

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 528.91:528.94 + 004.9

**Фотограмметричний метод створення
основи генерального плану
(аерознімання, дешифрування, згущення)**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 10 – «Природничі науки»
Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра
студента четвертого курсу ОКР «Бакалавр»
Шленського Іллі Миколайовича

Науковий керівник
кандидат технічних наук, доцент
Білоус Володимир Васильович

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри №___ від “___” _____ 20__ року
Завідувач кафедри проф. Даценко Л. М.

Київ – 2023

Реферат

Сучасне топографогеодезичне виробництво потребує впровадження найбільш ефективних і високопродуктивних методів, які б замінили трудомісткі польові процеси при складанні топографічних карт і планів та при вирішенні інших народногосподарських завдань.

В даній кваліфікаційній роботі мова іде про методи створення топографічної основи генерального плану на сучасних аналітичних та цифрових фотограмметричних приладах. Тут подані способи оцінки точності виконаних робіт, розкриті шляхи впровадження нових сучасних методів обробки стереозображень на прикладі цифрової фотограмметричної станції «Дельта». Цифрова фотограмметрична станція (ЦФС) - це система, що складається з апаратного та програмного забезпечення для отримання кінцевої фотограмметричної та картографічної продукції.

Дешифрування аерознімків при створенні основи генерального плану виконують, як правило, камерально з подальшим польовим обстеженням. При цьому виявляються зміни місцевості шляхом порівняння з новими аерознімками. Результати дешифрування фіксують на аерознімках, або фотопланах. Суцільне польове дешифрування виконується на ділянках, де сталися великі зміни дрібних об'єктів, де є велика кількість підземних комунікацій, які відображаються на карті. Повнота і детальність дешифрування визначаються вимогами до створення топографічної основи генерального плану.

Фотограмметричне згущення опорної мережі виконують аналітичним або аналоговим методом. В результаті згущення аерознімки забезпечуються опорними точками для трансформування і стереоскопічної рисовки на аналітичних приладах.

Створення топографічної основи генерального плану на основі аерознімання та дешифрування є більш економічним та швидким способом, ніж традиційні методи вимірювання земної поверхні.

Зміст

Сторінки

Вступ -----	4
1. Аерофотознімання та планово – висотна прив'язка -----	7
1.1 Основні технічні вимоги до аерофотозйомки місцевості -----	7
1.2 Застосування сучасних технологій аерофотознімання -----	10
1.3 Розрахунок параметрів планування аерофотознімання -----	14
1.4 Планово – висотна прив'язка аерофотознімків -----	19
1.5 Розрахунок параметрів планово – висотної прив'язки -----	22
1.6 Геодезичні роботи -----	24
2. Дешифрування аерофотознімків -----	26
2.1 Топографічне дешифрування -----	26
2.2 Дешифрування аерознімків камеральне -----	28
2.3 Дешифрування аерознімків польове -----	30
2.4 Сучасні тенденції автоматизації дешифрування -----	32
3. Згущення планово-висотної мережі на ЦФС «Дельта» -----	34
3.1 Фототріангуляція- загальна характеристика. Центральні і бокові зв'язкові точки. Аналогова просторова фототріангуляція -----	34
3.2 Аналітична блочна фототріангуляція. Точність аналітичної фототріангуляції -----	39
3.3 Складання проекту мережі фототріангуляції на ЦФС «Дельта» ---	42
3.4 Цифрова фотограмметрична станція «Дельта» -----	45
3.5 Обробка результатів вимірювань на ЦФС «Дельта» -----	47
3.6 Згущення планово висотної основи для генерального плану-----	57
Висновки -----	60
Перелік посилань-----	62
Додатки -----	63

Вступ

Сучасне топографо-геодезичне виробництво вимагає впровадження найбільш ефективних і високопродуктивних методів для заміни трудомістких польових робіт при створенні основи генерального плану. Одним з напрямків автоматизації геодезичних задач є впровадження та вдосконалення фотограмметричних методів.

Фотограмметрія - це метод безконтактної телеметрії, який пропонує більш широкий спектр можливостей і значні переваги перед іншими методами вимірювань, коли потрібно досліджувати важкодоступні об'єкти, динамічні процеси або вимірювати велику кількість точок.

Сучасні фотограмметричні методи вимірюють фотографічне зображення об'єкта, що вимірюється, а не сам об'єкт, що забезпечує високу точність вимірювань і високу продуктивність праці. Інформація про об'єкт є повністю об'єктивною і може зберігатися протягом тривалого часу. За допомогою фотографування можна за короткий час отримати інформацію про стан всього об'єкта або окремих його частин.

Актуальність теми - застосування фотограмметричного методу при створенні основи генерального плану є актуальним завданням, що сприяє точному збору геопросторових даних, ефективному плануванню та сталому розвитку міст та регіонів. Створення генерального плану з використанням фотограмметричного методу дозволяє ефективно використовувати ресурси, такі як час, працю та кошти. Застосування автоматизованих систем обробки даних та програмного забезпечення спрощує процес створення генерального плану, зменшує час та затрати на його розробку.

Об'єктом дослідження даної роботи є топографічна основа генерального плану умовної адміністративної одиниці.

Предметом дослідження є фотограмметричний метод створення основи (аерофотознімання, дешифрування та згущення планово висотної основи).

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та аналіз фотограмметричного методу при створенні основи генерального плану з метою забезпечення точності та ефективності планування.

Завдання кваліфікаційної роботи полягає в тому, щоб:

1. Вивчити технічну схему топографічної основи генерального плану композиційним методом.
2. Дослідити топографічну основу генерального плану стерео топографічними методами.
3. Проаналізувати ефективність застосування прийомів топографічної основи генерального плану різними методами.
4. Під час проходження практичних занять з топографічної основи генерального плану за допомогою фотограмметричної станції «Дельта» з'ясувати витрати часу на різні етапи.

Основний матеріал включає.

1. Аерофото - документація запланованих для створення фотограмметричної мережі, дешифрування елементів основи генерального плану та пунктів висотної підготовки для збирання цифрової інформації за допомогою ЦФС «Дельта».
2. Каталог координат опорних точок для польових тренувань.
3. Фізико-географічні характеристики місцевості.

Фотограмметрична мережа створюється на основі аерофотознімків з використанням опорних точок на запланованій висоті та, за необхідності, точок в геодезичній та знімальній мережі, опорних точок, визначених на знімках, координати та висоти котрих наведені в додатковому каталозі.

Вимірювання проводяться в два етапи за допомогою цифрової фотограмметричної станції «Дельта». Для зрівнювання фотограмметричної мережі використовується програмне забезпечення блочної фототріммінгової зйомки «Тріада» (розробник - компанія «Геосистема», м. Вінниця).

Результати обслуговування фотограмметричної мережі повинні бути опубліковані у вигляді файлу dgc.dat. (формат Delta DSC) для кожного блоку з переліком координат пунктів фотограмметричної мережі.

Цифрова інформація збирається у форматі Delta DSC.

Практичне значення: в даній роботі розраховуються всі елементи технічної схеми складання основи генерального плану стерео топографічними методами. Використання фотограмметричного методу при створенні основи генерального плану може призвести до зменшення витрат на збір та обробку геопросторових даних порівняно з традиційними методами. Також, точні та детальні дані, отримані за допомогою фотограмметрії, дозволяють уникнути помилок та недоліків у плануванні.

1. Аерофотознімання та планово - висотна прив'язка

1.1 Основні технічні вимоги до аерофотозйомки місцевості.

Під керівництвом штурмана місцевість, яку потрібно сфотографувати, розглядається за допомогою карт, морських карт, інструкцій та інших довідкових матеріалів, а також:

- Фізичні, географічні та кліматичні умови.
 - Наявність основних та лінійних орієнтирів, їх характеристики та потенційне використання для візуального орієнтування.
 - Початок і кінець безсніжного сезону; кінець повені і поява рослинності; час доби, коли сонце знаходиться на висоті 20° або більше; приблизний день з температурою 25° або більше при зйомці на кольорову або спектральну плівку.
 - Значення магнітного схилення та аномалії.
 - Проходження державних кордонів.
 - Розташування повітряних трас, місцевих повітряних трас, зон особливого режиму польотів, аеродромів та дані про них відповідно до Положення про аеронавігаційне обслуговування повітряних трас України та переліку аеронавігаційної інформації (маршрутної та позамаршрутної) з аеродромів.
- Наявність основного та запасних аеродромів, оснащення радіотехнічними засобами, планування десантних операцій та інші питання.

Він отримує додаткові дані про робочу зону і визначає межі ділянки аерофотозйомки, середню площину і висоту зйомки, а також час початку і закінчення зйомки. Розглядає аерофотозйомку різних регіонів:

- У піщаних пустелях, степових районах і засніжених рівнинах на ранкових аерофотознімках довгі тіні показують невеликі нерівності рельєфу.
- У гірських районах фотографуйте близько полудня, коли тіні найкоротші і не заважають ідентифікувати рельєф місцевості, наприклад, розриви та глибокі долини на аерофотознімках.
- Великі площі перед утворенням туману.

При виконанні топографічних аерофотозйомок необхідно дотримуватися наступних умов:

1. Забезпечити загальну стабільність польоту літака. Кут тангажу повинен бути в межах 3° або 1° , якщо використовуються стабілізатори.
2. Варіація висоти польоту над середньою поверхнею місцевості не повинна перевищувати 3% від розрахункового значення на рівнинній місцевості. Барометричний висотомір дозволяє відстежувати цей показник.
3. Нелінійність маршруту має бути меншою ніж 3% від протягу маршруту в масштабах більше 1:5000.
4. Маршрутні аерофотозйомки проводяться обов'язково з поздовжнім перекриттям.
5. Поздовжнє перекриття має становити в середньому близько 60%, а зони потрійного поздовжнього перекриття - щонайменше 12%. Бічне перекриття має становити в середньому 30-40% і мінімум 20%. [3]

Величина поздовжнього перекриття розраховується за допомогою формули:

$$P_x = \frac{dx}{l} 100\%,$$

де dx – величина перекритої частини; l - формат зображення.

Площадну аерозйомку складає ряд паралельних маршрутів, між котрими є поперечне перекриття.

$$P_x = \frac{dx}{l} 100\%.$$

Непаралельність основи фотозйомки сторони знімка має бути меншою ніж 5° .

Аерофотографії повинні бути чіткими та освітленими рівномірно. На них не повинно бути хмар, сонячних променів і механічних пошкоджень. Тому аерофотозйомку слід проводити за безхмарних погодніх умов та при висоті сонця не менше 20° над горизонтом. Якість зйомки оцінюється за допомогою композитного монтажу, що складається з усіх зображень.

Аерофотозйомка традиційно класифікується на дрібномасштабну: менше 1:50000, середньомасштабну: від 1:50000 до 1:10000 і великомасштабну: від 1:10000 і вище. Аерофотозйомка відбувається за лінійним маршрутом із заходу у напрямі сходу або півдня.

1.2 Застосування сучасних технологій аерофотознімання

Аерофотозйомка (АФЗ) — фотографування поверхні Землі з літального апарату (літака, гелікоптера). Якщо АФЗ виконується з метою отримання даних про рельєф місцевості, то це називається топографічною аерофотозйомкою. В іншому випадку – спеціальною аерофотозйомкою.

Лінія, яка слугує траєкторією польоту літального апарату, що здійснює зйомку, називається маршрутом. Якщо ця смуга пряма, то це прямий маршрут. Існують також криві та пунктирні маршрути. Фотографії, зроблені під час одного і того самого маршруту, називаються маршрутними аерофотознімками. Якщо територія знімається в межах декількох паралельних маршрутів, це багатомаршрутна аерофотозйомка.

Існують різні типи аерофотозйомки в залежності від кута нахилу аерофотоапарату під час зйомки

- горизонтальна, кут нахилу якої дорівнює нулю ($\alpha = 0$);
- планова, при куті нахилу не більше 3° ($|\alpha| < 3^\circ$);
- перспективна, якщо кут нахилу є більший від 3° ($|\alpha| > 3$).

В залежності від масштабу аерофотознімка 1:m, існують:

- Дрібномасштабна АФЗ, масштаб зображення 1:50000 і менше.
- Середньомасштабна АФЗ, масштаб зображень від 1:50000 до 1:10000.
- Для великомасштабної аерофотозйомки використовується масштаб, більший за 1:10000. [3]

Аерофотозйомка здійснюється з використанням чорно-білої, спектральної та кольорової плівки. Для топографічного картографування рекомендується використовувати кольорову плівку. Спектральні зональні плівки використовуються для вирішення завдань, що не стосуються рельєфу місцевості, наприклад, виявлення хвороб лісу, забруднення місцевості або водойми.

АФЗ місцевості обмежена певними технічними вимогами до польотних параметрів літака, таких як прямолінійність траєкторії польоту, вирівняність рельєфу, збереження поздовжнього перекриття між зображеннями однієї траєкторії польоту (зазвичай 60%) і бокового перекриття між суміжними маршрутами (переважно 20-40 %). Аерофотоапарат і знімок повинні бути правильно орієнтовані відносно траєкторії польоту, тобто похилий кут k (рис. 1.1) має бути заданий з точністю до 3° , в іншому випадку утворюється так звана «ялинка», яка зробить подальшу фотограмметричну обробку складною і неефективною. [9]

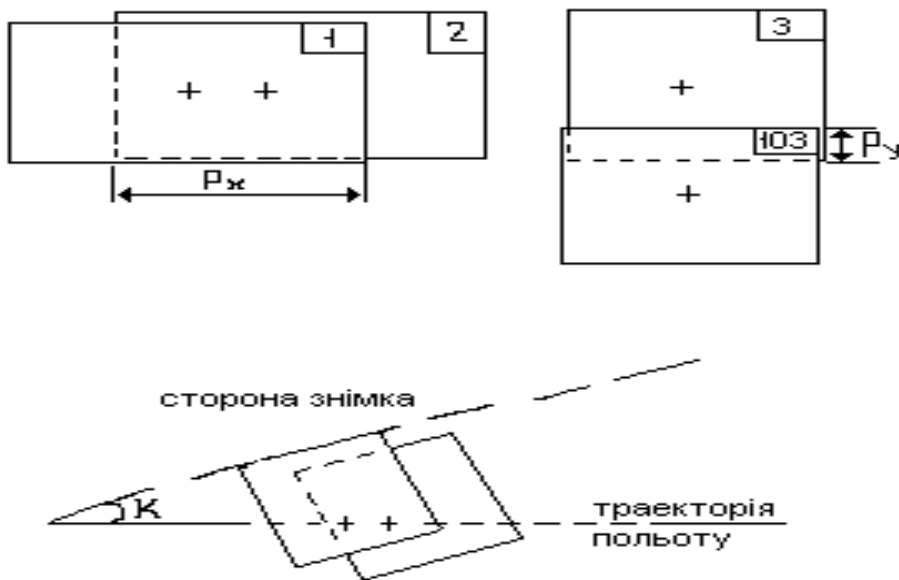
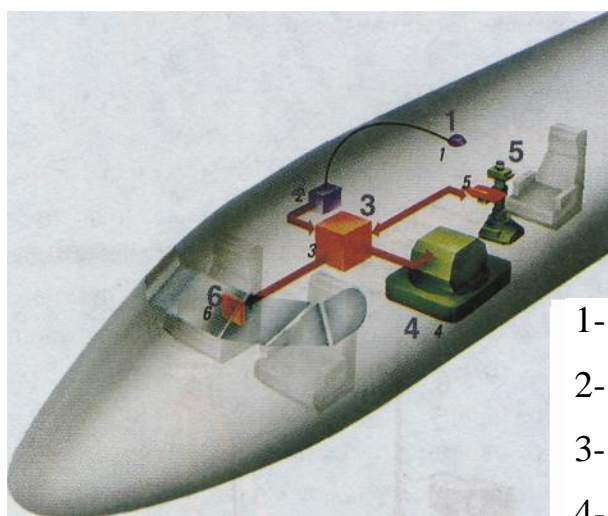


Рис. 1.1. Поздовжнє і поперечне перекриття зображень і геометрія «ялинки»: 1,2 - фотознімки одного маршруту; 3,103 - фотознімки двох суміжних маршрутів; кут «ялинки».

Для проведення АФЗ необхідні аерофотокамера та спеціальне допоміжне обладнання, яке дозволяє витримати всі параметри та задовольняє вимоги АФЗ. Зйомка виконується автоматично, через дуже високу швидкість польоту літальних апаратів, і не завжди встигаєш правильно відкоригувати траєкторію польоту та розташування камери. Сучасний стан розвитку, якого досягли електроніка, радіотехніка та супутникова навігація, дозволяє досягти повної

автоматизації процесу аерофотозйомки. Для прикладу візьмемо систему аерофотозйомки ASCOT (Aerial Survey Control Tool), розроблену компанією Leica (Швейцарія) – дослівно означає «Інструмент керування аерофотозйомкою». Вона являє собою багатофункціональну систему, яка дозволяє планувати проекти АФЗ, знімати за проектом, автоматично підтримувати навігаційні виміри АФЗ, протоколювати координати аерофотоапарату у просторі під час зйомки. Технічні прилади системи представлені на рисунку 1. 2 (з посібника Leica).



- 1- GPS антена
- 2- GPS приймач
- 3- керуючий комп'ютер
- 4- аерофотоапарат

Рис. 1.2. Технічні прилади системи ASCOT

На рис. 1.3 продемонстрована навігація польоту та вигляд дисплею пілота чи штурмана з фактично прокладеним маршрутом АФЗ та розташуванням літака в моменти фотографування (позначені білими кружечками).

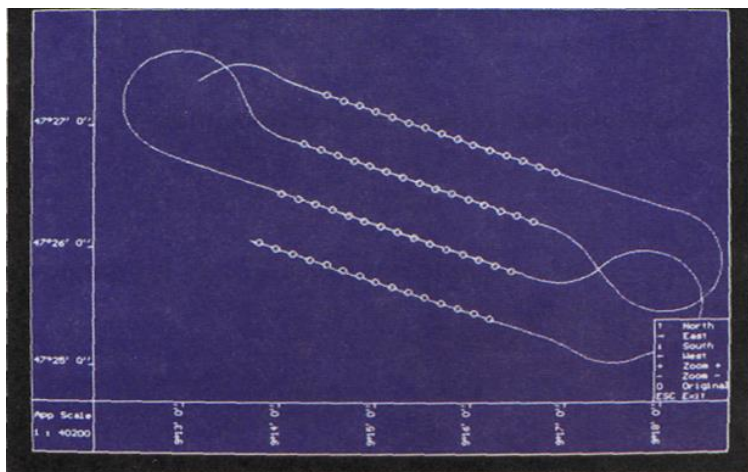


Рис. 1.3. Маршрут аерофотозйомки на дисплеї

Для використання АФЗ рельєфу місцевості необхідний розрахунок параметрів і проектна зйомка. По-перше, виберіть тип аерофотоапарату на основі фокусної відстані. Згідно з практичним досвідом і певною теоретичною основою, доцільно використовувати аерофотокамеру телефото з фокусною відстанню 20, 35 або 50 см у гірських районах або місцях з високими будівлями (великомасштабні карти).[8]

При картографуванні плоских ділянок використовуйте коротко- або середньофокусну камеру з фокусною відстанню 7, 10, 14, 15 см.

Планування осей маршруту здійснюється за допомогою топографічних карт з дрібним масштабом, які використовуються аерофотознімачем під час проведення АФЗ; у випадку з типами АСКОТ карти заздалегідь оцифровуються, а точніше, з карт беруться координати початкової та кінцевої точок кожного маршруту. Ці дані вводяться на бортовому комп'ютері, і програмне забезпечення автоматично виконує завдання управління аерофотозйомкою, такі як відстеження маршруту аерофотозйомки та оптимізація підходу до наступних маршрутів.

1.3 Розрахунок параметрів планування аерофотознімання.

Аерофотозйомка повинна бути проведена щонайменше за рік перед початком оновлення кабінетної карти.

Аерофотозйомка проводиться згідно до основних правил аерофотозйомки для складання та реставрації топографічної карти і креслення, враховуючи масштаб карти, що виготовляється, фізико-географічних умов досліджуваної території та можливостей універсального обладнання.

Керуючись редакційно-технічною інструкцією щодо виготовлення оригіналів карт у масштабі 1:10000 на задану територію, визначаються параметри аерофотознімків. Враховуючи, що територія зйомки часто рівнинна, з невеликими канавами та долинами, але забудована елементами малоповерхової житлової та промислової забудови, рекомендується використовувати аерофотокамеру із середньою фокусною відстанню.

У цьому дослідженні використовувався аерофотоапарат з відстанню фокусування 153 мм (камера RC30, Leica, Швейцарія, розмір зображення 23x23 см). В інструкції з експлуатації вказано, що АФТ слід використовувати з фокусною відстанню 100-150 мм під час зйомки на рівнинних або забудованих ділянках. На цій відстані фокусування досягається найоптимальніша висота зйомки, а масштаб зображення не перевищує дозволеного інструкцією.

Камера RC-30 обладнана прямим інтерфейсом з бортовою системою навігації для автоматичного коментування та корекції зображення під час зйомки. Корпус камери модульний. Необхідні компоненти, такі як система транспортування плівки і система корекції мазка зображення, включені в центральний блок управління. Модулі об'єктива та касети з плівкою взаємозамінні. Під час зйомки камера керується мікропроцесором і програмним забезпеченням. Діапазон перекривання кадрів налаштовується від 1% до 99% з кроком в 1%. Автоматичний експонетр PEM-F розроблений і оптимізований спеціально для аерофотозйомки, забезпечуючи правильну експозицію в польоті на будь-якій місцевості, різній висоті носія і для всіх типів плівок. Під час

зйомки на негативі можна ввести 200 символів, зокрема масштаб, координати центру знімка, дату, час експозиції та тип плівки. [4]

Змінні об'єктиви для камери RC-30 виробляються з найвищою швейцарською якістю, притаманною оптиці Leica. У 1961 році спотворення об'єктива на повній апертурі становило 12 мікрон; достатньо сказати, що зараз воно становить 2 мікрона по всьому полі зору пристрою. Об'єктиви, що постачаються з камерою, мають максимальну діафрагму 110-115 лінійних мм.



Рис. 1.4 Зовнішній вигляд аерофотоапарату RC-30.

Основні характеристики об'єктивів:

фокусна відстань – 153 мм (6”) для об'єктивів 15/4 UAG-S;

303 мм (12”) для об'єктивів 30/4 NAT-S;

кількість внутрішніх орієнтувальних позначок на склі – 8;

діапазон витримки затвору – 1/100 – 1/1000 сек.;

діапазон діафрагми – f/4 – f/22.

Окрім того, на об'єктив можна встановити різні світлофільтри, щоб збільшити контрастність зображення в туманних або особливих умовах зйомки.

Враховуючи масштаб АПО, розраховується висота фотографії із заданою точністю, яка визначає висоту точки, що обчислюється за допомогою формули.

$$H = \frac{p}{\delta_{\Delta p}} \delta_h$$

де p – поздовжній паралакс (максимально допустиме 70 мм);

δ_h – середня похибка, що припускається при визначенні висот точок, нанесених на карту, дорівнює 1/3 перетину рельєфу (для рівнини);

$\delta_{\Delta p}$ – середня похибка вимірювання поздовжніх паралаксів;

Для знімків, що обробляються за допомогою аналітичних стереоприладів,
 $\delta_{\Delta p} = 0,02\text{мм}$.

$$H = \frac{70}{0,02} 0,67 = 2345\text{м};$$

$$\text{Тоді: } m = \frac{H}{f} = \frac{2345\text{м}}{0,15\text{м}} = 15633;$$

m - знаменник масштабу аерофотознімання

Масштаб зйомки складатиме $\approx 1:15000$

Висота фотозйомки розраховується відносно середньої поверхні площі, яка знімається, з врахуванням максимальної висоти поверхні площини $A_{\max} = 63\text{м}$ і мінімальної $A_{\min} = 23\text{м}$

$$A_c = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} = \frac{63 + 23}{2} = 43\text{м}$$

Поздовжні і поперечні перекриття залежно від перевищення ділянки та висоти знімання, для масштабу 1:10000 і більше, визначаються за формулами:

$$P_x\% = p + \frac{h}{H-h} (100 - p);$$

$$P_y\% = q + \frac{h}{H-h} (100 - q);$$

де $h = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2}$ - максимальне перевищення над середньою площиною;

p - задане поздовжнє перекривання аерофотознімків (60%)

q - задане поперечне перекривання аерофотознімків (30%)

$$h = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2} = \frac{63 - 23}{2} = 20\text{м};$$

$$P_x\% = 60 + \frac{20}{2345 - 20} (100 - 60) = 60,3;$$

$$P_y\% = 30 + \frac{20}{2345 - 20} (100 - 30) = 30,6.$$

Базис фотографування є відстанню між двома послідовними центрами фотозйомки. Базис фотозйомки розраховується за допомогою формули:

$$B_x = \frac{m \cdot l}{100} (100 - p),$$

де l - формат кадру аерофотокамери.

$$B_x = \frac{15000 \cdot 23}{100} (100 - 60) = 1.4 \text{ км.}$$

Відстань між маршрутами вимірюється між осями двох суміжних маршрутів та обчислюється за формулою:

$$B_y = \frac{m \cdot l}{100} (100 - 30);$$

$$B_y = \frac{15000 \cdot 23}{100} (100 - 30) = 2.4 \text{ км.}$$

Кількість знімків в межах одного маршруту залежить від протяжності ділянки знімання D_x та базиса фотозйомки B_x

$$n = \frac{D_x}{B_x} + 2.$$

Відповідно до плану робіт складання має здійснюватися в межах топографічних карт з масштабом 1:10000 на двох номенклатурних аркушах. Тому розміри зони фотозйомки розраховують за розмірами трапецієподібних рамок номенклатурного аркушу з масштабом 1:10000.

$$D_x = b \cdot 2,$$

де b - протяжність південної сторони рамки трапеції в кілометрах (4,282).

$$D_x = 4.282 \cdot 2 = 8.6 \text{ км.}$$

$$\text{Тоді: } n = \frac{8.6}{1.4} + 2 = 8.$$

Кількість маршрутів на площі знімання залежить від її ширини та відстані між маршрутами

$$k = \frac{c}{B_y}.$$

де c - довжина бічної сторони рамки трапеції в кілометрах (4,638)

$$k = \frac{4.6}{2.4} = 2.$$

Загальна кількість аерофотографій визначається як

$$N = n \cdot k.$$

$$N = 8 \cdot 2 = 16.$$

Інтервал між фотографіями розраховується за допомогою формули:

$$\tau = \frac{B_x}{v},$$

де v - швидкість літального апарату (вважаємо, що дійсна швидкість літака становить 120 м/сек).

$$\tau = \frac{1400}{120} = 11.7 \text{ с.}$$

Розраховуємо погонні кілометри знімання

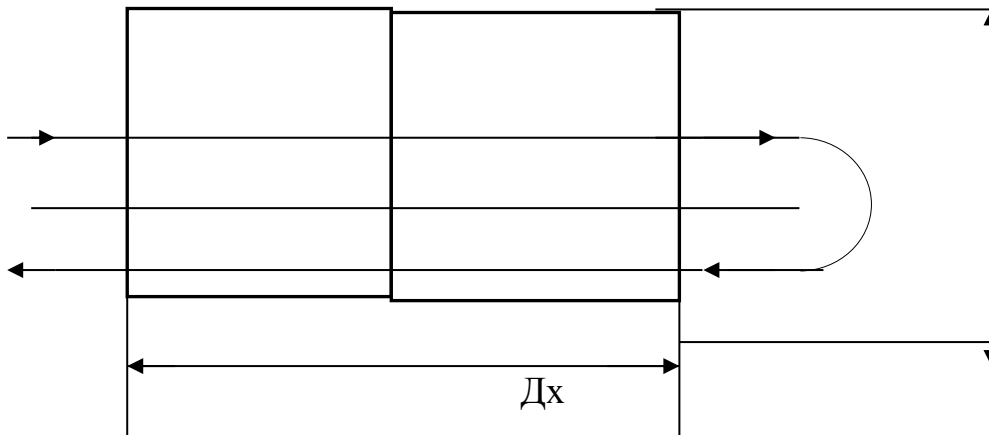
$$S = N \cdot V_x,$$

$$S = 16 \cdot 1.4 = 22.4 \text{ км.}$$

Час знімання розраховуємо за допомогою формули

$$T = \frac{S}{v}, \quad T = \frac{22400 \text{ м}}{120 \text{ м/с}} = 187 \text{ с} = 3 \text{ мин}$$

Схема аерофотознімання зображена на рис.1.5



Розрахунки параметрів аерофотознімання дають уявлення про матеріальні і трудові витрати, пов'язані з такою роботою.

Аерофотозйомка повинна проводитися за прямим і рівновіддаленим маршрутом у напрямку захід-схід або північ-південь.

Аерофотозйомка повинна проводитися в безхмарних умовах.

Негативи аерофотознімків, їх друк на фотопапері та скляних слайдах повинні чітко і добре відображати все поле.

Розрахунки параметрів аерозйомки можемо побачити в Додатку 1

1.4 Планово – висотна прив'язка аерофотознімків

Опорні точки необхідні для перетворення зображень, фотограмметричного моделювання геодезії та побудови триангуляційних мереж.

Контрольні точки - це точки на місцевості або фотооб'єкті, просторові координати яких у заданій абсолютній або "геодезичній" системі координат визначені геодезичними методами і розпізнані на аерофотознімках. Сукупність цих точок є геодезичною основою для фотограмметричної роботи: якщо відомо всі три координати X , Y і Z , вона називається плановою висотою, якщо визначені координати планові - X і Y , або реперною висотою, якщо знаємо лише висоту Z . [5]

Найчастіше використовується планово-висотна прив'язка, тоді як інші два типи прив'язок (план і висота) рідко використовуються в сучасній практиці.

Технічний процес отримання певної кількості контрольних точок в результаті польових робіт називається прив'язкою аерофотознімків до місцевості.

Іншими словами, прив'язка зображень до місцевості передбачає:

- Розпізнавання контурних точок об'єктів (рельєфу) на зображенні.
- Виконання геодезичної роботи та визначення координат X , Y та Z опорної точки. Це може бути точкою відліку.
- Природний об'єкт з чіткими контурами, який можна безпомилково розпізнати на зображенні.
- Точка на місцевості, яка була позначена спеціальним знаком з правильною геометрією перед аерофотозйомкою. Пізніше ця точка чітко розпізнається на зображенні.

Вибір природних об'єктів як еталонних кольорів залежить головним чином від вимог замовника до кінцевого продукту, зокрема від масштабу карти, що створюється. На картах масштабу 1:25000 це може бути будинок, куточок сільгоспугідь або ліс. Для великомасштабного картографування, наприклад при створенні планів у масштабі 1:2000, це можуть бути кути будинків, підземні люки, низькі стовпи, торці бетонних мостів, дорожні розв'язки з хорошою

видимістю тощо. Загальна вимога полягає в тому, щоб у масштабі карти, яка створюється, опорні точки можна було розпізнати на зображенні з точністю до 0,1 мм. Контрольні точки не слід вибирати на крутих схилах через помилки у визначенні висоти. Допустиме значення похибки знаходиться в межах $1/10$ висоти перетину рельєфу на карті, що створюється.

Позначення опорних точок перед аерофотозйомкою є дуже важливим, оскільки це майже на 100% виключає можливість неправильного розпізнавання опорної точки на знімку і значно підвищує точність фотограмметричної зйомки для цієї точки. Маркувальні знаки майже завжди являють собою правильні геометричні фігури, такі як квадрати, прямокутники, кола, хрести, L-подібні фігури тощо. Розмір мітки становить $(0,3-0,5 \text{ мм}) \cdot M$, де M - знаменник масштабу зображення. Колір маркування повинен бути таким, щоб максимально контрастувати з поверхнею, на якій воно розміщене. Біле маркування слід читати на зеленому або темному тлі. Маркувальні матеріали можна наносити за допомогою різноманітних підручних засобів, таких як фарба, пісок або вапно.

Залежно від топографічних вимог і методів роботи виконується суцільна або розріджена прив'язка.

Безперервне коригування висоти виконується при створенні топографічних карт з висотою перерізу рельєфу 0,25 м. Неперервні висоти також можна створювати при створенні креслень масштабу від 1:500 до 1:5000 з висотою перерізу рельєфу 0,5 м.

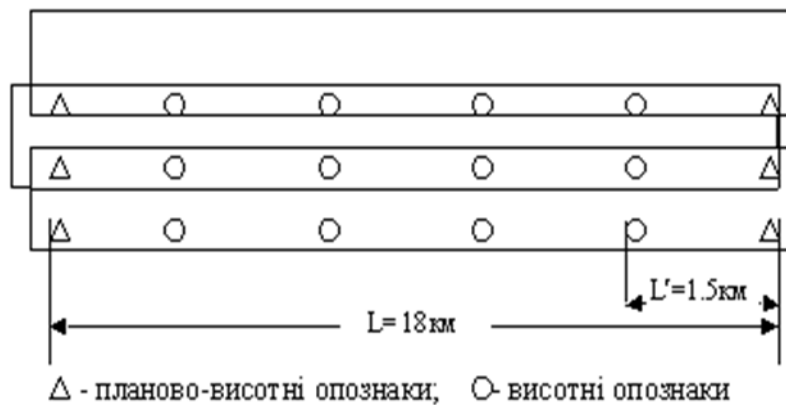
Розріджена геоприв'язка виконується тоді, коли точність подальших робіт з фотографічної тріангуляції може забезпечити точність, необхідну для планування і картографування. Цей тип прив'язки переважно використовується для картографування середніх і великих незабудованих територій.

Залежно від обраного методу роботи розраховується щільність висот площин і профілів рельєфу для забезпечення точності створюваних карт.

Похибка у взаємному розташуванні точок на карті повинна бути в межах 0,4 мм.

Фотограмметричні методи згущення беруться до уваги при проектуванні розташування об'єкта. Аналітична та аналогова тріангуляція передбачає

проекування об'єктів на маршрут аерофотозйомки. Елементи повинні розташовуватися посередині потрійної поздовжньої зони перекриття і перекриватися між маршрутами, якщо це можливо. Відстань між ділянкою планування та елементами рельєфу слід розраховувати за формулою та відповідно до вимог Посібника з топографічної зйомки. Там, де висоти мало підготовлені, контрольні пункти розміщуються рядами поперек маршруту. Мінімальний проміжок між висотними маркерами в напрямку маршруту повинен становити: 8-10 км; висота між горизонтальними площинами - 2-2,5 м. Схема розміщення планово-висотних опознаків зображена на рис. 1.6



Рим. 1.6 Схема розташування опорних точок при зйомці в масштабі 1:10000 з перетином рельєфу через 2 м.

Додаток 2

1.5 Розрахунок параметрів планово-висотної прив'язки

Для місцевості на карті масштабу 1:10000 відстань між орієнтирами можна розрахувати за формулою.

$$n = 11,0 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{M}{m}\right)^2} \quad n' = 2,08 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{b}{f \cdot m} \frac{m_{zc}}{m_q}\right)^2}$$

$$L = n \cdot B ; L' = n' \cdot B,$$

де: n – відстань між мітками плану;

n' – відстань між мітками висотни;

M – масштаб карти, що створюється;

m – масштаб знімання;

$m_q = 0,02_{\text{мм}}$ – точність визначення поперечного паралакса;

b – базис на фотографії;

m_{zc} – СКП розрахунку висоти, $= 0,1 \cdot h$ перетину рельєфу $= 0,1 \cdot 2 = 0,2$;

f – фокусна відстань;

B – базис фотозйомки на ділянці;

L, L' – допустимі відстані між мітками плану і висоти.

$$n = 11,0 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{10000}{15000}\right)^2} = 13n' = 2,08 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{80 \cdot 0,67}{152,82 \cdot 15000 \cdot 0,02}\right)^2} = 1,1$$

$$L = 13 \cdot 1,4 = 18,2\text{км}; \quad L' = 1,1 \cdot 1,4 = 1,54\text{км}$$

Там, де це можливо, особливості плану та рельєфу пов'язані між собою.

Координати підготовки поля визначаються за допомогою GPS-спостережень і створюються у вигляді каталогу координат (цифровий файл). На ділянці використовували геодезичні координати та невеликі знаки (каталог координатних таблиць).

Заплановані об'єкти повинні бути розташовані поперек маршруту аерофотозйомки на відстані, що не перевищує 8 фотографічних баз, таким чином, щоб на кожному маршруті було по одному об'єкту в кожному стовпчику.

Висотні контрольні точки розміщуються на кутах ділянок маршруту, які складаються максимально з чотирьох стереопар.

Ущільнення реперної мережі здійснюється аналітичним методом просторової фототріангуляції на стереоанагліфічній або дельта-фотограмметричній станції.

Схема розташування точок плану висотної підготовки створюється після оцифрування знімка і повинні:

- Повинні розташовуватися вздовж кута, центру, верхньої та нижньої меж блоку і перетинатися з маршрутами сусідніх блоків.

- Відстань між точками слід оцінювати за формулою, відомою з фотограмметрії (приблизна мінімальна кількість точок - дві точки на початку і в кінці кожного маршруту і одна точка на кожні п'ять знімків).

- На зображенні точки слід вибирати близько до центральної лінії розрізу, бажано в поздовжньому потрійному перекритті і в межах 1 см від краю зображення.

- Точки повинні бути прямими контурами, чітко позначеними на кожному з оцифрованих зображень перехрестя або кутового примикання. Наприклад, перехрестя доріг, стежки та інші близькі до прямих лінії (заборонено вибирати точки, створені різко пересічними контурами, овальними контурами, темними ділянками або контурами, що змінюються).

- Точки слід розміщувати на рівнинній місцевості: плоских ділянках, низинах, сідловинах (заборонено вибирати точки на крутих схилах, вузьких днищах каньйонів, гострих гірських вершинах і високих об'єктах).

Зростання вимог до вимірювання координат точок у зв'язку з підвищенням точності фотографічної тріангуляції, базується на результатах обробки оцифрованих зображень, і тим фактом, що масштаб створюваних фотокарт в десятки разів перевищує масштаб зйомки. Точність визначення координат має становити приблизно 0,05 мм у масштабі фотокарти.

1.6 Геодезичні роботи

Планово-висотну прив'язку складають наступні основні процеси:

- створення робочого проекту;
- розмітка опознаків;
- розпізнавання та реєстрація знаків;
- польові геодезичні роботи.

Проектна робота включає збирання картографічної інформації, збір даних з існуючих геодезичних мереж та визначення методів картографування. Крім того, розроблено методику геодезичного розрахунку координат реперних точок.

Після того, як проект виноситься в поле, місцевість детально вивчається, щоб визначити місце розташування контрольних точок. Цей процес часто поєднується з розпізнаванням орієнтирів на зображенні. Орієнтири вибираються на місцевості згідно з проектом висотної підготовки. Об'єкти - це чіткі контури, які можна розпізнати на зображенні з точністю до 0,1 мм або краще в масштабі карти, що створюється. Для рівнинної місцевості слід вибрати особливості рельєфу і використовувати точки рельєфу. Помилка в розпізнаванні висоти на місцевості не повинна спричиняти похибку більше ніж 0,1 в горизонтальній висоті точки.

Розпізнана точка позначається на аерофотознімку з точністю до 0,1 мм у вигляді кола діаметром 10 мм зі збільшеним ескізом на зворотному боці. У районах, де неможливо забезпечити чітке розпізнавання топографічних точок на аерофотознімку, топографічні точки позначаються перед аерофотозйомкою. Розмітка виконується у вигляді хреста, що складається з чотирьох променів з відкритим простором у центрі, квадрата або кола; при зйомці в масштабі 1:10000 розмітка виконується хрестоподібним пристосуванням. Розмір маркування залежить від масштабу дослідження. Наприклад, одна лінія перехресної позначки має бути щонайменше 0,15 мм завдовжки і 0,05 мм завширшки, відстань лінії від центру позначки - 0,05 мм, а діаметр сторони квадрата або кола - 0,10 мм, що є переважними розмірами.

Для визначення координат опорних точок використовуються відомі геодезичні методи: пряма, зворотна або комбінована засічка, теодоліт, полігонометрія або висотні бамбукові ходи, технічне нівелювання, триангуляція тощо. За сприятливих умов (відкрита місцевість, наявність обладнання тощо) рекомендується проводити прив'язку знімків зі швидкою кінематикою до GPS-спостережень.

При підготовці геодезичного матеріалу слід підготувати каталог просторових координат усіх опорних точок, до якого слід додати контактні зображення, ескізи та описи розпізнаних точок. Ці документи є основною частиною технічного звіту і використовуються для звітування про обсяг робіт, виконаних підрядником.

2. Дешифрування аерофотознімків

2.1 Топографічне дешифрування

Дешифрування аерофотознімків - це один з методів дослідження та картографування місцевості на основі зображень, отриманих за допомогою аерофотозйомки. Це дешифрування має загальну науково-технічну основу, притаманну методу в цілому, а також специфічні методичні відмінності, пов'язані з особливостями практичного застосування.

Дешифруванню об'єктів місцевості сприяють зображувальні властивості фотознімків, що складаються з прямих і непрямих дешифрувальних ознак.

Прямі дешифрувальні ознаки властиві практично всім об'єктам місцевості, що зображуються на знімках даного масштабу. Вони характеризують об'єкт безпосередньо і включають форму, розмір, тон, колір, тінь, структуру.

Непрямі дешифрувальні ознаки виникають із закономірностей взаємного розташування об'єктів місцевості через природні умови, їх призначення, господарське використання та ін. До непрямих ознак відносяться існуючий в природі і взаємозв'язок, що відобразився на знімках, взаємозалежність або взаємообумовленість різних об'єктів і явищ і супутніх їм характеристик.

Із зменшенням масштабу аерознімку прямі дешифрувальні ознаки видозмінюються. Так, якщо по знімках масштабу 1:5000 безпосередньо виявляється більшість об'єктів, що дешифруються, то на знімках масштабу

1:10000 і менше зникають багато малих об'єктів - колодязі, стовпи, репери і ін., а деталі об'єктів середнього розміру стають невиразними. Непрямі дешифрувальні ознаки достатньо стійкі, і залежать від масштабу у меншій мірі.[3]

Загальні принципи дешифрування полягають у наступному:

- В основі методу лежать закономірні залежності між характеристиками об'єктів на місцевості та їх відтворюваністю на аерознімках, а також між самими природними об'єктами та елементами аерофотозображення території.

- Отримання максимально можливої роздільної здатності аерознімка для обраної мети (потенційної інформативності) визначається обґрунтованим вибором умов аерофотознімання.
- Ефективність дешифрування аерофотознімків (розкриття інформації, що міститься на них) визначається специфікою виділених об'єктів місцевості, застосуванням відповідних дешифрувальних ознак, досконалістю загальних прийомів роботи та їх спеціальних варіацій, використанням картографічно значущого обладнання та матеріалів, підготовленістю виконавців (кваліфікація, достатній окомір, знання місцевості).

Дешифрування місцевості полягає у пошуку, виявленні та розпізнаванні на аерофотознімках об'єктів місцевості, які підлягають відображенню на карті або плані певного масштабу, встановленні їх якісних і кількісних характеристик за аерофотознімками та нанесенні умовних знаків, текстових і цифрових зображень, передбачених для позначення об'єктів, що дешифруються, на визнані еталони (фотокарти, фотоплани, графічні схеми), що полягає в їх застосуванні.

Процес дешифрування може включати безпосереднє застосування на місцевості, з використанням методів наземної топографічної зйомки, деяких особливостей певних аерофотозображених об'єктів, які взагалі не зафіксовані на аерофотознімках або не відтворені на аерофотознімках. Дешифрувальні роботи включають також збір та ідентифікацію географічних назв.

Особливістю топографічного дешифрування є те, що, на відміну від інших видів знімання, воно є універсальним за змістом об'єктів, розмірами та оптичним контрастом і нерозривно пов'язане з іншими видами знімання - стереофотограмметрією та топографо-геодезичними роботами, пов'язаними з виготовленням карт і креслень. У зв'язку з цим дешифрування топографічних карт вимагає диференційованої методики, що ґрунтується на необхідному поєднанні камеральних і польових робіт.

2.2 Дешифрування аерознімків камеральне

Камеральне дешифрування передбачає вивчення зібраних топографічних карт, нещодавно опублікованих креслень того ж масштабу і картографічно значущих ділянок матеріалу, збір відсутньої інформації та усунення неузгодженостей, вибір номенклатури і визначення того, що необхідно в процесі польового дешифрування.

Роботу з дешифрування за допомогою стереофотограмметричного обладнання слід починати з аналізу аерофотознімків, картографічного матеріалу, інформації, кодифікованої за допомогою умовних позначень, і попередніх польових або камеральних даних дешифрування, якщо вони доступні. Далі слід визначити пріоритети дешифрування аерофотознімальних стереопар, починаючи з найбільш задокументованих і найпростіших.

Пристаюючи до дешифрування аерофотознімків, масштаб видимої стереомоделі зазвичай у два-три рази перевищує масштаб креслення, що виготовляється, тому завжди слід пам'ятати про необхідність узагальнення змісту редакційних вказівок, оточуючи об'єкт відмітками вимірювального приладу.

Процес дешифрування на аерофотознімках кожної стереопари слід починати з мережі водотоків, потім з компактних (включаючи будівлі), лінійних об'єктів і контурних меж, і, нарешті, з різних позначень земельних ділянок, і не потрібно переходити до інших стереопар, поки це не буде завершено.

При дешифруванні на приладі лінійних об'єктів, таких як річки, канали, дороги, розчищені землі тощо, краще фіксувати їх на всій стереопарі аерофотознімків відразу, тоді як об'єкти менших розмірів і складнішої конфігурації слід фіксувати на окремих частинах стереопари. Перенесення даних польового дешифрування на креслення за допомогою апаратури стереофотограмметрії включає повторне розпізнавання об'єктів, накреслених під час аерофотознімання, але дешифрованих лише під час польового знімання, перенесення апаратурою об'єктів, накреслених на аерофотознімках, фотосхемах

або фотопланах, на місцевість, власне дешифровані об'єкти, які можуть бути достовірно розпізнані на місцевості (у тому числі ті, характеристики яких визначені в польових умовах), включаються. При цьому деякі контурні межі, виявлені під час польової зйомки, ідентифікуються і за необхідності уточнюються. Крім того, на цьому етапі в умовних знаках відображається їх зміст, який на польовій зйомці зазвичай показувався в спрощеному вигляді.

2.3 Дешифрування аерознімків польове

Польова перевірка матеріалів аерофотозйомки при топографічному зніманні виконується до або після знімання і, як правило, після знімання у випадку оновлення планів. Процес польової перевірки включає в себе:

- Порівняння рельєфу поверхні з аерофотознімками.
- Перевірку повноти і точності даних зчитування з камер на обраному маршруті, якщо вона виконується в тому порядку, в якому було виконано зчитування з камер.
- Виявлення дешифрувальних ознак та інших даних, необхідних для подальшого дешифрування камери на обраному маршруті.
- Розпізнавання природи об'єктів, які можуть бути дешифровані тільки в польових умовах, та визначення їх якісних і кількісних характеристик.
- Вибіркова перевірка додаткового картографічного матеріалу, зібраного в польових умовах.
- Використання елементів ситуації, не зафіксованих аерофотозйомкою, як основи для дешифрування.
- Дешифровані об'єкти закріплюються в установленому порядку спрощеними назвами та встановленими умовними знаками.[1]

Польова зйомка проводиться після камеральної зйомки для доповнення та уточнення інтерпретаційних даних про наявність, розташування та характеристики об'єкта, усунення пропусків і виправлення можливих помилок.

У щільно забудованих районах, де більшість будівель і багато споруд можна сфотографувати за допомогою фотоапаратів, польові зйомки проводяться в рамках детального обстеження. В той же час, в міських умовах необхідний майже однаковий обсяг робіт для встановлення на місцевості характеристик одних об'єктів, дешифрованих з аерофотознімків, розпізнавання інших об'єктів на місцевості і нанесення на карту третього об'єкта, який взагалі не відображається на аерофотознімках.

Під час польового обстеження необхідно провести інструментальні вимірювання на місці для визначення характеристик деяких об'єктів. До таких характеристик відносяться розміри окремих будівельних виступів (для компенсації при визначенні базової лінії), ширина дорожнього покриття та внутрішній діаметр труб під дорогою, висота внизу прольотів мостів над водою, висота підвісу ліній електропередач (за необхідності), глибина та дебіт свердловин, глибина водно-болотних угідь, гідрологічні характеристики водних шляхів та інші.

До об'єктів місцевості, що підлягають польовому дешифруванню інструментальними методами, належать ті, що мають невеликі розміри, слабкий контраст з навколишнім фоном, суцільний рослинний покрив, закриті зображеннями сусідніх високих будівель, дерев, проєкціями схилів та їх тінями, або з'являються на місцевості після аерофотознімання. Географічні об'єкти, які не вдалося відтворити на аерофотознімках, можуть бути нанесені на основу методами, відомими в топографії, такими як перпендикулярна (координатна), лінійна засічка, рахункова і полярна, а в складних випадках - тахеометрична зйомка. За відправну точку для викреслювання цих об'єктів береться чітка контурна лінія або точка геодезичного обґрунтування в плані (в принципі, не менше трьох твердих точок), що знаходиться якомога ближче до об'єкта.

Під час цієї роботи слід достатньою мірою використовувати креслення (реєстраційні карти) підземних комунікацій, ліній електропередач тощо, щоб розташування таких об'єктів, як каналізаційні колодязі, резервуари для води, нові лінії електропередач тощо, було впевненим (а не випадково виявленим).

Для натурних вимірювань під час польової інтерпретації використовуються різні далекоміри, висотоміри та допоміжні інструменти, такі як рулетки, вимірювальні вилки, вудилища та свинцеві лінії.

2.4 Сучасні тенденції автоматизації дешифрування

Сучасні тенденції автоматизації дешифрування аерознімків полягають у використанні штучного інтелекту та машинного навчання. Завдяки цьому з'являється можливість створювати більш точні та швидкі алгоритми дешифрування, що зменшує кількість людських помилок та збільшує продуктивність роботи.

Однією з головних тенденцій є використання глибинного навчання для автоматичного визначення об'єктів на аерознімках. Цей підхід дозволяє створювати моделі, які здатні розпізнавати об'єкти на зображеннях з високою точністю.

Також, важливим напрямком є розвиток алгоритмів для обробки великих обсягів даних, що дозволяє швидко та ефективно обробляти велику кількість аерознімків.

Іншою тенденцією є використання великих навчальних наборів, які дозволяють створювати більш точні моделі дешифрування. Цей підхід дозволяє зменшити кількість помилок при дешифруванні та збільшити точність результатів.

Ще однією тенденцією в автоматизації дешифрування є розвиток методів мультиспектрального аналізу, які дозволяють отримувати більш детальну інформацію про об'єкти на аерознімках. За допомогою мультиспектрального аналізу можна визначати характеристики рослинного покриву, водних об'єктів, ґрунтів та інших об'єктів.

Також важливим напрямком є інтеграція різних джерел даних для створення більш повної та точної інформації. Наприклад, комбінуючи дані з аерознімків з даними зі змінних датчиків, можна отримати більш точну інформацію про об'єкти на землі.

Необхідним є розвиток технологій для роботи з великими обсягами даних у режимі реального часу. Наприклад, використання хмарних обчислень та

паралельних обчислювальних систем може допомогти збільшити продуктивність та швидкість роботи з аерознімками.

Нарешті, важливим напрямком є розвиток технологій візуалізації та інтерактивної обробки даних, що дозволяє більш ефективно працювати з аерознімками та відображати результати дешифрування в зручному для користувача форматі.

Однією з ключових переваг автоматизації дешифрування є можливість знизити витрати на людські ресурси та час на обробку даних. Більш швидке та точне дешифрування дозволяє отримати актуальну інформацію про території швидше, що може мати значення для прийняття рішень в екологічних, аграрних та інших галузях. Однак, необхідно враховувати, що автоматизовані системи не завжди можуть забезпечити абсолютну точність даних і можуть потребувати додаткової перевірки людським фахівцем.

Інші сучасні тенденції в автоматизації дешифрування включають використання штучного інтелекту та машинного навчання. Застосування цих технологій може значно полегшити процес дешифрування аерознімків та знизити кількість помилок, які можуть здійснити люди. Штучний інтелект та машинне навчання можуть бути використані для розпізнавання певних об'єктів, наприклад, будівель, доріг, лісів тощо, на аерознімках та автоматичної побудови карт на їх основі. Крім того, розвиток технологій дозволяє використовувати більш точні прилади для отримання аерознімків та більш потужні обчислювальні системи для обробки і аналізу даних, що підвищує ефективність та швидкість процесу дешифрування.

3. Згущення планово- висотної мережі на ЦФС «Дельта»

3.1. Фототріангуляція – загальна характеристика.

Центральні і бокові зв'язкові точки.

Завдання, що вирішуються фотограмметричними методами, такі як топографічне картографування і побудова цифрових моделей місцевості, вимагають наявності густої мережі опорних точок для орієнтування кожного аерофотознімка або стереопари (моделі). Оскільки робота в полі завжди дорожча за роботу в офісі, використання польових методів для отримання координат опорних точок зазвичай не є виправданим. Крім того, можуть бути райони, де польові роботи недоцільні, або де роботи не можуть бути проведені через несприятливі погодні умови.

Якщо для фотограмметрії використовуються аерофотознімки, то це аерофотограмметрична тріангуляція. Оскільки це найпоширеніший на практиці метод, він розглядається нижче. Окремі геометричні моделі можна побудувати зі стереопар з використанням внутрішніх фотограмметричних зв'язків, які існують між зображеннями одного або декількох маршрутів. На подальшому етапі їх можна з'єднати разом, щоб створити єдину модель маршруту або декількох маршрутів. На останньому етапі виконується "геодезичне" (абсолютне) орієнтування цієї єдиної геометричної моделі в заданій (абсолютній) координатній системі.[1]

Виконуючи взаємне орієнтування кожної стереопари, отримуємо геометричну модель, яка, як ми знаємо, не потребує жодної точки відліку. Сусідні моделі з'єднані за допомогою точок зв'язку в потрібному перекритті фотографій (рис. 3.1).

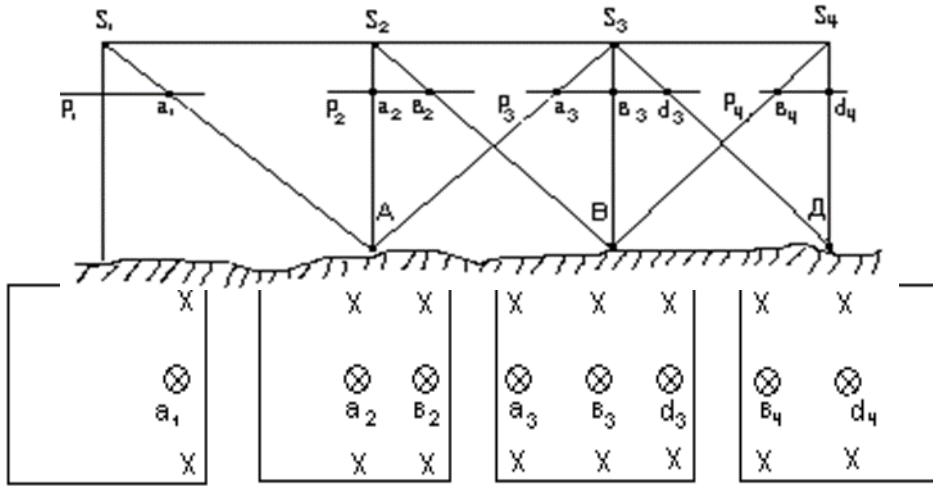


Рис. 3.1. Зв'язок моделей за допомогою точок зв'язку

На рис. 3.1 зображені лише точки зв'язку на площині аркушу, хоча насправді ми їх маємо не тільки в центральній частині зображень, але й на краях.

На цьому етапі геодезичні контрольні точки не потрібні. Створену загальну модель (для маршруту на Рисунку 3.1) потрібно зорієнтувати в геодезичній координатній системі. На практиці це завдання схоже на геодезичну орієнтацію моделі. Тут потрібні опорні точки, але не по чотири кожній стереопарі, а чотири для всього маршруту (який може включати більше 10-20 стереопар). Одна зі стандартних схем розташування опорних точок на маршрутах аерофотознімків показана на рисунку 3.2.

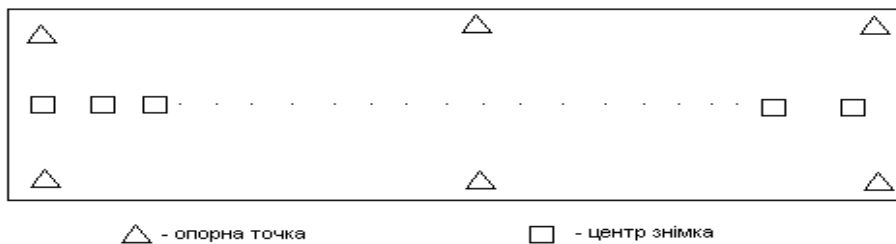


Рис. 3.2. Схема розташування опорних точок в межах маршруту аерофотознімків. Додаток 7

Класифікація методів триангуляції може ґрунтуватися на кількох підставах. Однією з них є використання конкретних технічних засобів реалізації. Якщо використовується аналогове стереофотограмметричне обладнання, то це аналогова фотографічна триангуляція. Якщо вимірювання виконуються за допомогою стереокомпараторів або аналітичних автографів і застосовуються

комп'ютерні обчислення, це називається аналітичною фототріангуляцією. Якщо використовується цифрова фотограмметрична машина, то це цифрова фототріангуляція.

Аналогова фототріангуляція більше не використовується, а аналітична і цифрова фототріангуляція широко застосовуються, хоча цифрові методи стають потужною альтернативою аналітичній фототріангуляції. Теоретичною основою цифрових методів фототріангуляції є аналітична фотограмметрія.

Тріангуляція має декілька характеристик.

За першим критерієм, тріангуляція топографічних фотографій набула такого широкого застосування, що немислимо не побудувати тріангуляційну мережу для виготовлення карт і планів. При цьому значно скорочуються польові зйомки, що заощаджує найбільше часу і коштів.

Друга особливість - важлива роль просторової та аерофотограмметрії в картографічних технологіях. Референсна мережа аерофотознімання відіграє особливу роль у побудові цифрових моделей рельєфу, без яких цифрові ортофотоплани та картографія були б неможливими.

По-третє, просторова фотографічна тріангуляція, яка визначає всі три координати точок мережі - X , Y і Z - зараз є домінуючим методом. Плоска та висотна фотографічна тріангуляція використовується рідко.

Четверта особливість полягає в тому, що маршрутна фотографічна тріангуляція є окремим випадком багатомаршрутної фотографічної тріангуляції і використовується не дуже часто. На практиці частіше використовується багатомаршрутна оптична тріангуляція, оскільки вона обробляє зображення на фіксованій ділянці. Однак деякі методики передбачають спочатку побудову мережі оптичної тріангуляції в рамках окремих маршрутів, перевірку на наявність різних помилок і пропусків в цій фазі, а потім побудову багатомаршрутної (блокової) мережі оптичної тріангуляції. Цей метод побудови є суттю наступної особливості.

Згідно з п'ятою особливістю, маршрутна фототріангуляція ґрунтується на покроковому розв'язанні задачі, одним з варіантів якої є конструкція геометричної моделі у рамках стереопари (взаємне орієнтування) та з'єднання моделі поколу в єдину вільну фотограмметричну мережу з використанням точок з'єднання в потрібному накладенні фотографій; а також з'єднання кореневої моделі з єдиною блоковою моделлю, виростивуючи точки на міжкореновому перекритті тощо. Нарешті, блокова модель, створена за допомогою фотограмметричної тріангуляції, орієнтується ззовні (геодезично), щоб усунути деформації, спричинені різними похибками, в тому числі похибками, пов'язаними з вимірюваннями. Цей метод називається модельним.

Шоста особливість - це дані GPS (Global Positioning System). Сучасні методи дозволяють визначати просторові координати центру проєкції під час польоту носія обладнання. Це суттєво впливає на процес оптичної тріангуляції, зокрема значно підвищується її точність.

Однак, що важливіше, якщо відомі просторові координати центрів проєкцій шести знімків і побудована блокова мережа, то жодних опорних точок не потрібно взагалі.

Згідно з сьомою особливістю, джерелом похибок є самі знімки, тому потрібно знайти способи нейтралізації цього негативного ефекту. Одним із підходів є представлення помилок на зображенні у вигляді математичної моделі. Наприклад, помилки на Δx , Δy виражені у вигляді полігонів степеневого закону.

$$\Delta x = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy$$

$$\Delta y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy$$

де a_i , b_i - невідомі параметри (параметри калібрування), x , y - визначені координати точок на фотографії. [1]

Вказані вище формули, а також рівняння колінеарності використовуються для одночасного визначення просторових координат і калібрувальних параметрів точок фототріангуляції. При побудові фототріангуляційної мережі використовується внутрішній фотограмметричний зв'язок, який існує як для

точок, розташованих у межах потрібного перекриття, так і для точок, розташованих у межах міжмаршрутного перекриття. У такому випадку метод фототріангуляції є самокалібрувальним. Додаток 6.

Якщо в математичну фототріангуляційну модель не включені додаткові рівняння, то має місце фототріангуляція без самокалібрування.

Восьма характеристика. В останні роки цифрова фототріангуляція, і зокрема методи автоматичної конструкції мережі, відіграють важливу роль. Слід зазначити, що вона відіграє головну роль.

3.2 Аналітична блочна фототріангуляція.

Точність аналітичної фототріангуляції

У блоковій або багатомаршрутній фотограмметричній тріангуляції використовуються взаємозв'язки, які існують між зображеннями та між маршрутами. Оскільки зображення в межах маршруту безперервно перекриваються у вертикальному і горизонтальному напрямках, фотограмметрична мережа може бути створена для декількох маршрутів одночасно. Цей метод фотограмметричної тріангуляції зменшує обсяг геодезичних робіт, необхідних у польових умовах.

Блокова фотограмметрична тріангуляція може бути створена шляхом з'єднання незалежних моделей або незалежних маршрутів. Метод зв'язування дозволяє побудувати і збалансувати мережу одночасно для всіх зображень, що містяться в блоці. На знімках вимірюються координати точок, що входять в мережу, отримується апроксимація невідомих елементів координат зовнішніх точок і точок рельєфу, для кожного знімка точок мережі складається поправочне рівняння, отримується система рівнянь для всього блоку і методом послідовних наближень знаходиться рішення. Якщо поправки в останньому наближенні не перевищують допустиму похибку, то побудова мережі вважається завершеною.

При побудові та з'єднанні незалежних моделей довжина базису і система координат кожної моделі можуть бути обрані довільно. Точки з'єднання сусідніх моделей матимуть різні значення через різні системи координат. Зв'язок між моделями здійснюється шляхом створення та розв'язання поправочних рівнянь.

Рівняння розв'язуються послідовно наближено за умови $[pv^2]=\min$.

В результаті розв'язання рівнянь визначаються геодезичні координати елементів єдиного контуру моделі та пунктів блочної мережі.

При побудові блочної тріангуляції методом незалежних маршрутів кожна маршрутна мережа будується в довільному масштабі і в окремій системі координат. Зв'язки між окремими маршрутами здійснюються сполучними

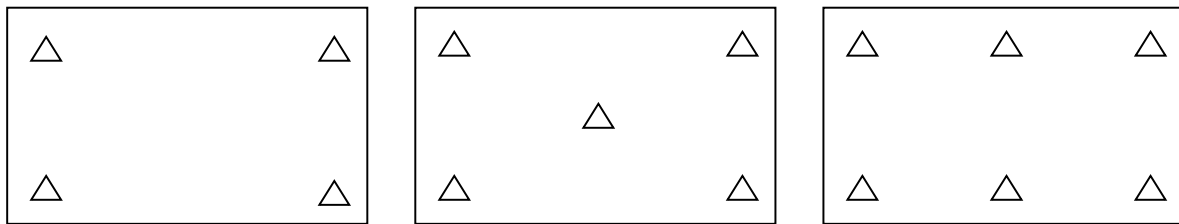
точками в зонах перекриття, а геодезична зйомка виконується за опорними точками.

Точність побудови оптичної триангуляційної мережі залежить від багатьох факторів, включаючи геометричну та фотографічну якість знімка, параметри аерофотозйомки, точність вимірювання знімка, положення опорної точки та математична модель оптичної триангуляції.

Основними джерелами похибки координат точок на зображенні є спотворення об'єктива, деформація фотоматеріалу, неспіввісність шару фотоемульсії в площині, атмосферна рефракція, клиноподібні фільтри та помилки ідентифікації і розрізняння точок на знімку.

Очікувана фототриангуляційна точність може бути розрахована заздалегідь за відповідними формулами. Для мережі вільних шляхів середня квадратична похибка координат точки в кінці шляху має такий вигляд.

$$m_{x_n} = 1.2m \cdot m_q \sqrt{n^3}; m_{y_n} = 0.6m \cdot m_q \sqrt{n^3}, m_{z_n} = 0.9 \frac{f}{b} m \cdot m_q \sqrt{n^3}.$$



△ - контрольна точка

Рис. 3.4 Схема розміщення контрольних точок в маршруті зйомки

У схемі прив'язки з чотирьох контрольних точок (рис.3.4) найбільша похибка припадає на середину маршруту, а середні квадрати похибок обчислюються наступним чином:

$$m_{x_{n/2}} = 0.27m \cdot m_q n^{3/2} = 2.0\text{м}, m_{x_{n/2}} = 0.14m \cdot m_q n^{3/2} = 1.9\text{м}, m_{x_{n/2}} = 0.23 \frac{f}{b} m \cdot m_q n^{3/2} = 0.4\text{м}.$$

де n - кількість базисів маршруту, f - фокусна відстань, b - базис в масштабі зображення, m_q - середня квадратична похибка вимірювання паралакса, t - знаменник масштабу зображення.

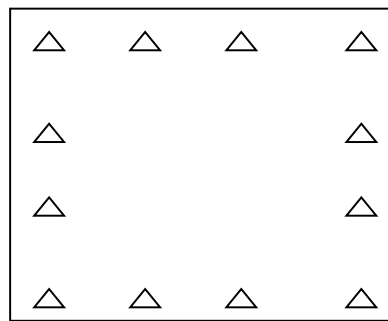


Рис. 3.5 Схема розміщення опорних точок блоку фототріангуляції.

В межах блокової фототріангуляції (рис.3.5) можемо використати формули Ф.Лисенка

$$m_{x,y} = 0.75m\sqrt{3(2ns + kn - rs)/(2kns)},$$

$$m_z = (0.25 H/p)\sqrt{3(2ns + kn - rs)/(2kns)}$$

де n - кількість зображень в межах блоку, s - кількість фотографій, на яких зображена точка (залежить від перекривання поздовжнього та поперечного), k - кількість точок мережі на кожній фотографії, r - число контрольних точок в межах блоку, H - висота фотозйомки, p - середнє значення поздовжнього паралакса. Аналіз формул дозволяє зробити наступні висновки:

- збільшення кількості контрольних точок в межах блоку з десяти до ста підвищує точність побудови лише на 6-7 %;
- при збільшенні кількості точок на зображенні з п'яти до дванадцяти точність збільшиться в 1.5 рази;
- збільшенням поперечного перекривання з 20 % до 60 % досягнемо підвищення точності побудови в 1,8 рази.

3.3 Складання проекту мережі фототріангуляції на ЦФС «Дельта»

Після знімання матеріалу та оцінки його якості проводиться технічне проектування побудови фототріангуляційної мережі за площею знімання (трапеція або група трапецій), розраховуючи на те, що кожна ділянка буде повністю покрита аерофотознімками і стане опорним пунктом для геодезичного орієнтування (редукування) мережі.

Проектування мережі фотографічної тріангуляції включає:

- Вибір аерофотознімків, на основі яких буде побудована мережа.
- Вибір методу і типу тріангуляційної мережі, яка буде побудована.
- Вибір і позначення точок тріангуляційної мережі на контактних відбитках (фотографічних замальовках).
- Встановлення надійних зв'язків з мережею суміжних ділянок і з існуючими картами того ж або більшого масштабу по межах території зйомки.
- Визначення послідовності виконання робіт з побудови мережі.
- Підготовка проекту мережі.

До проекту мережі включаються тільки ті маршрути аерофотозйомки, які дійсно необхідні для побудови мережі на даній території. Наприклад, якщо між двома маршрутами прокладений проміжний маршрут з коефіцієнтом перетину більше 15%, цей маршрут (або його частина) не буде використовуватися для побудови мережі. Якщо аерофотознімки цього маршруту необхідні для підготовки фотоплану або для детального обстеження, необхідні для цього точки мережі позначаються та ідентифікуються на аерофотознімках сусідніх маршрутів.[6]

Вибір методу побудови мережі визначається наявністю фотограмметричного та комп'ютерного обладнання, характером території зйомки, якістю вихідного матеріалу, а також наявністю на аерофотознімках елементів, що виходять назовні, визначених у польоті, та іншими конкретними умовами роботи.

Тип мережі визначається кількістю і розташуванням пунктів польової

підготовки, а також наявністю і якістю аерофотоматеріалу.

Маршрутна мережа будується тоді, коли кількість і розташування пунктів польового підготування аерофотографій убезпечують незалежність геодезичного орієнтування для кожного маршруту. При перекритті аерофотознімків в межах 50-80% слід будувати квартальні мережі за допомогою аналітичних методів.

При проектуванні мережі фототрикутників аналітичними та аналоговими методами слід вибирати і перевіряти заздалегідь визначені точки, що з'єднують суміжні стереопари, а також спільні точки між сусідніми маршрутами.

Для забезпечення знімання контурів, форм рельєфу та рельєфу за аерофотознімками, відновлення топографічних карт, а також для управління цими завданнями в межах кожної стереопари вибирають шість заздалегідь визначених плоских точок висот, які розташовують у стандартний спосіб. Чотири з цих точок повинні бути розташовані на вершині кута перекриття і в межах 1 см від краю, а дві - близько (в межах 1 см) до основної точки аерофотознімка. Ці пункти, як правило, мають бути як точками з'єднання, так і загальними точками. Інші точки включають точки перерахунку, необхідні для контролю точності карт пункти і точки, які вказують висоту на карті.

Виділіть точки на стереоскопічному зображенні аерофотознімків і вставте бігунок.

При побудові фототріангуляційної мережі аналітичними та аналоговими методами точки наносять на парні або непарні аерофотознімки кожного маршруту в наборі аерофотознімків, на яких виявлені та зареєстровані місцеві підготовчі пункти.

Проект будування мережі готується у вигляді топографічної карти або схеми. Карта (схема) повинна включати:

- Межі трапеції зйомки.
- Маршрути аерофотознімання, вибрані для побудови мережі, ділянки абсолютних і фотограмметричних розривів на аерофотознімках та ділянки з незадовільною фотографічною або фотограмметричною якістю (якщо такі є).
- Геодезичні пункти та пункти польової підготовки, визначені на

аерофотознімках; визначені, з'єднувальні та загальні граничні лінії, що слугують маршрутами пунктів.[4]

Обов'язково вказується порядок виконання робіт з побудови мережі та прізвище виконавця, відповідального за той чи інший процес.

При нанесенні маршрутів аерофотознімання підписуються тільки крайні номери аерофотознімків. Підписуються номери всіх опорних і умовних знаків. На полі проекту вказується спосіб побудови і масштаб мережі фотографічної триангуляції. Проекти побудови фотографічної триангуляційної мережі створюються відповідно до умовних позначень.

3.4 Цифрова фотограмметрична станція «Дельта»

Цифрова фотограмметрична станція (ЦФС) - це система, що складається з апаратного та програмного забезпечення для отримання кінцевої фотограмметричної та картографічної продукції.

Основним технічним засобом є потужний персональний комп'ютер (іноді два), який обробляє цифрові зображення. До комп'ютерів висуваються високі вимоги щодо обсягу оперативної та дискової пам'яті, швидкодії та розміру графічного екрану. Комп'ютери оснащені оптичними системами (стереоскопами) або окулярами з поляризаційними фільтрами, які дозволяють здійснювати стереоскопічний перегляд і вимірювання стереопар, що візуалізуються на екрані комп'ютера. Для переміщення зображень використовуються сервоприводи з рульовими колесами або пристрої типу "миша" (стандартне комп'ютерне обладнання).[1]

Програмне забезпечення лежить в основі цифрової фототехніки. Чим воно багатше і потужніше, тим більше технічних можливостей має станція. Типові фотограмметричні станції здатні виконувати такі завдання:

- Створення топографічних і планіметричних карт.
- Створення мереж фототрикутників
- створення цифрової моделі рельєфа
- Створення цифрового ортофотоплану або карти.

Станція цифрової фотограмметрії «Дельта» призначена для обробки аерокосмічних фотографій з метою створення оригінальних карт, цифрових карт, топографічних карт та ортофотопланів. До складу станції входять:

- Потужний керуючий комп'ютер Pentium III/Pentium IV
- 17/20-дюймовий монітор SONY Trinitron
- фотограмметричний сканер
- Жорсткі диски об'ємом мінімум 250 ГБ.
- 2 ГБ або більше оперативної пам'яті.
- Відеоадаптер GeForce 9600 або нижче.

- Стереоскопічна насадка на монітор.
- Плата сервоконтролера.
- Пристрій друку
- Маніпулятор-миша

Програмне забезпечення в комплекті.

- Операційна система Windows XP/Vista.

3.5 Обробка результатів вимірювань на ЦФС «Дельта»

Щоб створити опис нового блоку зображення, виконайте команду "Файл|Створити" або натисніть відповідну кнопку на панелі інструментів. З'явиться форма, де можна ввести параметри нового блоку. Додаток 4

До цієї форми потрібно ввести такі параметри блоку:

- Назва блоку - назва блоку текстом.
- Середній масштаб - знаменник масштабу блоку.
- Середнє торцеве перекриття, % - авоматичне значення 60.
- Середнє бічне перекриття, % - авоматичне значення 30.
- Польотні дані – інформація у вигляді тексту.
- Фотокамера - виберіть з каталогу камер камеру, яка буде використовуватися.
- Плівка – використання кольорової або чорно-білої плівки у вигляді текстової інформації.
- Середня висота польоту над землею, м – вводити цей параметр необов'язково.
- Середня висота місцевості, м – вводити цей параметр необов'язково.
- Кількість смуг – сумарна кількість маршрутів у блоці.
- Максимальна довжина смуги – протяжність блоку.

Після встановлення розміру блоку, він форматується згідно зі стандартною схемою, яка відображається в таблиці маршрутів. Файлу-знімку кожного блоку присвоюється шаблонне ім'я відповідно до цієї схеми. Вважається, що ім'я файлу відповідає номеру знімка.

Вміст комірки кожного маршруту змінюється для встановлення його параметрів. Початкове ім'я - номер (First name), Кінцеве ім'я - номер (Last name), Крок між номерами (Step).

Натисніть на кнопку Очистити таблицю смуг, щоб скасувати схему.

Натисканням кнопки ОК зберігається інформація щодо нового маршруту у файлі Noname.tbd і закриває форму для введення параметрів блоку.

Якщо натиснути кнопку Скасувати, інформацію щодо нового маршруту буде проігноровано.

Для нових блоків буде заповнено список пошукових шляхів файлу зображення і макет зображення.

Редагування.

Характеристики блоку зображень можна переглядати і змінювати за допомогою функцій головного вікна програми або додаткових форм для вводу даних для блоку. Ви можете змінювати обсяг блоку, змінювати список пошукових шляхів файлу з фотографіями або змінювати взаємне розташування знімків.

Якщо у формі вводу параметрів перевизначити максимальну ємність кореня, то цілий блок буде переформатовано стандартними методами і інформація про зображення, вказана перед цим, буде втрачена. Для того, щоб змінити цей параметр, краще скористатися вікном редагування фотографій головної форми програми.

Запуск вимірювання (Triada.exe)

Підготовка блоку.

Щоб підготувати фотографію/макет кореня в блок, натисніть на кнопку Блок в оболонці DSC Delta (Models.exe).

Наслідком роботи програмного забезпечення є файл TBD, що містить опис блоку. Це текстовий файл, який можна переглядати і редагувати в будь-якому текстовому редакторі.

Створення проекту блоку.

Встановіть камеру, якою знімався блок, як поточну - натисніть на кнопку Триангуляція в оболонці DSC Delta (Models.exe). Запускається програма вимірювання TRIADA.EXE: відкрийте файл TBD з описом блоку в меню File|Open.

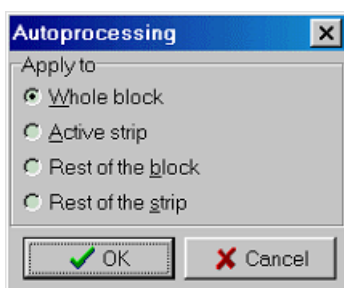
Після відкриття програми створюється подвійний файл з тим самим ім'ям і розширенням TMF, який використовується для зберігання конструкції блоку і всіх вимірювань. З цього моменту файл TBD не використовується.



Вимірювання координатних міток

Відкривши файл, система за замовчуванням відображає перші координатні мітки на першому зображенні першого маршруту. Мітки координат відображаються у вигляді FM-#, де # - її номер у порядку, вказаному в описі фотокамери.

Встановіть курсор на позначку координат і зафіксуйте її за допомогою лівої кнопки миші. З'явиться діалогове вікно для автоматичного вимірювання цієї позначки на усіх зображеннях. Додаток 5



Автовимірювання Autoprocessing

Застосувати Apply to

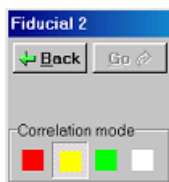
До цілого блоку Whole block

До обраного маршруту Active strip

До фотографій блоку, що залишилися Rest of the block

До фотографій маршруту, що залишилися Rest of the strip

Якщо натиснути кнопку ОК при виборі першої опції (Застосувати до цілого блоку), програмне забезпечення автоматично розрахує першу мітку координат на всіх зображеннях блоку. Вимірювання обробляється шляхом пошуку еталонних фрагментів (міток) за допомогою методу кореляції. Коефіцієнт кореляції є величиною від -1.0 до 1.0 і характеризує якість зіставлення. Коефіцієнт кореляції 1,0 вказує на точний збіг (фрагменти ідентичні); коефіцієнт кореляції від 0,7 до 0,9 вказує на добрий збіг. Значення, нижчі за ці, можуть свідчити про помилку (неправильну ідентифікацію). Якщо найменший (найгірший) коефіцієнт кореляції на всіх вимірних знімках менший за 0,7, ви можете перейти до цього знімка і виміряти координатні мітки на ньому. Після вимірювання натисніть кнопку "Скасувати" у діалозі автоматичного вимірювання, що з'явиться.



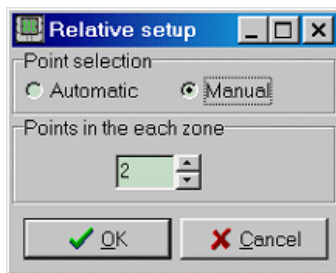
Якщо кореляція всіх автоматичних вимірювань перевищує 0,7, переходимо до наступної координатної позначки. У заголовку "Вікна режиму" відображається поточний етап (точка вимірювання), а також кнопки для того, щоб перейти до наступного етапу (Go|Next) або повернутись до попереднього етапу (Back).

Кнопка переходу в режим кореляції знаходиться поруч.

Вимірювання фотограмметричних точок.

Після вимірювання останньої координатної позначки програма автоматично переходить до вимірювання фотограмметричних точок. Також можна натиснути на кнопку Почати у вікні режиму.

Перед тим, як розпочати вимірювання, програма зобразить діалогове вікно з вибором режиму:



Налаштування взаємного орієнтування Relative setup

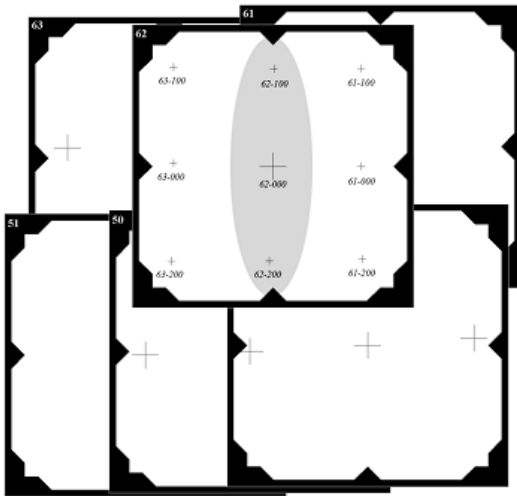
Вибір точок Point selection

Автоматичний Automatic

Ручний Manual

Точки у кожній стандартній зоні Points in the each zone

Вказуємо кількість міток у потрібній зоні (зазвичай від 1 до 3) і ручний (Manual) вибір точок, після чого програмою буде створено на кожній фотографії фотограмметричні мітки і вікно переміститься до першої (центральної) точки першого зображення верхнього маршруту.



Номери міток створюються автоматично у форматі SS-ZNN, де SS – це номер зображення, на котрому мітка розташована в центральному рядку. Далі з'являється цифра Z, котра означає зону: 0 – центральну, 1 – верхню, 2 – нижню. Останні цифри NN вказують номер мітки в межах зони: 00 – перша точка зони, 01 друга і т.д. Додаток 8

Отже кожне зображення додає до проекту блоку точку, розташовану в його центральному рядку, лівий рядок містить точки, перенесені з попереднього знімка, а правий - точки з подальшого зображення на шляху.

Наприклад, номеру 62-000 відповідає перша точка в середній ділянці зображення 62, а 61-200 - перша точка із зони під знімком 61 (на фотографії 62 цей пункт знаходиться в зоні під правим рядком).

Вимірювання виконуються в числовому порядку, і якщо ви вимірюєте (вказуєте) тільки точки в середньому ряду кожного зображення, програма автоматично переносить їх на ліве і праве зображення і, при необхідності, на зображення, розташовані нижче за маршрутом.

Якщо можливо, виберіть чітко окреслений контур у місці без значних спотворень перспективи або топографічних змін і зареєструйте точку лівою кнопкою миші. Система автоматично шукає ідентичні точки на сусідніх знімках. Якщо мінімальний (найгірший) коефіцієнт кореляції для всіх вимірених зображень становить 0,7 або вище, перейдіть до наступної точки (верхня зона). Вимірювання виконуйте аналогічно. Для повернення до попередньої точки використовуйте кнопку "Назад" у вікні режиму, також можна використовувати клавіші <права стрілка> і <права стрілка>.

Повторне вимірювання точки.

Якщо програма не змогла знайти потрібну точку на сусідньому зображенні, зареєструйте її повторно і продовжте режим, натиснувши під час реєстрації клавішу <Ctrl>. Для уточнення розташування точки на конкретному знімку перетягніть курсор з центрального знімка в потрібне місце (утримуючи ліву кнопку миші).

Якщо при повторному вимірюванні положення точки вже близьке до правильного на всіх зображеннях, утримування клавіші <Alt> при реєстрації точки тимчасово перемикає її в "зелений режим", який шукає ближчий збіг.

Якщо ви знайшли збіг лише на деяких зображеннях, вам потрібно буде вказати приблизне місце розташування точки на інших зображеннях. Для цього на центральній фотографії потрібно, натиснувши ліву кнопку миші (як при реєстрації) і утримуючи її, перемістити курсор миші на потрібне зображення. Далі відпустіть кнопку миші у місці, що відповідає точці. Якщо ви хочете

вказати розташування мітки достатньо точно і тимчасово вимкнути кореляцію, переключіться до "зеленого режиму", утримуючи клавішу <Alt>.

Повторуємо операції для усіх зображень, на котрих розташування точок нас не влаштовує.

Для того, щоб перейти до обчислення наступних точок, використовуємо кнопку Go у режимному вікні.

Попередній аналіз і пошук помилкових вимірювань.

Для проведення аналізу вимірювань використовується Аналізатор блоку (Сервіс|Аналізатор блоку): Додаток 8

Photos						Points								
Photo	Inn	Rel	Tie	K		Point	PX	PY	Tie	DX	DY	DZ	K	
1	121	7.3	-	-	0.94	15	133-000		15.7	0.24	-0.23	0.00	0.06	1.0
2	120	8.0	6.1	0.41	0.94	16	133-001		-20.9	0.34	0.30	0.00	0.17	1.0
3	119	8.8	6.8	-	0.93	17	120-200		-5.3	0.20	-0.04	0.00	0.19	0.6
4	132	7.8	-	-	0.93	18	120-201		10.7	0.31	-0.23	0.00	0.21	0.7
5	133	8.2	8.9	0.30	0.91	19	133-200		-1.6	0.20	-0.07	0.00	-0.19	1.0
6	134	8.5	9.0	-	0.92	20	133-201		2.0	0.42	-0.21	0.02	-0.36	1.0

Це вікно, що містить в собі дві таблиці. У лівій таблиці (Photos) розташовано список зображень даного блоку, котрий має стовпчики з такою інформацією:

Photo Номер знімка

Inn Средньоквадратична нев'язка по точках координат у мікронах (внутрішнє орієнтування);

Rel Средньоквадратичний залишковий паралакс у мікронах (взаємне орієнтування);

Tie Средньоквадратична похибка сполучних міток у метрах (сумарний вектор по XYZ);

K Средньоквадратичне значення кореляційного коефіцієнта.

Права таблиця (Points) містить список міток поточно обраного знімка, де можемо знайти стовпчики з наступними даними:

Point Номер точки;

PX Нев'язка на точці зображення по координаті X в мікронах (тільки для міток координат);

- РУ Нев'язка на залишковий паралакс зображення по координаті Y в мікронах;
- Tie Помилка по зв'язку в метрах (сумарний вектор по XYZ);
- DX Помилка по зв'язку координати X у метрах;
- DY Помилка по зв'язку координати Y у метрах;
- DZ Помилка по зв'язку координати Z у метрах;
- К Значення коефіцієнта кореляції на точці.

Найгірший результат в кожному стовпчику в обох таблицях виділено темним кольором, щоб їх було легше знайти.

Якщо ви позначите точку в таблиці праворуч, програма відобразить цю мітку на актуальному та сусідніх зображеннях. Для повторного вимірювання просто клацніть лівою кнопкою миші у іншому місці. Це можна зробити лише на центральному (актуальному) зображенні, де курсор набуває форми хрестика. Якщо положення майже всіх зображень, включно з центральним, правильне, ви можете виправляти мітку тільки на одному зображенні, перетягнувши її з середнього зображення на зображення, де положення неправильне. Коли ви переконаєтеся, що положення точки на зображенні є точним, натисніть і утримуйте клавішу <Alt>.

Додавання функцій.

Після завершення процесу вимірювання ви можете працювати у двох режимах.

У першому режимі (при запуску аналізатора блоків) ви можете повторно виміряти вибрані точки у списку аналізаторів.

У другому режимі (вікно аналізатора закрито) ви можете додавати нові точки в довільній кількості - орієнтири (опорні точки на блок). За допомогою вікна Навігатора перейдіть на потрібний знімок і зареєструйте нову точку лівою кнопкою миші. Програма запитає номер і додасть цю точку на центральний та сусідні знімки. Щоб відредагувати нову точку, запустіть аналізатор блоків і дійте так само, як при повторному вимірюванні звичайної точки.

Вирівнювання фототрикутника.

Інструкція з експлуатації.

Вбудований модуль вирівнювання Block MSG можна використовувати для вирівнювання блоку фототріангуляції.

Програма рівняння може використовуватися як вбудований модуль розрахунку або в інтерактивному режимі.

Обидві програми використовують координати центру проектування і можуть тріангуляцію великих блоків зі складною конфігурацією, без особливих вимог до розміщення або порядку фотограмметричних і опорних точок в межах блоку.

Тріангуляція блоку складається з наступних етапів:

1. Контроль з'єднань.
2. Інтерактивне вирівнювання.
3. Вирівнювання блоку.

На першому етапі не виконується повномасштабне вирівнювання або орієнтація зображення блоку, лише контроль вимірювань і пошук помилок. На початковому кроці рекомендується перевіряти зв'язки без урахування координат опорної точки і центру проекції, а після виправлення виявлених помилок враховувати опорну точку.

Щоб увімкнути або вимкнути використання опорних точок і центрів проекцій під час вирівнювання, скористайтеся пунктами меню BlockMSG|З опорними точками і BlockMSG|З центрами проекцій.

На другому і третьому кроках виконується вирівнювання і орієнтування. Результатом вирівнювання є каталог фотограмметричних координат точок, який використовується для зовнішнього орієнтування всіх зображень блоку. Щоб виконати орієнтування, натисніть кнопку ОК у вікні, що відображає список координат після вирівнювання. Якщо натиснути кнопку Скасувати, координати не будуть завантажені і растр блоку не буде зорієнтований.

На початкових етапах рекомендується використовувати опцію інтерактивного вирівнювання для аналізу та виявлення помилок.

Опція вирівнювання блоку також може бути використана для швидкого повторного вирівнювання блоку після внесення невеликих змін.

Обидві ці опції створюють однаковий результат вирівнювання, тобто каталог координат.

Остаточний результат вирівнювання можна перевірити за допомогою Аналізатора блоків з увімкненою опцією відображення помилок орієнтації. Похибки орієнтації для всього зображення і для кожної точки виділяються в крайньому правому стовпчику аналізатора, а також позначаються червоними стрілками на зображенні для точок на зображенні.

Контроль результатів та усунення помилок.

Основним інструментом контролю є аналізатор блоків, який може відображати внутрішні та взаємні помилки орієнтації та зв'язку. Ця функція доступна до виконання будь-якого вирівнювання і не потребує координат опорних точок або проектних центрів для кожного блоку.

Однак цей контроль враховує лише узгодженість вимірювань сусідніх знімків або стереопар на маршруті.

Для повного контролю над вимірюваннями всього блоку необхідно використовувати вирівнювання. Додаток 9

Команди контролю зв'язку в меню вирівнювання використовуються для контролю вимірювань і пошуку помилок. Рекомендується контролювати зв'язок без урахування координат опорної точки і центру проекції на початковому етапі і враховувати опорну точку після виправлення виявлених помилок.

За допомогою пунктів меню BlockMSG|З опорними точками та BlockMSG|З центрами проекцій можна вказати, чи потрібно використовувати опорні точки та центри проекцій під час вирівнювання.

Результат контролю зв'язків (роз'єднання зв'язків у кожній точці) додатково відображається у списках міток у вікні Аналізатору блоків. Додаток 8

Після корекції виміряних значень, вирівнювання можна повторно запустити в автоматичному чи інтерактивному режимі і провести перевірку і виправлення знову. Додаток 10

3.6 Згущення планово висотної основи для генерального плану

Генеральним планом називається документ, яким регулюється містобудівна діяльність; визначаються рішення, пов'язані з розвитком, плануванням, забудовою та використанням території населеного пункту. У генплані позначаються кордони і функціональне призначення земельних ділянок, розраховується площа житлової та виробничої забудови. Передбачається інженерна та соціальна інфраструктура, необхідна для функціонування і розвитку поселення. Генеральний план - це юридичний документ, що розробляється і затверджується в порядку, передбаченому законодавством України.

Цей процес є необхідним кроком для створення комплексних та досконалих стратегій розвитку міст, які забезпечують ефективне використання земельних ресурсів та задоволення потреб мешканців.

Згущення планововисотної основи включає в себе детальне визначення планових висот будівель, рельєфу та інших елементів у конкретних районах міста. Це дозволяє нам уникнути конфліктів у використанні земельних ресурсів та забезпечити гармонійний розвиток міста відповідно до його потреб. Одним з основних завдань згущення планововисотної основи є врахування вимог до функціонального призначення земельних ділянок.

Особливості згущення планововисотної основи в центральній частині міста можуть включати високу щільність забудови, високі будівлі або історичні об'єкти, які потребують збереження. Тому, при згущенні планововисотної основи, необхідно враховувати ці фактори, щоб забезпечити гармонію між новою та існуючою забудовою. Згущення планововисотної основи також включає в себе аналіз транспортних потоків, врахування зон обмеженої забудови, зелених зон та відкритих просторів. Це допомагає створити зручне та екологічно чисте середовище для мешканців міста. Окрім цього важливо враховувати соціально-економічні аспекти. Наприклад, необхідно забезпечити належний доступ до основних інфраструктурних об'єктів, таких як школи,

медичні заклади та торгові центри, а також забезпечити належні умови для розвитку бізнесу та створення робочих місць.

У згущенні планововисотної основи також можуть брати участь різні зацікавлені сторони, такі як місцева влада, інженери, архітектори, громадські організації та мешканці міста. Важливо враховувати їхні потреби, погляди та інтереси, аби забезпечити широкий спектр поглядів та створити максимально ефективний та прийнятний генеральний план.

Згущення планововисотної основи для генерального плану є важливою складовою процесу планування містобудівного розвитку. Воно допомагає створити більш точний, деталізований та збалансований генеральний план, який враховує усі аспекти розвитку міста. Цей процес вимагає уважного аналізу, високої експертизи та співпраці між різними зацікавленими сторонами.

Згущення планововисотної основи допомагає врахувати різноманітні фактори, такі як функціональне призначення земельних ділянок, транспортна інфраструктура, зелені зони, історичні та культурні об'єкти, соціально-економічні потреби мешканців та багато інших аспектів. Це сприяє створенню збалансованого та зручного середовища для розвитку міста.

Згущення планововисотної основи також дозволяє враховувати принципи сталого розвитку та забезпечення екологічної збалансованості. Це може включати збереження природних ресурсів, створення енергоефективних будівель, раціональне використання землі та стимулювання громадського транспорту. Один з ключових аспектів згущення планововисотної основи полягає у використанні сучасних технологій та геоінформаційних систем. Це дозволяє зібрати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги даних для прийняття обґрунтованих рішень щодо планування розвитку міста. Необхідно також зазначити, що згущення планововисотної основи є постійним процесом, який підлягає періодичному оновленню та коригуванню.

Графічні матеріали генерального плану є візуалізацією бази геоданих і виконуються на картографічній основі, яка за навантаженням та точністю має відповідати масштабам, встановлених Порядком. За вимогою замовника,

додатково можуть бути виконані графічні матеріали, які відтворені на паперових носіях, при цьому масштаб може бути збільшений або зменшений.

Перелік графічних матеріалів генерального плану населеного пункту: Додаток 7

Висновки

Отже, метою даної роботи було вивчення фотограметричного методу створення генерального плану та визначення його ролі у процесі планування.

На основі проведеного дослідження можна зробити наступні висновки: що однією з основних переваг фотограметричного методу є можливість отримання великої кількості даних про територію швидко та ефективно. Він дозволяє отримувати 3D-моделі та вимірювання рельєфу, розмірів будівель та інших об'єктів. Крім того, цей метод забезпечує зручний спосіб аналізу та інтеграції даних для розробки стратегічного планування.

Отже, фотограметричний метод створення генерального плану є потужним інструментом з точністю та ефективністю вимірювань, що дозволяє отримувати детальну інформацію про територію. Результати цього дослідження свідчать про значимість використання фотограметричного методу при створенні генерального плану, зокрема в контексті, точності, швидкості та високого рівня деталізації.

Цей метод може бути використаний для планування міського розвитку, землевпорядкування, проектування інженерних систем та інших сфер. Його застосування дозволяє отримати точні дані про рельєф, розташування будівель, доріг та інших об'єктів, що є необхідною інформацією для розробки генерального плану.

Дослідження підтверджує, що фотограметричний метод є ефективним інструментом у сфері геопросторового аналізу та планування. Він дозволяє економити час і ресурси, забезпечуючи широкі можливості для детального дослідження та аналізу територій.

Проте, варто враховувати деякі виклики, пов'язані з фотограметричним методом. Висота зйомки, розмір об'єктів, точність зображень та інші фактори можуть впливати на якість та точність отриманих даних. Також важливо забезпечити відповідну кваліфікацію фахівців та належну обробку програмного забезпечення для обробки та аналізу фотограметричних даних. Додатково,

використання фотограметричного методу може бути обмеженим у випадках погіршеної видимості або недоступності повітряного простору для зйомки.

З огляду на зазначене, можна зробити висновок про важливість фотограметричного методу у процесі створення генерального плану та його значущий внесок у розвиток геопросторового планування.

В результаті роботи було уточнено каталог опорної мережі для учбових знімків які використовуються в навчальному процесі.

Перелік посилань

1. Дорожинський О. Л. Основи фотограмметрії. -Л.,“Львівська політехніка”, 2003.
2. Баран П. І., „ Сучасні технології та програмне забезпечення”. Вісник геодезії та картографії. -К., №3 2001, -ст. 48.
3. 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
4. Руководство оператора по програмному забезпеченню для орієнтування растрових карт и снимков. Часть 1, -Винница, 2005.
5. Руководство оператора по програмному забезпеченню для создания цифрових карт и планов. Часть 2, -Винница, 2003.
6. Руководство оператора по цифровому фотограмметрическому комплексу „ Дельта”. Часть 3, -Винница, 2004.
7. Склад та зміст містобудівної документації на місцевому рівні: ДБН Б 1.1-14:2021- Київ, Мінрегіон України, 2022
8. Чернокінь В. Я., Сушко В. Г., „ Практика застосування сучасних фотограмметричних технологій та аерофотознімання”. Вісник геодезії та картографії. –К., №4 2001.
9. Бурштинська Х.В. Аерофотографія. - Львів: Видавництво НУ "Львівська політехніка", 1999. - 356 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ АЕРОФОТОЗЙОМКИ

Висота фотографувань, що відповідає заданій точності визначення висоти

$$\text{точки, } H = \frac{p}{\delta_{\Delta p}} \delta_h = 2345\text{м};$$

p – поздовжній паралакс (максимально припустимий 70 мм);

δ_h – середня похибка, що припускається при визначенні висот точок, нанесених на карту;

$\delta_{\Delta p}$ – середня похибка вимірювання поздовжніх паралаксів;

$\delta_{\Delta p} = 0,02\text{мм}$. Для знімків, що обробляються за допомогою аналітичних стереоприладів.

$$\text{Масштаб зйомки } m = \frac{H}{f} = 15633;$$

m - знаменник масштабу аерофотознімання

Максимальна середня висота поверхні області знімання

$$A_c = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} = 43\text{м}; \quad \text{де } A_{\max} = 63\text{м}, A_{\min} = 23\text{м},$$

Поздовжні і поперечні перекривання,

$$P_x\% = p + \frac{h}{H-h}(100 - p) = 60.3\%; \quad P_x\% = q + \frac{h}{H-h}(100 - q) = 30.6\%;$$

де $h = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2} = 20\text{м}$ - максимально можливе перевищення над середньою площиною;

Базис фотозйомки $V_x = \frac{m \cdot l}{100}(100 - p) = 1.4\text{км}$; l - формат кадру камери.

$$\text{Відстань між маршрутами } V_y = \frac{m \cdot l}{100}(100 - q) = 2.4\text{км}$$

Додаток 2

ПЛАНОВО-ВИСОТНА ПРИВ'ЯЗКА АЕРОЗНІМКІВ

Для аналітичного методу відстань між опознаками розраховується за допомогою формули:

$$n = 17,4 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{M}{m}\right)^2} = 13 ; \quad n' = 2,08 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{b}{f \cdot m} \frac{m_{zc}}{m_q}\right)^2} = 1$$

Допустимі відстані між плановими і висотними контрольними точками.

$$L = n \cdot B = 18,2 \text{ км} ; \quad L' = n' \cdot B = 1,54 \text{ км},$$

де: n – відстань між мітками плану;

n' – відстань між мітками висотни;

M – масштаб карти, що створюється;

m – масштаб знімання;

$m_q = 0,02_{\text{мм}}$ – точність визначення поперечних паралаксів;

b – базис на фотографії;

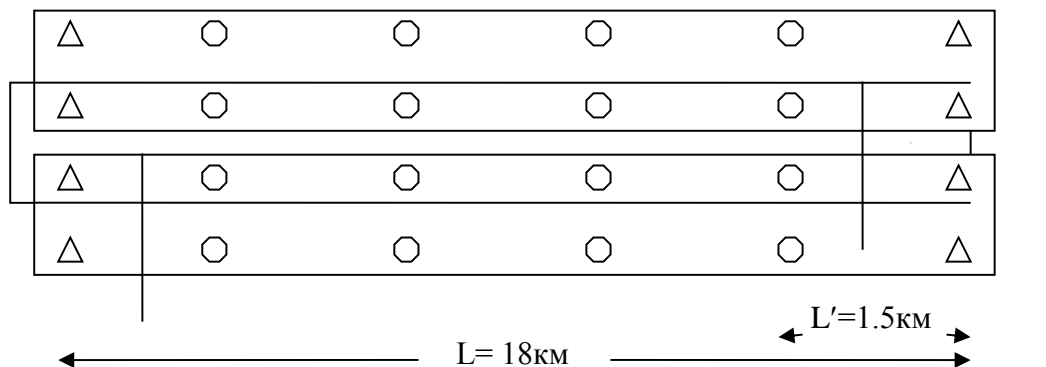
m_{zc} – СКП розрахунку висоти, $= 0,1 \cdot h = 0,2_{\text{м}}$;

h – перетин рельєфу;

f – фокусна відстань;

B – базис фотозйомки на ділянці;

Схема розміщення опорних точок при зніманні в масштабі 1:10000 з перетином рельєфу через 2 м



Δ - планово-висотні опознаки; ○ - висотні

Додаток 3

**ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУ
НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ**

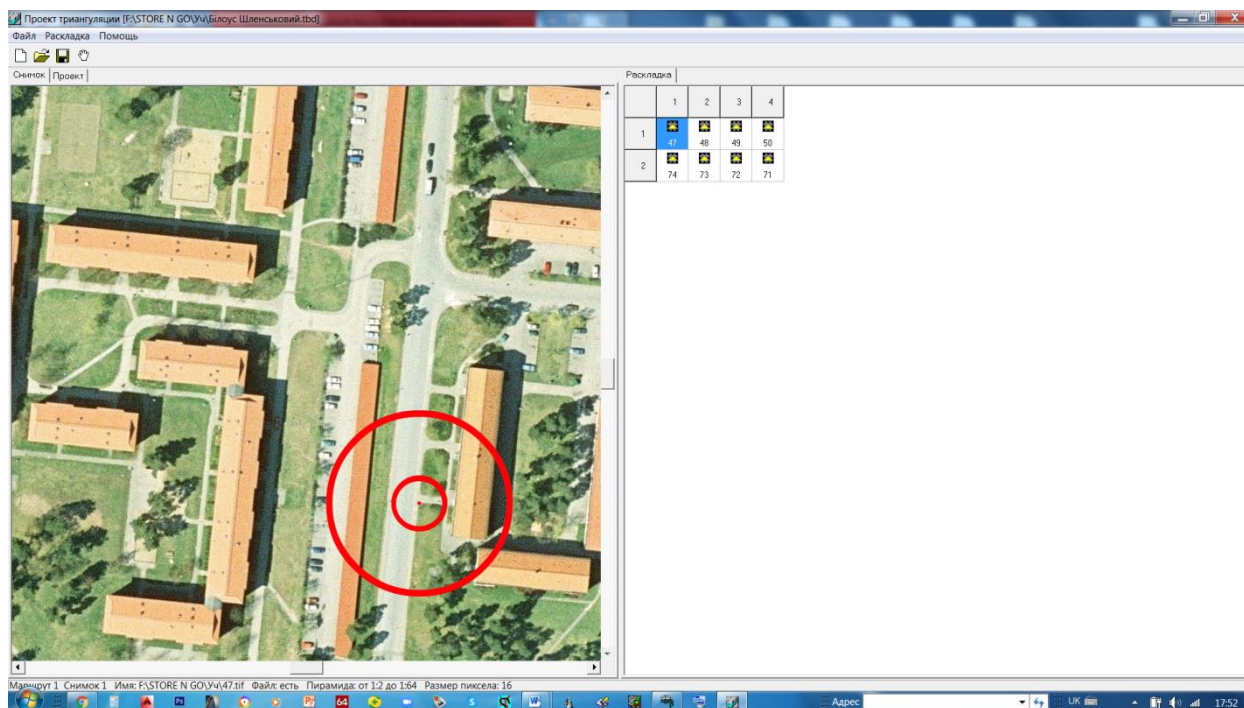
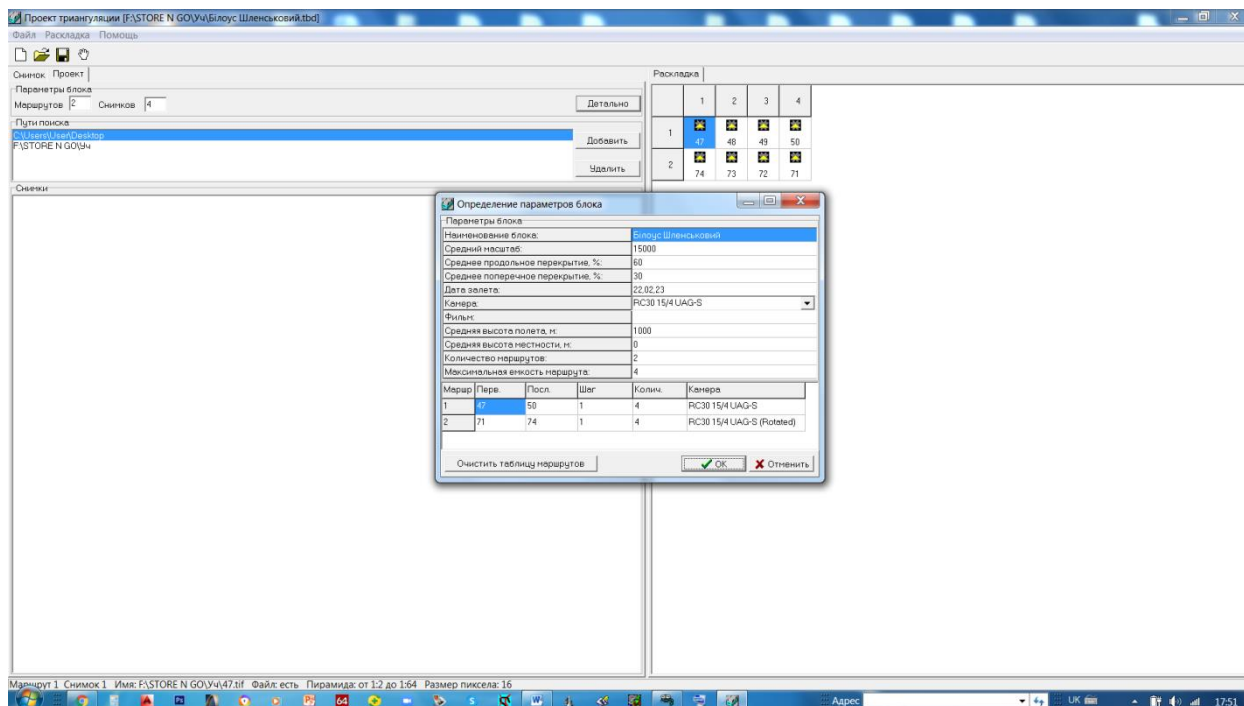
Найменування графічних матеріалів	Масштаб графічних матеріалів			
	Для міського населеного пункту залежно від прогнозованої генпланом чисельності населення населеного пункту, тис. осіб			Для сільського населеного пункту
	250 і більше	від 50 до 250	менше 50	
МІСТОБУДІВНА ЧАСТИНА				
1. Схема розташування населеного пункту в системі розселення	1:50000 1:25000	1:25000 1:10000	1:10000 1:5000	у довільному масштабі
2. План сучасного використання території та схема існуючих обмежень у використанні земель	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1 :5000 1:2000
3. Проектний план та схема проектних обмежень у використанні земель	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1 :5000 1:2000
4. План функціонального зонування території	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1 :5000 1:2000
5. Ландшафтний план*	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1 :5000 1:2000
6.Схема транспортної мобільності та інфраструктури	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1:5000 1:2000
7. Схема інженерного забезпечення території	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1:5000 1:2000
8. Схема інженерної підготовки та благоустрою території	1:10000	1:10000 1:5000	1:5000 1:2000	1:5000 1:2000
9.Схема Інженерно-технічних заходів цивільного захисту на мирний час **	ДБН Б.1.1-5 та ДБН В.1.2-4			
10.Схема Інженерно-технічних заходів цивільного захисту на особливий період **	ДБН Б.1.1-5 та ДБН В.1.2-4			
11.Інші схеми, передбачені завданням, а також такі, що деталізують прийняті проектні рішення ***	У довільному масштабі			
ЗЕМЛЕВПОРЯДНА ЧАСТИНА****				
1. Збірний план земельних ділянок, наданих та не наданих у власність чи користування	1:5000 1:10000	1:2000	1:2000	1:2000

Кінець таблиці

Найменування графічних матеріалів	Масштаб графічних матеріалів			Для сільського населеного пункту
	Для міського населеного пункту залежно від прогнозованої генпланом чисельності населення населеного пункту, тис. осіб			
	250 і більше	від 50 до 250	менше 50	
2. План розподілу земель за категоріями, власниками і користувачами та план розподілу земель за угіддями з відображенням наявних обмежень (обтяжень)	1:5000 1:10000	1:2000	1:2000	1:2000
3. План земельних ділянок, сформованих за результатами розроблення містобудівної документації, відомості про які підлягають внесенню до Державного земельного кадастру	1:5000 1:10000	1:2000	1:2000	1:2000
4. План земельних ділянок, право власності на які посвідчено до 2004 року та відомості про які не внесено до Державного земельного кадастру	1:5000 1:10000	1:2000	1:2000	1:2000
5. План обмежень у використанні земель, відомості про які підлягають внесенню до Державного земельного кадастру на підставі розробленої містобудівної документації	1:5000 1:10000	1:2000	1:2000	1:2000
<p>*Примітка 1. Ландшафтний план розробляється у складі генерального плану у разі, якщо територія територіальної громади обмежується територією одного населеного пункту.</p> <p>**Примітка 2. Відповідно до ДБН В. 1.2-4, ДБН Б. 1.1-5 схеми розділу Інженерно-технічні заходи цивільного захисту на мирний час та особливий період розробляють за окремими завданнями.</p> <p>***Примітка 3. У залежності від особливостей населених пунктів (з чисельністю населення до 50 тисяч осіб) та складності питань (природних, історико-культурних, інженерно-геологічних, планувальних) за завданням у складі генерального плану виконують інші схеми, позначені в пункті 11 таблиці 6.1, зокрема: модель перспективного розвитку населеного пункту, план червоних ліній, креслення проектних поперечних профілів вулиць, схеми розміщення об'єктів соціальної сфери, житлового будівництва, інвестиційно-привабливих територій, архітектурно-ландшафтної організації території населеного пункту, спеціальні карти за наявності особливо складних інженерно-геологічних умов та планувальних обмежень тощо.</p> <p>****Примітка 4. Землевпорядна частина розробляється відповідно до Закону України «Про землеустрій». Плани щодо землекористування та землевпорядних заходів розробляються як візуальні відображення даних, створених у форматі, визначеному постановою [7] для внесення до Державного земельного кадастру.</p> <p>Примітка 5. Склад та зміст планувальних рішень генерального плану, який розробляється у складі комплексного плану, визначаються з урахуванням пункту 85 Порядку [7].</p>				

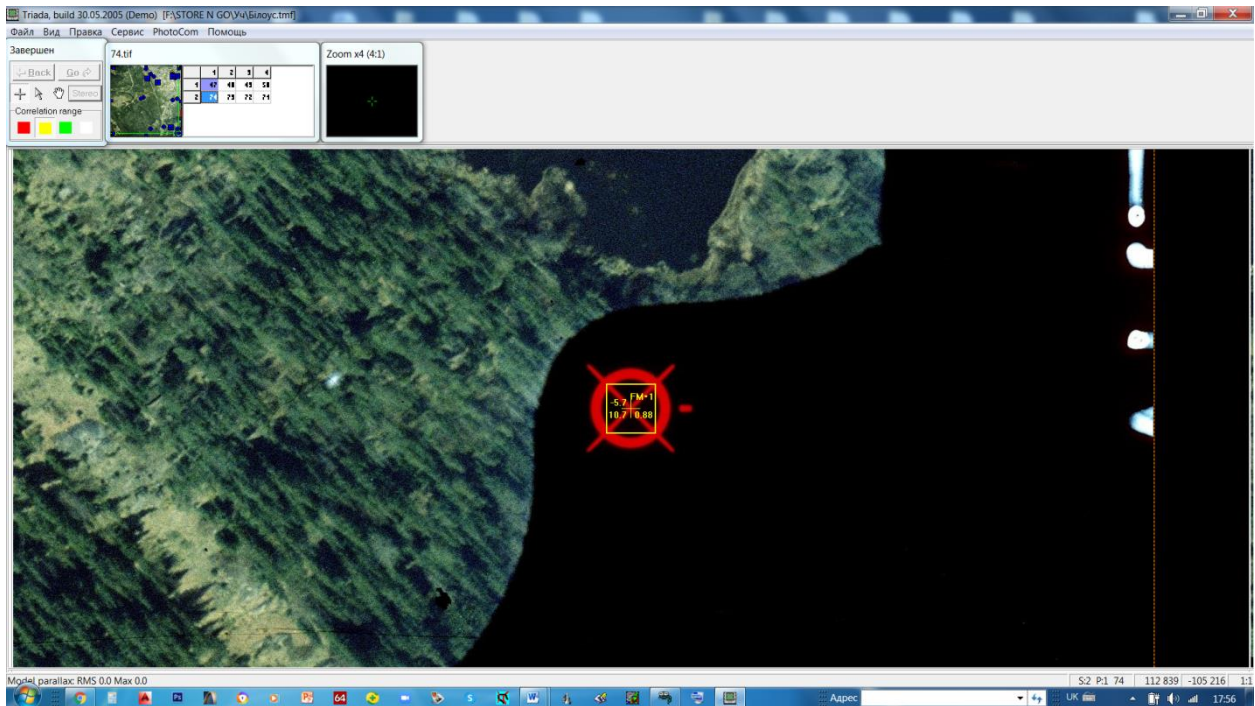
Додаток 4

ПОБУДОВА БЛОКА



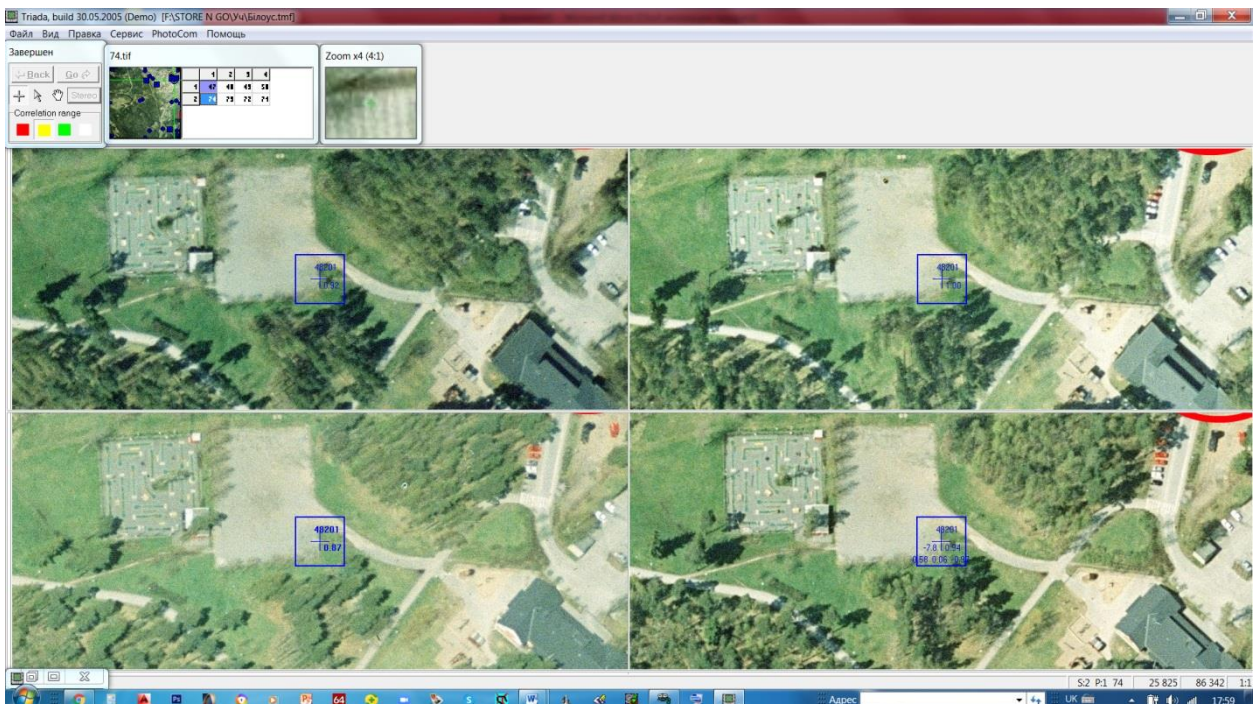
Додаток 5

ВНУТРІШНЕ ОРІЕНТУВАННЯ



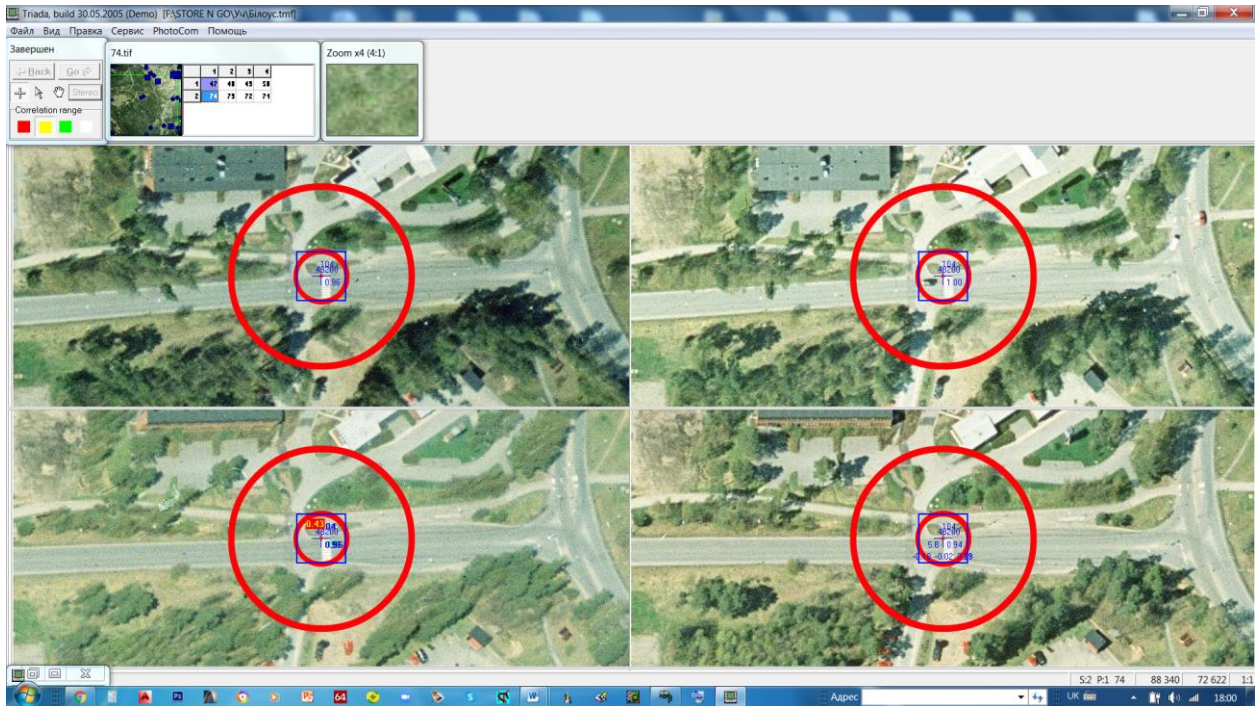
Додаток 6

ВИМІРЮВАННЯ СПОЛУЧНИХ ТОЧОК



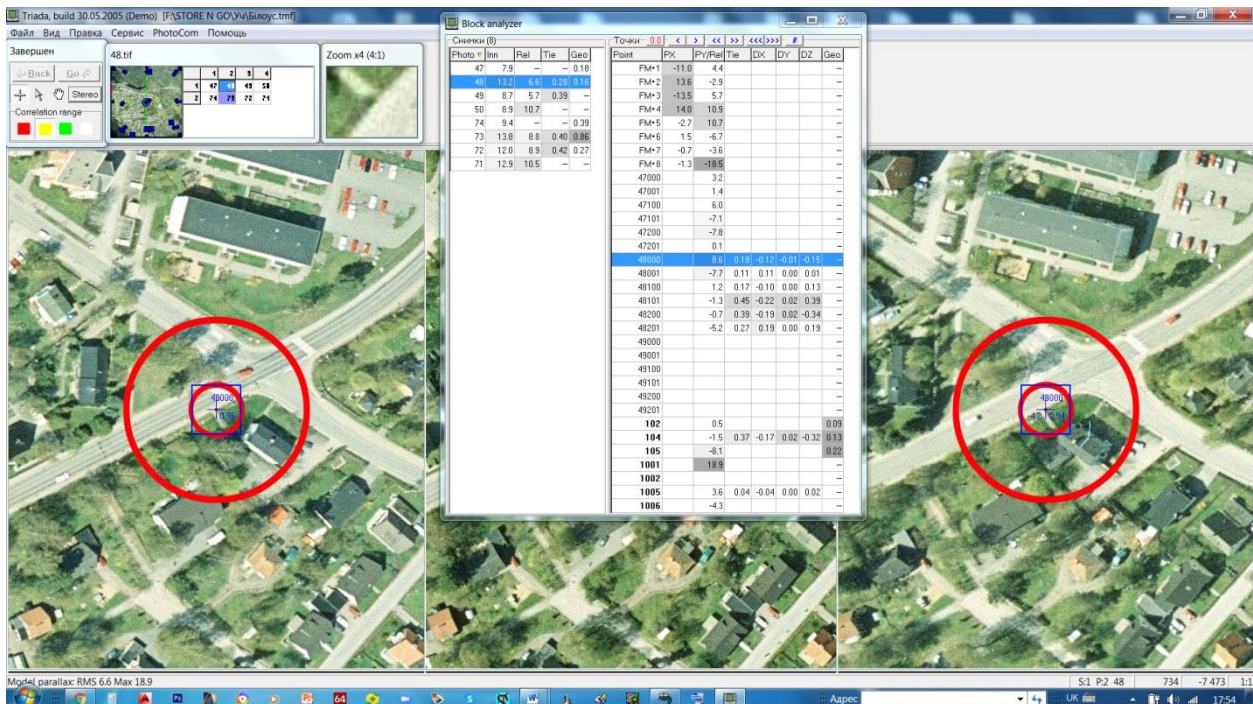
Додаток 7

ВИМІРЮВАННЯ ОПОРНИХ ТОЧОК



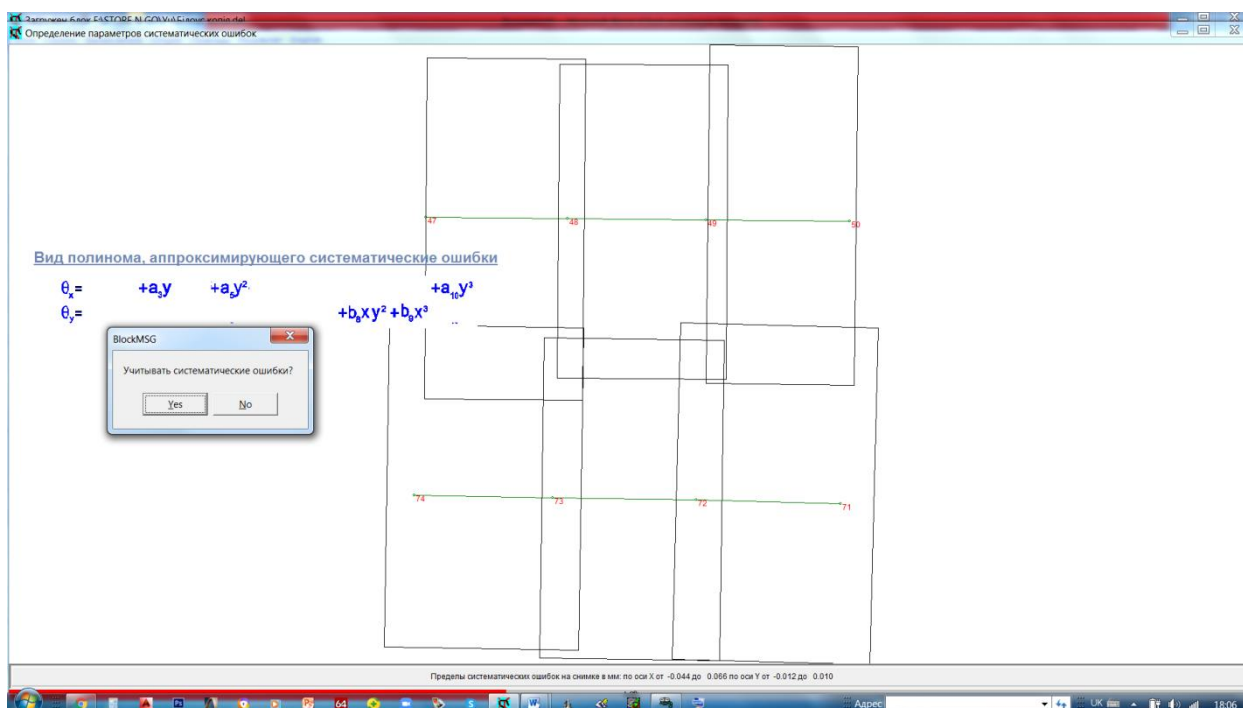
Додаток 8

АНАЛІЗАТОР БЛОКА



Додаток 9

УРІВНЮВАННЯ БЛОКА



Додаток 10

КАТАЛОГИ

ПРОТОКОЛ ПОБУДОВИ БЛОКА F:\STORE N GO\Уч\Білоус копія0.kmp

В каталозі опорних точок	5
Число стереопар в блоці	6
Кількість точок на моделях	120
із них багаторазових	120
Кількість контрольних пунктів на місцевості	0
Кількість рівнянь зв'язку моделей	73

Моделі з'єднуються в режимі пошуку грубих помилок

Середні відхилення в метрах при з'єднанні моделей:

на сполучних точках	0.13
на опорних точках	0.24
Усього контрольних точок	
Планових	0
Висотних	0
Середні відхилення в метрах на контрольних точках	
у плані	0.000
за висотою	0.000

ПРОТОКОЛ УРІВНЮВАННЯ БЛОКУ F:\STORE N GO\Уч\Білоус копія0.kmp

У каталозі опорних точок	5
Всього вимірних зображень на знімках	216
Всього знімків у блоці	8
Кількість опорних пунктів біля:	
планово-висотних:	5
планових:	0
висотних:	0
Кількість пунктів на території :	54
Число рівнянь колінеарності в блоці	432
Число надмірних вимірювань у блоці	222

Результати зрівнювання за Лапласом

Вирівнювання виконано з винятком систематичних помилок

Параметри систематичних помилок

1	0	0.00000
2	0	0.00000
3	1	0.00502
4	0	0.00000
5	1	-0.00762
6	0	0.00000
7	0	0.00000
8	0	0.00000
9	0	0.00000
10	1	-0.03509
11	0	0.00000
12	0	0.00000
13	0	0.00000
14	0	0.00000
15	0	0.00000
16	0	0.00000
17	0	0.00000
18	1	0.00252
19	1	0.00446
20	0	0.00000

Межі систематичних помилок у мм

по осі X: від -0.044 до 0.066

по осі Y: від -0.012 до 0.010

Середні квадратичні величини поправок у фотокоординати

по осі X мм 0.004

по осі Y мм 0.003

Помилка одиниці ваги мм 0.008

Після вирівнювання середні відхилення на опорних точках

у плані (метри): 0.207

за висотою (метри): 0.582

ПРОТОКОЛ РІВНЯННЯ БЛОКУ F:\STORE N GO\Уч\Білоус копія0.kmp

У каталозі опорних точок	5
Всього вимірних зображень на знімках	216
Всього знімків у блоці	8
Кількість опорних пунктів біля:	
планово-висотних:	5
планових:	0
висотних:	0
Кількість пунктів на території :	54
Число рівнянь колінеарності в блоці	432
Число надмірних вимірювань у блоці	222

Результати зрівнювання за Лапласом

Вирівнювання виконано з винятком систематичних помилок

Параметри систематичних помилок

1	0	0.00000
2	0	0.00000
3	1	0.00502
4	0	0.00000
5	1	-0.00762
6	0	0.00000
7	0	0.00000
8	0	0.00000
9	0	0.00000
10	1	-0.03509
11	0	0.00000
12	0	0.00000
13	0	0.00000
14	0	0.00000
15	0	0.00000
16	0	0.00000
17	0	0.00000
18	1	0.00252
19	1	0.00446
20	0	0.00000

Межі систематичних помилок у мм

по осі X: від -0.044 до 0.066

по осі Y: від -0.012 до 0.010

Середні квадратичні величини поправок у фотокоординати

по осі X мм 0.004

по осі Y мм 0.003

Помилка одиниці ваги мм 0.008

Після вирівнювання середні відхилення на опорних точках

у плані (метри): 0.207

за висотою (метри): 0.58

Каталог координат опорних точок

Ім'я блоку: F:\STORE N GO\Уч\Білоус копія\$.kmp

N		Координати точки				Відхилення		
координат								
Ім'я точки								
Примітка								
п/п		X	Y	Z	Dx	Dy	Dz	
1	102	96179.980	61520.560	45.390	0.133	0.233	-0.248	
	планов/висот							
2	104	93498.500	61535.230	49.630	-0.001	0.024	-0.047	
	планов/висот							
3	105	93455.320	60143.250	42.760	-0.111	-0.200	0.042	
	планов/висот							
4	116	92478.200	62598.120	44.910	0.037	-0.003	1.234	
	планов/висот							
5	118	91118.050	61155.980	25.500	0.284	-0.081	0.327	
	планов/висот							
		Середні квадратичні величини				0.150	0.142	0.582
		Максимальні величини				0.284	0.233	1.234

Каталог координат точок місцевості

Ім'я блоку: F:\STORE N GO\Уч\Білоус копія0.kmp

З'єднання моделей з виключення грубих помилок

N		Координати точки				Число	Середня
Максимальна нев'язка координат						зображення	нев'язка
Ім'я точки							
Примітка							
п/п		X	Y	Z	ний, шт.	м	
Dx	Dy	Dz					
1	\$\$48	94824.448	61399.446	2252.125	2	0.20	-
0.062	-0.662	-0.082					
2	\$\$49	94815.600	62618.948	2245.658	2	0.13	-
0.434	0.083	-0.007					
3	\$\$72	92355.387	62532.272	2237.667	2	0.20	-
0.461	0.251	0.084					
4	\$\$73	92374.520	61268.554	2233.481	2	0.02	-
0.013	0.010	0.054					
5	1001	93239.940	60620.982	64.999	2	0.07	-
0.130	0.060	0.089					
6	1002	93761.319	62499.030	32.655	2	0.13	-
0.198	-0.021	-0.317					
7	1003	93463.912	63035.221	35.379	2	0.79	-
0.052	1.162	1.951					
8	1004	93548.358	62826.435	33.482	2	0.02	-
0.013	-0.025	-0.034					
9	1005	93505.491	61412.150	54.498	4	0.15	-
0.084	-0.063	0.064					
10	1006	93485.377	61320.561	57.823	2	0.25	-
0.108	0.566	-0.339					

11		102	96179.980	61520.560	45.390	1	0.33	
0.007	0.575	0.002	планов/висот					
12		104	93498.500	61535.230	49.630	4	0.17	-
0.202	-0.015	-0.439	планов/висот					
13		105	93455.320	60143.250	42.760	2	0.32	-
0.087	-0.714	0.134	планов/висот					
14		116	92478.200	62598.120	44.910	1	0.21	
0.254	0.113	0.231	планов/висот					
15		118	91118.050	61155.980	25.500	2	0.09	
0.208	0.019	-0.050	планов/висот					
16		47000	94764.946	60229.818	56.158	1		
17		47001	94696.535	60174.851	50.864	1		
18		47100	96190.973	60399.090	42.428	1		
19		47101	96233.240	60332.423	41.682	1		
20		47200	93455.389	60142.769	42.831	2	0.07	
0.053	-0.232	-0.005						
21		47201	93627.305	60293.648	69.135	2	0.11	-
0.143	-0.003	0.312						
22		48000	94748.633	61318.256	55.500	2	0.01	-
0.003	0.001	0.029						
23		48001	94836.436	61464.494	48.862	2	0.01	-
0.043	-0.005	0.004						
24		48100	96179.915	61521.318	45.397	2	0.02	-
0.030	0.011	0.026						
25		48101	96176.558	61380.368	46.963	2	0.06	
0.028	-0.015	-0.182						
26		48200	93498.250	61535.284	49.543	4	0.23	
0.000	0.000	-0.326						
27		48201	93423.422	61436.979	52.171	4	0.46	
0.361	-0.004	-0.636						
28		49000	94808.967	62769.697	27.666	2	0.08	
0.164	0.013	-0.162						
29		49001	94745.900	62799.955	26.981	2	0.06	
0.127	-0.009	0.123						
30		49100	96007.058	62646.325	46.813	2	0.09	
0.142	-0.012	-0.218						
31		49101	96135.911	62752.013	49.544	2	0.01	
0.010	-0.007	0.005						
32		49200	93517.982	62632.599	32.580	4	0.23	
0.191	0.045	-0.384						
33		49201	93537.341	62772.798	33.302	4	0.21	-
0.081	-0.004	-0.334						
34		50000	94895.698	63873.114	43.550	1		
35		50001	94805.414	63818.334	45.906	1		
36		50100	96220.661	63887.553	46.280	1		
37		50101	96334.517	63954.358	53.382	1		
38		50200	93441.081	63178.395	44.467	2	0.02	
0.015	0.019	-0.048						
39		50201	93361.064	63904.209	35.487	2	0.10	-
0.157	0.058	0.168						
40		71000	92114.742	63968.348	35.334	1		
41		71001	92393.873	63854.704	35.700	1		
42		71100	93426.541	64121.021	37.597	1		
43		71101	93869.544	63905.040	43.028	1		
44		71200	91195.514	63877.942	44.560	1		
45		71201	90915.927	63889.042	35.146	1		

46		72000	92421.539	62464.806	47.508	2	0.01	-
0.011	-0.002	0.026						
47		72001	92478.220	62598.079	45.180	2	0.05	-
0.145	-0.010	0.060						
48		72100	93665.385	62551.917	32.440	2	0.02	-
0.011	0.002	0.071						
49		72101	93625.063	62592.672	33.035	2	0.01	-
0.036	-0.001	-0.003						
50		72200	90947.384	62610.604	41.313	2	0.07	-
0.025	-0.009	-0.248						
51		72201	91811.542	62340.844	28.002	2	0.06	-
0.075	-0.027	-0.141						
52		73000	92435.165	61505.152	51.155	2	0.01	-
0.006	-0.000	0.022						
53		73001	92398.106	61291.406	48.718	2	0.05	
0.031	-0.004	0.167						
54		73100	93654.707	61296.231	61.494	2	0.01	-
0.027	0.007	0.011						
55		73101	93608.064	61297.501	63.911	2	0.07	-
0.076	-0.009	0.199						
56		73200	91118.338	61156.023	25.416	2	0.02	-
0.064	-0.003	-0.001						
57		73201	91033.883	61493.255	21.732	2	0.01	
0.024	-0.005	0.001						
58		74000	92572.808	59920.050	32.431	1		
59		74001	92517.267	59810.670	26.610	1		
60		74100	93891.462	60090.695	51.962	1		
61		74101	93522.860	60457.317	59.136	1		
62		74200	91110.155	60189.539	47.685	1		
63		74201	91166.441	60825.119	26.494	1		

							Середня квадратична величини	0.19
0.150	0.269	0.358						
							Максимальні величини	0.79
0.461	1.162	1.951						

КАТАЛОГ ЕЛЕМЕНТІВ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ

ІМ'Я БЛОКУ: F:\STORE N GO\УЧ\БЛОУС КОПІЯ\$.KMP

-----+						
N		Координати точки фотографування			Кути нахилу	
знімків, град.						
Ім'я знімка		-----+			-----	

п/п		X	Y	Z	альфа	омега

1	\$\$47	94835.380	60149.174	2250.681	-0.08513	0.90291
91.41968						
2	\$\$48	94824.321	61398.157	2252.012	-0.91847	-0.76724
91.51563						
3	\$\$49	94815.948	62617.422	2246.337	-0.08680	0.66716
91.71665						
4	\$\$50	94799.724	63875.478	2264.246	1.04102	0.15212
92.77696						
5	\$\$71	92322.568	63795.898	2239.165	-0.22346	-0.06337
91.48833						
6	\$\$72	92356.071	62530.267	2238.795	0.17829	0.04118
91.04097						
7	\$\$73	92375.478	61266.798	2233.501	0.02032	-0.27360
91.13615						
8	\$\$74	92397.325	60046.319	2234.282	0.06112	-0.14368
92.33130						

КАТАЛОГ ЕЛЕМЕНТІВ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ

ІМ'Я БЛОКУ: F:\STORE N GO\УЧ\БЛОУС КОПІЯ\$.KMP

-----+							
N		Координати точки			Число	Середня	
Сер.кв.ад. похибки коорд. в метрах							
Ім'я точки		-----			зображення	поправка	

п/п		Примітки	Y	Z	ний, шт.	мкм	
Мх	My	Mz	X				

1		1001	93239.905	60621.181	64.742	4	7.5
0.074	0.106	0.116					
2		1002	93761.411	62498.916	32.971	4	8.2
0.094	0.118	0.162					
3		1003	93464.838	63035.257	36.184	4	55.5
0.113	0.093	0.212					

4	0.104	0.094	1004 0.192	93548.249	62826.397	34.257	4	1.4	
5	0.053	0.049	1005 0.079	93505.507	61412.150	54.590	8	4.7	
6	0.067	0.069	1006 0.105	93485.186	61320.502	58.074	4	23.1	
7	0.133	0.233	102 -0.248	96179.980 опорна	61520.560	45.390	2	8.4	
8	0.001	0.024	104 -0.047	93498.500 опорна	61535.230	49.630	8	6.2	-
9	0.111	-0.200	105 0.042	93455.320 опорна	60143.250	42.760	4	18.9	-
10	0.037	-0.003	116 1.234	92478.200 опорна	62598.120	44.910	2	31.5	
11	0.284	-0.081	118 0.327	91118.050 опорна	61155.980	25.500	4	9.7	
12	0.136	0.144	47000 0.332	94764.913	60229.691	55.912	2	1.1	
13	0.138	0.146	47001 0.334	94696.503	60174.720	50.611	2	0.6	
14	0.250	0.140	47100 0.391	96190.931	60398.580	42.238	2	0.0	
15	0.258	0.147	47101 0.397	96233.172	60331.869	41.522	2	4.7	
16	0.083	0.087	47200 0.142	93455.347	60143.022	42.631	4	8.8	
17	0.081	0.084	47201 0.134	93627.415	60293.654	68.617	4	3.2	
18	0.090	0.103	48000 0.181	94748.568	61318.151	55.456	4	4.1	
19	0.090	0.110	48001 0.183	94836.361	61464.387	48.861	4	2.3	
20	0.165	0.132	48100 0.256	96179.940	61520.816	45.292	4	1.5	

21	0.167	0.126	48101 0.258	96176.528	61379.815	46.838	4	6.6
22	0.054	0.049	48200 0.082	93498.385	61535.307	49.526	8	4.8
23	0.053	0.053	48201 0.080	93423.412	61437.055	52.262	8	7.7
24	0.124	0.121	49000 0.228	94808.973	62769.569	28.516	4	9.3
25	0.124	0.118	49001 0.228	94745.842	62799.896	27.846	4	4.2
26	0.169	0.167	49100 0.276	96007.011	62646.113	47.467	4	2.4
27	0.181	0.179	49101 0.289	96135.878	62751.640	50.230	4	2.0
28	0.085	0.073	49200 0.158	93517.883	62632.583	33.236	8	4.1
29	0.092	0.079	49201 0.169	93537.103	62772.745	33.856	8	6.1
30	0.206	0.191	50000 0.417	94895.668	63873.003	45.058	2	2.6
31	0.201	0.182	50001 0.411	94805.388	63818.216	47.390	2	0.3
32	0.300	0.276	50100 0.471	96220.643	63887.033	47.508	2	3.4
33	0.319	0.309	50101 0.484	96334.491	63953.707	54.658	2	2.4
34	0.119	0.097	50200 0.226	93440.934	63178.437	45.445	4	3.9
35	0.157	0.133	50201 0.304	93360.721	63904.305	37.127	4	11.0
36	0.172	0.179	71000 0.437	92114.296	63968.267	37.494	2	0.1
37	0.162	0.157	71001 0.423	92393.466	63854.708	37.637	2	3.0
38	0.226	0.203	71100 0.439	93426.188	64121.085	39.180	2	2.3

39	0.270	0.292	71101 0.421	93869.248	63904.747	44.325	2	0.0
40	0.237	0.202	71200 0.454	91195.112	63877.714	47.210	2	6.4
41	0.275	0.205	71201 0.467	90915.476	63888.922	37.859	2	3.6
42	0.090	0.078	72000 0.205	92421.444	62464.708	48.545	4	2.5
43	0.094	0.079	72001 0.212	92478.027	62597.993	46.276	4	9.3
44	0.131	0.109	72100 0.209	93665.301	62551.809	33.029	4	1.8
45	0.129	0.100	72101 0.211	93624.961	62592.559	33.668	4	3.8
46	0.165	0.120	72200 0.268	90947.280	62610.473	43.059	4	4.2
47	0.102	0.110	72201 0.218	91811.478	62340.547	29.201	4	2.5
48	0.073	0.081	73000 0.163	92435.256	61505.159	51.525	4	2.9
49	0.073	0.081	73001 0.162	92398.224	61291.389	48.934	4	1.6
50	0.111	0.084	73100 0.158	93654.696	61296.152	61.386	4	1.1
51	0.109	0.073	73101 0.157	93608.076	61297.389	63.789	4	5.1
52	0.134	0.089	73200 0.203	91118.532	61155.970	25.788	4	2.1
53	0.140	0.093	73201 0.211	91034.059	61493.213	22.437	4	1.8
54	0.127	0.164	74000 0.335	92573.245	59920.297	31.761	2	4.3
55	0.130	0.174	74001 0.341	92517.733	59810.920	25.880	2	2.8

56	0.243	0.195	74100 0.339	93891.526	60090.690	51.168	2	2.5	
57	0.184	0.099	74101 0.313	93522.996	60457.464	58.612	2	6.8	
58	0.222	0.141	74200 0.352	91110.571	60189.500	47.441	2	0.9	
59	0.207	0.111	74201 0.336	91166.723	60825.040	26.715	2	2.0	
Середня квадратична величини								10.3	
Максимальні величини								55.5	

КАТАЛОГ ЕЛЕМЕНТІВ ОРІЄНТУВАННЯ ЗНІМКІВ
ІМ'Я БЛОКУ: F:\STORE N GO\УЧ\БІЛОУС КОПІЯ\$.KMP

N	Имя точки	Координати точки			Число зображення	Середня поправка	
		X	Y	Z			
1		1001	93239.905	60621.181	64.742	4	7.5
2		1002	93761.411	62498.916	32.971	4	8.2
3		1003	93464.838	63035.257	36.184	4	55.5
4		1004	93548.249	62826.397	34.257	4	1.4
5		1005	93505.507	61412.150	54.590	8	4.7
6		1006	93485.186	61320.502	58.074	4	23.1
7	опорная	102	96179.980	61520.560	45.390	2	8.4

8	104	93498.500	61535.230	49.630	8	6.2
опорная						
9	105	93455.320	60143.250	42.760	4	18.9
опорная						
10	116	92478.200	62598.120	44.910	2	31.5
опорная						
11	118	91118.050	61155.980	25.500	4	9.7
опорная						
12	47000	94764.913	60229.691	55.912	2	1.1
13	47001	94696.503	60174.720	50.611	2	0.6
14	47100	96190.931	60398.580	42.238	2	0.0
15	47101	96233.172	60331.869	41.522	2	4.7
16	47200	93455.347	60143.022	42.631	4	8.8
17	47201	93627.415	60293.654	68.617	4	3.2
18	48000	94748.568	61318.151	55.456	4	4.1
19	48001	94836.361	61464.387	48.861	4	2.3
20	48100	96179.940	61520.816	45.292	4	1.5
21	48101	96176.528	61379.815	46.838	4	6.6
22	48200	93498.385	61535.307	49.526	8	4.8
23	48201	93423.412	61437.055	52.262	8	7.7
24	49000	94808.973	62769.569	28.516	4	9.3
25	49001	94745.842	62799.896	27.846	4	4.2

26	49100	96007.011	62646.113	47.467	4	2.4
27	49101	96135.878	62751.640	50.230	4	2.0
28	49200	93517.883	62632.583	33.236	8	4.1
29	49201	93537.103	62772.745	33.856	8	6.1
30	50000	94895.668	63873.003	45.058	2	2.6
31	50001	94805.388	63818.216	47.390	2	0.3
32	50100	96220.643	63887.033	47.508	2	3.4
33	50101	96334.491	63953.707	54.658	2	2.4
34	50200	93440.934	63178.437	45.445	4	3.9
35	50201	93360.721	63904.305	37.127	4	11.0
36	71000	92114.296	63968.267	37.494	2	0.1
37	71001	92393.466	63854.708	37.637	2	3.0
38	71100	93426.188	64121.085	39.180	2	2.3
39	71101	93869.248	63904.747	44.325	2	0.0
40	71200	91195.112	63877.714	47.210	2	6.4
41	71201	90915.476	63888.922	37.859	2	3.6
42	72000	92421.444	62464.708	48.545	4	2.5

43	72001	92478.027	62597.993	46.276	4	9.3
44	72100	93665.301	62551.809	33.029	4	1.8
45	72101	93624.961	62592.559	33.668	4	3.8
46	72200	90947.280	62610.473	43.059	4	4.2
47	72201	91811.478	62340.547	29.201	4	2.5
48	73000	92435.256	61505.159	51.525	4	2.9
49	73001	92398.224	61291.389	48.934	4	1.6
50	73100	93654.696	61296.152	61.386	4	1.1
51	73101	93608.076	61297.389	63.789	4	5.1
52	73200	91118.532	61155.970	25.788	4	2.1
53	73201	91034.059	61493.213	22.437	4	1.8
54	74000	92573.245	59920.297	31.761	2	4.3
55	74001	92517.733	59810.920	25.880	2	2.8
56	74100	93891.526	60090.690	51.168	2	2.5
57	74101	93522.996	60457.464	58.612	2	6.8
58	74200	91110.571	60189.500	47.441	2	0.9
59	74201	91166.723	60825.040	26.715	2	2.0