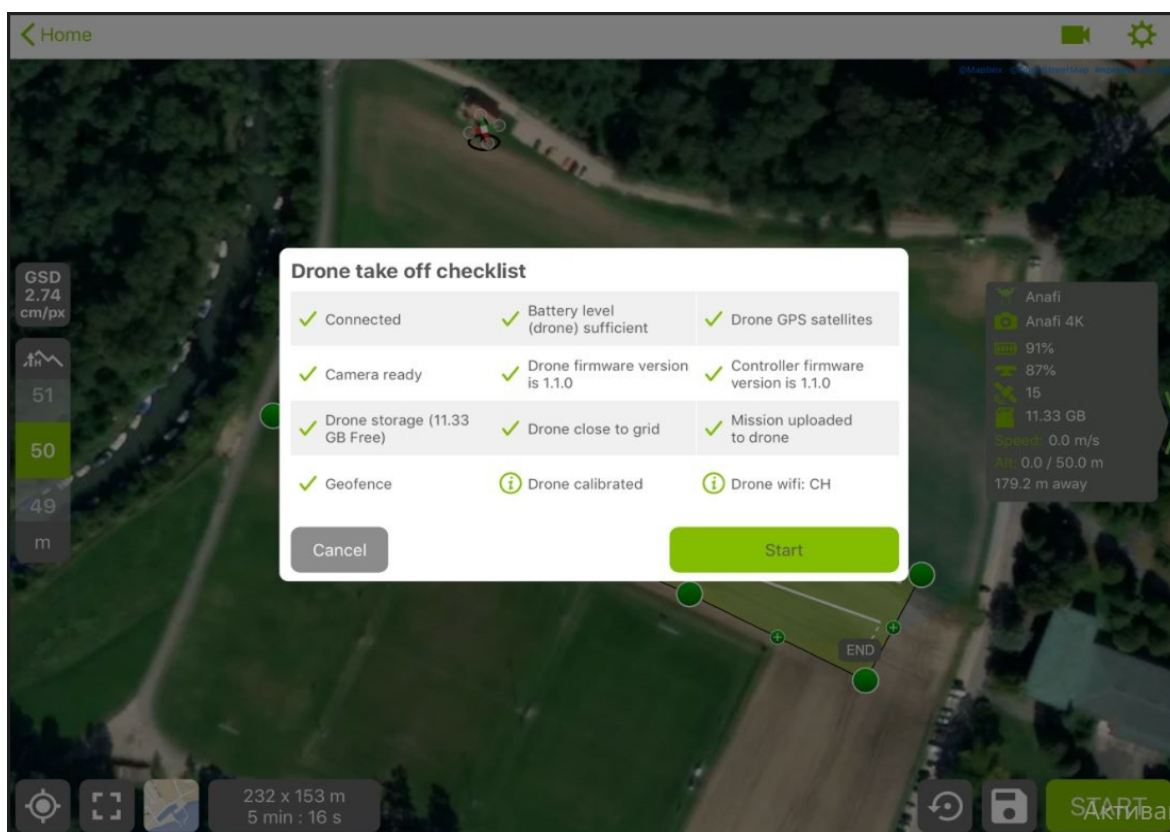


Рисунок 15 — Результат діагностики систем БПЛА і підтвердження його готовності до виконання політного завдання.

Під час виконання аерознімання рекомендується утримувати БПЛА в полі зору і при необхідності втрутитись в управління дорonom. Якщо така необхідність виникла (найбільш часто – це розряд акумуляторних батарей,



втрата зв'язку з супутниковою навігаційною системою або пультом керування, збій в програмі управління) слід негайно перейти в режим ручного керування. Якщо не прийняти таких дій, БПЛА автоматично повернеться в точку злету по найкоротшій траєкторії, що небезпечно при наявності на цій траєкторії будівель, дерев, ліній електропередач.

Якщо політне завдання виконано успішно, БПЛА автоматично повертається і здійснює посадку в точці злету. Після записування останнього знімка автоматично розпочинається їхнє безпроводне завантаження на керуючий смартфон або планшет. Тому не слід передчасно вимикати БПЛА і пульт дистанційного керування. Якщо немає необхідності завантажувати знімки на смартфон, можна припинити безпроводне завантаження, а знімки скопіювати з карки-накопичувача даних SD на стаціонарний комп'ютер або ноутбук.

Після виконання трьох польотів було отримано 632 знімки. Виконана оцінка якості отриманих матеріалів – покриття території площею 63,4 га без пропусків, достатня фотографічна якість (читабельність, відсутність засвіток і змазу) знімків а також правильність формування файлів телеметрії із записом траєкторії польоту та записування EXIF-файлів з навігаційними даними в JPEG файли цифрових зображень (рис.16).

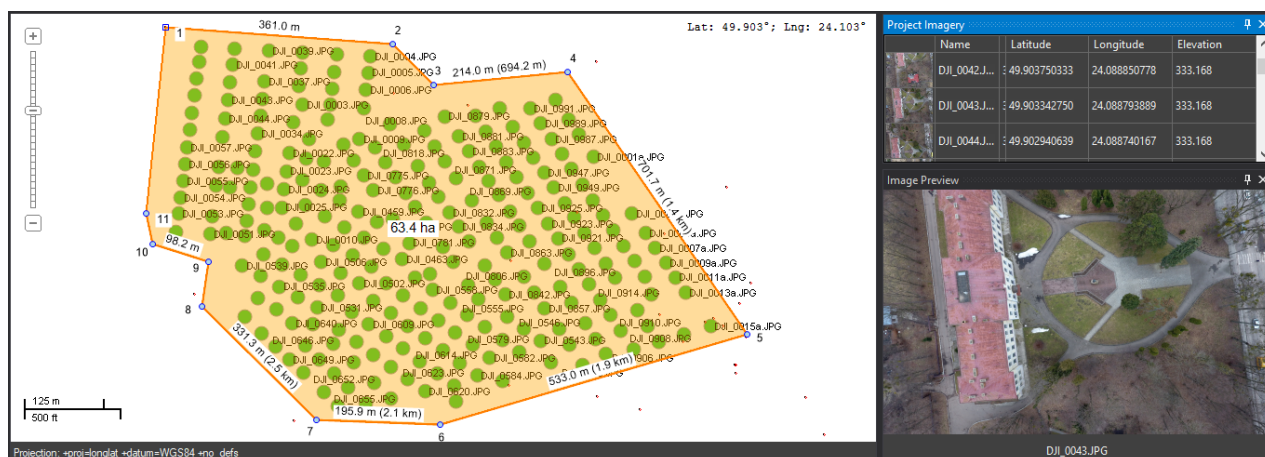


Рисунок 16 — Оцінка якості отриманих матеріалів аерознімання території дослідження

### **3.3. Порядок опрацювання аерознімків комп'ютерною програмою**

#### **Pix4Dmapper**

Технологія опрацювання аерознімків комп'ютерною програмою Pix4Dmapper передбачає три етапи обробки даних.

#### **1 Етап. Первинна обробка**

На цьому етапі вхідні дані, такі як зображення, параметри фотокамери та наземні опорні точки використовують для виконання таких завдань:

- Виділення зв'язкових точок між окремими зображеннями: використовуються алгоритми пошуку особливих точок, тобто таких які мають особливості і відрізняються від інших точок зображення.
- Зіставлення зв'язкових точок: пошук зображень, які мають однакові зв'язкові точки і зіставлення (визначення піксельних координат) їхніх положень на різних знімках.
- Оптимізація моделі камери: калібрування внутрішніх (фокусної відстані, розміщення головної точки знімка) параметрів камери (елементи внутрішнього орієнтування). Опис параметрів цифрової фотокамери може бути отриманий безпосередньо з інформації, яку записано в файлі знімка. Контролювати ці дані і внести корективи можна в спеціальному редакторі. Параметри камери, якою оснащений БПЛА DJI 3 Pro приведено на рисунку 17.

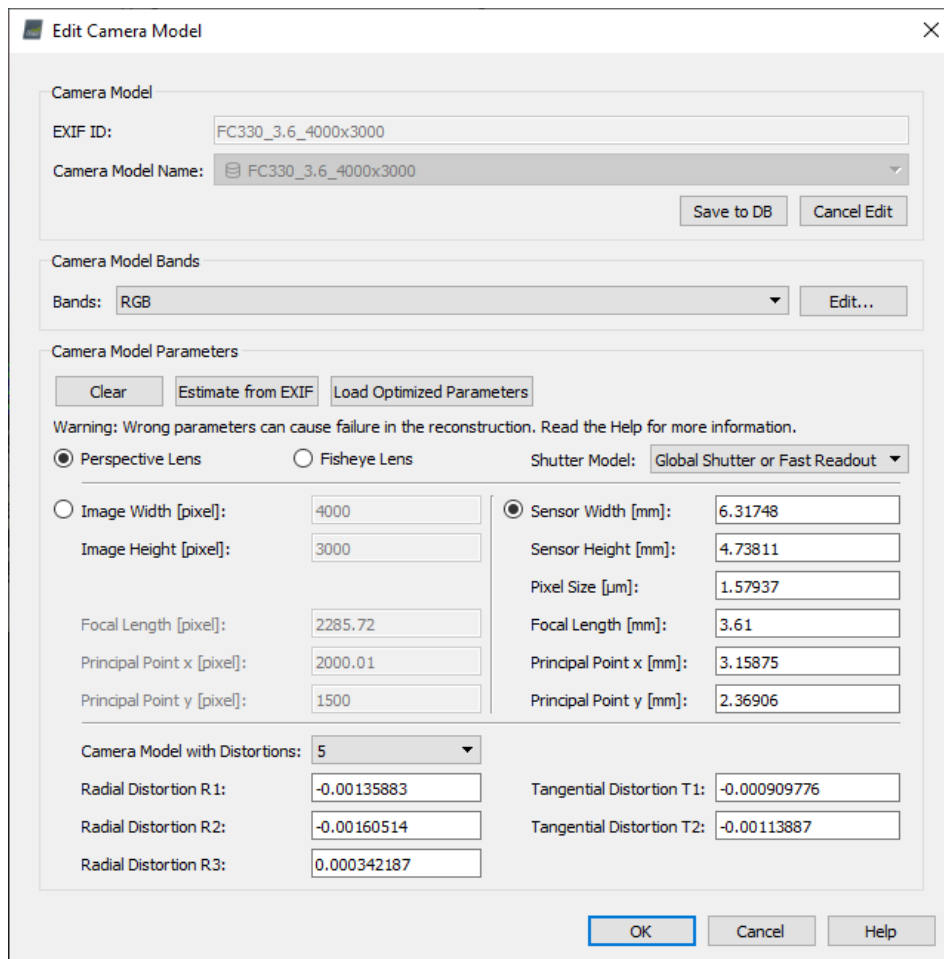


Рисунок 17. Параметри цифрової фотокамери БПЛА DJI 3 Pro

- Розпізнаються на знімках зображення опорних точок. Попередньо каталог координат опорних точок імпортуємо за допомогою менеджера GCP/MTP Manager. Слід зауважити, що програма допускає доповнення каталогу опорних точок і введення нових точок в обробку на будь-якому етапі опрацювання [37]. Далі програма автоматично створює зв'язкові точки і будує мережу фототріангуляції. Цей процес має результатом елементи зовнішнього орієнтування кожного знімка (місцеположення центру проекції знімка та кути його нахилу і розвороту відносно осей геодезичної системи координат) основа для наступного етапу обробки.

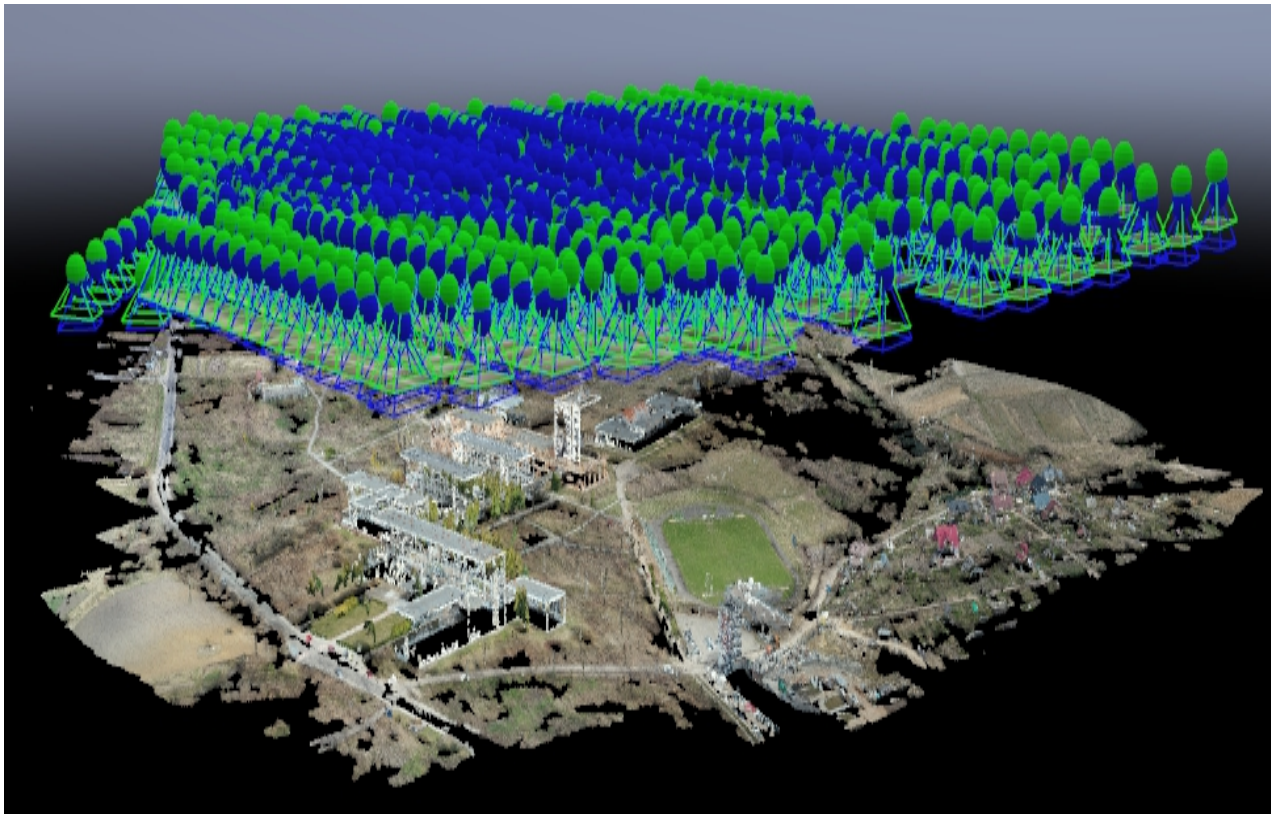


Рисунок 18 — Орієнтованці центри проєкцій знімків та зв'язкові точки (вид на головний корпус університету з південного заходу)

2 Етап. Створення щільної хмари 3D точок та текстурованої поверхні місцевості

- Додаткові зв'язкові точки створюються на основі алгоритмів попiксельного зiставлення орієнтованих в геодезичному просторі знімків, що вземно перекриваються.



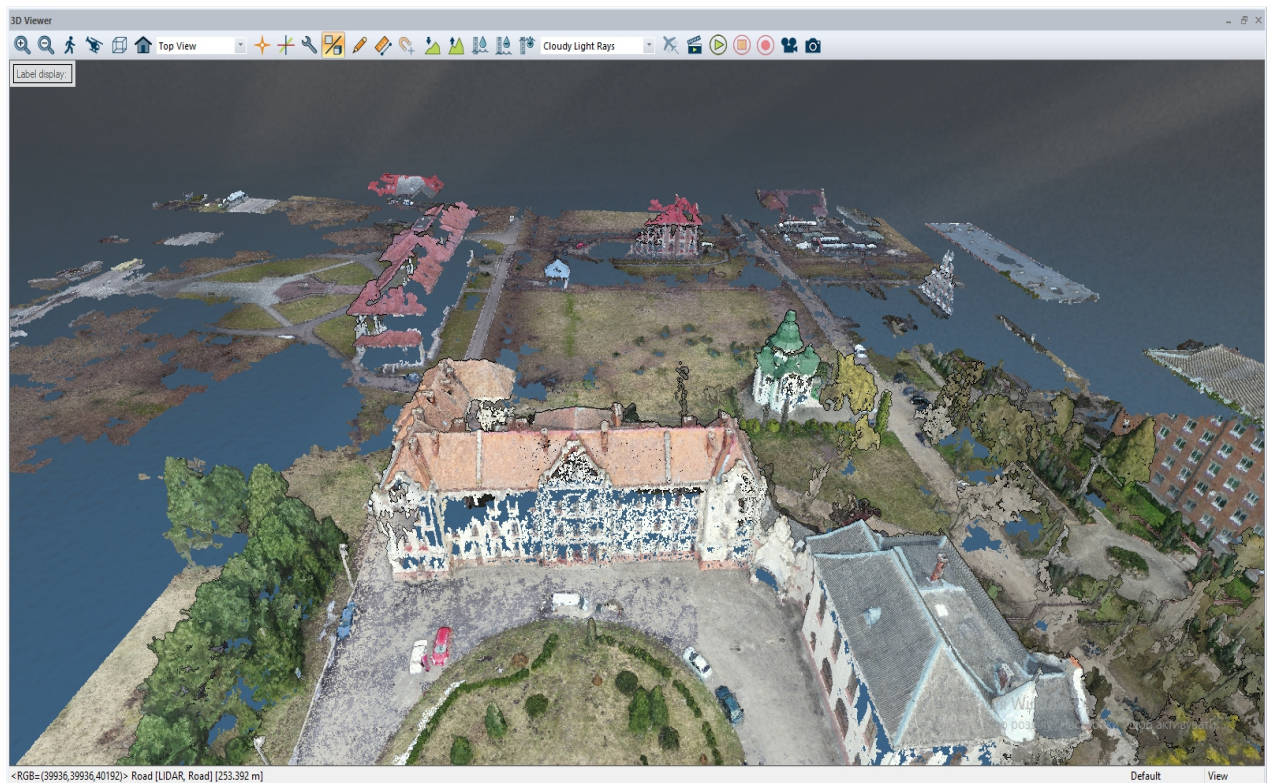


Рисунок 19 — Фрагмент щільної хмари точок. Вид на будівлю  
Дублянської міськради.

Цей етап є відповідальним для якості подальшого моделювання місцевості і має свої особливості при реалізації. Тому його результати потрібно контролювати. В першу чергу мова йде про оцінку щільності отримуваної хмари точок і загальної кількості точок в хмарі. В нашому дослідженні хмара точок має щільність 44,4 точок на метр квадратний. Загальна кількість точок в хмарі - понад 41,3 млн. штук. Розподіл отриманих точок по абсолютній висоті над рівневою поверхнею показано на гістограмі (рис.20).

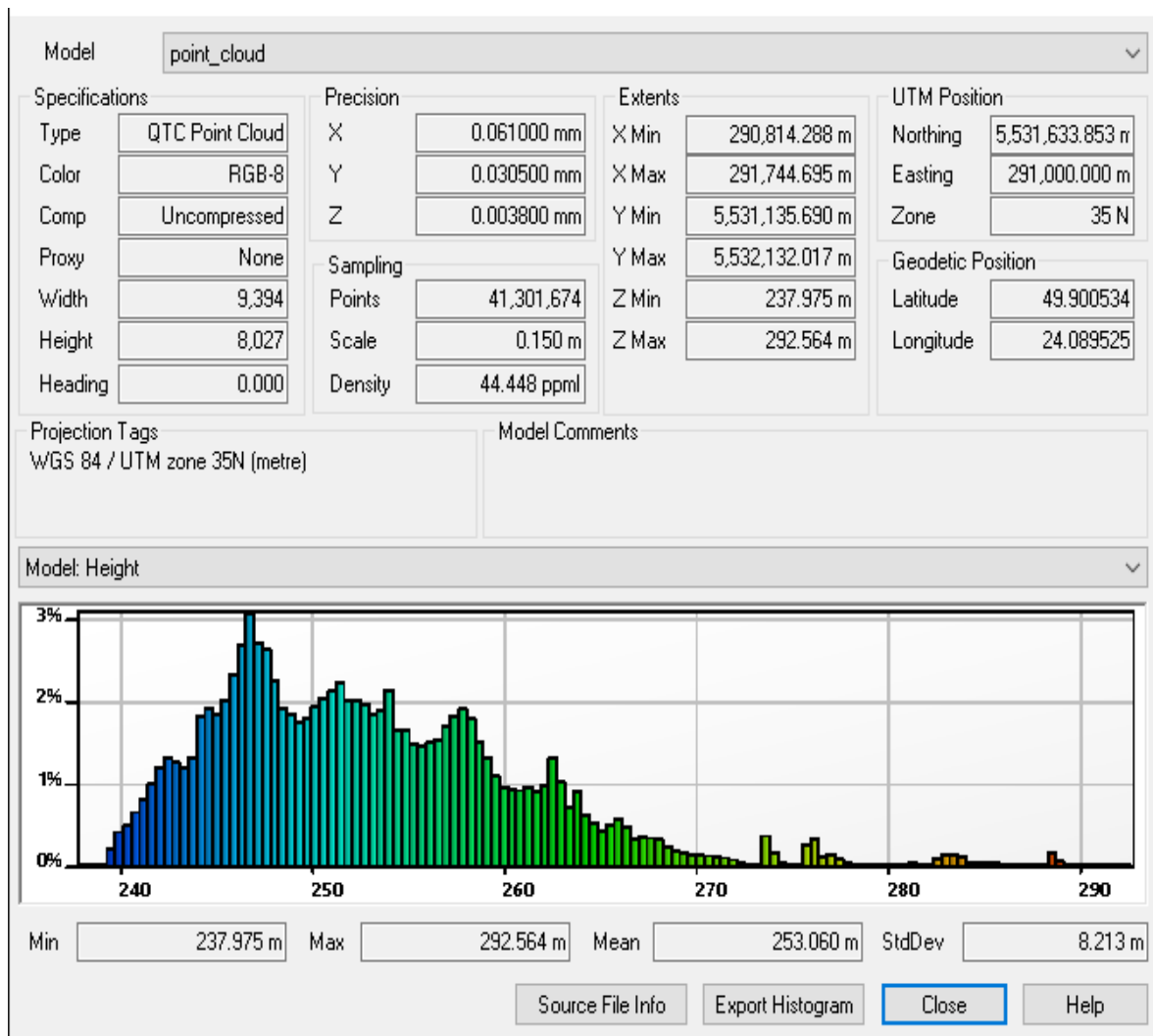


Рисунок 20 - Статистичні характеристики отриманої хмари 3D точок

Отримана щільна хмара 3D точок підлягає процесу класифікації, мета якого - надати кожній точці семантичних характеристик, що відповідають тому об'єкту місцевості (будинок, крона рослини, штубна покриття водна поверхня тощо) на якому ця точка геометрично знаходиться. Алгоритми класифікації використовують як геометричну інформацію так і кольорові координати точки RGB (red. Green. Blue) з врахуванням її оточення. Через складність цих алгоритмів та велику кількість точок в хмарі цей процес є тривалим в часі і не завжди забезпечує 100% точність класифікації. Фрагмент класифікованої хмари точок показано на рис. 21 на території, що примикає до будівлі головного корпусу університету.

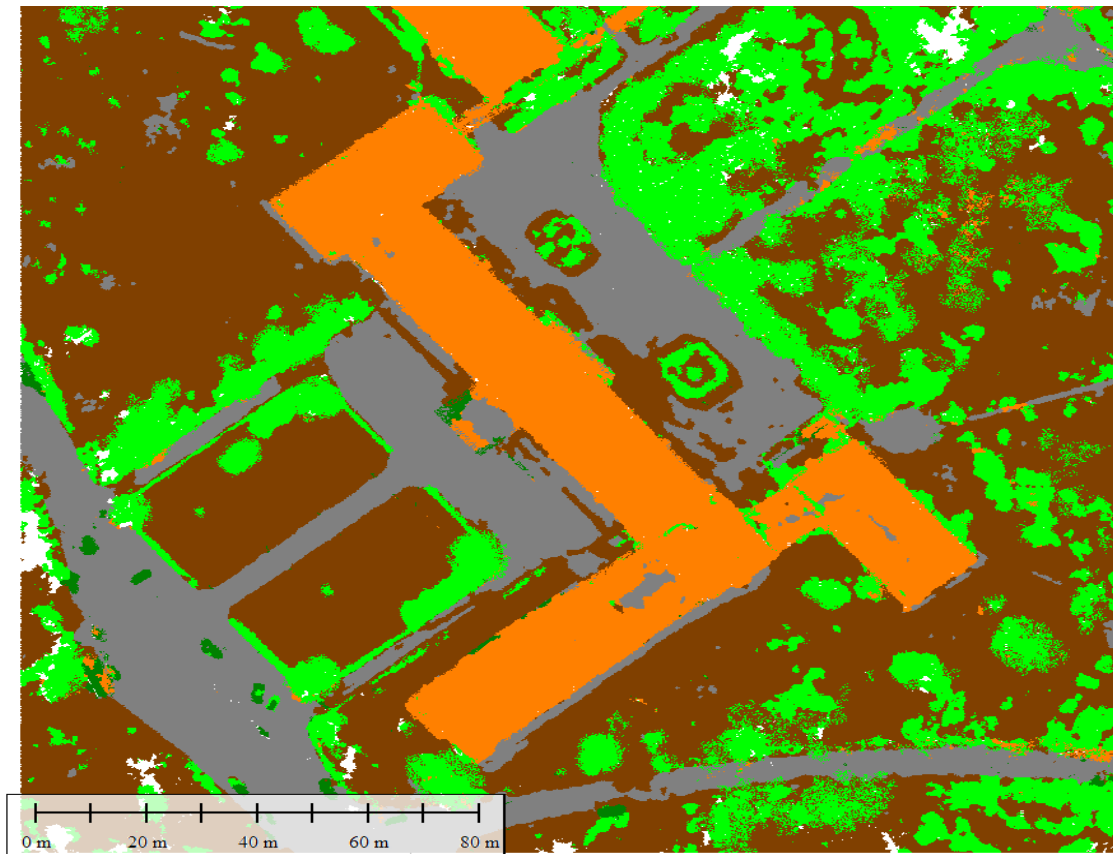


Рисунок 21 — Фрагмент класифікованої хмари точок

- 3D-Текстурована Поверхня : На основі щільної хмари точок можна створити 3D-текстуровану поверхню, використовуючи для зафарбовування точок кольори, взяті з підповідних цим точкам пікселів аерознімків.

3 Етап. Створення цифрової моделі місцевості (ЦММ), ортофотоплану та карт індексів

Цей етап дає можливість створити:

- Цифрову модель місцевості (ЦММ) у вигляді растрової моделі або полігональної TIN моделі. Такі моделі поверхонь використовують для обчислення площ, об'ємів, визначення морфометричних характеристик рельєфу (крутості і експозиції схилів, горизонтального і вертикального розчленування рельєфу тощо).

- Ортофотоплан: Створення ортофотоплану ґрунтується на процедурі ортотрансформування зображень з перетворенням їх з центральної проекції в проекцію топографічного плану. За допомогою цього методу усувають перспективні спотворення з зображень.



- Карта відбиття: Мета полягає у створенні карти, де значення кожної прямокутної комірки відповідає коефіцієнту відбиття світла від об'єкту. Така карта допомагає правильно інтерпритувати зображення.
- Карта індексів: Створюється Карта індексів, в якій колір кожної прямокутної комірки обчислюється за формулою, що поєднує різні спектральні діапазони карт відбиття.

Отримані результати опрацювання аерознімків показано на рисунках нижче.



Рисунок 22 — 3D-текстурована поверхня південної частини території університету



Рисунок 23 — 3D-текстурована модель території біля головного корпусу університету



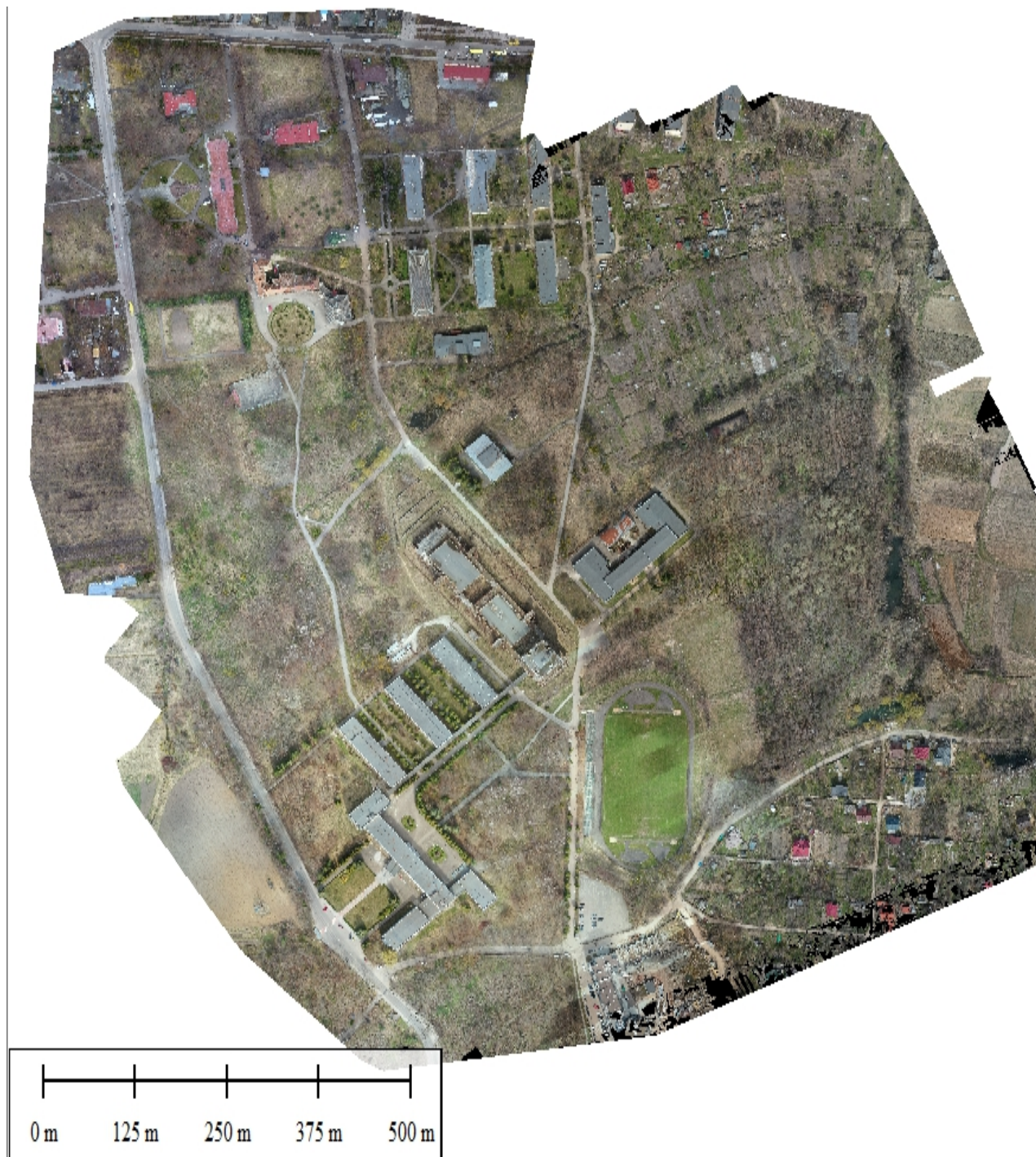


Рисунок 24 — Ортофотоплан території університету.

Просторове розрізнення 5см. Базовий масштаб 1:1000



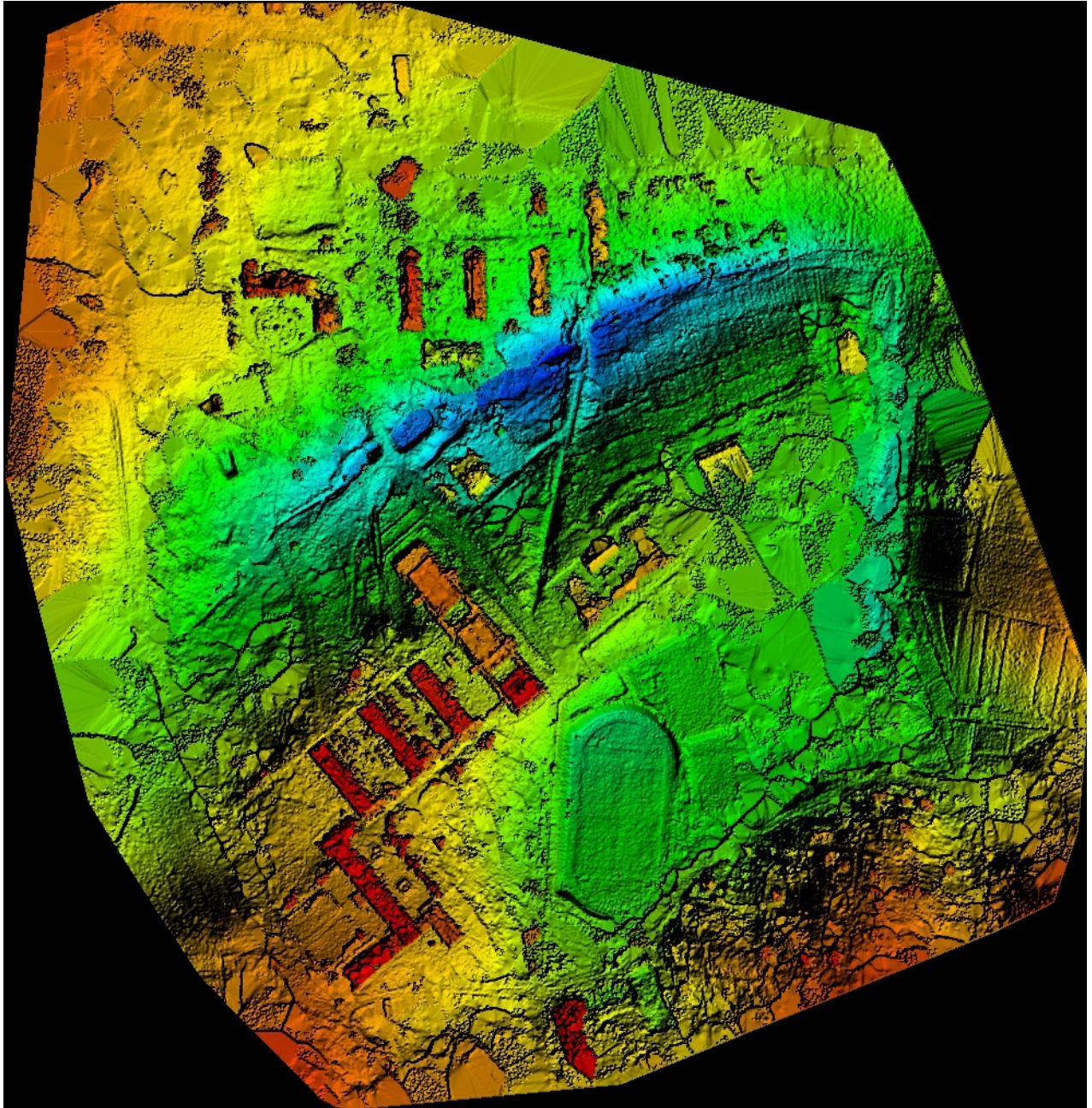


Рисунок 25. Цифрова модель місцевості території університету. Просторове розрізнення 20см.

## **4. Охорона праці та захист населення від надзвичайних ситуацій**

### **4.1 Загальні підходи організації охорони праці та безпеки населення**

Головним питанням якке покладено в основу терміну охорона праці – це створення умов праці які будуть запобігати на практиці виробничому травматизму, професійним захворюванням та отруєнням та інших негативних впливів на працівника на виробництві.

Загальні положення з охорони праці в Україні обумовлені і регламентовані Конституцією України [38], кодексом законів про працю, законом “Про охорону праці” [39], а також інших нормативно – правових документів, що розроблені на основі вище наведених законів, Укази Президента, Постанови Кабінету Міністрів, установи, накази, норми, інструкції, правила, Держстандарти.

Актуальність проблеми природо - техногенної безпеки населення України і її території в останні роки обумовлена умовами які виникли в наслідок війни з росією а також тривожної тенденцією зростання числа небезпечних природних явищ, промислових аварій та катастроф, які призводять до значних матеріальних втрат, пошкодження здоров'я та загибелі людей. У зв'язку з цим зростає роль цивільного захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій різного походження.

В Україні незалежності законодавче оформлення\* принципу цивільного захисту населення почалось з прийнятого 3 лютого 1993 року Закону „Про цивільну оборону” [41] та ряду інших нормативно-правових актів.

Відповідно до цих документів органи влади різних рівнів у межах своїх повноважень забезпечують вирішення питання цивільної оборони, здійснення заходів щодо захисту населення і місцевості під час надзвичайних ситуацій (НС) різного походження. Керівництво організації, установ та закладів, незалежно від форм власності і підпорядкування, створює сили для ліквідації наслідків НС та забезпечує постійну готовність до практичних дії, організовує забезпечення своїх працівників засобами індивідуального захисту та проведення при потребі ЦО заходів, передбачені законодавством.

Адміністрацією господарств, підприємств, установ і т.д. на має проводитись певна робота по забезпеченню цивільного захисту своїх працівників та населення. Зокрема створення штабів ЦО , який очолює керівник, ряд служб і формувань по забезпеченню різних галузей і об'єктів від ТТС, зокрема: служба оповіщення, служба зв'язку, медична, аварійно - технічна служба, служба захисту рослин, тварин, ПЕК господарства.

Зокрема на територіях можуть знаходитись багато потенційно-небезпечних об'єктів техногенного та природного походження, до яких можна віднести:наприклад високовольтну ЛЕП та трансформаторну підстанцію, підземні лінії зв'язку, пошкодження яких загрожує життю людей, також в сьогоденні умовах важливою складовою ризику є можливість ураження населення через бомбардування и.

В адміністраціях є розроблені плани ліквідації аварій та рятувальних невідкладних аварійно-відновних робіт (РНАВР) при різних НС в тому числі важливою складовою є укриття на випадок повітряної тривоги. Для реалізації цих планів виділяються наявні матеріально-технічні засоби господарств та інші організації та установ, які розміщені на даній території. Плани ліквідації аварії та аварійно - відновних робіт повинні вводитися в дію відразу ж після отримання сигналу про НС, який поступає по радіо, телебаченню, іншими джерелами зв'язку. Дуже важливим є оперативність і швидкість реагування на НС, тому що при запізнені значно зростають розміри втрат та можливі жертви серед населення. Населення, яке попало в епіцентр НС і підлягає в евакуації, отримавши повідомлення про це, повинно неухильно виконувати розпорядження уповноважених осіб, взявши з собою документи, медикаменти, гроші та речі першої необхідності.

Велику роль у набутті навиків поведінки при НС має навчання населення з питань цивільного захисту. Основною метою такого навчання є прищеплення навичок і вмінь практичного використання засобів індивідуального захисту, надання взаємодопомоги при травмуваннях та пошкодженнях, поведінки при сигналах цивільної оборони та інших важливих діях.

Для виконання покладених завдань і функцій на формування ЦО у їх структурі створені такі служби і підрозділи: служба оповіщення і зв'язку, яка своєчасно



інформує керівний склад, працівників і все населення про загрозу і виникнення НС; медична служба, яка забезпечує комплектування і готовність медичних формувань; служба охорони громадського порядку; служба енергопостачання забезпечення безперебійне постачання газу, тепла, електроенергії на об'єкти; аварійно-технічна служба здійснює заходи по підвищенню стійкості інженерного обладнання, роботи по розбиранню завалів, локалізація і ліквідація аварій на комунальних об'єктах міста; служба сховищ і укриття забезпечує разом із транспортною службою евакуацію та укриття населення, та участь в рятувальних роботах.

Для підвищення дієздатності формувань цивільної оборони господарства та рівня захисту цивільного населення від НС його адміністрації необхідно виділяти кошти в необхідних розмірах для різних служб і підрозділів ЦО, регулярно проводити з персоналом навчання з питань цивільного захисту населення.

Із проведеного аналізу стану охорони праці при проведенні топографо-геодезичних та землевпорядних робіт можна зробити висновок про їх задовільний стан на території Дублянської міської ради Львівської територіальної громади.

#### **4.2. Заходи щодо забезпечення умов та безпеки праці при проведенні геодезичних робіт**

Створення ортофотопланів та інших зйомок з БПЛА проводиться із геодезичним супроводом. Тому перед початком роботи керівники топографо – геодезичних підрозділів повинні поставити до відома місцеві органи влади а також надати схеми маршрутів переміщення бригади інженерів - геодезистів, строки проведення польових робіт на визначених маршрутах; погодити місце проживання членів бригад, а також вимоги по техніці безпеки, які можуть висувати представники влади щодо запланованих топографо–геодезичних робіт.

До виїзду на конкретне місце роботи членів бригад комплектують необхідним знаряддям, засобами індивідуального (колективного) захисту та проводять інструктаж з польових робіт і висвітлення умов щодо уникнення можливих небезпек.

Термін перебування топографів – геодезистів обумовлюється при врахуванні конкретних умов та специфіки роботи.

Поділ геодезичних робіт на польові та камеральні, зумовлює їх специфіку. Тому бригада геодезистів може відчувати певний дискомфорт, внаслідок перепадів температур навколишнього повітря, а також внаслідок сезонних злив. Тому, більшість топографо–геодезичних робіт проводяться теплу пору року (зранку з 6 до 11 год. та ввечері з 16 до 20 год.) при температурі не вищій  $+30^{\circ}\text{C}$ , а при пониженні температури допускається проведення робіт в безвітряну погоду до  $-25^{\circ}\text{C}$ , а по вітру до  $-10^{\circ}\text{C}$  із обов'язковим періодичним обігріванням. Крім того необхідно враховувати температурний режим приладів (які при різких змінах температури можуть частково вийти з ладу)

За дотриманням і виконанням визначених правил з техніки безпеки і виробничої санітарії в окремих підрозділах проектних організацій відповідальність несуть їх керівники.

До роботи з електронним тахеометром допускаються лише ті особи, які отримали спеціальну підготовку і отримали навички щодо роботи з обаним приладом.

Камеральні роботи проводяться в приміщенні із оптимальними параметрами мікроклімату, при температурі  $+18^{\circ}$  -  $+20^{\circ}\text{C}$ , відносною вологістю 40 - 60% і швидкості повітрообміну 0.1 – 0.5 м/с. Під час камеральних робіт забороняється використання не справних приладів, інструментів, технологічного обладнання і недоцільно користуватись приладами у яких не функціонує контрольно – вимірювальна функція.

Приміщення в яких проводиться камеральні роботи повинні бути в певній мірі оснащені первинними засобами пожежогасіння, а також сиренами (сигналізаціями) із непротроченим терміном дії.

Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації та постійне інформування його про наявну обстановку здійснюється за допомогою системи, організаційно-технічного об'єднання засобів для передачі сигналів і розпоряджень органів управління цивільною чи територіальною обороною .

Роблячи висновок з проведеного аналізу видно, що справи з безпеки праці в місті є добрі, оскільки бачимо ряд заходів що виконуються для покращення умов праці і безпеки життєдіяльності.

Пропонуємо постійно здійснювати наступні заходи:

- регулярно проводити інструктажі по техніці безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях і вести їх чіткий облік;
- суворо дотримуватись вимог і правил техніки безпеки при проведенні обміру земельних ділянок та інших геодезичних робіт;
- підтримувати у постійній готовності для працюючого персоналу засоби особистого захисту (маски, респіратори, протигази тощо), приміщень для укриття, ста іншими засобами.

Дотримання цих вимог дозволить покращити умови охорони праці та забезпечить безпеку населення у надзвичайних ситуаціях.

## 5. Охорона навколишнього середовища

Усе необхідне для життєдіяльності людина отримує з природи: повітря, воду, сировину для промисловості. Людське суспільство як частина природи може бути тільки в постійній взаємодії з нею. Вплив людини на навколишнє середовище є перетворюючим, що змінює її, причому далеко не завжди в кращу сторону, тому збереження природного середовища і розумна охорона природи - одна з най гострі-ших проблем, що стоять перед людством, особливо в сучасних умовах.

Раціональне використання землі, лісу, атмосфери і водних ресурсів в Україні передбачено Конституцією. В даний час у сфері охорони навколишнього середовища діє цілий ряд нормативних актів: Закон України «Про охорону навколишньої природного середовища» [42]; Програма охорони навколишнього природного середовища [43], Закон України “Про землеустрій” [44] та ін.

Під навколишнім середовищем розуміють цілісну систему взаємопов’язаних природних і антропогенних об’єктів і явищ, під впливом і при безпосередньому використанні яких відбувається праця, побутова діяльність, відпочинок людей. Поняття «навколишнє середовище» включає соціальні, природні і штучно створені фізичні, хімічні та біологічні фактори, тобто все те, що впливає на життя і діяльність людини. Складовою частиною навколишнього середовища є природне середовище. Перед сучасним суспільством стоїть завдання не тільки зберегти природу, а й запобігти негативним наслідкам господарської діяльності людини в майбутньому.

Охорона навколишнього середовища являє собою важку комплексну проблему, яка має відношення до всього суспільства в цілому і до кожного окремого громадянина.

Забезпечення природного середовища, раціональне використання природних ресурсів та збереження економічної безпеки людини є

найважливішими завданнями, головним ланцюгом економічної і соціальної політики будь-якої держави.

Спільнота усього світу все більше схиляється до думки, що сфера природокористування та природоохоронна зумовлена самим суспільством. Для національного відродження України, її науково-технічного розвитку та соціального прогресу, розбудови основ демократичної правової державності все більше значення набуває проблема оптимізації взаємодії суспільства і природи.

Очевидним є те, що довкілля потребує охорони як джерело усього живого, що людина як біологічний вид може жити і розвиватись лише в сприятливих умовах.

Суспільно-економічні відносини почали формуватися недавно і нині набрали достатнього ступеня зрілості. Про це свідчать прийняті в Україні за останні роки законодавчі акти, якими в певній мірі регульовані правовідносини, пов'язані з охороною довкілля рослинного і тваринного світу, міст і міських агломерацій, водних об'єктів, здоров'я населення, від шкідливих наслідків промислового і сільськогосподарського виробництва, радіоактивного впливу тощо.

Кожний живий організм в процесі своєї життєдіяльності постійно взаємодіє з навколишнім середовищем. Не виняток і людина. Вона бере у природи різні продукти та сировину, переробляє їх у необхідні для неї речовини. Таким чином людина так чи інакше втручається в природу, впливає на неї. Цей вплив людини на природу змінювався в процесі розвитку людства [45].

Охорона природи - це система науково обґрунтованих заходів, спрямованих на збереження, раціональне використання і розвиток природних продуктивних сил країни в інтересах суспільства.

Складовою частиною охорони довкілля є раціональне використання охорона ресурсів біосфери. Особливо це стосується рільництва, лісівництва, рибництва, а також тих галузей промисловості, що використовують сировину

природного походження, зокрема мінеральні та органічні ресурси. Проблема охорони довкілля є екологічною та соціально-економічною.

У країні досить високий рівень сільськогосподарського освоєння земель. Ресурси освоєння нових земель майже вичерпані.

Незважаючи на обмеженість земельних ресурсів, високі темпи розвитку народного господарства потребують нових земель, які вилучаються із сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, при обмеженості земельних ресурсів особливо гостро стоїть проблема їх раціонального використання, охорони.

Вищевикладені природоохоронні заходи сприятимуть покращанню екологічної ситуації, оздоровленню оточуючих ландшафтів, естетичному вигляду довкілля.

З метою покращення стану навколишнього середовища проектом передбачається ряд планувальних та інженерних заходів, до яких відносяться:

1). Заходи, що впливають на всі компоненти середовища і в цілому покращують санітарно-гігієнічні умови:

- проведення забудови згідно з наміченим проектом функціональним зонуванням;

- встановлення та організація санітарно-захисних зон житлової забудови (в межах санітарно-захисних зон забороняється нове житлове будівництво, капремонт існуючих будинків з добудовою та перебудовою і передбачається озеленення смугами зелених насаджень);

- інженерне підготування території та вертикальне планування, благоустрій, озеленення, влаштування твердого покриття вулиць, доріг.

Ширина вулиць у межах червоних ліній і розміри елементів поперечного профілю встановлено згідно з категорією вулиць, характером та інтенсивністю руху, типом забудови, рельєфом, розміщенням інженерних мереж, зеленими насадженнями.

2). Заходи, що покращують стан повітряного басейну:

- озеленення зовнішніх доріг і санітарно-захисних зон;

- озеленення території села.

3). Заходи, що забезпечують захист території від ерозії ґрунтів і утворення ярів

а) лісомеліоративні заходи:

- уздовж балок і польових ярів, що не підлягають засипанню або терасуванню, на відстані 5 м від бровки яру створюються лісозахисні смуги з 4-6 рядів зелених насаджень і суцільним залуженням укріплюються схили на всій площі, що займають яри;

- по ярах з багатьма вершинами заходи з боротьби з яроутворенням виконуються проти кожного відвершя яру, якщо відстань між ними більше 100 метрів; при меншій відстані між відвершьями ярів утворюють одну загальну протияружну смугу. Для створення зелених насаджень рекомендується використовувати такі породи: акація біла, клен, груша, шовковиця біла та супутні породи – софору японську, гледичію трьохколючкову;

б) інженерні заходи:

- прокладання вулиць бордюрного профілю з облаштуванням закритої ливневої каналізації для відведення дощових і талих вод;

- організація впорядкованого стоку поверхневих вод за допомогою створення нагірних канав і лотків на схилах ярів та їхніх тальвегів;

- у межах кварталів житлової забудови проектом пропонується засипання ярів глибиною до 6 метрів з наступним одернуванням схилів ділянок, на яких провадилося підсипання ґрунту;

- терасування окремих ділянок схилів ярів з наступним їх укріпленням зеленими насадженнями.

3). Заходи, що покращують стан водного басейну:

- русла невеликих струмків, що протікають по території м. Дубляни, підлягають розчищенню, а в окремих місцях виправлення русла, забезпечуючи швидкість течії не менше 0,20-0,25 м/сек. На окремих ділянках невеликих відкритих водотоків, якими здійснюється поверхневий стік під час весняного танення снігу та відведення зливових і дощових вод у літньо-осінній період з

території села, в межах червоних ліній, пропонується пропустити у відкритих залізобетонних лотках;

На даний час з порушенням Водного та Земельного кодексів України приватизовано окремі земельні ділянки, розташовані в прибережних смугах.

Планувальні обмеження природоохоронного значення визначаються системою прибережно-захисних смуг, які становлять для малих річок та ставків до 3га – 25м., для ставків площею 3,0 га – 50м., проте з врахуванням рельєфу, якщо крутизна схилів перевищує три градуси, згідно ст. 88 Водного кодексу України, мінімальна ширина прибережно-захисної смуги в межах села подвоюється.

Пропонується на приватизованих ділянках громадян, які частково попадають в прибережну смугу, встановити обмеження господарської діяльності, а саме:

- заборонити розорювання берегів, використовувати органічні та мінеральні добрива, отрутохімікати, розмішувати господарські споруди, вбиральні та гноєсховища;

- у прибережній смузі на відстані до 6 м від русла струмків висаджувати зелені насадження для створення надбровних лісосмуг з застосуванням таких порід – дуб череватий, дуб червоний, береза бородавчаста, тополя;

- у місцях перетину відкритих водотоків з вулицями, проїздами облаштовуються переходи за допомогою залізобетонних труб великого діаметра;

- у межах села розташовано шість ставків і для їх нормального функціонування необхідно забезпечити нормативний 2-4 разовий обмін води в літньо-осінній період і середню глибину ставків не менше 1,5 метра. Пропонуємо розчистити де необхідно ставки від мулу та болотяної рослинності. Та розробити заходи щодо утримання їх в належному стані. Межі прибережних смуг повинні бути винесені в природу та закріплені на місцевості [45].



## Висновки

У кваліфікаційній роботі розглянуто суть, зміст та принципи раціонального використання землі. Показано роль геоінформаційних систем (ГІС) та технологій в інформатизації кадастру загалом та для забезпечення раціонального використання землі зокрема. Виокремлено тенденції до дедалі ширшого застосування телекомунікаційних мереж та відкритого програмного забезпечення ГІС як інструментів для земельного адміністрування, управління територіями і об'єктами нерухомості. На основі аналізу вітчизняних та зарубіжних джерел показано приклади успішного застосування ГІС технологій в управлінні територіями та ефективність технологій тривимірного (3D) моделювання як механізму для документування та аналізу землекористування та об'єктів нерухомості а також як засобу для впровадження та розвитку технологій 3D кадастру. Для потреб кадастрової діяльності інтерес представляють в першу чергу ортофотоплани і 3D моделі високого просторового розрізнення, які за геометричною точністю відповідають встановленим нормативним вимогам до великомасштабних топографічних планів. Отримувати такі моделі на території населених пунктів пропонується за даними аерознімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Виконано експериментальні дослідження технології тривимірного моделювання території Львівського національного університету природокористування за матеріалами аерознімання з БПЛА. Виконано оцінку якості наявних матеріалів аерознімання з БПЛА DJI Phantom 3 PRO. Всього отримано 632 знімки, які прокривають територію площею 63,4 га. Використано фотограмметричне програмне забезпечення Pix4Dmapper для опрацювання аерознімків створено геоінформаційні моделі території ЛНУП:

ортофотоплан з розрізненням 5 см/піксел що відповідає масштабу 1:1000;

цифрова модель місцевості території університету, просторове розрізнення 20см;

3D-текстурована модель території.

## Список використаної літератури

1. Таратула Р. Б., Ковтуняк І. П. Теоретичні аспекти управління земельними ресурсами територіальних громад. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. Випуск 16, частина 2, 2017, с.121-124
2. Земельний Кодекс України: Нормативно-правовий акт земельного законодавства України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
3. Земельний довідник України 2020» – база даних про земельний фонд країни. <https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelnyy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelnyy-fond-krayini>
4. Держгеокадастр : веб-сайт. URL: <https://land.gov.ua/icat/vykorystannia-zemel/>
5. [Механізм формування раціонального використання і охорони земель на регіональному рівні: монографія](#)/ РМ Курильців - Львів: Каменяр, 2007
6. Панас Р. М. Раціональне використання та охорона земель : навч. посібник / Р. М. Панас. – Львів : Новий Світ-2000. – 2008. – 352 с.
7. Про охорону земель: Закон України від 19 червня 2003 р. № 962-IV
8. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41.
9. Другак В.М. Теоретичні та методичні основи економіки землекористування. - К.: ЦЗРУ, 2004 - 129 с.;
10. Третяк А. М., Третяк В. М. Поняття, сутність та зміст раціонального використання землі: теорія, методологія та практика. Землевпорядний вісник. 2015. № 8. С. 21–25
11. Г. Радченко. Раціональне використання земель: поняття та зміст. Персонал № 8. 2005

12. Лебеденко О.В. Принципи раціонального використання земельних ресурсів. Економіка АПК. № 6, 2010р. с.10-13  
[http://www.agrosvit.info/pdf/6\\_2010/3.pdf](http://www.agrosvit.info/pdf/6_2010/3.pdf)
13. Розробка та реалізація будови кадастрових файлів обміну та засобів їх контролю: Монографія. Пересоляк Р.В. – Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2022. – 152с.
14. Черняга, П. Г. Використання ГІС-технологій в землевпорядному проектуванні / П. Г. Черняга, С. В. Булакевич // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наукових праць. Львів: «Львівська політехніка», 2005. –С. 209–294.
15. Таратула Р.Б. теоретичні засади формування та функціонування земельно-інформаційної системи. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки. Випуск 24. Частина 2. 2017 с.34-38
16. СОУ 742-33739540 0010:2010 Комплекс стандартів База топографічних даних. Загальні вимоги. Київ, Мінприроди України, 2010.
17. Worboys and Duckham 2004, Expert Systems Research Trends, New York “Expert Systems, GIS, and Spatial Decision Making”
18. Бабенко О. А. Застосування геоінформаційних систем в управлінні земельними ресурсами. Часопис картографії.
19. Дьомін, М. М. Лященко А.А. Уніфікація профільних геопросторових даних у складі містобудівної документації. Науково-практичний семінар «Реалізація ГІС містобудівного кадастру на продуктах Open Source», Київ - 05 березня 2020.
20. ISO TC 211/SC/WG7. Міжнародний стандарт. Модель предметної області для управління нерухомістю (LADM): [Створено 1994 рік]– URL: <https://www.iso.org/committee/54904.html>
21. Сохнич А.Я., Худякова І.М. Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами. Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.5 с.291-295

22. Постанова КМУ від 17 жовтня 2012р. № 1051 із доповненнями і змінами викладеними в Постанові КМУ від 28.07.2021 №821.
23. Липський В., Мальцев С. ГІС, як інструмент управління територіями. Застосування сучасних комп'ютерних технологій в просторовому плануванні ОТГ. Презентація компанії ESRI-Ukraine]
24. С. Кубах. Територіальна громада: ГІС як інструмент розвитку // <https://www.facebook.com/usaaid.ards>
25. В. Опара, І. Бузіна, Д. Хайнус, С. Винограденко, Л. Коваленко. Теоретичні й методичні основи використання ГІС-технологій та створення електронних карт при проведенні землеустрою. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії, 2020. Випуск/Issue 31 с.50-59
26. Железняк, О. О. Гебрин Л. В. Застосування аерокосмічних методів для визначення ефективності використання земельних ресурсів Закарпаття. Наукоємні технології № 1 (25), 2015. С.63-67
27. Боровий В.О., Зарицький О.В. Алгоритм формування шарів кадастрової системи та зонінгу засобами ГІС-технологій // Землевпорядний вісник.– № 2, 2015 р.
28. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Геоінформаційне забезпечення земельного адміністрування: стан та перспективи розвитку», Харків, 2 квітня 2020 р./ ред. кол.: М.К. Сухонос, С. Г. Нестеренко, Ю.Б. Радзінська - Х.: ХНУМГ, 2020. – 103 с.
29. Armi Grinstein. Aspects of a 3D Cadastre in the new city of Modi'in. // Proceedings Israel International Workshop on 3D Cadastres, 2001, Delft. – pp. 25-33.
30. Arvo Vitikainen and Juhana Hiironen. Development Scenarios of the 3D Cadastral System in Finland // Proceedings FIG Working Week 2012, Rome.
31. Barbro Julstad and Agneta Ericsson. Property formation and three-dimensional property units in Sweden // Proceedings International Workshop on 3D Cadastres, 2001, Delft. – pp. 173-190

32. Peter van Oosterom, Jantien Stoter, Hendrik Ploeger, Rod Thompson and Sudarshan Karki. World-wide Inventory of the Status of 3D Cadastres in 2010 and Expectations for 2014 // Proceedings FIG Working Week, Marrakech, 2011. – 21p.

33. Боровий В.О., Зарицький О.В. 3D візуалізація як більш повне бачення шляхів планування та експлуатації зонінгу за допомогою ГІС – технологій . Новітні технології. Збірник наукових праць Приватного вищого навчального закладу «Університет новітніх технологій». – К.: ПВНЗ «Університет новітніх технологій», 2016. – № 1(1). с.6-10

34. FilipBiljecki, HugoLedoux, JantienStoter. An improved LOD specification for 3D building models. [Computers, Environment and Urban Systems. Volume 59](#), September 2016, Pages 25-37

35. <https://kyivcity.gov.ua/img/item/general/2660.pdf>

36. Z. Kurczynski, K. Bakula, M. Karabin, M. Kowalczyk, J. S. Markiewicz, W. Ostrowski, P. Podlasiak, D. Zawieska. The possibility of using images obtained from the UAS in cadastral works. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B1, 2016, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic. – pp.909-915

37. Pix4Dmapper. Посібник з початку роботи. Translated by DroneUA. [www.pix4d.com](http://www.pix4d.com)

38. Конституція України (із мінами) [Електронний ресурс] URL: <https://www.president.gov.ua/documents/constitution>

39. Закон України «Про охорону праці» (редакція 2002р. зі змінами та доповненнями). [Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>

40. Пам'ятка щодо дій населення у надзвичайних ситуаціях [Електронний ресурс] URL: <http://uprns.mkrada.gov.ua/?memory=pam%E2%80%99jatki-naselennju-dijam-u-nadzvichajnih-situacijah>

41. Про цивільну оборону Положення про єдину державну систему цивільного захисту / Постанова Кабінету Міністрів України від 09.01.2014 р. № 11

[Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-%D0%BF#Text>

42. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546

[Електронний ресурс] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

43. Програма охорони навколишнього природного середовища  
[Електронний ресурс] URL: <https://ips.ligazakon.net/document/ZA150218>

44. Про землеустрій. Закон України: за станом на 22.05.2003р./ Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К – № 858-IV ([www.zakon.rada.gov.ua](http://www.zakon.rada.gov.ua)).

45. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія: Навчальний посібник. — 2-е вид., стер — Суми, ВТД “Університетська книга”, 2005. - 416с.

## ДОДАТКИ

Каталог координат опорних точок



Елементи зовнішнього орієнтування аерознімків  
imageName X Y Z Omega Phi Kappa

