

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**Генеральне планування сільських населених пунктів за
результатами аерофототопографічного знімання
(на прикладі с. Круп'янськ)**
Дипломна робота

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Виконав (ла):

студент (ка) VI курсу, групи 628

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

ОП «Геодезія»

(назва спеціальності)

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник _____

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

протокол засідання кафедри № 5

від «22» «листопада» 2022 р.

зав. кафедри _____ доц. Костянтин ДАРЧУК.

Чернівці – 2022

ЗМІСТ

ВСТУП		3
РОЗДІЛ 1.	Теоретико-методичні засади аерофототопографічного знімання та генерального планування	5
1.1.	Сутність аерознімання засобами БПЛА.	5
1.2.	Особливості та функціонування БПЛА.	9
1.3.	Нормативно-правові основи аерознімання.	18
РОЗДІЛ 2.	Технологічні аспекти аерофототопографічного знімання та обробки знімків.	21
2.1.	Підготовка до аерофотознімання.	21
2.2.	Льотно-знімальні роботи.	22
2.3.	Загальні відомості про аерозображення та робота із ними.	25
РОЗДІЛ 3.	Генеральне планування с.Круп'янськ за аерофотознімками.	29
3.1.	Загальна характеристика території знімання.	29
3.2.	Обробка результатів знімання в Agisoft PhotoScan.	30
3.3.	Складання топоплану М 1:2000.	33
3.4.	Генеральне планування с. Круп'янськ.	40
3.5.	Перспективні напрями використання результатів дослідження	42
	Висновки	44
	Список літератури	46

Вступ

Актуальність теми. Землі населених пунктів безсумнівно є одними із найважливіших категорій земельного фонду, так як саме вони забезпечують територію необхідну для життя людини. В останні десятиліття суттєвого значення набула актуальність картографічного матеріалу, а також точність їх змісту. Отримання подібної інформації в умовах урбанізації приміських територій можливе виключно із застосуванням даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Поява безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вдихнула нове життя у галузь дистанційного моніторингу земель населених пунктів. Завдяки високій роздільній здатності, можливостям виконання періодичних знімачь та відносно невисокій ціні знімання, дані ДЗЗ стали доступними не тільки для міських та селищних поселень, але й для сільських. Але незважаючи на загальну вивченість питань використання даних ДЗЗ в цій галузі, використання даних отриманих з БПЛА володіє певною специфікою, дещо відмінною від процедур залучення традиційних космічних чи аерофотознімків. Тому в даній магістерській роботі подано спробу опису специфіки використання даних ДЗЗ отриманих БПЛА для потреб містобудування, здійснити апробацію БПЛ-технологій для потреб картографування, на прикладі пересічного поселення Чернівеччини – с. Круп'янське

Об'єктом дослідження виступили землі с. Круп'янське Волоківської сільської громади Чернівецького району, а **предметом** особливості їх дистанційного зондування засобами БПЛА.

Так, **метою** дослідження є аналіз, оновлення та процес проведення генерального планування населених пунктів за результатами аеротопографічного знімання.

Виходячи з цієї мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) охарактеризувати засадничі принципи сучасних технологій БПЛА, зокрема їх історичні передумови та фізичні принципи;
- 2) дослідити методичні аспекти використання безпілотних літальних засобів для цілей картографування територій;
- 3) провести аерофотознімання території с. Круп'янське;
- 4) виявити специфіку камеральної обробки даних отриманих з БПЛА;
- 5) виконати картографування території за результатами аерофотознімання.

У роботі використано сукупність загально та конкретно **наукових методів**, кожен з яких застосовувався в рамках єдиного системного підходу. З поміж усіх

методів дослідження варто окремо виділити методи аналізу та синтезу, що застосовувались в процесі написання всіх розділів роботи, історичний метод застосований для написання першого пункту першого розділу та картографічний і геоінформаційний методи, що використовувалися для побудови геопросторових моделей представлених в третьому розділі магістерського дослідження. Дослідження базується на теоретичних та практичних напрацюваннях таких вчених як: Л.Г. Руденко, Ю. О. Карпінський, В.І. Лялько, Х. І. Бурштинська, Є.В. Кобилінська, В. П. Разов.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі опрацювання значної кількості літературних та нормативно-правових джерел, а також технічних проектів й документацій, нами:

вперше:

- проведено знімання території с. Круп'янське за допомогою БПЛА;
- складено топографічний план поселення в масштабі 1:2 000, шляхом опрацювання результатів аерофотознімання;

набули подальшого розвитку:

- реалізація технологічної схеми дистанційного зондування Землі, за допомогою БПЛА;
- методико-технологічні прийоми дослідження фотограмметричної діяльності;
- теоретичні та практичні аспекти подальшого розвитку ДЗЗ на території Надвірнянського району.

Практичне значення одержаних результатів. Результати виконаного магістерського дослідження особливостей використання БПЛА, можуть бути використані для відображення системно упорядкованого та конкретизованого стану дистанційного зондування територій, висвітлення проблем його розвитку та оновлення, рекомендацій можливих шляхів їх вирішення. Теоретичні та методичні положення роботи, крім того, можна використовувати при аналогічних дослідженнях для інших населених пунктів.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, доповнена списком використаних джерел, який налічує 53 найменування. Загальний обсяг роботи складає 84 сторінки машинописного тексту (основна частина на 77 сторінках). Робота супроводжується 3 таблицями та ілюструється 36 рисунками.

Розділ 1. Теоретико-методичні засади аерофототопографічного знімання та генерального планування.

1.1. Сутність аерознімання засобами БПЛА.

Цифрові технології переживають неабиякий прогрес в періоді останніх років, що призвело до значного поліпшення якості цифрових камер та їх роздільної здатності. Підвищення якості фотографій з плином часу продукує значому зменшенні ціни на цифрові камери. В результаті, фахівці окремих професій можуть застосовувати цифрові камери в якості геодезичного вимірювального інструмента. Використання таких девайсів в області інженерної геодезії може привести до підвищення продуктивності геодезичних і маркшейдерських робіт, а також автоматизації багатьох процесів гірничого виробництва [1].

Матеріали та методи аерокосмічної зйомки вважаються недоцільним тільки для складання найбільш точних, великомасштабних планів невеликих ділянок території. Завдяки появі компактних літальних апаратів і зростаючої їхньої доступності для застосування в самих різних галузях господарської діяльності, вимірювання об'ємів, площ, довжин за допомогою дронів і безпілотників стало набагато частіше застосовуватися організаціями, що надають різноманітні геодезичні послуги:

1. Топографічна зйомка різних масштабів для потреб проектування.
2. Завчасне регулювання та оновлення раніше виданих топографічних карт та планів.
3. Землевпорядна діяльність і контроль стану земельних площ.
4. Моніторинг різного виду об'єктів.
5. Ведення кадастрового обліку та контроль містобудівної діяльності.
6. Створення цифрових географічних моделей ділянок місцевості.

БПЛА – (безпілотні літальні апарати, які ще називають дронами або квадрокоптерами, широко та часто застосовуються в аерофотограмметрії.



Рис.1.1. Квадрокоптер DJI Mavic 3.

Використання таких апаратів вирішує проблему швидкого збору даних, дає змогу виконувати зйомку у важко доступних і небезпечних місцях в автоматизованому режимі. Найчастіше БПЛА використовують для вирішення таких топографо-геодезичних задач, як:

- в маркшейдерських роботах - при зйомці та регулюванні стану кар'єрів, відвалів, визначенні їх обсягів при розробці;
- інженерно-геодезичні вишукування, для того, щоб створювати ортофотоплани та топографічні плани місцевості, де застосування традиційних методів (виконавчої зйомки тахеометром або GPS-приймачем) економічно не ефективно або є ризиковане для робочого персоналу (знімання важкодоступних, непрохідних або ж протяжних об'єктів);
- в кадастрових роботах, для визначення місцеположення точок меж земельних ділянок фотограмметричним методом на не великих площах (село, селище, садовий кооператив), інвентаризації земель та інших об'єктів нерухомості (Рис.2.) [1].

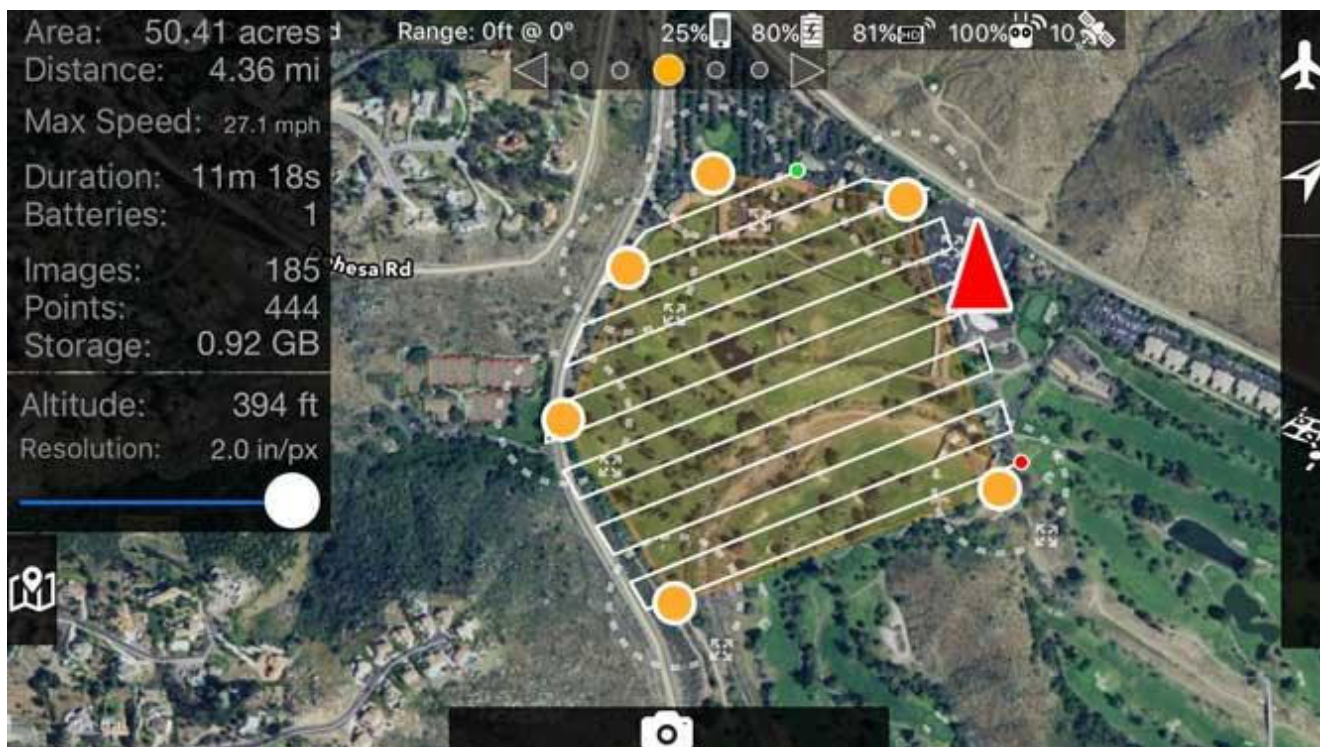


Рис.1.2. Маршрут польоту.

Відзнятий матеріал за допомогою безпілотних систем, використовуються зазвичай в таких галузях:

- лісове та сільське господарство: власники земель можуть приймати швидкі та обґрунтовані рішення, щоб заощадити час та кошти (наприклад, для землеробства), отримання швидкого та точного обсягу збитків або для виявлення потенційних проблем в даній області;

- для археологічних та культурних об'єктів спадщини: їх відображення та структура, легко спостерігаються на малій висоті польоту;

- екологія: швидкі та дешеві регулярні знімання дають змогу контролювання за водними та земельними ресурсами;

- 3D-модельювання: безпілотні літальні апарати є джерелом відновлення загальних моделей [15].

Зображення, на основі зйомки БПЛА, вимагають польоту або місії з планування, вимірювання опорних точок, зображення які отримуються, калібровка камери та орієнтації зображення, обробка зображень для отримання потрібної інформації. Для того, щоб суттєво підвищити ефективність роботи рекомендується мати в запасі як мінімум два квадрокоптери.

Пультот керування контролюється сам процес польоту та посадки, який має знаходитись в руках досвідченого спеціаліста.

Орієнтація зображення в просторі і калібрування камери вимагають виявлення загальних ознак, видимих з багатьох знімків. В аерофотограмметрії це вирішується за допомогою використання автоматичних методів аеротріангуляції [1].

Після проведення планового польоту дроном, наступним кроком в процесі 3D-модельовання буде обробка отриманого зображення та потрібної нам інформації. Метод знімання за допомогою БПЛА має додатковий ряд переваг порівняно з іншими методами знімання:

- низька висота польоту, дає змогу виконувати зйомку від десяти до двохсот метрів для одержання надвисокого розрізнення місцевості від 2-5 см. (Рис.3.);



Рис.1.3. Фрагмент зйомки.

- точковість – уможливорює детальну зйомку невеликих об’єктів і малих ділянок там, де це майже не можливо та не рентабельно зробити іншими способами;

- мобільність – зумовлена тим, що не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, безпілотники транспортуються легковими

автомобілями (або переносяться вручну), відсутня складна процедура дозволів і узгодження польотів;

- висока оперативність – весь процес, від виїзду на місце знімання до одержання результатів, займає декілька годин;

- екологічна чистота – малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, які використовуються, забезпечують практично нульове навантаження на довкілля.

Встановлення камери із зовнішнім об'єктивом у сучасних безпілотах дає їм щонайбільшу перевагу з фотограметричної точки зору. Зовнішні лінзи фотокамери надають більш стабільну внутрішню геометрію, що призводить до якіснішого калібрування, ніж у висувних об'єктивах [1].

1.2. Особливості та функціонування БПЛА.

Мультикоптер (англ. Multicopter, багатороторний вертоліт) – це літальний апарат вертолітного типу з довільною кількістю несучих гвинтів, що обертаються діагонально в протилежних напрямках. Двох гвинтові вертольоти до мультикоптерів, як правило, не відносять. Мультигвинтові вертольоти розроблялися ще в перші роки вертольотобудування. Перший квадрокоптер (англ. Quadcopter – чотирьохроторний вертоліт), який реально відірвався від землі і міг триматися в повітрі, був створений таким вченим: Георгієм Ботезату і був у 1922 році випробуваний [6].

Недоліком їхнім була складна трансмісія, що передавала обертання одного мотора на кілька гвинтів. Винахід хвостового гвинта і автомата перекошу поклато край цим спробам. Своє нове народження мультикоптери дістали в ХХІ столітті, вже як безпілотні літальні апарати. Завдяки простій конструкції вони часто використовуються в аматорському моделюванні. Квадрокоптери мають парне (від 4 до 12) число гвинтів постійного кроку (автомата перекошу, на відміну від одно- і двохгвинтових апаратів, немає). Кожен гвинт приводиться в рух власним двигуном [6].

Принцип дії гвинтів полягає в обертанні однієї половини за годинниковою стрілкою, а інша половина проти, тому хвостовий гвинт мультикоптеру не потрібен. Маневрують вони шляхом зміни швидкості обертання гвинтів.

Наприклад:

- прискорення всіх гвинтів – підйом;
- прискорення гвинтів з одного боку і уповільнення з іншого – рух у бік;
- прискорити гвинти, що обертаються за годинниковою стрілкою, і уповільнити обертові проти – поворот [6].

Також відзначемо – **GPS**-приймач, що уможливорює запис маршрута польоту заздалегідь, з комп'ютера, а також, повертати апарат в точку зльоту, в разі втрати радіосигналу пульта керування з дроном, або знімати параметри польоту оперативно чи потім.

Літальний апарат є керованим без участі пілота, тобто автоматично. У перший час машини використовувалися у військових цілях для отримання розвідданих, зараз же створені спрощені варіанти. І тому будь хто може купити їх недорого для особистого використання. Зазвичай квадрокоптери потрібні для зйомки відео під час польоту, щоб отримати багато цікавих ракурсів [16].

Види дронів

Розмір і вид пристрою багато у чому має залежність від його призначення. Це може бути літак безпілотник. За розмірами він великий і використовується у військових цілях (Рис.1.4).



Рис.1.4. Безпілотник Bayraktar.

Іншим варіантом поменше є модель із зафіксованими крилами, для географічної зйомки (Рис.1.1). Найпопулярніші види - це квадрокоптери, які мають принцип вертикального підйому і посадки. Їх різниця від попередніх невеликі розміри та здатність злітати і зависати в повітрі.

Квадрокоптери є підвидом дронів і являють собою невеликі літальні апарати на 4 гвинтах (Рис.1.5.).



Рис.1.5. Гвинти квадрокоптера.

Працюють вони за допомогою акумулятора і керуються дистанційно з пульта або додатка на гаджеті (Рис.1.6.).



Рис.1.6. Пульт керування квадрокоптера.

Перевагою пристрою є зручний запуск, який не вимагає великого простору і здатний застигнути в повітрі. Механізм працює так, що він здатний вертикально підніматися і опускатися. Також на ньому можна встановити камеру і знімати під час польоту (Рис.1.7).



Рис..1.7. Камера дрону.

Квадрокоптери переживають пік популярності, тому що вони невеликого розміру і їх ціна доступна (Рис.1.8).

В зрівнянні той самий безпілотник Bayraktar коштує від 5 до 6 мільйонів доларів.

 A screenshot of a product listing for the DJI Mavic 3 Fly More Combo. On the left is a top-down view of the drone. On the right, the text reads:

- Квадрокоптер DJI Mavic 3 Fly More Combo**
- DJI
- Артикул: DJI-M3FMC
- 110 000 грн**
- Buttons: "Купити" (Buy) and a heart icon for favorites.
- Additional offers: "+ Военная аптечка [Lifetime IFAK-01](#) в подарок !" and "+ Система скидання в подарок !"
- Specifications: "Взлетная масса Mavic 3: 895 г" and "Mavic 3 Cine: 900 г"

Рис. 1.8. Ціна квадрокоптера.

В основному механізм складається з:

- Каркасу;
- Електродвигунів;
- Пропелера;
- Пристрої регулювання обертів;
- Різних датчиків;
- Вогнів для навігації;
- Камери.

Максимальна **висота** польоту квадрокоптера DJI Mavic 3 Fly More Combo становить 6000 м. **Час** польоту 46 хвилин. Максимальне **зависання** 40 хвилин. **Дальність** польоту складає 30 кілометрів.

Оновлена модель **Mavic 3** – один з кращих складних дронів від компанії DJI. Для нього характерні:

- час польоту збільшено до 30 хвилин;
- шумозаглушення: 4 дБ;
- 4К відео;
- 3-осьовий стабілізатор.

Технічні характеристики:

- в складеному стані (висота/ширина/довжина): 83x83x198 мм;
- розмір по діагоналі (без пропелерів): 335 мм;
- вага (з акумулятором і пропелерами): 734 г;
- макс. швидкість набору висоти: 5 м/с;
- макс. швидкість зниження: 3 м/с;
- макс. швидкість: 65 км/год (в спортивному режимі, без вітру);
- макс. висота польоту над рівнем моря: 5000 м;
- макс. час польоту: 30 хвилин (без вітру, при швидкості 25 км/год);
- макс. час застигання: 27 хвилин (без вітру);
- електронні регулятори ходу: FOC;
- макс. дальність польоту: 10 км;

- діапазон робочих температур: $0^{\circ} \dots +40^{\circ} \text{ C}$;
- супутникові системи позиціонування GPS / ГЛОНАСС;
- діапазон робочих частот: fcc (2,4-2,4835 ГГц), ce (2,4-2,4835 ГГц), srcc (2,4-2,4835 ГГц).

Точність позиціонування:

- у вертикальній площині: $\pm 0,1 \text{ м}$ (при включеній системі візуального позиціонування) або $\pm 0,5 \text{ м}$;
- у горизонтальній площині: $\pm 0,3 \text{ м}$ (при включеній системі візуального позиціонування) або $\pm 1,5 \text{ м}$.

Пульт дистанційного керування:

- діапазон робочих частот: 2,400-2,483 ГГц;
- дальність передачі сигналу FCC: 7 км / CE: 4 км / SRRC: 4 км (на відкритому просторі без перешкод);
- діапазон робочих температур: $0^{\circ} \dots +40^{\circ} \text{ C}$;
- акумулятор: 2970 мАч;
- потужність передавача (ЕІІМ): FCC: $\leq 26 \text{ дБм}$ / CE: $\leq 20 \text{ дБм}$ / SRRC: $\leq 20 \text{ дБм}$;
- робочий струм: 950 мА при напрузі 3,7 В;
- розмір сумісного мобільного пристрою (товщина/довжина): 6,5-8,5 / 160 мм;
- USB-роз'єми: Lightning, Micro USB(B), USB(C).

Стабілізатор:

- робочий діапазон кутів обертання (нахил): $-90^{\circ} \dots +30^{\circ}$;
- крен (горизонтально або вертикально): $0^{\circ} \dots 90^{\circ}$;
- стабілізація: по 3 осях (поперечна, поздовжня і вертикальна).

Додаток (трансляція в реальному часі): DJI GO 4:

- системні вимоги: iOS 8.0 і $>$, Android 4.1.2 $>$;
- якість трансляції:
 - пульт керування 720р, 30 кадрів/с, 1080р, 30 кадрів/с;
 - Wi-Fi: 720р, 30 кадрів/с;

- шолом DJI Goggles 720p, 60 кадрів/с, 1080p, 30 кадрів/с;
- затримка сигналу 160-170 мс (залежить від умов на місцевості і мобільного пристрою) [5].

Існує багато різновидів дронів за розмірами. Є компактні для дітей, радіус пропелерів становить 1,5 см і повнорозмірні для дорослої аудиторії. Вага їх від декількох десятків грам до десяти кілограм. На ціну впливає наявність датчиків управління і функціонал пристрою. Існують безколекторні види, що відрізняються довговічністю експлуатації, і спрощені колекторні, які вимагають періодичної заміни моторів [15].

Коптери можуть мати функцію інтелектуального польоту і датчики, що реагують на перешкоди. Максимальна відстань польоту пристрою може становити до двох кілометрів. Мінімальна протяжність зйомки відео від 20-ти хвилин і довше. Виділяються безліч класів, такі як професійні, вуличні, міні -, нано-та інші.

Різновиди геодезичного виміру за допомогою дронів і безпілотників.

Знімання з дронів та безпілотників виконується при різних положеннях оптичної осі аерофотокамери. З урахуванням її просторового розташування, виділяють такі види аерофотознімання:

Горизонтальна

Розуміється зйомка, коли оптична вісь розташовується в прямовисному положенні (з відхиленням від вертикалі не більше ніж на один градус).

Планова

Проведення фотографування з безпілотників з більш значним відхиленням від прямовисного положення (до п'яти градусів).

Перспективна (похила)

Проводиться при більш пологішому нахилу оптичної осі приладів. Якщо кут її нахилу дозволяє зафіксувати на зображеннях лінію горизонту, то аерофотозйомка – перспективна з горизонтом.

Планово-перспективна

Суть її полягає в отриманні з однієї позиції як планових, так і похилих зображень [2].

Використання безпілотників в будівництві.

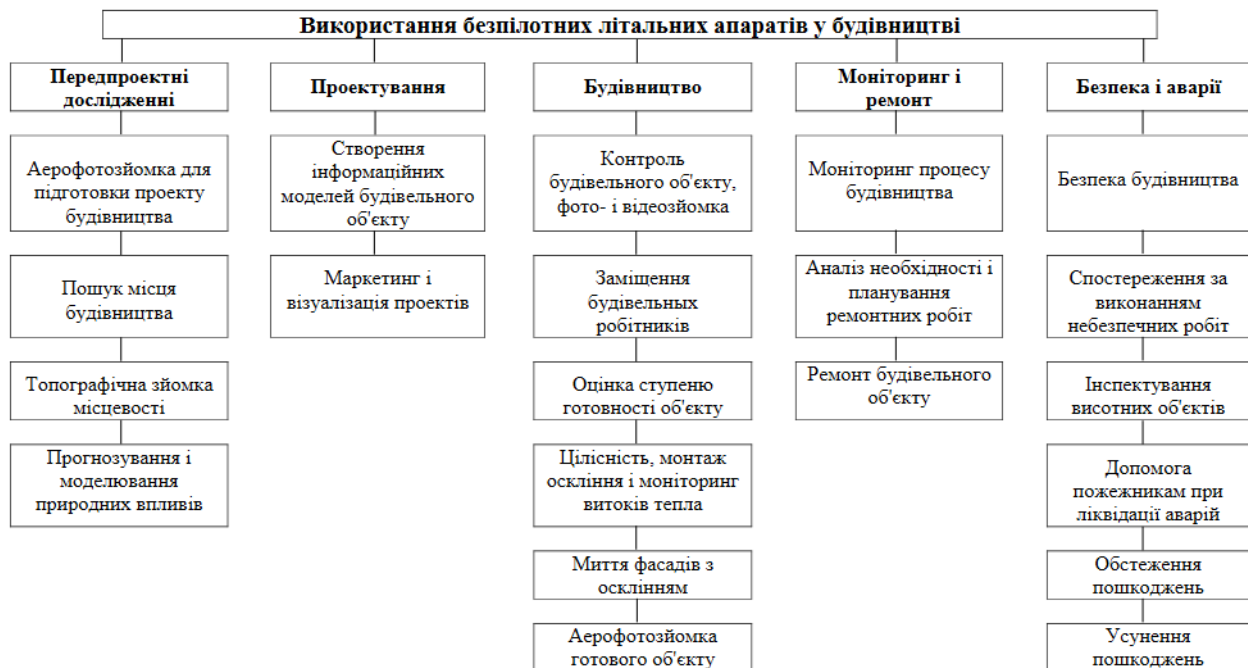


Рис.1.9. Використання БПЛА у будівництві.

Швидко зростає популярність використання безпілотників і для складання генеральних планів сіл, територіальних громад та районних центрів.

Ці машини дають можливість при порівняно невеликих витратах коштів отримувати зображення об'єктів з висоти «пташиного польоту» з високою роздільною здатністю і в динаміці, геопросторові характеристики, а також результати вимірювання приладами [7].

Використовуючи фотограмметрію, можна аналізувати зібрані аерофотографічні дані і створювати цифрові топографічні плани місцевості, причому набагато швидше, ніж традиційним методом наземної зйомки. Проведені дослідження показали, що складені за допомогою безпілотників плани

місцевості забезпечують точність в межах 3-5 см. За допомогою «дронів» складаються детальні цифрові моделі топографічних профілів місцевості [18].

Таким чином із аерофотознімків квадрокоптерів, можуть бути легко створені контурні карти, тривимірні фотомоделі, хмари точок і проведення екологічного моніторингу. Такий девайс буде ідеальним для отримання ортофотопланів, як у польовій, так і у міській місцевості різних масштабів (інженерно-топографічних планів у масштабах 1:2000, 1:1000 і 1:500) [17].

На більш старих моделях якість створеного, за матеріалами зйомки ділянки місцевості, в основному задовольняє картографічні вимоги. Це було пов'язано з використанням побутових компактних камер для зйомки, що мали певні недоліки, основними з яких була відсутність їх калібрування [1].

Програмне забезпечення яке працює в комплексі зі дронами.

В теперішній час існує велика кількість програмного забезпечення, що працює в комплексі з дронами. Ці програми виконують обробку отриманих даних в результаті зйомки, створюють 3D моделі, здійснюють підрахунок об'ємів та площ. Однією із великого вибору таких програм є Agisoft PhotoScan.

Це програма яка дозволяє автоматично створювати високоякісні 3D-моделі об'єктів на основі цифрових фотографій. Для реконструкції об'єкта PhotoScan достатньо завантажити фотографії, ніякої додаткової інформації не треба. Відновлену текстуровану 3D модель можна зберегти у різних форматах - OBJ, 3DS, PLY, FBX, VRML, COLLADA, U3D, PDF [19].

Програма здатна обробляти будь-які фотографії, зняті будь-яким цифровим фотоапаратом, з будь-яких ракурсів. Головне, щоб кожен елемент об'єкта, що реконструюється, було видно хоча б з двох позицій зйомки.

Вводячи хоча б одну відстань між точками об'єкта або позиціями зйомки, PhotoScan відновлює масштаб усієї моделі та дозволяє визначати відстані між будь-якими точками об'єкта та обчислювати площу, об'єм об'єкта або його частин. Якщо в програму ввести координати хоча б 3 точки об'єкта або 3 позиції зйомки то воно автоматично прив'язує модель до даної системи координат, дозволяє обчислювати

проекцію моделі на задану поверхню (ортофотоплан), матрицю висот відносно заданої поверхні (DEM), зберігати ортофотоплан і DEM в різних форматах та системах координат. Процес обробки фотографій повністю автоматизований і не вимагає попереднього калібрування камер або ручного маркування фотографій [3].

Отже, використання малих БПЛА є швидким та якісним інструментом для виконання землевпорядних робіт, яке дозволяє забезпечувати також такі галузі та напрями, як гірничодобувна промисловість, будівництво, 3D моделювання, дорожні роботи, візуалізація, лісове господарство та оцінку безпеки, проводити моніторинг ерозії [20].

В гірничодобувній промисловості переваги їх в тому, що вони дають можливість швидко та точно дослідити місцевість. Відзняті зображення можуть бути використані для геометричного моделювання, відображення текстур, створення карт та планів місцевості, визначення об'ємів відвалів, складів продукції і вийнятої гірничої маси на каменевидобувних підприємствах. В порівнянні з іншими методами, за допомогою безпілотних літальних апаратів, знижуються експлуатаційні витрати та зберігається висока точність спостережень.

1.3. Нормативно-правові основи аерознімання.

Згідно пункту 4 розділу II Авіаційних правил польоти безпілотних повітряних суден масою до 20 кг включно виконуються без подання заявок на використання повітряного простору, без отримання дозволів на використання повітряного простору, без інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України та органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України, органів Державної прикордонної служби України, органів обслуговування повітряного руху та відомчих органів управління повітряним рухом, за умови дотримання таких вимог:

1) виконання польотів мають проводитись без перетинання державного кордону України;

2) польоти мають виконуватись поза межами встановлених заборон та обмежень використання повітряного простору, крім випадків, установлених (Положенням про використання повітряного простору), затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 року № 954 [4];

3) польоти не ближче 5 км від зовнішніх меж злітно-посадкових смуг аеродромів або не ближче 3 км від зовнішніх меж злітно-посадкової смуги злітно-посадковий майданчик, крім випадків узгодження з експлуатантом аеродрому [4];

4) виконання польотів не ближче 500 м від пілотованих повітряних суден;

5) польоти не виконуються над скупченням людей на відкритій місцевості та над місцями щільної забудови; об'єктами (зонами), які визначені Міністерством оборони України, Міністерством інфраструктури України, Міністерством внутрішніх справ України, Державною прикордонною службою України, Службою безпеки України, Національною поліцією України, Національною гвардією України, Державною фіскальною службою України, Службою зовнішньої розвідки України, Управлінням державної охорони України, іншими військовими формуваннями та правоохоронними структурами, утвореними відповідно до законів України, та відносно яких здійснюється охорона / державна охорона (за умови позначення території навколо цих об'єктів інформаційними знаками про заборону польотів безпілотних повітряних суден та/або шляхом оприлюднення меж такої заборони), крім випадків виконання польотів за дозволом зазначених вище повноважних органів [4];

6) польоти виконуються в межах прямої видимості (VLOS);

7) максимальна висота польоту має бути не вище:

- 120 м над рівнем земної (водної) поверхні поза межами диспетчерської зони (control zone), аеродромна зона польотної інформації, зони та райони органів управління повітряним рухом відомчих органів органам управління повітряним рухом, спеціально встановлених зон, іншого спеціально зарезервованого повітряного простору [4];

- 50 м над статичними перешкодами на горизонтальній відстані не більше 100 м від таких перешкод, як відхилення від зазначених вище обмежень по висоті, на запит власника такого об'єкту [4];

8) швидкість польоту безпілотного повітряного судна складає не більше 160 км/год.

В інших випадках польоти безпілотного повітряного судна масою до 20 кг та усі без винятку польоти судна масою більше 20 кг виконуються у межах спеціально встановлених зон та маршрутів з дотриманням вимог щодо подання заявок на використання повітряного простору, отримання дозволів та умов використання повітряного простору, інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України, органів Державної прикордонної служби України, органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України, органів обслуговування повітряного руху/управління повітряним рухом [4].

Порушення порядку використання повітряного простору безпілотниками.

Перелік відповідальності **юридичних** осіб встановлена статтею 127 Повітряного кодексу України.

Перелік відповідальності **фізичних** осіб – суб'єктів авіаційної діяльності за виконання польотів з порушенням нормативно-правових актів, які регулюють діяльність авіації, встановлена статтею 111 Кодексу України про адміністративні порушення. **Кримінальна** відповідальність встановлена статтями 281 та 282 Кримінального кодексу України [21].

Розділ 2. Технологічні аспекти аерофототопографічного знімання та обробки знімків.

2.1. Підготовка до аерофотознімання.

Підготовкою до аерофотознімання слугує перше, збір всіх комплектуючих дрону для проведення польоту. Перевірка справності лопатей квадрокоптера, настройки камери та заряд декількох батарей на 100%, що дасть змогу зняти якнайбільше території.

Далі йде підготовка до роботи пульта керування (Рис.1.6.). На смартфон скачуємо спеціальну програму для роботи з дроном (управління льотним процесом задання маршруту зйомки), це такі додатки як Drone Deploy для моделей DJI, Propeller Aero – додаток для детального вивчення місцевості, Raptor Maps – універсальне додаток, що буде працювати з багатьма дронами, Wi-Fi UFO – дозволяє управляти дроном з мобільного.

Після всіх налаштувань та пробних пусків йде виїзд на місце знімання але, треба ще врахувати погодні умови при яких процес польоту не буде складним що може призвести до поломки дрону або ж до його втрати. В цьому нам допоможе програма (Рис.2.1.).



Рис.2.1. Меню програми UAV Forecast.

Вданій програмі ми можемо бачити напрям вітру та його швидкість що є дуже важливим фактором в процесі знімання, пасмурне чи ясне небо, вологість повітря його температура. За допомогою цих модулів ми бачимо чи варто проводити знімання в даний час чи ні, та можемо запановувати знімання на декілька днів вперед.

Перед стартом безпосередньо знімаємо захисну пластмасу з камери.

2.2. Льотно-знімальні роботи.

У технічному плані процес аерофотозйомки складається з трьох етапів: підготовчого, знімального процесу, і постобробки отриманих даних.

Підготовчий етап

На цьому етапі проводиться:

– вивчення матеріалів; формування або збір матеріалів, які потрібно отримати в результаті зйомки – тип і масштаб карти, межі об'єкта зйомки; приведення їх до технічних вимог до знімальних матеріалів: дозвіл, перекриття знімків, координати контуру ділянки зйомки, точність визначення координат центрів фотографування, вимоги до наземної опорної мережі (при комбінованій зйомці, наприклад, коли прив'язка фотоплана проводиться по точках наземної опорної мережі [22].

– формування польотного завдання для дрону.

Виконується програмою-планувальником польоту DroneDeploy (Рис.2.2).

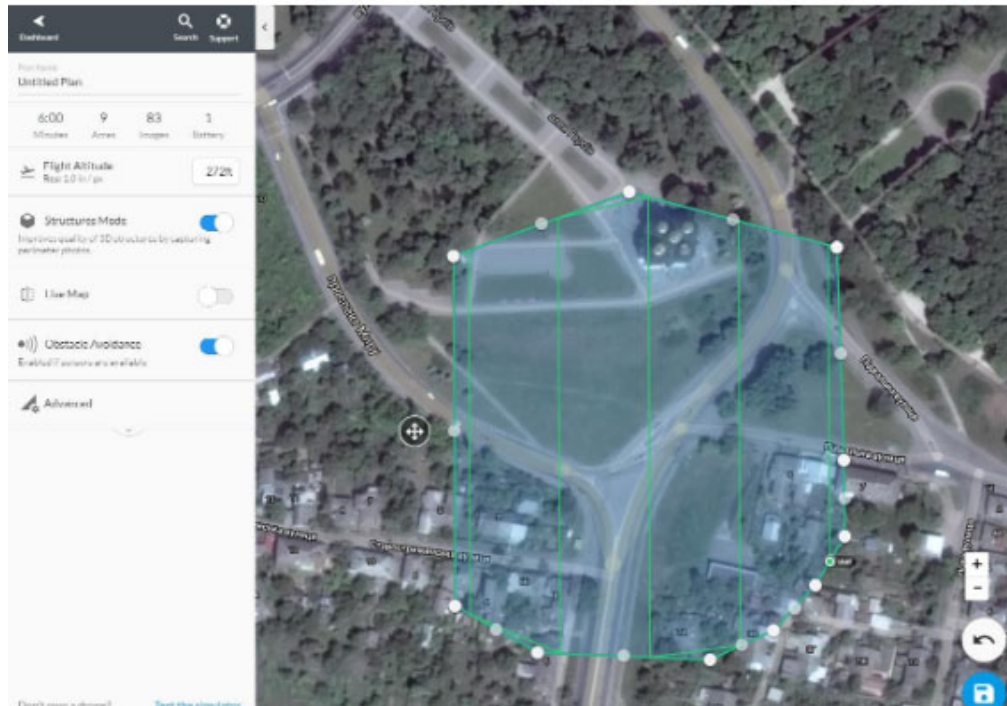


Рис.2.2. Формування польотного завдання для безпілотного літального апарату за допомогою DroneDeploy.

Оператор повинен вибрати використовуваний комплекс БПЛА (у разі, якщо програма дозволяє працювати з декількома конфігураціями БПЛА і фотоапаратури), поставити на карті контур ділянки зйомки та встановити місце для злету дрону, вибрати необхідну роздільну здатність і перекриття, після чого програма розраховує план польоту і перевіряє його на можливість виконання [23].

Виконання аерофотозйомки (Рис. 2.3). По прибутті на стартовий майданчик проводиться:

- уточнення положення стартового майданчика, визначення точки повернення та введення даних про швидкість і напрямк вітру на робочій висоті, якщо такі відомі;
- автоматична перевірка плану польоту і повторна перевірка його на можливість виконання;
- старт БПЛА;
- зйомка в автоматичному режимі;
- посадка в ручному або автоматичному режимах.



Рис.2.3. Виконання зйомки за допомогою безпілотного літального апарату.

При комбінованому способі зйомки виконується визначення координат опорних точок, обраних для прив'язки [24].

Обробка даних.

Полягає в:

- зняті даних з бортових носіїв інформації;
- візуальній оцінці якості фотографій і видалення "технічних" кадрів. Під цими технічними кадрами розуміються знімки, зроблені поза межами ділянки зйомки – при підльоті до ділянки, на дугах розвороту та інші фотознімки не вдалої якості;

- генерація файлу прив'язки центрів фотографування. В ході польоту апаратура веде запис різних параметрів, серед яких – координати, швидкість і параметри орієнтування БПЛА. Після закінчення зйомки з файлу журналу польоту необхідно вибрати координати, що відповідають моментам фотографування, і приписати їх до відповідних знімків. Така обробка, як правило, виконується в тій же програмі- планувальника польотного завдання [25].

У відповідності з вимогами галузевих інструкцій [8], для отримання топокарт масштабу 1:2000 необхідна фотооснова, що має дозвіл 15 см/пікс і має похибку визначення координат у кожній точці не вище 60 см. Таку фотооснову легко отримати при зйомці з БПЛА з використанням компактних фотоапаратів. Наприклад, зйомка камерами типу Canon S-95 або Sony NEX-5 (з об'єктивом SEL30M35) з висоти близько 200 – 300 м дає знімки, які мають дозвіл 5 см/пікс [9].

2.3. Загальні відомості про аерозображення та робота із ними.

Фотограмметрія – наукова дисципліна, яка вивчає форми, розміри і положення об'єктів за їх фотографічними зображеннями. Термін „фотограмметрія” походить від грецьких слів: photos – світло, gramma – запис і metreo – вимірювання, тобто – вимірювання світло запису [11].

Предметом фотограмметрії є вивчення властивостей фотозображення, методів його отримання і вимірювання, розробка приладів для вимірювання і перетворення фотозображень. Своє широке застосування фотограмметрія має в галузях геодезичних і топографічних робіт, а також при картографуванні земної поверхні та космічних дослідженнях [11].

Аерокосмічні знімання дають можливість отримати необхідну інформацію в короткий термін. Так, знімки поверхні земної кулі за допомогою штучних супутників Землі можна отримати за декілька діб.

У **будівництві** методами фотограмметрії виконують контрольні вимірювання при піднесенні будівель і споруд, а також визначають величини деформацій споруд у процесі їх експлуатації.

У **військовій** справі на фотознімках визначають координати орієнтирів і цілей, рубежі розташування військ та їх переміщення.

Фотограмметрія в **архітектурі** застосовується з метою вивчення і реставрації будівель в першу чергу тих, які мають історичне значення. За знімками, одержаними за допомогою мікроскопа, можна визначити розміри, форму та інші характеристики об'єктів мікросвіту [11].

Аерокосмічні знімання дають можливість досліджувати діяльність **вулканів**, а також катастрофічні явища природи.

Широке застосування фотограмметрії для вирішення різноманітних задач пов'язане з високою точністю вимірювань зображень об'єктів на фотознімках і використанням швидкодіючих ЕОМ [26].

Аерофотознімок (АФЗ) – фотографування земної поверхні з літальних апаратів, (літака, гелікоптера, планера, аеростата, повітряної кулі, дрона тощо).

АФЗ за призначенням поділяють на: **топографічне** – для створення топографічних планів і карт, і **нетопографічне** – для спеціального тематичного дешифрування [27].

АФЗ виконують у таких масштабах:

- великих (від 1:1000 до 1:10 000) яке відноситься до нашої роботи;
- середніх (від 1:10 000 до 1:50 000);
- дрібних (від 1: 50 000 до 1: 200 000).

В залежності від характеру польоту, методу одержання аерофотознімка, розміру і форми сфотографованої ділянки земної поверхні аерофотознімок поділяють на кілька видів:

- **багатомаршрутне**, це коли фотографують місцевість шляхом прокладання ряду прямолінійних і взаємно паралельних аерофотозйомочних маршрутів як правило з заходу на схід і зі сходу на захід. В цьому випадку суміжні аерофотознімки одного маршруту перекриваються між собою на величини поздовжніх перекриттів, а аерофотознімки суміжних маршрутів – на величини поперечних перекриттів (Рис.2.4) [10].

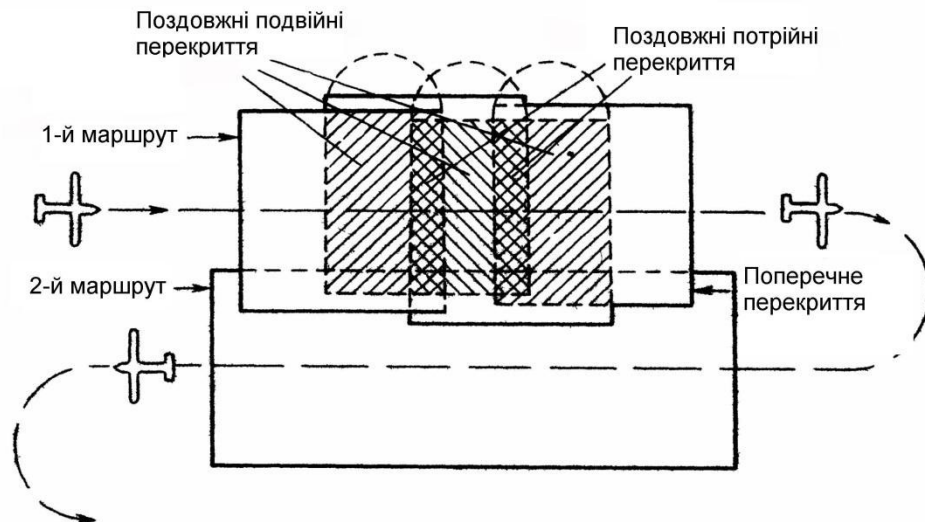


Рис.2.4. Перекриття аерофотознімків.

- **одномаршрутне**, при якому проводять АФЗ вузької полоси місцевості. В цьому випадку суміжні аерофотознімки зв'язані між собою поздовжнім перекриттям;
- **одиначне**, коли одержують одиначний аерофотознімок об'єкта [10].

АФЗ називають плановим, коли оптична вісь аерофотоапарату(АФА) відхилена від прямовисного положення на кут до 30, і перспективним – при більшому куті відхилення. У випадку використання гіроскопічної стабілізації АФА з допомогою гіроскопу, вказаний вище кут відхилення як правило не перевищує 30^1 - 40^1 . Такий вид планового АФЗ називають **гіростабілізованим**.

Для картографічних цілей в основному використовують планове одно- або багатомаршрутне АФЗ, при цьому використовують носії (літаки, гелікоптери) з експлуатаційною швидкістю 180 – 450 км/год [28].

Основні технічні вимоги до аерофотознімання: мала непрямолінійність маршрутів, яка характеризується відношенням величини прогину осі маршруту до його довжини, і повинна не перевищувати 2 % під час зйомок у масштабах, менших 1:5000 з висот 750 м і вище, а також 3 % під час знімання у масштабах 1:5000 і більше з висоти нижче 750 м. [11].

На кожному маршруті сусідні знімки перекриваються одине одним, тобто на тій їх частині, яка відповідає заданому відсотку поздовжнього перекриття,

зображується одна і та ж ділянка місцевості. Відповідно фотознімки сусідніх маршрутів також перекриваються один з одним із заданим відсотком поперечного перекриття (Рис.2.5). В поперечному перекритті намічають точки польової прив'язки аерофотознімків, зв'язуючі точки для передачі координат з одного маршруту на інший [11].

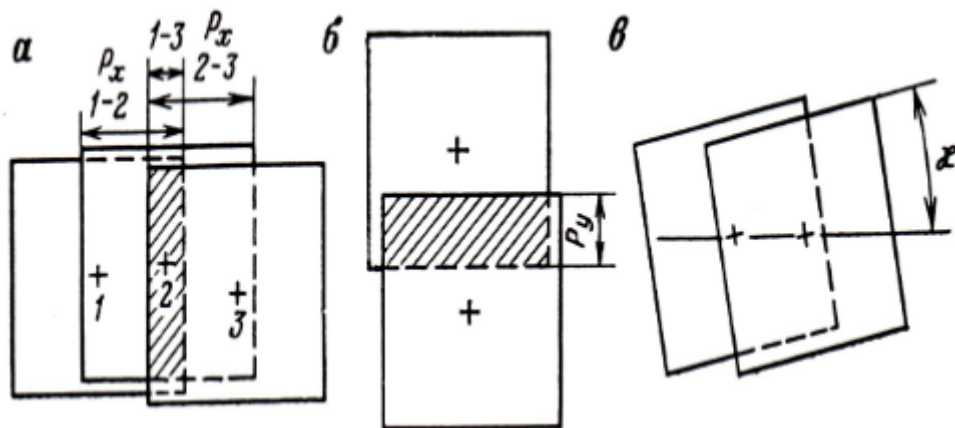


Рис.2.5. Схема поздовжнього (а) і поперечного (б) перекриттів аерофотознімків, непаралельність базису фотографування стороні аерофотознімка (в)

Розділ 3. Генеральне планування с.Круп'янськ за аерофотознімками.

3.1. Загальна характеристика території знімання.

Територією знімання даної роботи стало с. Круп'янське яке знаходиться у Волоківській сільській громаді Чернівецького району Чернівецької області (Рис.3.1).



Рис.3.1. Територія села Круп'янське.

Населення села становить близько 750 чоловік. Висота над рівнем моря 240м. Площа його займає близько 320 га. Здебільшого село рівнинне, тому дуже розвинута аграрна структура села (посіви різних видів культур: пшениця, кукурудза, соя, тощо).

Поблизу розташовані такі села як Велика Буда, Мала Буда. Село перебуває у прикордонній зоні на кордоні з Румунією близько 20 км від нього, тому населення переважно розмовляє румунською мовою.

Як і сказано вище територія села рівнинна це дало змогу розвитку агробізнесу. Великі масиви ріллі на яких вирощують багато рослинних культур. Село Круп'янське останнім часом стрімко розвивається, планується розвиток інфраструктури та розбудова нових житлових будинків, розвиток сільського господарства (утримання великої рогатої худоби, курей та інших видів тварин), розвиток садівництва, вирощування різного виду фруктів (яблука, груші, виноград).

Також на захід від села знаходяться великі лісові масиви, це говорить нам про те що розвинута деревообробна промисловість.

3.2. Обробка результатів знімання в Agisoft PhotoScan.

Agisoft PhotoScan Pro - програма, яка дозволяє створювати тривимірні моделі об'єктів із двох та більше цифрових знімків. Графічна оболонка у програми досить інтуїтивна, але працювати з нею новачкам буде досить складно.

Стверджувати це можна через те, що назви деяких функцій та інструментів, доступних у Agisoft PhotoScan Pro, будуть зрозумілі лише тим, хто добре розуміється на тривимірному моделюванні.

Програма дозволяє скласти сцену місцевості з окремих знімків які були зроблені в результаті знімання.

Початком роботи слугувало скачування програми. Далі ознайомлення з меню та робочими модулями (Рис.3.2).

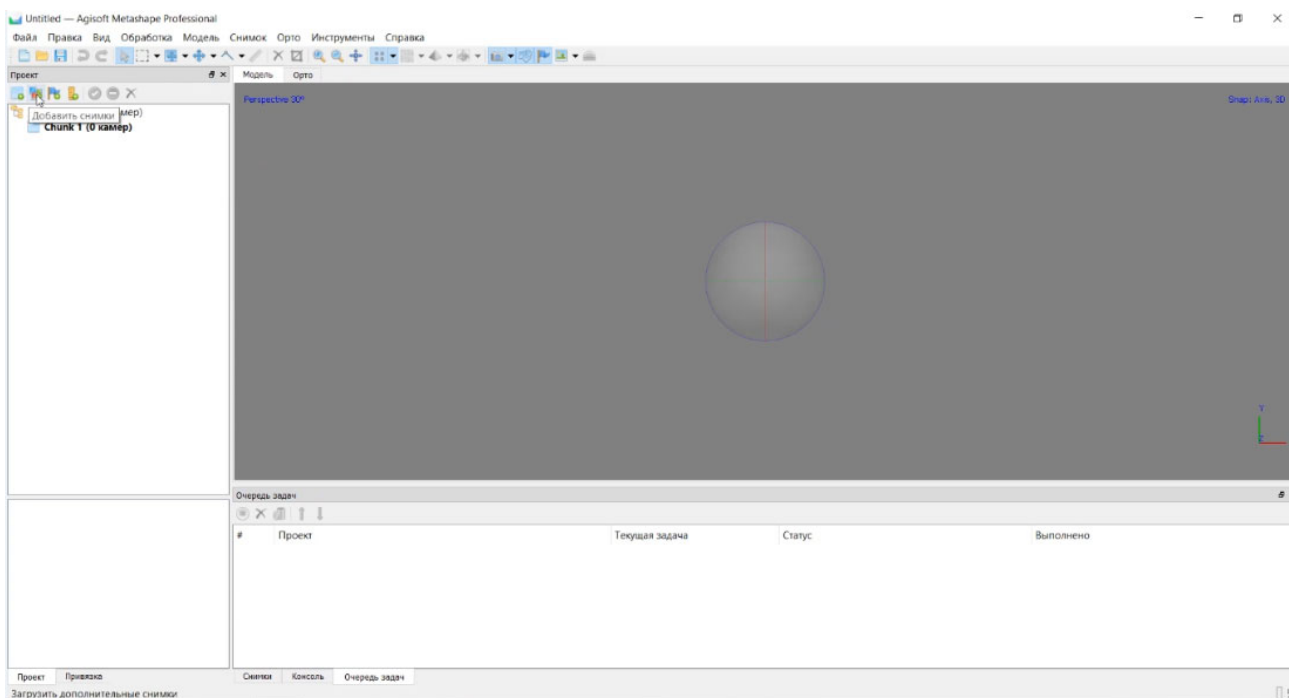


Рис.3.2. Рабочее меню программы Agisoft PhotoScan.

Після чого йшло завантаження фотографій у робоче поле програми (Рис.3.3).

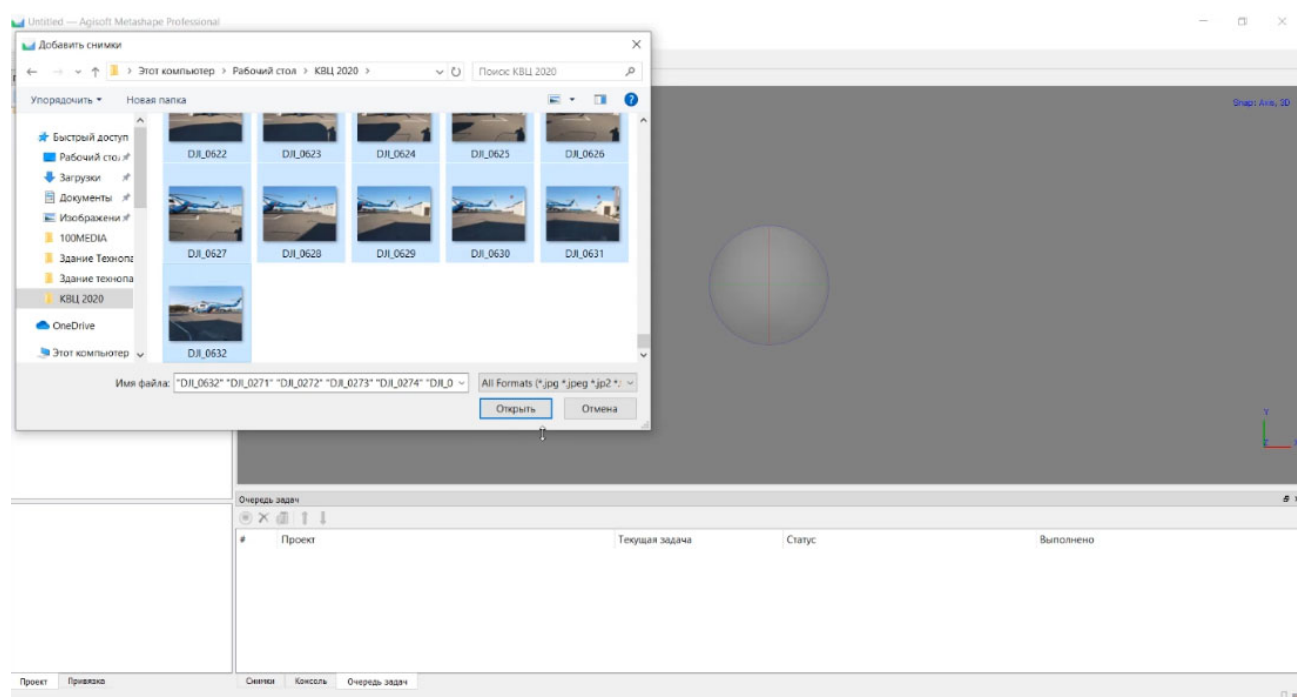


Рис.3.3. Вибір потрібних фото.

В результаті чого відкрились точки камери з геопривязкою до місцевості (Рис.3.4).

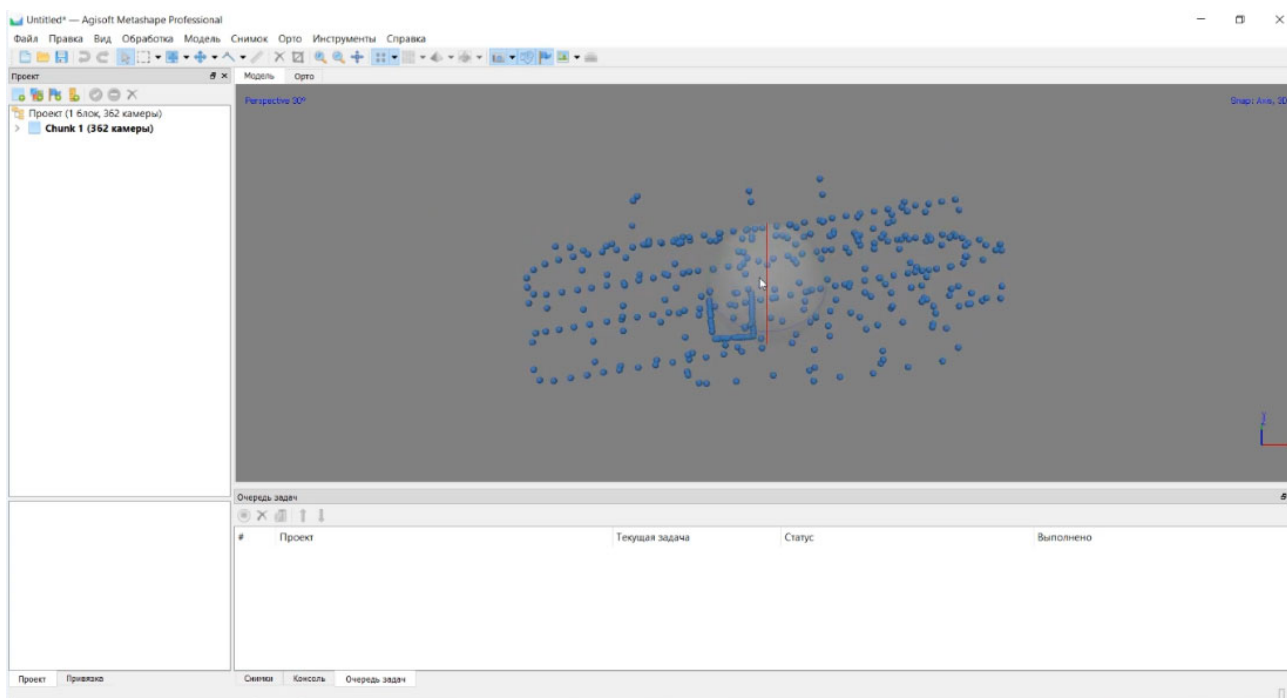


Рис.3.4. Відзняті точки.

Після відкриття вибираємо функцію «Обробка» - «Вирівняти знімки» де вибираємо потрібні нам параметри та натискаємо «ОК». В результаті вдалого вирівнювання отримуємо картографічну основу для подальшої її обробки та дешифрування різного виду об'єктів на знімку (Рис.3.5).

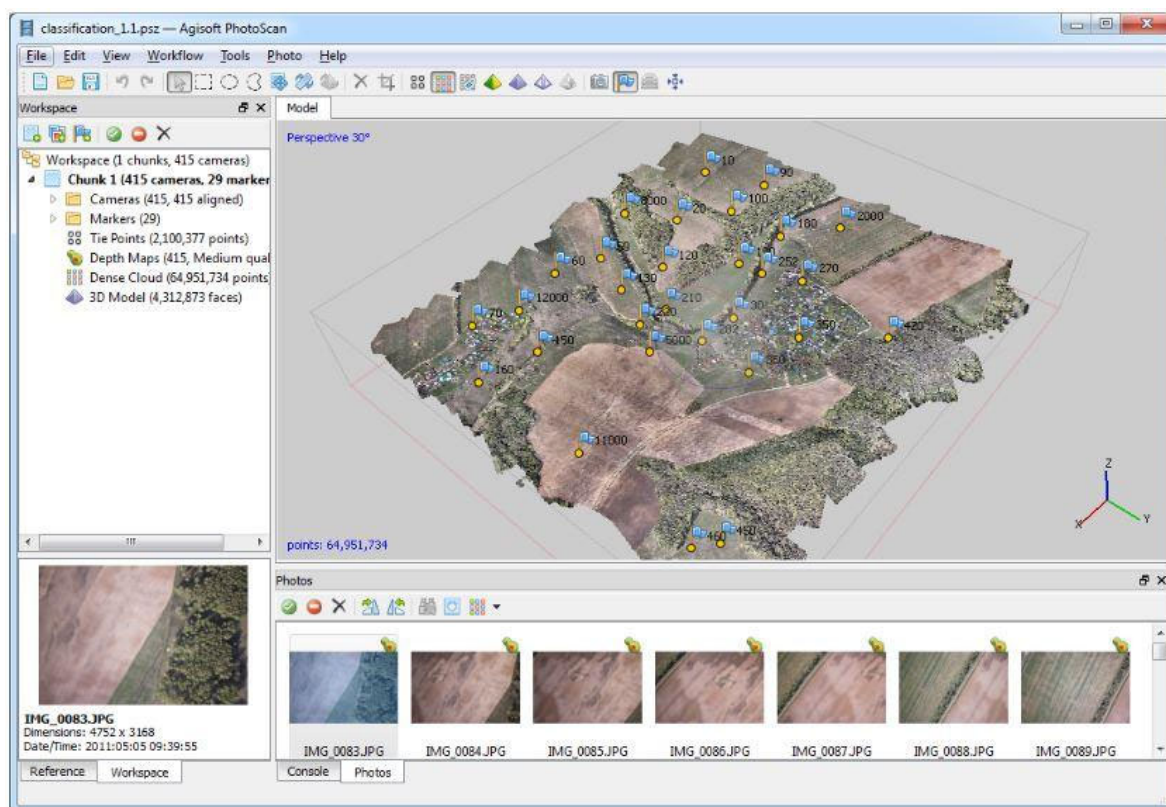


Рис.3.5. Результати обробки.

А тут вже сам знімок в програмі Digitals (Рис.3.6).

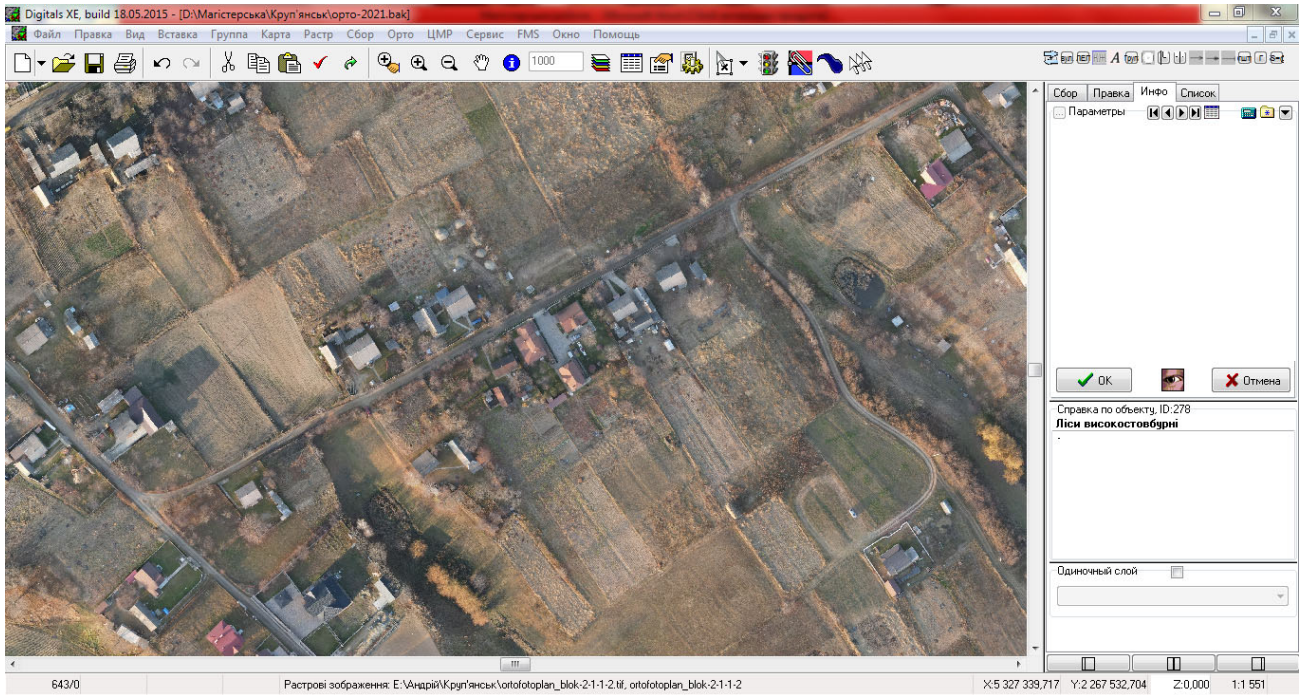


Рис.3.6. Фрагмент ортофотоплану.

3.3. Складання топоплану М 1:2000

Топографічні плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 складають згідно з основними положеннями та з вибору масштабу і висоти перерізу рельєфу топографічних зйомок населених пунктів, затвердженими ГУГК та ВТУ ГШ ЗС СРСР 29 травня 1978 р., а також Умовними знаками для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, затвердженими ГУГК 25.11.86 р. [12].

Плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 створюються за результатами топографічних зйомок місцевості відповідних масштабів або на основі використання топографічних матеріалів більш великих масштабів. Топографічні плани виготовляються у графічному або цифровому вигляді. Для підтримання топографічних планів на сучасному рівні здійснюється їх оновлення [29].

Оформлення топографічних планів у графічному вигляді виконується з урахуванням сучасних можливостей поліграфічного виробництва. У цифровому

вигляді топографічні плани складаються з урахуванням програмного та технічного забезпечення у встановлених структурах та форматах даних [12].

Дана робота направлена на складання топоплану масштабом 1:2000 за АФЗ.

Такі плани використовуються для:

- для розробки генеральних планів міст, селищ міського типу та сіл;
- для складання проектів детального планування окремих районів міста (селища), розбивочних креслень з прив'язками червоних ліній до опорних будинків і центрів геодезичних пунктів; технічних проектів забудови, інженерної підготовки та озеленення територій міст і селищ;
- для складання виконавчих планів гірничопромислових підприємств (копалин, шахт, кар'єрів, розрізів);
- для виконання попереднього детального розвідування і визначення запасів корисних копалин родовищ малих та середніх розмірів з складною геологічною будовою, неправильною формою залягання та нерівномірним розподілом оруднення;
- для складання технічних проектів промислових підприємств усіх галузей народного господарства, у тому числі морських портів суднобудівних заводів, електростанцій, гідротехнічних споруд, захисних дамб, трубопровідних, насосних та компресорних станцій, лінійних пунктів та ремонтних баз, переходів через великі річки та інше;
- для складання проектів та робочих креслень осушення та зрошення земель сільськогосподарського призначення;
- для ведення кадастру населених пунктів із одноповерховою забудовою [30].

Початком роботи було створення нового проекту в програмі Digital (Рис.3.7).

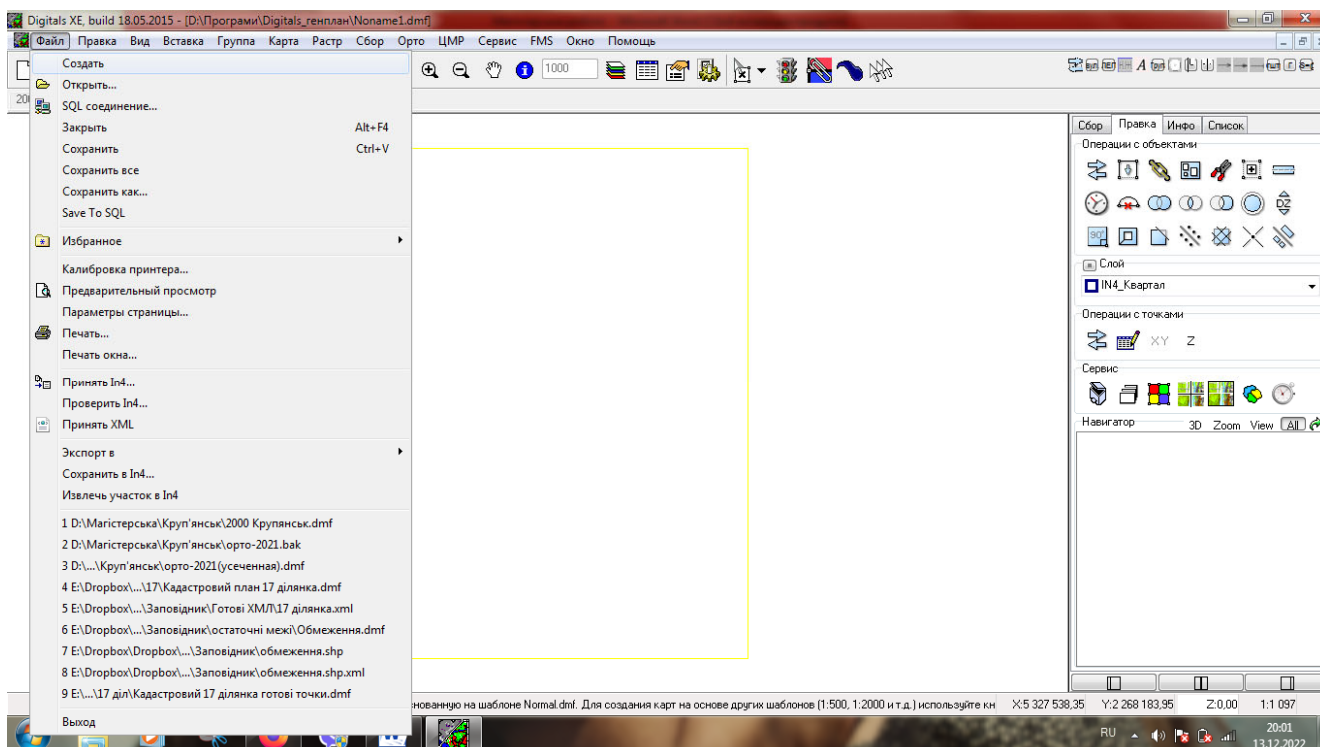


Рис.3.7. Створення нового проекту.

Після створення завантажувалась наша територія аерофотозйомки «Вставка» - «Растровий знімок» - «Відкрити» і вибираємо знімки (Рис.3.8).

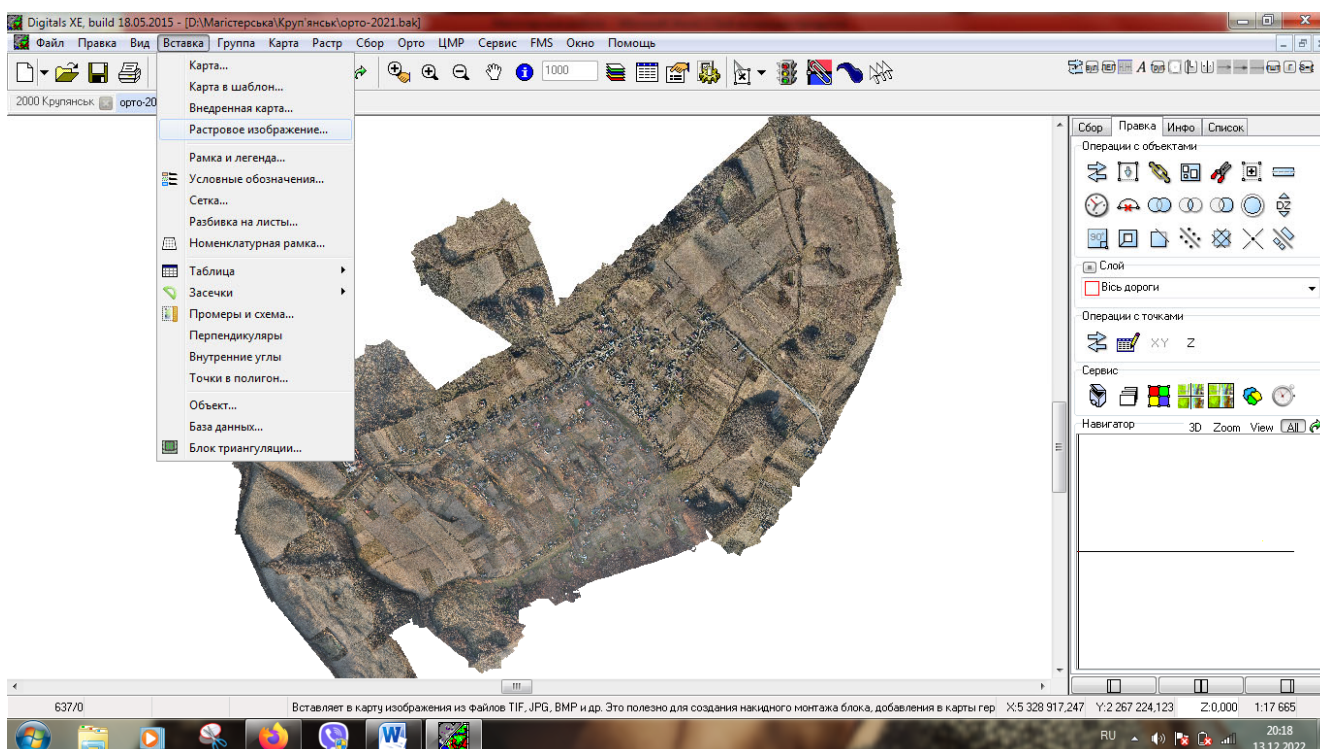


Рис.3.8. Відкриття знімку.

Не забуваємо про прив'язку знімку до координат але для цього під час самої зйомки попередньо було відбито декілька точок GPS – приймачем щоб покласти наше зображення на координати в систему УСК-2000, яка на даний час є основною системою координат в Україні «Реєстри» - «Перерахувати з СК63 в УСК-2000» (Рис.3.9).

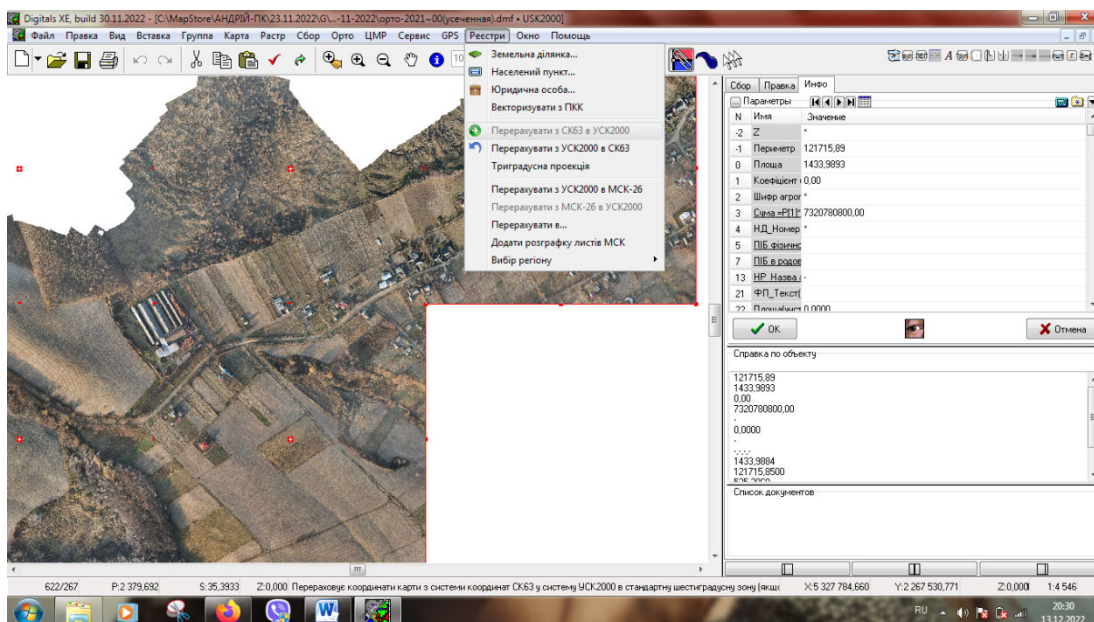


Рис.3.9. Перерахунок координат.

Далі йшла робота з шарами векторної карти. Першим шаром з яким довелось працювати це шар «Будівлі» (Рис.3.10).

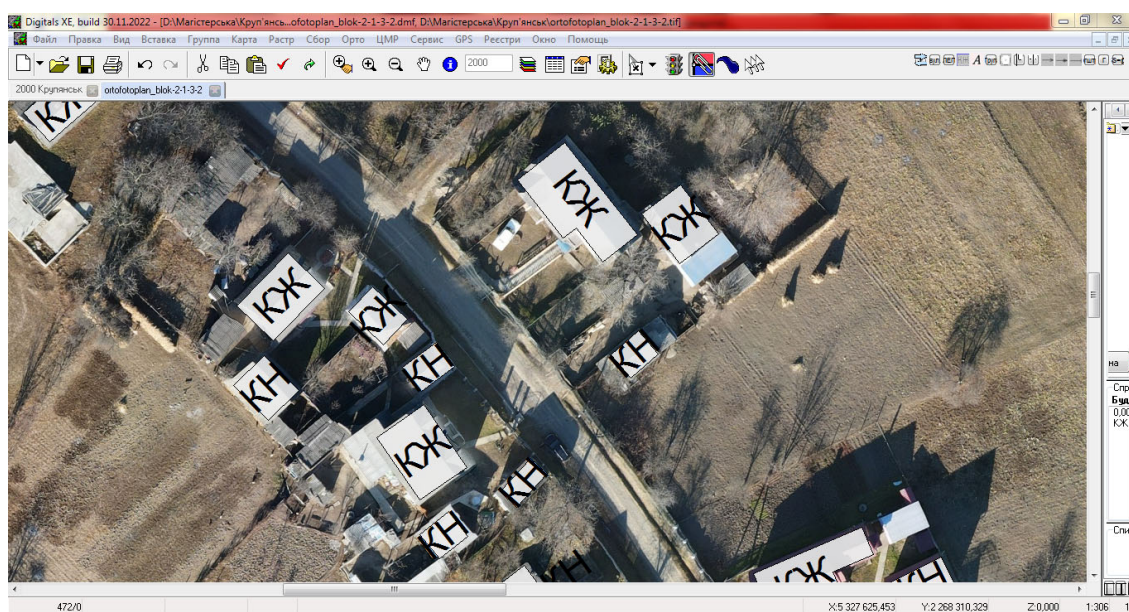


Рис.3.10. Будівлі (КЖ – кам'яний житловий, КН - кам'яний нежитловий).

Нанесення огорож (кам'яних, металічних, дротяних та дерев'яних, Рис.3.11).

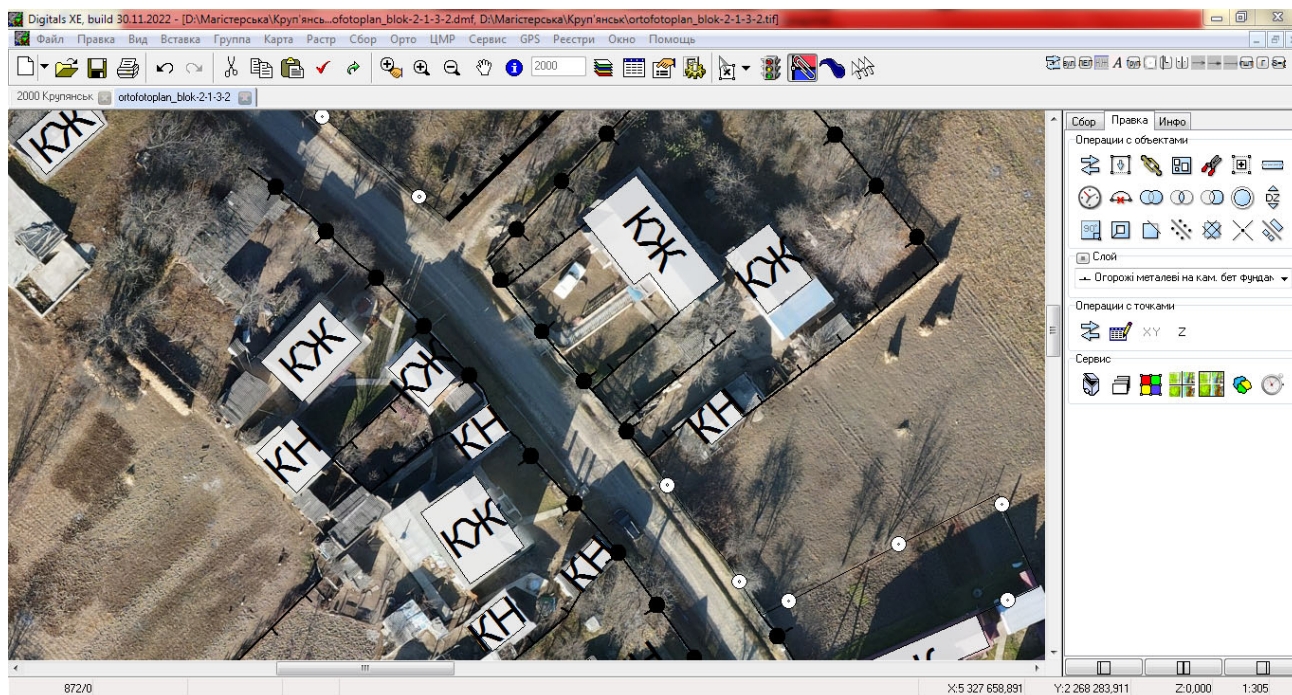


Рис.3.11. Огорожі.

На плані масштабу 1:2000 обов'язково мають бути нанесені лінії електропередачі та колодязі (Рис.3.12).

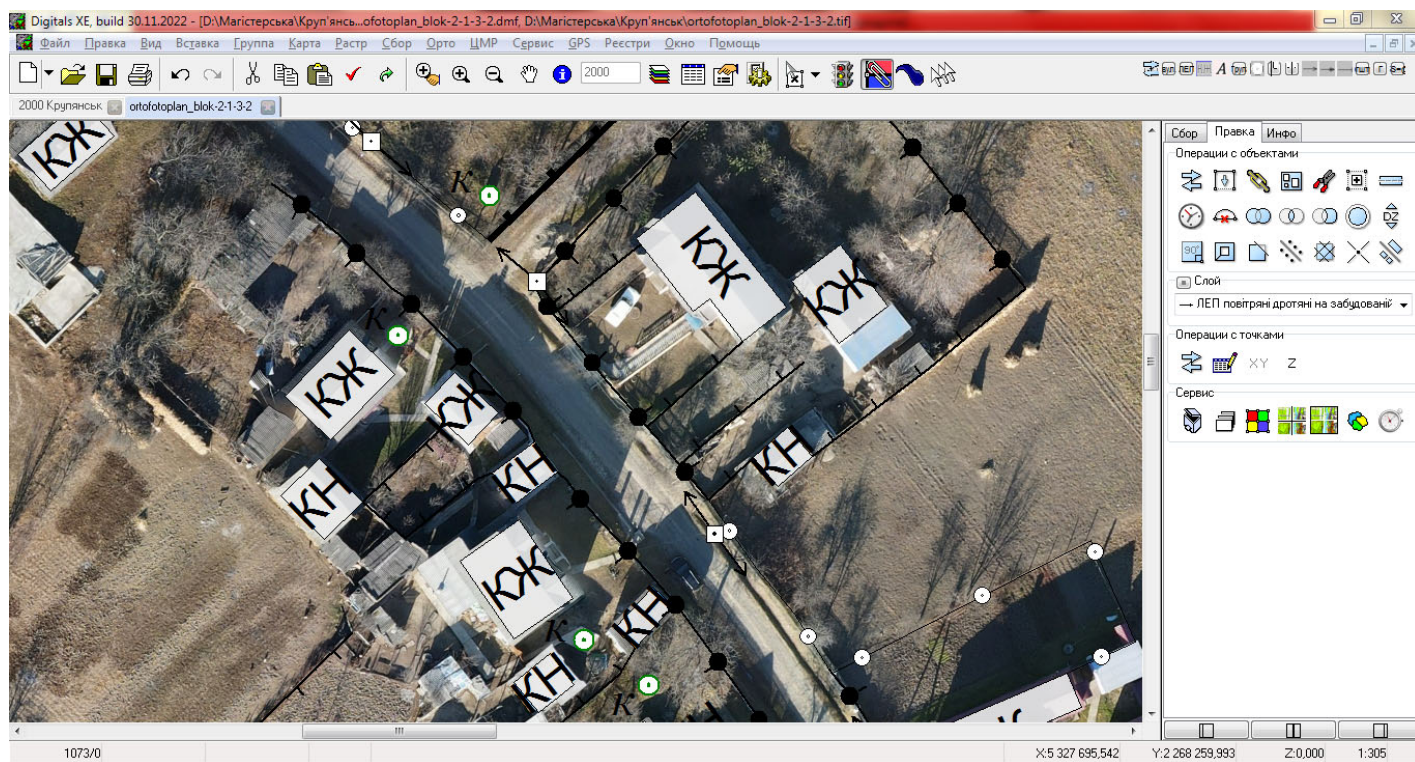


Рис.3.12. Нанесення колодязів та ЛЕП.

Значну територію села займають рілля, сади, сіножаті та пасовища. Також відбивались ряди дерев біля дороги та дерева які стоять окремо. Хочеться відмітити що в селі асфальтованої дороги немає взагалі тільки покращена ґрунтова дорога (Рис.3.13).

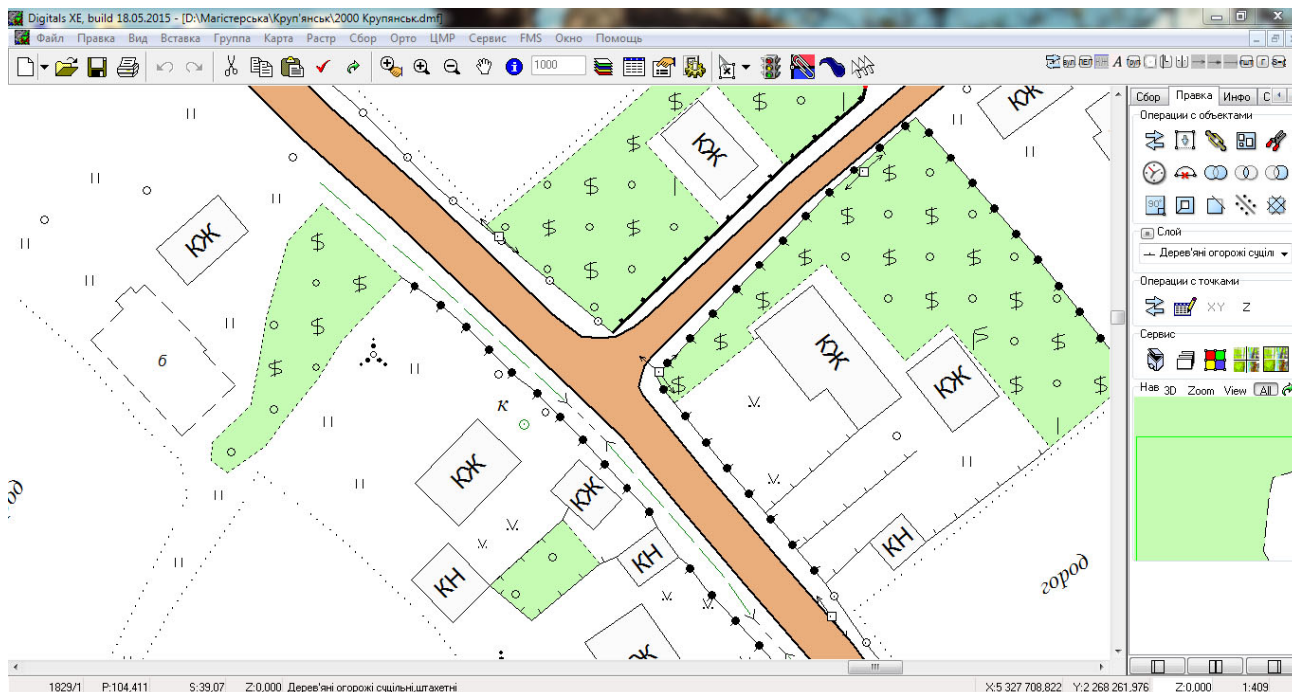


Рис.3.13. Відображення ґрунтових доріг, садів, городів.

Також кругом села є багато лісів та пролісків (хвойних та листяних порід (Рис.3.14).

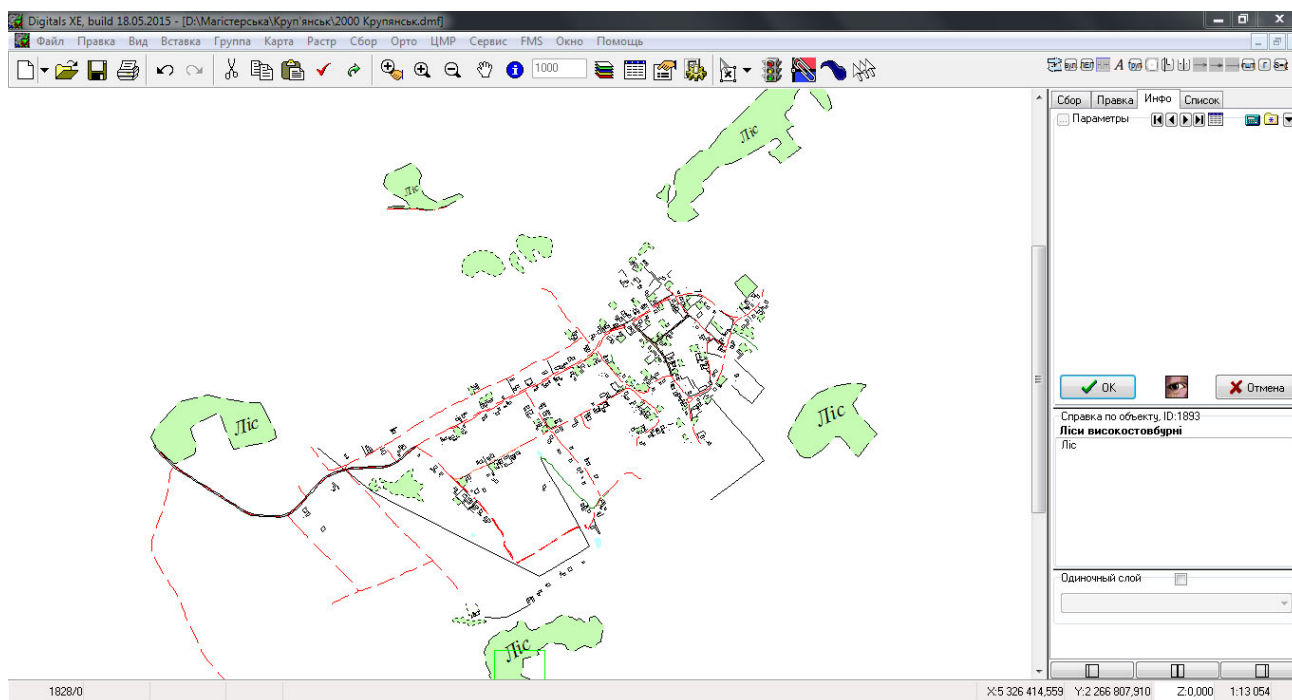


Рис.3.14. Ліси.

Показано також високовольтні ЛЕП 10кВ які заходять в трансформаторні підстанції і далі розходяться напругою 0,4 кВ по селі (Рис.3.15).

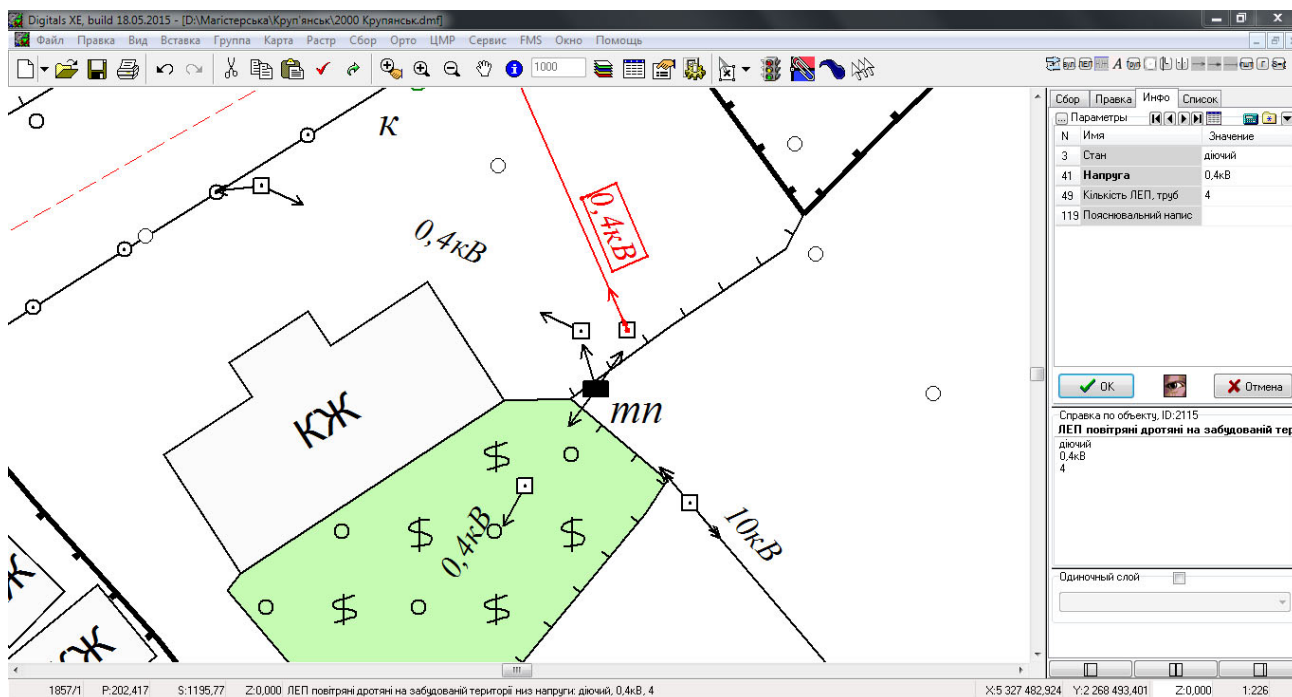


Рис.3.15. Позначення ЛЕП та трансформатора.

Шар з шаром наша карта наповнювалась новими складовими і однією із них стали водні об'єкти, такі як річки, озера, ставки, канали, болота. Але на даній місцевості присутні тільки ставки, канали і болота, річок немає (Рис.3.16).

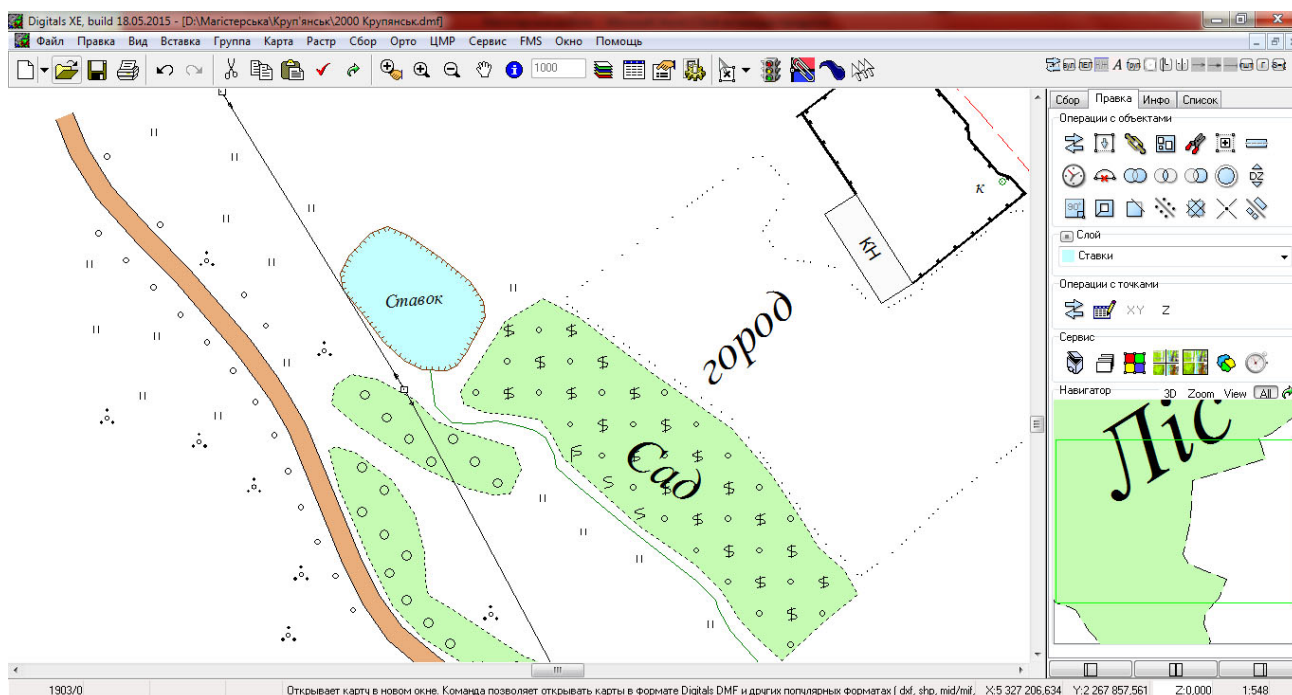


Рис.3.16. Зображення водних об'єктів.

В ході проведення камеральних обробок знімків отримуємо топографічний план масштабу 1:2000 (Рис.3.17).

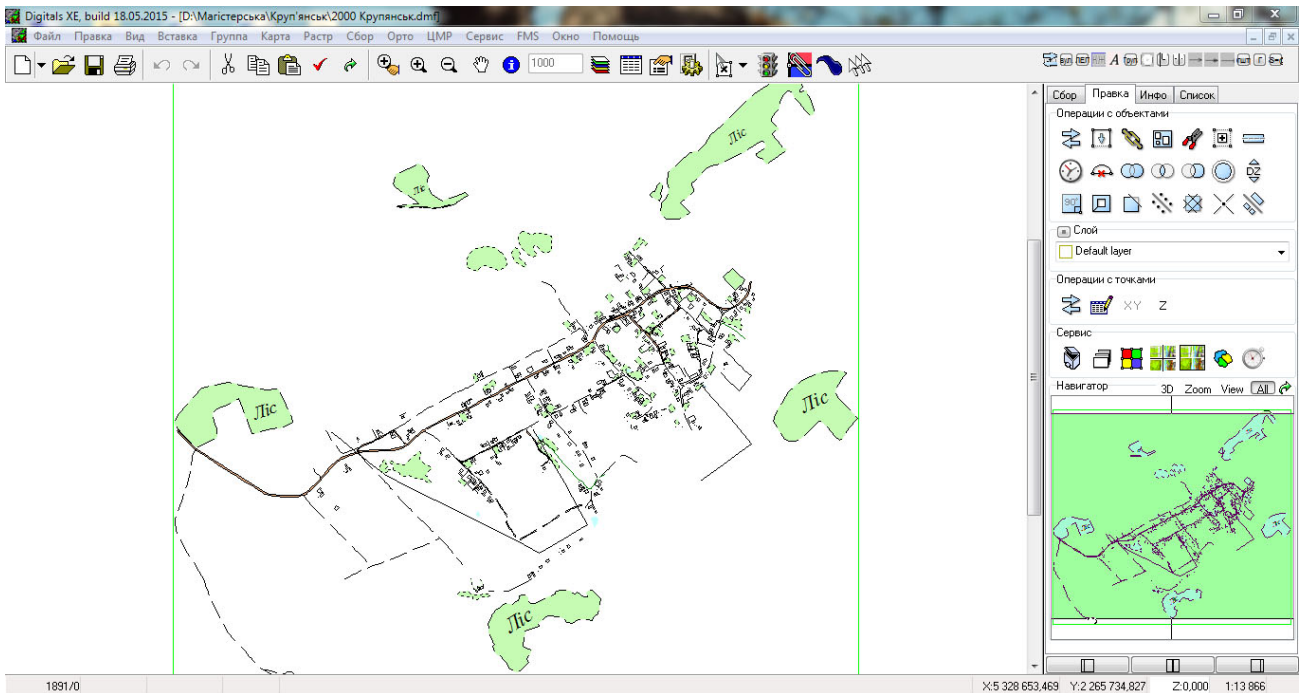


Рис.3.17. Топографічний план.

Надалі ми його зможемо використовувати його на перспективу генерального планування території села.

3.4. Генеральне планування с. Круп'янськ.

Генеральний план — це вид містобудівної документації, що регулює будівельну діяльність в містах, селищах та селах, визначає умови безпеки мешкання населення, забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних і екологічних вимог, раціональне використання землекористувань, зон житлової, суспільної, промислової забудови, територій, що особливо охороняються, зон різної будівної цінності, розвиток інженерно-транспортної інфраструктури, впорядкування територій, збереження історико-культурної спадщини і антропогенних ландшафтів.

Генеральний план – це довгострокова стратегія, яка розробляється та затверджується в інтересах відповідної територіальної громади з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів [13].

Генеральним планом населеного пункту визначаються:

- потреби в територіях для забудови та іншого використання;
- потреба у зміні межі населеного пункту, черговість і пріоритетність забудови та іншого використання територій;
- межі функціональних зон, пріоритетні та допустимі види використання та забудови територій;
- планувальна структура та просторова композиція забудови населеного пункту;
- загальний стан довкілля населеного пункту, основні фактори його формування, містобудівні заходи щодо поліпшення екологічного і санітарно-гігієнічного стану;
- території, які мають будівельні, санітарно-гігієнічні, природоохоронні та інші обмеження їх використання;
- інші вимоги, визначені державними будівельними нормами [13].

Отож розробка генерального плану за допомогою БПЛА є досить доцільним варіантом, як у плані житлової забудови, так і укладки асфальтованих доріг (Рис.3.18), управлінням сільськогосподарськими землями та лісовими ресурсами.

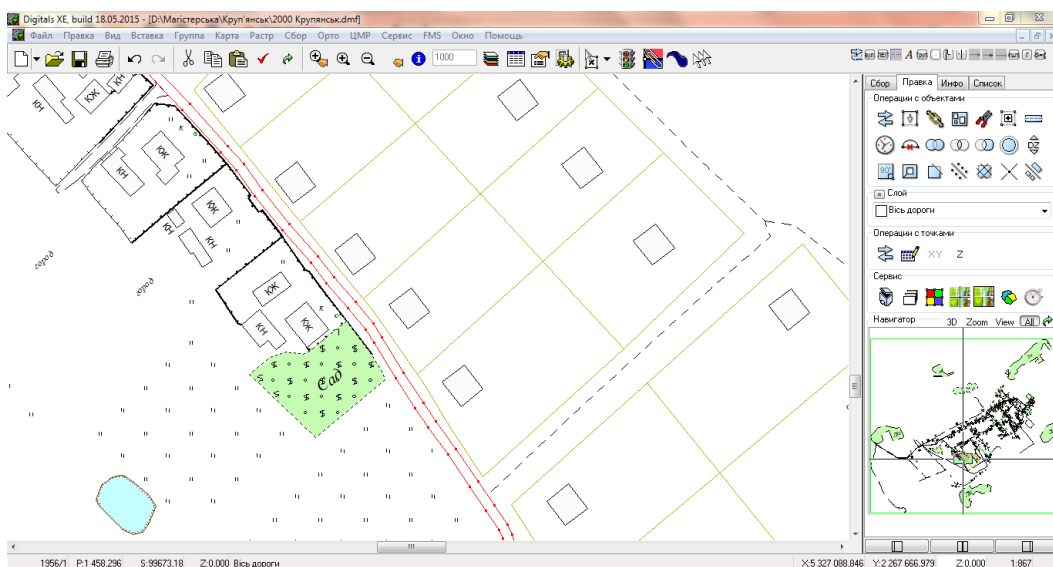


Рис.3.18. Перспектива розвитку забудови.

3.5. Перспективні напрями використання результатів дослідження

Топографічний план зображує ситуацію та рельєф місцевості, характерний для часу виконання польових топографо-геодезичних робіт. Під впливом природних факторів та господарчої діяльності місцевість видозмінюється. Тому топографічні карти «старіють» та виникає необхідність їх періодичного оновлювання з метою приведення змісту відповідно до сучасного стану ландшафту.

Топографічні плани підтримуються на рівні сучасного стану шляхом корегування їх змісту за матеріалами зйомок поточних змін, виконаної зйомки нових побудованих будівель та споруд, а також матеріалів польових обстежень та аерофотозйомки [14].

Періодичність оновлення встановлюється залежно від характеру та інтенсивності змін на місцевості, призначення та масштабу планів, що оновлюються. На ділянках, де внаслідок господарчої діяльності значно змінилася ситуація та рельєф, виконується нова топографічна зйомка, оскільки оновлення плану в цьому випадку є або неможливим через технічні причини, або економічно недоцільним [31].

Основним способом оновлення планів масштабів 1:2000 є виправлення їх складу за аерофотознімками. Топографічні плани масштабів 1:1000 та 1:500 оновлюються завдяки постійному доповненню їх складу матеріалами виконавчих зйомок місцевості.

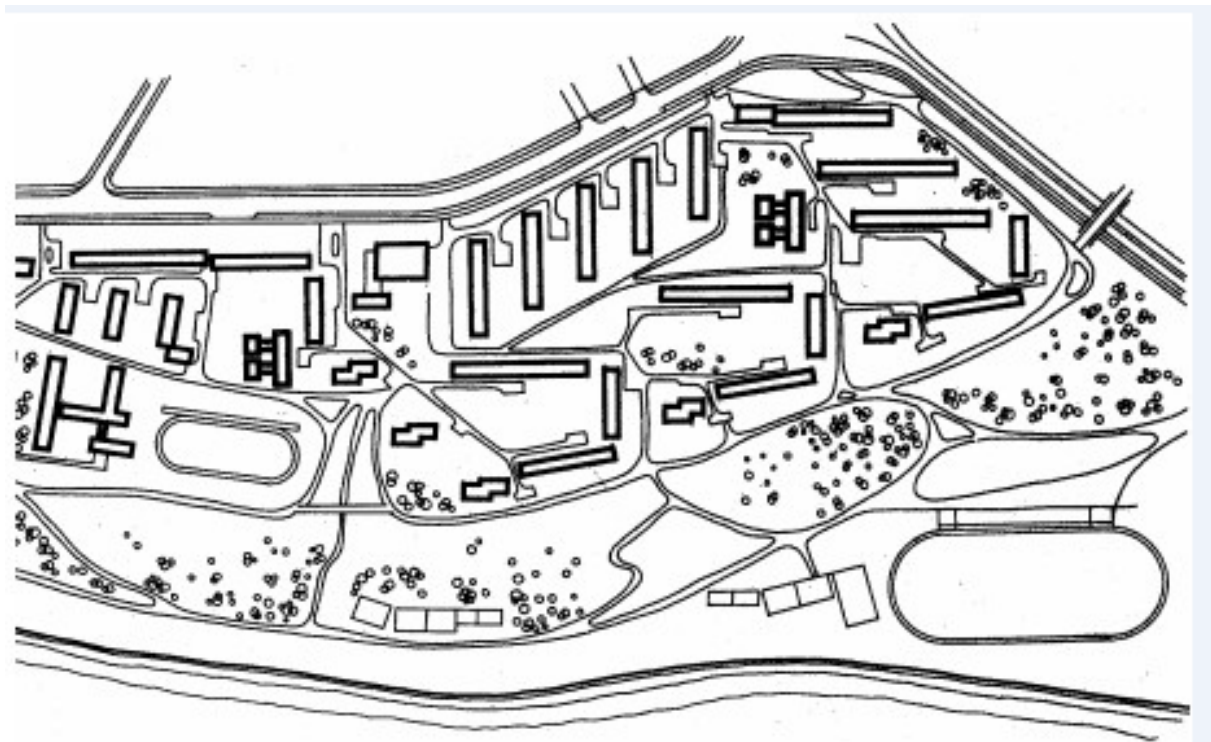


Рис.3.19. Розробка генплану.

Топографічні плани підтримуються на рівні, який відображає об'єктивний та достовірний стан місцевості, шляхом картографічного обліку, що забезпечує постійний та безперервний збір інформації про всі зміни які відбулись на території.

Висновки

В ході виконання роботи ми дійли висновку що створення або оновлення топографічних планів за допомогою БПЛА є економічно доцільним та рентабельним. Зважаючи на те, що квадрокоптери невеликі в розмірах їх перевезення та використання значно пришвидшує роботу а висока роздільна здатність камери дозволяє робити детальний аналіз території та можливість швидкого реагування на різні ситуації.

Задача інженера-геодезиста це створення топографічного плану заданого масштабу і точності. Але так само відомі і труднощі, які постають на шляху до отримання якісних даних за встановлений час.

Важкодоступність а подекуди і повна недоступність до об'єкта досліджень, лінійна залежність часу на виконання вишукувань від обсягу робіт (площі), особливості рельєфу, наявність водних перешкод, та багато інших, це саме ті труднощі які можуть виникати в ході знімальних робіт.

А деколи буває так що замовник хоче отримати матеріали вишукувань в найкоротші терміни. Тому й технологія аерофотозйомки дозволяє вирішувати такі питання в найкоротшч строки робочих днів. Ця технологія вже давно і добре вивчена, її використання почалося відразу ж, як тільки з'явилися перші літальні апарати. Полягає вона у зйомці ділянки місцевості з повітря, а деталі її полягають лише в застосуванні різних методів, технологій і програмних засобів.

Для отримання матеріалів зйомки с. Круп'янське, де використовувався квадрокоптер складається з двох етапів робіт, **польових** та **камеральних**.

- в польових умовах відбувається підготовка і запуск безпілотної, фотографування ділянки місцевості з перекриттям кадрів (відсоток перекриття задається в параметрах польоту). І посадка - найбільш складний етап. Всі ці процеси повністю програмується заздалегідь і надалі відбуваються автономно, практично без участі оператора, але в будь-який момент у оператора є можливість втрутитися в роботу БПЛА, щоб наприклад екстрено посадити його.

- в камеральних в камеральних умовах всі зроблені фотографії об'єднуються за допомогою спеціального програмного забезпечення, в нашому випадку це DroneDeploy, на виході отримуємо орфотоплан місцевості високої роздільної здатності з точністю від 2 до 5 см на піксель або цифрову модель поверхні з прив'язкою в обраній системі координат а саме УСК-2000 що відповідає стандартам розроблення топографічних планів.

До переваг квадрокоптерів віднесемо:

- зменшення часу виконання інженерно-геодезичних вишукувань на 60% в порівнянні з наземною зйомкою;
- невелика вага – легкий в транспортуванні, запуск в будь якому місці;
- нижча ціна зйомки, в порівнянні з наземною геодезичною зйомкою;
- не потребує аеродромів і злітно-посадкових смуг;
- підходить для складання карт і планів місцевості великих за площею;
- виконується повністю автоматичній політ по запрограмованому маршруту.

До недоліків можна віднести:

- неможливість виконання аерофотозйомки при несприятливих погодних умовах;
- неможливість виконання точного нівелювання при аерофотозйомці;
- великий вплив на точність погодних умов;
- неможливість швидкої перевірки точності знімання одразу після проведення зйомочних робіт;
- збої в програмному продукті.

Після отримання орфотоплану його можна використовувати в проектувальних роботах.

Список літератури

1. Житомирський державний технологічний університет [Електронний ресурс] // : <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/06/209-1.pdf>.
2. Геодезія, геологія, топозйомка від сертифікованих фахівців Гільдія Інжиніринг [Електронний ресурс] // : https://geotop.com.ua/izmerenie-obemov-ploshhadej-i-dlin-s-pomoshhyu-dronov-i-bespilotnikov_ua.php.
3. Agisoft PhotoScan Professional 1.4.5 - 3D моделирование по фотографиям [Електронний ресурс] // : <https://macx.ws/mac-os-unix/7628-agisoft-photoscan-pro-103-3d-modelirovanie-po-fotografiyam.html>.
4. Порядок використання цивільних повітряних дронів (безпілотників) [Електронний ресурс] // : <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php>.
5. Квадрокоптер DJI Mavic 3 Fly More Combo [Електронний ресурс] // : <https://elitecopter.com.ua/kvadrokopter-mavic-pro-platinum>.
6. Що таке квадрокоптер, історія і сучасність, класифікація квадрокоптерів [Електронний ресурс] // : <http://scitechspace.blogspot.com/2015/03/blog-post.html>.
7. Дрони - революція в технологіях будівництва [Електронний ресурс] // : <https://os1.ru/event/8596-drony-revolyutsiya-v-tehnologiyah-stroitelstva>.
8. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Москва, ЦНИИГАиК, 2002.
9. Створення топокарт і планів за даними БПЛА [Електронний ресурс] // : <https://gisinfo.ru/techno/photoscan.htm>.
10. Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу [Електронний ресурс] // : <https://studfile.net/preview/9706740/#2>.
11. Пеньков В. О. Фотограмметрія : конспект лекцій для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / В. О. Пеньков; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 100 с. [Електронний ресурс] // : <https://core.ac.uk/download/pdf/195387668.pdf>.

12. Нормативно-правові акти в сфері геодезії та картографії. Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 [Електронний ресурс] // : <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101>.
13. Що таке генеральний план [Електронний ресурс] // : <https://veselivskagromada.gov.ua/news/22-31-11-13-01-2017/>
14. ДБН Б.2.2-5:2011 Планування та забудова міст, селищ і функціональних територій. Благоустрій територій.
15. Mavic 2 Pro/Zoom: руководство пользователя версия 1.2. Электронное издание. 68 с.
16. DJI - офіційний веб-сайт компанії. Режим доступу: [Електронний ресурс] // : www.dji.com
17. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков. М.: Недра, 1985.
18. Білокриницький С. М. Фотограмметрія і дистанційне зондування Землі: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2007. 320 с.
19. Agisoft PhotoScan Professional Edition v 1.2: руководство пользователя. Электронное издание. 119 с.
20. Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение. Дистанционные методы исследования Земли. М. : Прогресс, 1979. 368 с.
21. Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки ОЕО-ЦА; упоряд. Л. І. Самойленко. К. : СЕЕМ, 2008. 116 с.
22. Байрак Г. Р. Аналіз рельєфу і природокористування рівнин заходу України за аерокосмічними даними : монографія. Л. : Вид-во Львів, нац. ун-ту ім. Івана Франка, 2007. 296 с.
23. Ильинский Н. Д., Обиралов А. И., Фостиков А. А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков : учеб. для вузов. М. : Недра, 1986. 375 с.
24. Гонин Г. Б. Космическая фотосъемка для изучения природных ресурсов. Л. : Недра, 1980. 319 с.

25. Гриньків Н. З., Фаргал А. М. Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наук. праць. Львів : Ліга-Прес.
26. Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение. Дистанционные методы исследования Земли. М. : Прогресс, 1979. 368 с.
27. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. К.: Вища шк., 2009. 511 с.
28. Бруевич П. Н. Фотограмметрия : учеб. для вузов. М. : Недра, 1990. 285 с.
29. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000. К. : Головне управління геодезії, картографії та кадастру при КМУ, 1998. 43 с.
30. Лурье И. К., Косиков А. Г., Ушакова Д. А. и др. Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС. М. : Науч. мир, 2004. 148 с.
31. Токарева О. С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 148 с.