

ФОТОГРАМЕТРІЯ КІНЦЯ ХХ СТОЛІТТЯ – ДОБУТКИ І ТЕНДЕНЦІЇ

Дорожинський Олександр

Національний університет
“Львівська політехніка”

Photogrammetry of the end of XXth century – achievements and tendencies

Dorozhynskyy Olexandr

Abstract

The modern conditions of navigational-digital and space photogrammetry, radar interferometry and laser scanning is detailed described in the paper.

1. Вступ

На зламі другого і третього тисячоліть відбувається такий злет науково-технічного прогресу, про який 20-30 років тому не могли ми і мріяти. Нові техніка і технології суттєво вплинули на геодезію, картографію, фотограмметрію та інші наукові дисципліни про Землю. Серед найвпливовіших досягнень відзначимо наступні:

- розвиток космічної техніки і технологій, зокрема функціонування супутникових навігаційних систем та їх використання для геодезії;
- розвиток електронно-обчислювальної техніки, в тому числі поява потужних персональних комп'ютерів з величезними об'ємами зовнішньої та внутрішньої пам'яті і з високою швидкодією;
- розвиток мікроелектроніки і розробка нових типів сенсорів, серед яких для нас є важливими т.зв. “прилади з зарядовим зв'язком”, здатні фіксувати електромагнітне випромінювання з високими геометричними і радіометричними параметрами;
- розвиток лазерної та оптико-електронної техніки, радіотехнічних способів дистанційного вивчення різноманітних об'єктів, в тому числі земної поверхні;
- розвиток геоінформаційних технологій, в яких найновіші можливості всіх вище перелічених науково-технічних досягнень спроектовані на ідеологічну платформу геоінформатики, що об'єднує тематичні відомості та знання, здобуті з різних наукових дисциплін про Землю.

Вплив цих досягнень настільки змінив теперішню фотограмметрію, що технології 15-20 річної давності сприймаються як віддалена історична епоха.

Наше бачення сьогодишньої фотограмметрії здійснене на базі аналізу значної за обсягом літератури і в першу чергу матеріалів XVIII і XIX Конгресів товариства з фотограмметрії та дистанційного зондування (ISPRS). У спрощеному вигляді зміст фотограмметрії відображає рис.1, в якому показані чотири головні компоненти фотограмметрії, а також взаємозв'язок фотограмметрії з користувачами та геоінформатикою.



2. Навігаційно-цифрова фотограмметрія

Цей термін запропонований нами в 1997 році, коли стало зрозумілим після XVIII Конгресу ISPRS (Відень, 1996), що фотограмметрія, по-перше, чітко стала на шлях цифрової фотограмметрії, і по-друге, застосування глобальних позиційних систем (GPS) суттєво міняє фотограмметричні технології.

GPS застосовується для забезпечення навігації літального апарату при аерофотозніманні та для фіксації просторових координат центрів проєкцій (аерокамери) підчас знімання земної поверхні чи інших об'єктів.

Рис 1. Основні складові частини фотограмметрії та взаємозв'язки з іншими системами.

Цифрова фотограмметрія, як відомо, оперує з цифровим знімком, який можемо отримати двома шляхами:

- скануванням фотографічного зображення.
- використовуючи цифрову знімальну камеру замість фотографічної.

Опрацювання цифрового знімка ведеться на цифровій фотограмметричній станції (ЦФС), до складу якої входить комп'ютер, периферійні пристрої та програмне забезпечення для рішення фотограмметричних задач. Отже, в цифровій фотограмметрії головним носієм інформації є цифровий знімок. У вітчизняній літературі цифрові знімальні системи практично не описані. І це не дивно, бо вперше цифрові аерокамери демонструвались на XIX Конгресі ISPRS (Амстердам, липень 2000 р.), тоді як на попередньому XVIII Конгресі ISPRS про цю апаратуру були тільки неспіливі натяки.

2.1. Цифрові аерознімальні системи

Цифрові знімальні камери для широкого вжитку з'явилися на ринку на початку 90-х років, але перші з них не могли конкурувати з фотокамерами по якості отриманих зображень. Причиною цього стану була невисока роздільна здатність сенсора – приладу із зарядовим зв'язком (ПЗЗ), який фіксував відбите від об'єкту електромагнітне випромінювання та продукував електричний сигнал, пропорційний до цього випромінювання.

Ця та деякі інші причини мали ще більший стримуючий вплив на створення цифрової аерознімальної камери. Тільки в 1997-98 роках передові фірми почали продукувати такі ПЗЗ, і тому стало можливим створити цифрову аерокамеру високої роздільної здатності.

На час написання цієї праці створено три типи цифрових аерознімальних фотограмметричних камер:

- ADS40, фірма LH-Systems (Швейцарія),
- DMC2001, фірма Z/I imaging (Німеччина – США),
- HRSC – A, Німецький Центр космічних досліджень (DLP).

Цифрова аерокамера ADS40 є продуктом співпраці фірми LH-Systems та Центру DLP. Принциповим в конструкції є те, що використовується ПЗЗ у вигляді лінійки, а для формування зображення застосований принцип дії електрооптичного сканера.

Особливість формування сканерного зображення полягає в тому, що воно "склеюється" з полос. Кожна полоса має ніби свій миттєвий центр проєкції, а так як літак пересувається, то суцільне зображення є деформованим. Скажімо, прямолінійний в натурі учасок дороги на зображенні буде викривленим – така є реальна геометрія сканерних зображень; особливо це стосується аерознімання і в меншій мірі космічного знімання. Для виправлення зображення необхідно для кожного миттєвого положення камери (для кожної полоси) знати лінійні і кутові елементи зовнішнього орієнтування. Ця проблема розв'язана в той спосіб, що одночасно і синхронно працює приймач GPS та інерціальна система (це розв'язання належить фірмі Applanix). Геометричне виправлення здійснюється аналітичним шляхом, і для подальшого використання маємо повноцінне правильне зображення.

Цифрова камера DMS 2001 (Digital Modular Camera) (фірма Z/I Imaging) принципово відрізняється від попередньої тим, що в ній використовується ПЗЗ-матриця. Щоб збільшити кут поля зору, в камері використано 4 об'єктиви, зорієнтовані між собою в такий спосіб, що зображення мають між собою мінімальне перекриття. Концепція багатооб'єктивної системи не є новою, і була використана в 80-х роках при створенні багатоканальної фотографічної камери МКФ-6 (космічний варіант, 6 об'єктивів) та камери МСК-4 (варіант для літака, 4 об'єктиви). Оптичний принцип формування зображення – це центральна проєкція. Тому в цій камері відсутня деформація зображення, як це має місце в сканерній камері ADS40, і саме тому конструкція камери є простішою. Камера використовує стандартну гіростабілізуючу платформу T-AS, яка раніше використовувалась для аерофотокамери RMK-Top. Камера має пристрій компенсації змазу зображення, який використовує електронну систему об'єднання зображення з часовою затримкою. Така система дозволяє зчитувати сигнали з чергових строк ПЗЗ-матриці синхронно з пересуванням образу в площині прикладної рамки камери.

Роздільна здатність складає 12 мкм і є гіршою у 2 рази від цього ж параметра для швейцарської камери (6,5 мкм). Це пояснюється тим, що на разі ПЗЗ-матриці, які

продукує промисловість, є гіршими від ПЗЗ-лінійок. Можна з впевненістю прогнозувати, що з часом якість ПЗЗ-матриць підвищиться.

Цифрова камера HRSC Німецького Центру космічних досліджень (DLR) була створена для космічних досліджень Марса. Базується на концепції електрооптичного сканера з використанням цілої гама ПЗЗ-лінійок. Варіант камери для аерознімання має символ HRSC-A (High Resolution Stereo Camera – Airborne) [2.4].

Ця знімальна система має п'ять ПЗЗ-лінійок, що працюють в діапазоні панхроматичному та чотири лінійки для спектрального діапазону (видимого та інфрачервоного).

В роботі [2] відзначається, що перші дослідні роботи відносяться до 1997 року, а трохи пізніше DLR у співпраці з французькою фірмою ISTAR та голландською Geodan Geodesic виконали знімання понад 50 європейських міст.

2.2. Цифрові фотограмметричні станції

Цифрова фотограмметрична станція (ЦФС) в сучасному представленні – це система технічних і програмних засобів, за допомогою яких здійснюється опрацювання зображень (цифрових знімків), що дозволяє отримувати кінцеву фотограмметричну або картографічну продукцію. Іноді термін ЦФС замінюють на “робоча фотограмметрична станція”.

В деяких публікаціях та технічних описах до ЦФС долучають як невід’ємну складову частину фотограмметричний сканер, але ми схилиємось до думки, що сканер треба розглядати як окремий технічний засіб, незалежний від ЦФС.

Базовим технічним засобом ЦФС є потужний персональний комп’ютер (іноді два), на якому ведеться обробка цифрових знімків. До комп’ютера ставляться високі вимоги стосовно внутрішньої і зовнішньої пам’яті, швидкодії, розмірів графічного екрана. Станція має оптичну систему (стереоскоп) або поляризаційні фільтри-окуляри для можливого стереоскопічного розглядання та вимірювання стереопари, візуалізованої на екрані комп’ютера. Для переміщення зображень використовують сервоприводи або “мишу” – стандартний технічний засіб ПЕОМ.

Програмне забезпечення є серцевиною технології цифрової фотограмметрії. Чим розгалуженішим і потужнішим воно є, тим більші технологічні можливості має ЦФС. Вважається, що типова станція дозволяє реалізувати такі процеси:

- створення топографічних карт і планів;
- побудова мереж фототріангуляції;
- побудова цифрових моделей рельєфу;
- створення цифрових ортофотопланів чи карт.

ЦФС Imagestation є продукцією фірми Intergraph (Huntsville, США). Використовується комп’ютер з обсягом оперативної пам’яті 32-256 мбайт, 1 Гбайт дискової пам’яті, високою швидкістю, сканом 1664x11248 пікселів та глибиною зображення 24 біти. Стереоспостереження реалізовані на базі рідких кристалів та інфрачервоного управління; на екран з частотою 120 Гц подається або лівий, або правий знімок, а оператор, розглядаючи зображення через окуляри, сприймає ці зображення стереоскопічно. Програмне забезпечення є одним з найпотужніших серед ЦФС. Останні версії станції дозволяють будувати мережі фототріангуляції в автоматичному режимі (т.зв. автоматична тріангуляція), коли пошук та вимірювання фотограмметричних точок відбувається автоматично, тобто працює програмний модуль цифрової кореляції відеосигналів.

ЦФС DVP (Digital Video Plotter) випускала фірма Leica (Heerbrugg, Швейцарія). Технічною платформою служить будь-який комп’ютер з класу PC; до

розміру екрану є такі вимоги: 800x600 пікселів або 1024x768 пікселів. Глибина зображення – 8 біт. Стереоспостереження виконуються оператором за допомогою стереоскопа, прикріпленого до корпусу комп'ютера.

ЦФС DPW (Digital Photogrammetric Workstation) випускає фірма LH-Systems (Heerbrugg, Швейцарія). Для стереоспостереження використовується потужний комп'ютер Sparc – Station з оперативною пам'яттю 5 Гбайт, екраном Tektronix або Stereo Graphics з глибиною зображення від 8 до 32 біт. Звичайний комп'ютер класу PC служить для вводу та опрацювання службової та семантичної інформації.

ЦФС TRASTER T10 випускала фірма Matra (Франція). Для стереоспостережень використовується станція SUN SPARC, скран мас, розміри 1280x1028 пікселів, глибина зображення 24 біт. Спостереження ведеться з використанням поляризації на рідких кристалах, частота зображення 120 Гц. Інші функції, не пов'язані із зображенням, реалізує комп'ютер стандартних параметрів.

ЦФС PHOTODIS ST випускала фірма Zeiss (Oberkochen, Німеччина). Використовується комп'ютер Silicon-Graphics Workstation, стереоспостереження здійснюється за допомогою закривача на рідких кристалах та "мишки" для переміщення просторової марки; оперативна пам'ять 64Мбайт, дискова пам'ять 2Гбайт.

ЦФС "DELTA" випускає фірма "Геосистема" (Вінниця, Україна). Використовується стандартний комп'ютер класу PC. До 2000 року в станції для спостережень використовувався стереоскоп, а пізніше поляризаційні фільтри. Переміщення просторової марки здійснюється або за допомогою штурвалів, або "мишкою". Станція вигідно відрізняється від продукції своїх конкурентів невисокою ціною при досить високих технологічних можливостях.

Характерною рисою усіх станцій є безперервне покращення як технічних параметрів (за рахунок використання потужніших комп'ютерів), так і програмного забезпечення, що розширяє технологічні можливості. Особливо це стосується створення цифрових ортофотокарт та автоматичної триангуляції.

2.3. Фотограмметричні сканери

Аерофотознімки, отримані такими аерокамерами як RC-30 (Leica, Швейцарія) чи RMK (Zeiss, Німеччина) мають високі геометричні параметри та роздільну здатність. Через це такі знімки використовуються досить широко в практичних фотограмметричних роботах. Щоб використати фотознімок для опрацювання на ЦФС, його треба перетворити в цифрову форму.

В якості сенсора найчастіше використовується ПЗЗ-лінійка, а її переміщення здійснює високоточна механічна система типу координатографа чи монокомпаратора. Для фотограмметричного сканера важливими характеристиками є геометрична точність, радіометрія (здатність фіксувати оптичну щільність або колір), а також такі показники як максимальний розмір знімка, можливість сканувати нерозрізаний фільм та окремі кадри (негативи і позитиви), сканувати кольорові та чорно-білі знімки. Для програмного забезпечення основними показниками є можливість калібрувати зображення, тобто усувати геометричні спотворення, контролювати процес сканування, конвертувати дані в різні формати.

На ринку геометричних сканерів відомі такі фірми: Intergraph (США), Zeiss (Німеччина), Leica, LH-Systems (Швейцарія), Геосистема (Україна).

2.4. Навігаційна компонента фотограмметрії.

2.4.1. GPS та навігація аерофотознімання.

Навігаційні GPS якісно покращили процес аерознімання. Існує декілька варіантів застосування GPS, використання яких залежить від поставлених задач. Найпростішою (стосовно вимог по точності) є застосування недорогих навігаційних GPS для прокладання маршруту польоту. Це можуть бути одночастотні приймачі, здатні фіксувати траєкторію польоту з точністю 150м і нижче. Фактично ця ситуація спостерігається в керуванні літаком під час пасажирських та вантажних перевезень.

В аерозніманні на сьогоднішній день застосування GPS значно і ширше, і точніше. Аерофотокамери останнього покоління RMK TOP (Zeiss), RC20 і RC30 (Leica, LH-Systems) об'єднані з GPS в єдині системи, які дозволяють повністю автоматизувувати аерознімальний процес. Ці системи мають назви: CCNS-4, T-Flight (Zeiss), Ascot (Leica). В цих системах використовується двочастотний GPS-приймач, який працює в режимі DGPS; тому в районі знімального об'єкту встановлюється наземна базова станція. Саме диференційований режим дозволяє уникнути неоднозначності у визначенні координат літака після відповідної математичної обробки.

Отже, застосування GPS при аерофотозніманні дозволяє :

- прокласти аерознімальні маршрути згідно з проектом (координати точок маршрутів попереднього задаються і вводяться в комп'ютер);
- оптимізувати процес заходу літака на аерознімальний маршрут (розвороти, зміна курсу, зміна висоти польоту тощо);
- виводити літак в задану точку простору, звідки треба виконати аерознімання;
- фіксувати координати центра проекції підчас експозиції з високою точністю (як зазначалось, до 5-10 см).

Остання з можливостей є дуже важливою і полягає в наступному. Якщо під час польоту зафіксовані просторові координати центрів проекцій (лінійні елементи зовнішнього орієнтування), то це суттєво впливає на технологію фотограмметричних робіт. Нами встановлено [9], що в цьому випадку будувати блочну мережу фототріангуляції можна без опорних точок, тобто без польової прив'язки знімків. Це здешевлює в цілому топографічні роботи та розширяє можливості картографування недоступних територій.

2.4.2. Об'єднання GPS з інерціальними навігаційними системами (ІНС).

ІНС [10] складається з гіроскопа (виконує кутову стабілізацію аерокамери підчас нахилу літака) та акселерометра (визначає зміну швидкості польоту літака). Об'єднання GPS та ІНС суттєво доповнюють одне одного.

Відомо, що стабільність показів GPS є високою в доволі великому часовому періоді, але в коротких проміжках часу можуть виникати певні труднощі, в основному через втрату сигналів від супутників підчас навігаційного маневру. ІНС навпаки – дають добрі покази в коротких часових проміжках, але у великих часових періодах спотворюються впливом т.зв. гіроскопічного ефекту та систематичними похибками акселерометрів, що мають тенденцію до накопичення.

Об'єднання GPS та ІНС дає доповнюючий ефект: в короткочасових проміжках ІНС "поправляє" дані GPS, а в довгих часових проміжках GPS компенсує систематичні похибки ІНС.

Інтегровані навігаційні системи (GPS + ІНС), як згадувалось, є тепер певід'ємною частиною цифрових аерознімальних комплексів. Вони дозволяють фіксувати кути нахилу знімальної камери з точністю 10"-20", що в багатьох випадках задовільняє розв'язання фотограмметричних задач.

Стримуючим фактором у широкому використанні таких систем є їх висока вартість та проблеми інсталяції на невеликих (але екопомічних) літальних апаратах.

3. Космічна фотограмметрія

Прикладна космонавтика, що зародилась фактично разом з першим польотом людини в космос, набула в наші дні широкого застосування. Її складовою частиною можемо вважати отримання зображень (знімків) з космічних апаратів. Розвиток космічного знімання йшов двома шляхами: це застосування фотограмметричних систем та використання електрооптичних сканерів. Оскільки перший шлях вимагає повернення проявленого фотофільму на Землю, то він вважається менш перспективним стосовно отримання зображень в реальному часі, тобто підчас польоту космічного апарату. При застосуванні сканерів використовуються потужні радіотехнічні засоби, які дозволяють отримані зображення автоматично передавати з борта космічного апарату на Землю. Донедавна сильними стримуючими факторами у застосуванні були невисока роздільна здатність сенсорів (ПЗЗ-матриць або ПЗЗ-лінійок), обмежені можливості швидкої передачі величезних обсягів сигналів на наземні станції.

В останнє десятиліття ці проблеми в значній мірі згладжені. Оскільки детальний аналіз теперішніх технічних засобів зайняв би багато місця, обмежимось лише такими висновками. По-перше, поява ПЗЗ-лінійок з високою роздільною здатністю дозволила зреалізувати космічні знімальні системи високої роздільної здатності (як приклад, система IKONOS); по-друге, електрооптичні сканери працюють в широкому діапазоні електромагнітного випромінювання і, як правило, одночасно в декількох спектральних діапазонах; це дозволяє використовувати зображення для дешифрування та інтерпретації різних об'єктів та процесів. По-третє, потужні приймально-передавальні радіотехнічні комплекси дозволяють оперативно отримувати відеодані та пагромаджувати їх у цифровій формі, придатній для подальшого комп'ютерного опрацювання.

В останні 2-3 роки у світі широко рекламуються космічні знімальні системи високої роздільної здатності та геометричної точності; зокрема IKONOS - продукти американської фірми SPACE - IMAGING.

На особливу увагу заслуговує використання космічних знімків для крупномасштабного картографування. Дані IKONOS-продуктів свідчать про досить високу точність визначення місцеположення об'єктів (до 2 м, див.табл.4, позиція 5). Проте в літературі є критичні зауваження стосовно ефективності і економічності IKONOS-знімання, котрі в двох словах зводяться до наступного: для отримання згаданої вище точності треба знати координати деякої кількості опорних точок; вартість матеріалів CARTERRA перевищує вартість аерознімальних матеріалів; роздільна здатність аерофотознімків є значно кращою від IKONOS-зображень.

Напевно, що це реальна оцінка ситуації, але в недалекому майбутньому ці проблеми в значній мірі згладяться, бо така загальна тенденція розвитку прикладної космонавтики.

4. Радарна інтерферометрія

Найбільшою натуральною перешкодою при зніманні у видимому діапазоні є хмарність. Тому аерознімання (фото - чи цифрове) можна проводити лише за добрих

погодніх умов, а космічне знімання взагалі в такий спосіб майже не регулюється і тому на багатьох знімках частина поверхні Землі закрита хмарами.

Радіодіапазон є прозорим для хмар і тому віддавна приваблював спеціалістів. Перші радари використовувались ще в 40-х - 50-х роках, але в основному, для навігації літаків та морських суден (через невисоку точність).

Використання радарів з т.зв. синтезованою апертурою суттєво вплинуло на якість отримуваних зображень. Найбільш привабливою є радарна інтерферометрія (англ. InSAR Interferometry Synthetic Aperture Radar).

Надзвичайно цікавою і важливою є реалізація проекту топографічного вивчення Землі з використанням космічної радарної інтерферометрії, яка здійснилась 11-20 лютого 2001 року за допомогою супутника Endeavour. Автори і реалізатори проекту : NASA (США), NIMA (Національне картографічне агенство, США), ASI (Космічне агенство Італії), DLR (Німецький центр космічних досліджень). Політ тривав біля 100 годин, висота орбіти становила 233 км. За цей час відзнято майже 95% земної поверхні. Геометрична точність знімання в плані становить 15-20 м, по висоті 6-16м в залежності від спектрального діапазону знімання. Роздільна здатність становить 30x30 метрів. Опрацювання даних проводиться в NASA та DLR та триватиме до жовтня 2002 року. Використання даних знімання (цифрова модель рельєфу, поєднання із зображеннями, одержаними з супутників типу SPOT та LANDSAT) можливе в геології, гідрології, археології, в різних прикладних галузях (телекомунікація, транспорт тощо). Автори обіцяють доступність цих даних майже на всю поверхню Землі за кошти, які покривають лише витрати на тиражування, копіювання даних.

Іншим прикладом радарного знімання є діяльність німецької фірми Aero-Sensing Radar Systeme, яка спеціалізується на створенні топографічної продукції, використанні даних в лісовому господарстві, гідрології, екології, телекомунікаціях тощо.

5. Лазерне сканування місцевості

Цей метод дозволяє будувати цифрову модель рельєфу; базується на лазерному вимірюванні віддалі від приладу (встановленому на літаку) до точки місцевості. Фактично це система приладів, встановлених на літаку і на землі, а також відповідне програмне забезпечення.

На борту літака встановлюється потужний лазерний віддалемір, бортова GPS, інерціальна навігаційна система (ІНС), відеокамера, блок сканування, блок реєстрації даних. На землі повинні мати наземну GPS та робочу станцію для опрацювання опрацювання даних, отриманих в польоті, та створення ЦМР.

Найчастіше використовується лазерний віддалемір, що працює в інфрачервоному діапазоні і висилає імпульси з частотою кілька тисяч на секунду. Блок сканування відхиляє промені перпендикулярно до лінії польоту, а за рахунок переміщення літака отримують сукупність полос. Точність вимірювання віддалі складає 1 см.

Інтегрований комплекс GPS-ІНС відіграє таку саму роль, як описано в п. 2.4.2.

Синхронно з лазерним сканером працює відеокамера, скерована вздовж надирного променя; вона захоплює і знімає всю полосу сканування. Часом встановлюють ще одну камеру, скеровану під кутом 45° вперед, яка дає перспективне зображення земної поверхні.

Сумісна обробка всіх даних (лазер, GPS, ІНС) дозволяє створити цифрову модель рельєфу як сукупність точок, від яких відбився лазерний промінь. Кількість точок складає до 100 000 на 1 км², точність фіксації висот становить 15-25 см для

відкритих рівнинних територій, і 50-70 см – для гористих. Швидкість лазерного сканування поверхні орієнтовно становить 100 км² за 1 годину польоту.

Лазерне сканування вже вийшло зі стадії експерименту і застосовується в практиці для просторового моделювання забудованих територій, інвентаризації доріг, ліній електропередач та ін.

Недоліком способу є те, що для створення ортофотокарт треба додатково проводити аерофотознімання.

6. Актуальні сфери застосування фотограмметрії в теперішніх умовах нашої держави

Економічні проблеми, з якими зіткнулась Україна в минулому десятилітті, суттєво вплинули на практичне застосування методів фотограмметрії в різних галузях господарювання. Але на фоні доволі "сірого" економічного стану не можна не бачити світлі сторони діяльності фотограмметричної спільноти. Перш за все відзначимо той факт, що в Україні не занедбана фотограмметрична освіта (Львів, Київ, Донецьк), вона поширюється і міцніє в інших регіонах. Наші фахівці розвивають і нарощують наукові дослідження, захищають дисертації, публікують свої дослідження, виступають на найвідоміших форумах світового рівня. Особливо приємним є факт наростаючого розвитку фотограмметричного приладобудування, що здійснює енергійна фірма "Геосистема" з Вінниці. То ж на сьогодні маємо в Україні висококваліфікованих спеціалістів, власні фотограмметричні сканери і станції, великий досвід практичної діяльності. Задумуючись над сферами найближчого в часі реального застосування фотограмметрії, мимоволі думаєш про економічну віддачу – де її можна найшвидше отримати? Хоча ми вважаємо себе далеко неаграрною державою, все-таки наше оптимістичне бачення пов'язане із земельною реформою та використанням фотограмметрії в кадастрі. Про це ми писали у статті – передмові до конференції в 1997 році [16]. Тепер, коли технічні і технологічні можливості зросли, ми мусимо повністю переорієнтуватись на геоінформаційні технології і цифрову фотограмметрію і допомогти спеціалістам інших напрямів створити ринок землі і нерухомості. Слово за політиками, які вже теж напевно зрозуміли, що земельне питання – наріжний камінь переходу до ринкової економіки.

Інший аспект фотограмметрично – геоінформаційної сфери полягає у розвитку наших міст, у сфері управління міським господарством. Просторове моделювання на базі аерокосмічного знімання дозволить фахівцям приймати в короткі терміни оптимальні управлінські рішення.

Важливою сферою застосування аерокосмічної компоненти фотограмметрії є дистанційний моніторинг екологічної ситуації та безпеки життєдіяльності в окремих регіонах чи районах. На думку приходять повені Закарпаття, зсувні процеси в багатьох наших регіонах (Крим, Дніпропетровщина, Чернівці, Закарпаття), різні за розмірами техногенні процеси (Донбас, Кривий Ріг, Львівщина та інші), які об'єктивно відстежуються аерокосмічним зніманням і фотограмметрією (можливо, це не всім вигідно!).

Не можна оминати сферу використання фотограмметрії для архівації пам'яток культурної спадщини (архітектура, археологія), де методи фотограмметричного знімання разом з ГІС – технологіями та просторовим моделюванням створюють нові можливості для проектних робіт та наукових пошуків.

Енергозабезпечення потребує постійного контролю за станом нафто- та газопроводів, ліній електропередач, різного типу електро- чи компресорних станцій,

розподільчих вузлів. Такі лінійні споруди як залізниці чи автомобільні шляхи з мостовими переходами, безліччю будівель теж вимагають об'єктивного обстеження. В цій сфері повинен діяти інженерно-фотограмметричний моніторинг.

Таким чином, перед фотограмметристами стоять важливі завдання і будемо сподіватись, що в найближчі роки їх праця не тільки буде потрібна в державі, але й принесе реальну користь в загальному науковому, економічному і культурному поступі.

Література

1. Fricker, S. Walker, R. Sandau "LH-System's ADS40 Photogrammetry goes totally digital". Vermessung, Photogrammetry, Kulturtechnik, 2000. <http://www.lh-systems.com>.
2. Z. Kurczynski "Nowe wyzwania i szanse". Geodeta, №12 (67), Warszawa, 2000, s. 5-11.
3. DMS 2001. Digital Modular Camera, a produkt of Z/I Imaging. Specification Sheet Amsterdam, 2000.
4. Lehmann F. The High Resolution Camera Airborne (HRSC - A). GIM - International, Juli 2000.
5. Дорожинський О.Л. Аналітична та цифрова фотограмметрія Конспект лекцій для студентів базового напрямку "Геодезія, картографія, землевпорядкування", Львів, 2000.
6. Color Photogrammetric Scanner "Delta", XIX ISPRS Congress, Vienna, 1996. <http://www.vinnitsa.com/geo>.
7. Дорожинський О.Л. GPS і фотограмметрія - що це дає? Вісник геодезії та картографії. №3, 1999, Київ, с. 16-17.
8. Leica Ascot. GPS - Supported Flight Navigation System for the Acquisition of Spatial Data. Heerbugg, Swiss, 1996.
9. Дорожинський О.Л. Аналітична фототриангуляція при відомих координатах центрів проєкцій. Вісник геодезії та картографії, №4, Київ, 1999, с. 19-21.
10. Kurczynski Z., Preuss R. Podstawy fotogrametrii Oficyna wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa, 2000
11. Spase Imaging Europe. Carterra Imagery. <http://www.si-en.com>.
12. Bamler R. Digital Terrain Models from Radar Interferometry. Photogrammetric Week '97, Wichman, 1997.
13. Kurczynsky Z. Radarowa misja topograficzna promu kosmicznego Endeavour Geodeta, №8, Warszawa, 2000, s. 5-9.
14. Triglav J. SRTM Mission Completed, GeoInformatics 4/2000.
15. Aero-Sensing Radarsysteme: Our Company, Service Products, Application of service products, technical Products. Germany, 2000.
16. Дорожинський О. "Передмова до матеріалів 1-ої Міжнародної науково-практичної конференції", Зб. "Геодезія, картографія і аерофотознімання", вип 58, Львів, 1997, с. 3-6

Резюме

В роботі детально розглянутий сучасний стан навігаційно-цифрової та космічної фотограмметрії, радарної інтерферометрії та лазерного сканування.