

УДК 528.7 (075.8)

ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ: АКТУАЛЬНИЙ СТАН І ТЕНДЕНЦІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ

О. Дорожинський

Національний університет “Львівська політехніка”

Ключові слова: цифрова фотограмметрія, дистанційне зондування, знімальні системи повітряного та космічного базування, лідарграмметрія, радарграмметрія, цифрова обробка зображень.

Вступ

У ряді публікацій, зокрема в підручниках, описано стан фотограмметрії [1] та дистанційного зондування (ДЗ) [1, 2] на певний часовий період. А в цій статті простежимо ті загальні зміни, які відбулися останніми роками в цих науково-прикладних дисциплінах, підсумуємо пройдений шлях та торкнемося тенденцій у їх розвитку та вдосконаленні.

Цифрова фотограмметрія сьогодні охоплює такі головні складові:

- цифрову аерофотограмметрію;
- космічну фотограмметрію;
- лідарграмметрію;
- радарграмметрію.

Така класифікація ґрунтується на використанні інформаційних потоків, отриманих з різних за фізичним змістом апаратних засобів формування образів (знімальних систем). Тому розглянемо основні зміни, що стосуються ключових розділів:

- знімальні системи повітряного базування;
- знімальні системи космічного базування;
- лідарграмметрія та лазерні системи повітряного базування;
- радарграмметрія та радіолокаційні системи космічного базування;
- технології та програмні засоби в цифровій фотограмметрії та ДЗ;
- організаційні аспекти, що впливають на практичне використання фотограмметрії та ДЗ.

Під час підготовки статті використано публікації, поміщені в різних наукових журналах, монографіях, навчальній літературі за 2005–2010 рр. Вивчено та проаналізовано понад 100 літературних джерел. Тому вважаємо, що недоцільно подавати тут повний список робіт, який за обсягом перевищив би розміри самої статті. Серед видань українською мовою “найсвіжішими” є підручники [1, 2]. Оскільки їх готують 2–3 роки, а ДЗ розвивається досить стрімко, то навіть у ці роботи не ввійшли зміни 2009–2010 років. Тому основним завданням вважаємо відобразити найновіші досягнення і простежити тренди подальшого розвитку фотограмметрії та ДЗ.

Знімальні системи повітряного базування

Знімальні камери з високими метричними характеристиками поділяють на дві групи: камери середнього формату та повноформатні камери.

Останнім часом поширилась тенденція використання камер першого типу для знімання невеликих об'єктів або як супроводу при лазерному скануванні з літака. Порівняно з повноформатними камерами вони є суттєво дешевшими та простішими в експлуатації.

Спираючись на новітні досягнення сенсорної техніки, в камерах середнього формату використовуються більші ПЗЗ-матриці (ПЗЗ – прилад із зарядовим зв'язком) з одночасним зменшенням фізичного розміру пікселя до 6–7 мкм. Важливість цього напряму підкреслює той факт, що такі фірми, як Leica, Intergraph, Trimble та інші, займаються виготовленням таких камер. До них належать:

{RCD100, RCD30} (Leica); {RMK-D, RMK-Dx/DMC-II140} (Intergraph); {UltraCamL, UltraCamLp} (Mikrosoft/Vexcel); {Trimble(Rollej), AICPro} (Trimble); {DIMAC light, DIMAC wide; DIMAC ultra light} (DIMAC); {DigiCAM-H/39/50/60}(IGI-Ingenier-Gesellschaft fur Interfaces).

Серед них є камери з кількома об'єктивами, що дає змогу збільшити площу знімання або знімати об'єкт у кількох спектральних діапазонах. Детальні технічні характеристики камер подано на сайтах фірм, а деякі з них в роботах [1, 2].

Повноформатні цифрові аерокамери попередніх поколінь (ADS40, UltraCAM, DMS тощо) постійно вдосконалюються.

Для повноформатних камер з ПЗЗ-матрицею домінує тенденція збільшення розмірів матриці зі зменшенням розміру пікселя. Наприклад, камера UltraCAMXp має матрицю 8000x6000 (результуючий об'єднаний кадр 17310x11310 пікселів) з розміром пікселя 6 мкм. Камера DMS-II 250 має матрицю 17200x14600 пікселів з розміром пікселя 5,6 мкм.

Для повноформатних камер, приймачами оптичних сигналів у яких є ПЗЗ-лінійки, теж покращуються технічні параметри. Наприклад, фірма Leica замість камери ADS40 створила модифікацію ADS80, де замієно блок бортового накопичувача на бездисковий, а також реалізовано можливість реєстрації кольорових образів (RGB) при зніманні вперед, в надир і назад.

Фактором, що обмежує поширення цифрових аерокамер та систем, є висока ціна. Певним приємним для України винятком є камери серії DAS від фірми “Гео-система” (Вінниця), ціна яких є істотно меншою порівняно з такими камерами, як ADS, DMC та інші.

Практично всі знімальні аеросистеми одночасно реєструють зображення в кількох спектральних діапазонах: панхроматичне з високою роздільною здатністю, кольорове (RGB) та інфрачервоне (IR) з нижчою роздільною здатністю. Такий підхід дає змогу отримати

мувати зображення з високою метрикою (для завдань цифрової фотограмметрії) та з добрими інтерпретаційними властивостями (для виконання завдань ДЗ).

У знімальній системі повітряного базування є GPS-приймач (реєстрація лінійних елементів зовнішнього орієнтування) та інерційно-навігаційна система INS (реєстрація кутів нахилу знімальної камери). Ці технічні засоби постійно вдосконалюються, особливо це стосується такого параметра, як точність визначення кутів нахилу камери.

Тестові дослідження показали, що інтегрований комплекс GPS-INS дає змогу реєструвати положення камери з точністю, кращою від 10 см, кути нахилу з точністю $10''-30''$, а в деяких випадках краще від $10''$. Такі показники суттєво впливають на фотограмметричні технології, бо у такому разі для визначення просторових координат точки об'єкта можна застосувати пряму фотограмметричну засічку, якщо відомі елементи зовнішнього орієнтування [2], а такі процеси, як польова прив'язка знімків та аеротріангуляція, не потрібні, що спрощує та здешевлює технологічний цикл.

Знімальні системи космічного базування

Космічне знімання вже впевнено ввійшло в життя суспільства. Тепер на орбітах працює більш ніж сотня космічних апаратів, що знімають поверхню Землі та подають інформацію для розв'язання різних тематичних задач. Загальні відомості про системи космічного базування можна знайти в роботах [1, 2].

Бурхливий технічний прогрес в галузі космічного знімання йде двома основними напрямками:

- підвищення просторової роздільної здатності знімальних систем;
- розширення діапазону електромагнітного випромінювання для ДЗ та отримання багатоспектральних образів.

Перший напрям стосується передусім топографії, картографії, кадастру та інженерних задач, тобто тих сфер, де потрібна висока точність визначення просторових координат точок об'єкта. В роботах [1, 2] подано огляд таких систем та їхні технічні характеристики. Як зазначено раніше, у цій галузі темпи поступу настільки швидкі, що за час підготовки підручника – а це 2–3 роки – з'являються нові системи. Щорічно запускаються в експлуатацію 20–25 нових систем.

Піонером в напрямі створення систем надвисокої роздільної здатності є США, передусім фірми GeoEye та DigitalGlobe. 6 вересня 2008 р. на орбіту (681 км) виведена система GeoEye-1, яка веде знімання в панхроматичному діапазоні з просторовим пікселем 0,41 м і в мультиспектральному 1,65 м. Цій самій компанії належать системи IKONOS-1 та IKONOS-2, які знімають об'єкти з просторовим пікселем відповідно 1 м та 0,5 м.

Компанія DigitalGlobe запустила 8 жовтня 2009 р. знімальну систему WorldView-2, яка знімає в панхроматичному діапазоні з просторовим пікселем 0,45 м, а в мультиспектральному – 1,8 м. Цій компанії належать і дві інші системи надвисокої роздільної здатності WorldView-1 та QuickBird.

Про інші системи, що входять до цього класу, можна дізнатись у згаданій літературі [1, 2], а також на сайтах в Інтернеті.

Другий напрям пов'язаний із розширенням спектрального діапазону реєстрованих зображень. Вони потрібні і для національної безпеки та оборони, і для моніторингу довкілля, і для природних досліджень. Цим шляхом йдуть практично всі держави, які уже долучились до космічних досліджень і технологій, а також ряд нових країн, які мають намір використовувати космічні зображення для виконання своїх національних завдань. Важко перелічити всі країни, бо їх більш ніж 50. Тільки деякі з них мають власні системи космічного базування, передусім це США, Росія, Франція, Україна, Індія, Китай, Ізраїль, Японія, Німеччина, Італія та ще кілька. А більшість країн є учасниками спільних міжнародних проектів або ж просто споживачами космічних зображень.

Наочним прикладом використання багатоспектральної системи є японська програма із розроблення супутників для дистанційного зондування ALOS. Перша система (2006) отримувала зображення в панхромі (роздільна здатність 2,5 м), в мультиспектральному діапазоні (10 м) та радарному L-діапазоні (12,5 м). Запланована на 2013 р. система ALOS-2 працюватиме як радар у трьох режимах з роздільною здатністю відповідно 1–3 м, 3–10 м та 100 м.

У прикладних сферах дистанційного зондування застосовують гіперспектральні знімальні системи, які реєструють практично повний спектр відбитого в певній точці електромагнітного випромінювання. Це допомагає у розпізнаванні характеристик об'єктів земної поверхні.

Більшість супутникових гіперспектральних систем працює у діапазоні 0,4–5,0 мкм, має від 60 і навіть до 512 каналів. Діапазони спектральної чутливості окремих каналів доволі вузькі, можуть становити 1–2 нм. За результатами знімання формується так званий гіперкуб даних, до якого входять усі зображення з усіх спектральних каналів. Перевагою таких систем є реєстрація повного (майже повного) спектра електромагнітного випромінювання, що використовується для комплексного вивчення та інтерпретації зображень. Недоліками є висока вартість та надмірна інформація, для опрацювання якої потрібний надпотужний комп'ютер.

Першим супутником, який функціонував відповідно до програми "Нове тисячоліття" від NASA (США), був Earth Observing-1 (EO-1), запущений на орбіту (705 км) 21.11.2000 р. На ньому був встановлений гіперспектральний сенсор Hyperion, що давав змогу отримувати зображення у 220 спектральних діапазонах видимої та інфрачервоної областей (від 0,4 мкм до 2,5 мкм). Просторова роздільна здатність становить 30 м. Розмір стандартної сцени 7,7×42 км.

Програмою Європейської космічної агенції, що стосується дослідження та моніторингу довкілля, передбачено запуск кількох супутників; на одному з них буде встановлено гіперспектральний сенсор CC955-20, запуск заплановано на 2012 р.

Цікавим прикладом є комплекс для зондування земної поверхні з літака: в Казахстані (АО “Казгеокосмос”) створено літаючу лабораторію ДЗ, до складу якої входить аерокамера UltraCAMX та гіперспектральний сенсор CASI1500. Останній має 288 каналів у видимому та інфрачервоному діапазонах. Просторова роздільна здатність від 0,25 м до 4 м. На борту літака встановлено 13-процесорний суперкомп’ютер з накопичувачем 4 терабайти. Призначення – дистанційне зондування Землі.

Лідарграмметрія. Лазерні системи повітряного базування

У світовій практиці уже накопичено великий досвід лазерного сканування місцевості з повітряного носія. Сучасні лазерні системи ЛІДАР (LIDAR-Light Detection and Ranging) дають змогу реєструвати положення у просторі точки відбиття сигналу та кількість відбитої енергії, т. зв. “intensity returns”. Наприклад, система ALTM 3100 реєструє за одне вимірювання 12 бітів інформації, що відповідає 4096 позицій сірого (за шкалою від абсолютно білого до абсолютно чорного). Це означає, що система створює образ (“intensity image”) доволі високої радіометричної якості. Завдяки реалізації цих потужних технічних можливостей такі зображення інтенсивно використовують для розв’язання тих завдань, якими традиційно займається фотограмметрія. Тому й вживають тепер термін “лідарграмметрія” як окремий напрям теорії і технології опрацювання зображень.

Лазерні системи повітряного базування випускають фірми Ortech (Канада), Leica (Швейцарія), Falcon (Німеччина), Riegl (Австрія), Mensi (Франція) та деякі інші.

Одним з основних параметрів лідару є частота сканування. У найкращих з них вона сягає 80–100 кГц. Теоретично обмеженням швидкодії у лазерах з імпульсним методом є частота чергування імпульсу, яка дорівнює швидкості світла, поділеній на подвійну висоту польоту літака. Якщо висота польоту 3000 м, граничне значення частоти становить 50 кГц (50000 сигналів за секунду). Як зазначають фахівці, зняти це обмеження можна, застосувавши метод неперервного випромінювання, тобто фазовий метод визначення віддалі, використовуючи вимірювання різниці фаз відбитого та висланого сигналів [2]. Можливі й інші технічні розв’язання, наприклад, одночасне висилання серії імпульсів.

У публікаціях є інформація про новий лазерний сканер LMS-Q680 I (фірми RIEGL): середня частота висилання імпульсів 400 кГц, швидкість вимірювань 266000 точок за секунду, висота польоту до 1500 м, точність визначення віддалі 20 мм, швидкість сканування паралельних смуг – 200 смуг за секунду, максимальний кут сканування 60°.

Очевидно, й інші світові лідери шукатимуть нових розв’язань для підвищення технічних можливостей лідарів. Цей метод є вагомим альтернативою для цифрового аерознімання, оскільки лазерні сканувальні системи належать до активних систем. Знімання можна вести у несприятливих умовах: з-під хмар, вночі, в сутінках, у похмуру погоду тощо.

Радарграмметрія. Радарні знімальні системи космічного базування

Радарні методи (RADAR – Radio Detection And Ranging) використовують відбиті від земної поверхні хвилі у мікрохвильовому діапазоні (від 1 мм до 1 м).

Ці методи швидко розвиваються і вважаються доволі перспективними для дистанційного зондування Землі, з таких об’єктивних причин:

- по-перше, теоретично положення об’єкта можна визначити з точністю довжини радіохвилі – а це може бути міліметрова точність;
- по-друге, поширенню радіопроменів не перешкоджає хмарність, і в цьому велика перевага порівняно з цифровим аерозніманням.

На увагу заслуговує радарна інтерферометрія, у якій відбиті сигнали інтерферують з висланими (базовими) сигналами й утворюють інтерференційний образ із реєстрацією фаз і амплітуд сигналів. Різновидом цього підходу є т.зв. диференціальна радарна інтерферометрія, основана на порівнянні двох різночасових інтерферограм. Це дає змогу з високою точністю визначити зміни об’єкта (зсуви, геодинамічні переміщення, деформації споруд чи земної поверхні тощо).

Усі питання, пов’язані із формуванням радарних образів та їх подальшою технологічною обробкою, поєднує науковий напрям “Радарграмметрія”. Саме цей напрям потрібно розвивати, він є доволі перспективним.

Реалізація методів радарного знімання з космосу вже має свою історію.

Станом на 2007 р. найкращі результати отримано з радара RADARSat-1, просторова роздільна здатність становить 8 м. У грудні того ж року запущено супутник RADARSAT-2 (Канадська космічна агенція). Знімання земної поверхні ведеться на хвилях, довжина яких 5,6 см, зі змінною поляризацією сигналів (HH, VH, HV, VV), при кутах знімання від 10° до 60°. Просторова роздільна здатність – 3 м. Дещо раніше, 15 червня 2007 р., Німецький аерокосмічний центр (DLR) разом з компанією EADS Astrium запустили супутник TerraSAR-X, роздільна здатність якого становить 1 м. Ця розробка конкурує з космічними апаратами подібного призначення Cosmo-Sky Med 1–4 (Constellation of Small Satellites for Mediterranean basin Observation) – серією малих супутників, які створила Італійська космічна агенція разом з міністерством оборони Італії. Старти перших двох супутників відбулись 8 червня та 8 грудня 2007 р. Третій супутник з цієї серії запущено 6 жовтня 2008 р., а четвертий у листопаді 2010 р.

Всі ці супутники мають радари типу Sar, найвища просторова роздільна здатність яких становить 1 м. Можна вести знімання з нижчою якістю (3–15 м, 30 м або 100 м), тоді розмір сцени відповідно 10x10 км (в квадраті), 40 км, 100 км, 20 км.

В усіх випадках радіометрична роздільна здатність становить 8 бітів на піксел. Висота орбіти 620 км, а періодичність знімання тієї самої ділянки Землі – 10 годин.

Велике значення має радарна інтерферометрія для визначення деформації земної поверхні. Технологією диференційної інтерферометрії передбачається зні-

мання апаратурою типу SAR (синтезована апаратура) з реєстрацією інтенсивності та фази сигналів. Повторне радарне знімання дає змогу зафіксувати різницю фаз сигналів, спричинених деформацією поверхні, наприклад, її просіданням. Таке зміщення визначають з надзвичайно високою точністю, навіть до сантиметра.

У червні 2010 р. запущено на орбіту систему TANDEM-X (розробка від EADS Astrium), висота орбіти 514 км. Система працює разом з системою TerraSAR-X (DLR), і ця пара є першим космічним інтерферометром, що дає змогу визначити деформаційні процеси та зміщення з надвисокою точністю. Продавати дані уповноважена фірма InfoTERRA. В такий неординарний спосіб реалізовано партнерство державної структури DLR з двома приватними фірмами.

Система TanDEM зорієнтована на створення цифрової моделі всієї поверхні Землі за три етапи.

Етап 1 (2010) передбачає повне охоплення Землі з базової лінії 300 м, точність побудови ЦМР невисока.

Етап 2 (2011), покриття Землі з базової лінії 500 м, точність побудови ЦМР по висоті 10 м, комірка ЦМР 12x12 м, точність визначення взаємного положення точок по висоті 2–4 м.

Етап 3 (2012), точність побудови ЦМР для рівнинних районів 2 м, для гірських 4 м.

Істотною перевагою методу диференційної інтерферометрії порівняно з іншими високоточними (наприклад, GPS) є те, що досліджується вся площа об'єкта, а не окремі точки чи лінії. В літературі описано приклади такого високоточного моніторингу. Визначено, що деформація по висоті будинку Конгресового центру в Лас-Вегасі (США) становить 1,55 см; в цих дослідженнях використано дані знімання з апарата TerraSAR-X.

В іншому прикладі наведено дані про те, що просідання території на одному з калійних родовищ у Росії сягає 4–5 мм на місяць. Радарна інтерферометрія з використанням TerraSAR дало змогу вести моніторинг цього небезпечного процесу та сприяти прийняттю оптимальних управлінських рішень.

Отже, космічні знімальні системи та радарні методи сягнули метрової просторової роздільної здатності та сантиметрової точності визначення деформації поверхонь та об'єктів. Це свідчить про великі перспективи радарграмметрії у майбутньому.

Програмні засоби в цифровій фотограмметрії та ДЗ

Фотограмметричне опрацювання цифрових образів виконується на цифрових фотограмметричних станціях (ЦФС), яких вже є кілька десятків. Найпоширенішою в Україні є ЦФС “Дельта”, створена фірмою “Геосистема” (Вінниця).

Серед інших відомих розробок – “Photomod” (Росія), LPS (Швейцарія), INTERGRAPH (США–Німеччина), DEPHOS (Польща) та інші. Всі вони зорієнтовані на розв'язання таких основних задач:

- створення топографічних і тематичних карт і планів;

- побудова мереж аеротріангуляції в автоматичному режимі;
- побудова цифрових моделей рельєфу в автоматичному режимі;
- побудова цифрових моделей об'єктів та цифрових моделей покриття території;
- створення цифрових ортофотопланів та карт.

На сучасному етапі розвитку цього напрямку спостерігається нарощування комп'ютерних потужностей (об'єм пам'яті, швидкодія) та розширення можливостей опрацювання зображень різного фізичного походження (цифрові знімки, лазерне сканування, радарні образи тощо).

Серед виробників програмного забезпечення для опрацювання даних ДЗ – відомі фірми ESRI, Leica, PCI Geomatics, ITT VIS, BAE Systems, ИТЦ “Сканэкс” та ряд інших. Більшість програмних комплексів дають змогу опрацювати панхроматичні та багатоспектральні зображення, радіолокаційні образи, зокрема дані інтерферометрії. У програмах використано найновіші підходи до опрацювання великих масивів даних. Наприклад, у модулі ScanMagic програмного комплексу від ИТЦ “Сканэкс” реалізовано “підкачування на льоту” космічних зображень та режим on-the-fly processing (обробка образів на льоту), що значно прискорює опрацювання зображень.

Важливою рисою є інтеграція опрацьованих даних ДЗ з геоінформаційними системами. Прикладами можуть слугувати комплекс ENVI (фірма ITT) та нова версія програмного комплексу ERDAS, до якого входить модуль ERDAS APOLLO. Автори стверджують, що ERDAS “стирає межі між поняттями ГІС, фотограмметрії та дистанційного зондування”. Цей модуль забезпечує одну геопросторову платформу, з якої здійснюється управління та обслуговування великих масивів даних. Подібне рішення використане у розробках фірми BentleySystems (модуль Bentley Geo Web Publisher).

Організаційні та фінансові аспекти

Загальновідомо, що ефективність і доцільність аерокосмічних методів є реальними тоді, коли досліджувана територія за площею є значною або ж вона недовсяжна для контактних способів.

Використання цифрової фотограмметрії (на основі опрацьованих зображень, отриманих з повітряних носіїв) пов'язано з певними перешкодами, здебільшого правового та фінансового характеру. Зарахуємо до них найхарактерніші для нашого середовища.

1. Знімальні системи повітряного середовища (цифрові, лідари, радіолокаційні, гіперспектральні) є доволі дорогими, тому вони майже недоступні для малих та середніх фірм.

2. Такі системи необхідно встановлювати на літаках з певними технічними характеристиками. Доволі часто їх не можна допустити до експлуатації в нашій країні, потрібна процедура сертифікування державними уповноваженими органами. На це витрачається ба-

гато часу, доводиться героїчно долати бюрократичні перешкоди.

3. У деяких країнах на основі чинного законодавства до знімальних робіт її території не допускаються закордонні фірми та літаки (вертольоти). В таких умовах оренда літаків з-за кордону неможлива, так само як і залучення закордонної фірми для підрядних аерознімальних робіт.

4. Для якісного виконання аерознімальних робіт потрібні високкокваліфіковані пілоти і технічні працівники з певним досвідом, а на їх підготовку потрібен невеликий час.

Оптимістичним видається застосування фотограмметрії в нашій державі, оскільки маємо власні розробки цифрових аерокамер, цифрові фотограмметричні станції (фірма "Геосистема", Вінниця), використовуються ЦФС інших фірм, зокрема від Leica. Ми маємо досвідчених інженерів-фотограмметристів та операторів ЦФС, які працюють практично в усіх областях України, у складі державних та недержавних підприємств та фірм.

Використання космічних зображень теж пов'язано з певними перешкодами, передусім організаційного та фінансового характеру. До них зарахуємо такі.

1. Більшість власників космічних зображень хоче продавати не "сирі" знімки, а кінцеву продукцію (наприклад, ортофотокарти); останні за ціною значно перевищують неопрацьовані зображення.

2. Часто власники космічних зображень не бажають разом зі знімками продавати інформацію про них: параметри знімальної системи, параметри орбіти, значення коефіцієнтів поліноміальних трансформацій тощо, а це ускладнює користувачеві їх використання.

3. Замовити знімання з тими параметрами, які потрібні клієнтові, важко або й неможливо: супутники належать компаніям-операторам, які передовсім виконують те, що їм вигідно.

4. Не завжди в наших умовах можна замовити зображення (навіть архівні), отримані знімальними системами надвисокої роздільної здатності.

5. Створення потужних сучасних станцій з приймання космічної інформації вимагає величезних фінансових затрат. Немалі кошти потрібні на експлуатацію таких станцій, а окупність їх в короткі чи тривалі терміни є сумнівною.

6. Доволі складною поки що є ситуація з придбанням даних з радарних космічних апаратів, хоча цей ринок послуг неспинно розвиватиметься.

Позитивним аспектом у сфері дистанційного зондування в наших умовах є наявність кваліфікованих науковців та практиків, які мають великий досвід в організації науково-прикладних досліджень та у практичному використанні космічних зображень. До них належать передусім Державне науково-виробниче підприємство "Природа", інститути Національної академії наук, деякі університети та приватні фірми. Всіх їх важко перелічити.

Висновки

Цифрова фотограмметрія поповнилась своїми "сестрами": лідарграмметриєю та радарграмметри-

єю. Технічні засоби знімання поверхні Землі й надалі вдосконалюватимуться, і цьому сприяє як загальний науково-технічний прогрес, так і жорстка конкуренція між фірмами-виробниками. Ці тенденції стосуються і програмного забезпечення.

У цифровій фотограмметрії зберігатиметься тренд до зменшення частки ручної роботи операторів на ЦФС, до збільшення обсягів робіт і технологічних операцій в автоматичному режимі. Найболючішим і невирішеним питанням залишається автоматичне дешифрування аерокосмічних зображень, де роль і досвід людини поки що домінують.

Космічне знімання є серйозним конкурентним засобом знімання земної поверхні порівняно з аерозніманням. Створені й проєктовані для військових цілей космічні системи надвисокої роздільної здатності все частіше використовуватимуть у цивільних справах (т. зв. системи подвійного призначення). Зростатимуть обсяги запусків космічних апаратів невеликої маси, що здешевить виведення на орбіту апаратури для ДЗ. Триватиме пошук наукових і технічних розв'язань задач фотограмметрії та ДЗ із застосуванням нових видів апаратури, з використанням різних спектрів електромагнітного випромінювання. Передовсім це стосується гіперспектральних та радіолокаційних інтерферометричних систем.

Можна очікувати появи нових програмних систем з високим інтелектуальним рівнем, які сприятимуть повній автоматизації опрацювання інформаційних потоків різного походження, насамперед цифрових образів.

На нашу думку, в наступному десятилітті ми будемо учасниками використання нових рішень на базі досягнень космічної та обчислювальної техніки, лазерних та радіотехнічних систем, мікроелектроніки, глобальних інформаційних і телекомунікаційних систем.

Література

1. Бурштинська Х.В. Аерокосмічні знімальні системи / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 292 с.
2. Дорожинський О.Л. Фотограмметрія / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. – 332 с.

Фотограмметрія та дистанційне зондування: актуальний стан і тенденції вдосконалення

О. Дорожинський

Описано основні зміни та перспективи розвитку знімальних систем повітряного та космічного базування, технологій опрацювання образів та програмного забезпечення в цифровій фотограмметрії та дистанційному зондуванні (ДЗЗ). Зосереджено увагу на перспективних напрямках: лідарграмметрії та радарграмметрії. Вказано на основні перешкоди організаційного та правового змісту, що обмежують поширення фотограмметрії та ДЗ.

Фотограмметрия и дистанционное зондирование: современное состояние и тенденции усовершенствования
О. Дорожинский

Описаны основные изменения и перспективы развития съемочных систем воздушного и космического базирования, технологий обработки образов и программного обеспечения в цифровой фотограмметрии и дистанционном зондировании (ДЗ). Значительное внимание уделено перспективным направлениям – лидарграмметрии и радарграмметрии. Указано на основные препятствия организационного и правового содержания, которые влияют на широкое использование фотограмметрии и ДЗ.

Photogrammetry and remote sensing: modern situation and improvement tendencies
O. Dorozhynskyy

The main changes and development perspectives of air-based and space-based camera systems, technologies of image processing and software for digital photogrammetry and remote sensing are described in the paper. Considerable attention was paid to perspective directions: lidargrammetry and radargrammetry. The main obstacles of organizational and legal content influencing on widespread application of photogrammetry and remote sensing are pointed.

Геодезія, картографія

Фахові видання з геодезії



vlp.com.ua



За ред. П. П. Ткачука та І. С. Тревого
ВІЙСЬКОВА ТОПОГРАФІЯ
Підручник. 2011- 416 с.
ISBN 978-617-607-026-9

Затвердило МоН України



Перович Л. М., Губар Ю. П.
ОЦІНКА НЕРУХОМОСТІ
Навчальний посібник. - 2010. 296 с.
ISBN 978-966-553-983-4

Затвердило МоН України



Дорожинський О. Л., Тукай Р.
ФОТОГРАМЕТРІЯ
Підручник. - 2008. 332 с.
ISBN 978-966-553-688-8

Затвердило МоН України

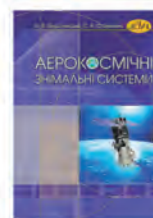


Островський А.Л., Мороз О.І.,
Тартачинська З.Р., Гарасимчук І.Ф.
ГЕОДЕЗІЯ. ЧАСТИНА I. ТОПОГРАФІЯ
Навчальний посібник. - 2011 - 440 с.
ISBN 978-617-607-081-8



Островський А. Л., Мороз О. І.,
Тарнавський В. Л.
ГЕОДЕЗІЯ
Підручник. - 2008. - 564 с.
ISBN: 978-966-553-820-2

Затвердило МоН України



Бурштинська Х. В.,
Станкевич С. А.
АЕРОКОСМІЧНІ ЗНІМАЛЬНІ СИСТЕМИ
Навчальний посібник. - 2010, 292 с.
ISBS 978-966-553-951-3

Затвердило МоН України



Заблоцький Ф. Д., Заблоцька О. Ф.
АНГЛІЙСЬКО-УКРАЇНСЬКИЙ ГЕОДЕЗИЧНИЙ СЛОВНИК
Словник. - 2010. 360 с.
ISBN 978-966-553-864-6

Затвердило МоН України



Тревого І. С., Шевченко Т. Г.,
Мороз О. І.
ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ. ПРАКТИКУМ
Навчальний посібник. - 2010. 236 с.
ISBN 978-966-553-906-3

Затвердило МоН України

КНИГИ МОЖНА ЗАМОВИТИ ЗА АДРЕСОЮ:

вул. Ф. Колесси, 2, корп. 23А, м. Львів, 79000, тел. (032) 258-21-46, факс (032) 258-21-36, ел. пошта: vnr@vlp.com.ua