

УДК 528.852

А.О. Подорожняк, Р.М. Гриб, Р.А. Москаленко

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

АНАЛІЗ ФОРМАТІВ ДАНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Приведений опис сучасних супутникових систем дистанційного зондування та сучасні вимоги до отриманих даних систем дистанційного зондування землі високої роздільної здатності, обґрунтований об'єм отримуваних в процесі зондування даних, описані рівні обробки матеріалів дистанційного зондування землі. Проведений аналіз найбільш часто використовуваних при тематичному аналізі форматів даних дистанційного зондування. Зроблено висновок, що оптимальними форматами на сьогодні будуть векторні формати даних. Запропоновані заходи по вдосконаленню використовуваних форматів.

Ключові слова: формат даних, дані дистанційного зондування землі, векторний формат.

Вступ

Застосування космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) визначене в космічних програмах технологічно розвинених країн. Розвиток космічної техніки дозволив ефективно вирішувати завдання моніторингу, дистанційного контролю і передачі інформації за допомогою космічних апаратів (КА). Рішення цих завдань, як правило, забезпечується глобальністю огляду (зони обслуговування), що досягається виведенням в космічний простір цілих супутникових систем-угруповань КА, погоджено що рухаються по певних орбітах і здійснюють збір, обробку і передачу інформації споживачам.

Сучасні вимоги, що пред'являються до даних ДЗЗ високої роздільної здатності: просторова роздільна здатність не нижча 1 м в панхроматичному режимі; радіометрична роздільна здатність не менша 11 біт на піксель в панхроматичному режимі; наявність 4 спектральних каналів, у тому числі одного інфрачервоного; можливість отримання стереозображень; періодичність отримання даних на одну і ту ж територію земної поверхні 1-5 днів у залежності від широти, можливість отримання «перспективної» зйомки з відхиленням від надира до 45°; висока оперативність початку зйомки – впродовж 1 дня з моменту розміщення замовлення; простота обробки – замовник отримує дані, готові для використання в проєктах; великий архів – мільйони отриманих знімків.

Аналізу форматів цих систем дистанційного зондування Землі і присвячена ця робота.

Основний матеріал

Загальне уявлення про види і кількість функціонуючих супутників ДЗЗ дають наведені нижче табл. 1 і 2 [1, 2].

За наведеними характеристиками можна оцінити об'єм одного панхроматичного знімка ДЗЗ, беру-

чи його квадратним за формулою [3]:

$$I = \frac{Ш \cdot Ш}{ПР} \cdot 2^N,$$

де I – об'єм знімка, біт;

$Ш$ – ширина смуги знімання, м;

$ПР$ – просторова роздільність, м;

N – радіометрична роздільність, біт на піксель.

Шляхом нескладних підрахунків (знаючи, що в FORMOSAT-2 та SPOT-5 використовується радіометрична роздільна здатність 8 біт на піксель) визначаємо, що кадр для FORMOSAT-2 буде складати більш 40 Гбіт, а для SPOT-5 – більш 300 Гбіт.

Наведена у табл. 1 й табл. 2 інформація показує, що об'єм отримуваних даних з КА ДЗЗ високої роздільності, з кожним роком стрімко збільшується.

Розглянемо особливості супутникових даних, що впливають на організацію їх зберігання і забезпечення до них оперативного доступу. До таких, в першу чергу, відноситься їх великий об'єм. Так, наприклад, об'єм даних, отриманих за один сеанс, може складати десятки та сотні гігабайт. Хоча при сучасних можливостях обчислювальної техніки робота з даними таких об'ємів не викликає великих складнощів, наявні сьогодні глобальні комп'ютерні мережі в переважній більшості випадків не дозволяють оперативно передати такий об'єм даних усім користувачам.

Іншою характерною особливістю супутникових даних є різноманітність форматів представлення цих різних супутникових систем. І, хоча нині розроблені досить універсальні формати зберігання супутникових даних, на практиці, навіть при використанні цих форматів, робота з різними типами даних ускладнює технологію їх обробки. В результаті для використання конкретних типів даних потрібні спеціалізовані модулі для роботи з такими даними.

Обробка даних дистанційного зондування за міжнародними стандартами включає такі рівні [4–6].

Таблиця 1

Класифікація КА ДЗЗ по просторовій роздільності(ПР) і засобах

| № | Класифікація по ПРЗ | | ПР, м | Кількість КА ДЗЗ | | | Тематичні задачі |
|----------------|------------------------|-----------------------------------|------------|------------------|-----|------------|--|
| | Група КА ДЗЗ | Підгрупа КА ДЗЗ | | По засобах | | Всього | |
| | | | | ОЕС | РСА | | |
| 1. | Надвисокої здатності | – | Менше 0,5 | 12 | – | 12 | Ведення земельного кадастру, створення і оновлення карт і планів великого масштабу, створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР) високої точності; високоточне спостереження за станом інфраструктурних мереж (трубопроводів, транспортних, енергетичних і телекомунікацій) земельне і міське (муніципальне) територіальне планування; тонкий моніторинг стану посівів і лісів; контроль використання природних ресурсів і землекористування, оцінка наслідків стихійних лих; розвідка |
| 2. | Високої роздільності | Дуже високої роздільності | 0,5-1 | 16 | 15 | 31 | |
| | | Високої роздільності | 1-3 | 10 | 2 | 12 | |
| | | Відносно високої роздільності | 5-10 | 15 | 3 | 18 | |
| | По групі | | 0,5-10 | 41 | 20 | 61 | |
| 3. | Середньої роздільності | Близького до високої роздільності | 10-20 | 6 | – | 6 | Моніторинг в сільському, лісовому, водному господарствах; геологічні, гідрологічні, гляціологічні, кліматологічні і ґрунтові дослідження, оцінка покривного і гірського обledenня, снігового покриву, стану океанів; моніторингу стану довкілля і надзвичайних ситуацій |
| | | Середньої роздільності | 20-50 | 13 | 2 | 15 | |
| | | По групі | 10-35 | 18 | 2 | 21 | |
| 4. | Низької роздільності | – | Більше 100 | 13 | - | 13 | |
| Всього: | | | | 85 | 22 | 107 | |

Таблиця 2

Характеристики діючих КА ДЗЗ високої просторової роздільності

| № | КА | Держава | Рік запуску | ПР, м | | | | |
|-----|---------------------------|----------------|-------------|-----------------------|-------|----------|----------|----------------------------|
| | | | | PAN | MS | MWIR/TIR | SAR | Ширина полоси знімання, км |
| 1. | YaoGan YW-7 (JianBing-9?) | Китай | 2009 | середня ПР (більше 1) | | | | |
| 2. | EROS-A | Ізраїль | 2000 | 1,8 | | | | 14 |
| 3. | FORMOSAT-2 | Тайвань | 2004 | 2 | 8 | | | 24 |
| 4. | THEOS | Тайланд | 2008 | 2 | 15 | | | 22, 90 |
| 5. | CBERS-2B | Бразилія - КНР | 2007 | 2,4 - 260 | 10 | 80, 160 | | 27, 113 |
| 6. | ALOS | Японія | 2006 | 2,5 | 10 | | 10 - 100 | до 70 |
| 7. | RazakSAT | Малайзія | 2009 | 2,5 | 5 | | | 20 |
| 8. | CARTOSAT-1 (IRS-P5) | Індія | 2005 | 2,5, два сканера | | | | 20 |
| 9. | DubaiSat-1 | ОАЕ | 2009 | 2,5 | 5 | | | 12 |
| 10. | TopSat | Великобританія | 2005 | 2,8 | 5,7 | | | 24 |
| 11. | SPOT-5 | Франція | 2002 | 2,5 – 5 | 10 | 20-1165 | | 60-120 |
| 12. | RADARSAT-2 | Канада | 2007 | 1,6 | 5,2 | 20 | до 3 | 20-100 |
| 13. | PECUPC-II | Росія | 2013 | 1-60 | 3-120 | | | 22-441 |
| 14. | LANDSAT 8 | США | 2013 | 15 | 30 | 100 | | 185 |

Рівень 0. «Сирі» дані, отримані датчиками знімальних камер в процесі зйомки, без яких або перетворень. Цей рівень є базовим для подальших рівнів обробки. Формат файлів зображень на цьому рівні стандартом не визначений і може бути форматом, визначеним компанією-оператором супутникової системи.

Рівень 1А. Включає тільки радіометричну корекцію спотворень, викликаних різницею в чутливості окремих датчиків знімальної системи. Надаються коефіцієнти абсолютного радіометричного калібрування.

Рівень 1В. Включає радіометричну корекцію рівня обробки 1А, а також геометричну корекцію систематичних помилок датчиків системи сканування (панорамні спотворення, спотворення викликані обертанням і кривизною Землі, коливаннями висоти

орбіти супутника). Застосовується абсолютне радіометричне калібрування.

Рівень 2А. Зображення приведені до стандартної географічної проекції без використання наземних опорних точок. Проектування зображення виконується на середню площину, або використовується глобальна цифрова модель рельєфу зі кроком на місцевості 1 км.

Рівень 2В. Зображення рівня 2А приведені до стандартної картографічної проекції з використанням наземних опорних точок. Проектування зображення виконується на середню площину, або використовується глобальна цифрова модель рельєфу з кроком на місцевості 1 км.

Рівень 3А. Зображення проектуються в задану картографічну проекцію шляхом ортотрансформу-

вання, з використанням моделі знімка, опорних наземних точок і моделі рельєфу місцевості. Отримані зображення є ортоскоригованими зі заданою точністю. Зображення, як правило, нарізаються на стандартні картографічні листи.

Рівень 3В передбачає об'єднання зображень рівня 3А в єдині безшовні растрові мозаїки, які накривають великі території.

Згідно зі стандартом України [7] необхідно використати такий набір рівнів обробки зображень ДЗЗ:

0 – рівень обробки даних ДЗЗ, змістом якого є формування вихідного зображення з первинних даних і доповнення його необхідними метаданими;

1 – рівень обробки зображень, змістом якого є виконання необхідних процедур геометричного і радіометричного коригування і просторової прив'язки за орбітальними даними;

2 – рівень обробки зображень, змістом якого є його просторова прив'язка з використанням назем-

них опорних точок;

3 – рівень обробки зображень, змістом якого є набуття значень дешифрувальних ознак або визначення фізичних параметрів об'єктів зондування;

4 – рівень обробки зображень, змістом якого є дешифрування зображень і складання опису.

Продукти ДЗЗ більш високих, ніж 2А, рівнів обробки, як правило, поширюються в загальнодоступних форматах зберігання (наприклад, GeoTIFF або формати систем обробки зображень – ERDAS, ENVI, PCI та ін.).

Це пояснюється тим, що у більшості випадків вони є картографічноприв'язаними зображеннями і для їх використання вже не потрібна специфічна інформація про модель руху космічного апарату у момент зйомки, його орієнтації, параметрах знімальної апаратури та ін.

Види основних використовуваних форматів і їх короткий опис наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Формати даних, що використовуються при обробці матеріалів ДЗЗ

| Назва формату | Область застосування | Короткий опис |
|---|--|--|
| AIXM (Aeronautical Information Exchange Model) | Модель обміну аеронавігаційною інформацією, розроблена для управління і розподілу аеронавігаційної інформації в цифровому виді між базами даних | – модель часового характеру, що включає оперативну поширювану інформацію про зміни в правилах проведення і забезпечення польотів і аеронавігаційної інформації; – уніфікований із стандартами ISO для геодезичної інформації; – враховує вимоги користувачів і ІКАО до аеронавігаційної інформації, включаючи перешкоди, процедури підходу і бази цих карт аеропортів. |
| DXF (Drawing eXchange Format) | Відкритий формат файлів для обміну графічною інформацією між застосунками систем автоматичного проектування. | – на сайті Autodesk є специфікації усіх версій DXF; – став де-факто одним з двох стандартів для векторних зображень у відкритих операційних системах і застосунках. |
| ECW (Enhanced Compression Wavelet) | Приватний формат файлів растрових зображень, оптимізований для зберігання аерофотознімків і космічних знімків, використовує wavelet-стискування з втратами даних | – дозволяє зберігати дані про систему координат зображення місцевості (картографічну проекцію тощо) безпосередньо в самому файлі зображення; – дозволяє отримати міру стискування с (втратами даних) від 1: 10 до 1: 100; – велика частина програмних продуктів, використовуваних в ДЗЗ підтримують цей формат. |
| GDF (Geographic Data Files) | Формат обміну географічними даними | – надає детальні правила для запису даних і їх представлення, а також має вичерпний каталог стандартних атрибутів і зв'язків; – використовується для обміну даними в персональній навігації, управлінні польотами, управлінні доставкою, аналізі і управлінні дорожнім рухом, автовизначенні місця розташування транспортних засобів; – є текстовим форматом і не призначений для безпосереднього використання в масштабних високопродуктивних системах. |
| GeoTIFF | Відкритий формат метаданих, що дозволяє включати інформацію про географічну прив'язку у файли TIFF | – може включати вид картографічної проекції, систему географічних координат, модель геоїда, датум і будь-яку іншу інформацію, необхідну для точного просторового орієнтування космічного знімка; – неспеціалізовані системи можуть ігнорувати теги, таким чином відображаючи лише картинку. |
| GPX (GPS eXchange Format) | Текстовий формат зберігання і обміну даними GPS, ґрунтований на XML. | – дозволяє зберігати інформацію про орієнтири (waypoints), маршрути (routes) і треки (tracklogs); – для кожної точки зберігаються її довгота і широта. XML-схема передбачає зберігання довільної призначеної для користувача інформації по кожній точці. |
| KML (Keyhole Markup Language) | Мова розмітки на основі XML для представлення тривимірних геопросторових даних в програмі «Google Планета Земля» | – дозволяє зберігати двовимірні карти місцевості з включеними тривимірними об'єктами; – для кожного об'єкта задаються основні геоінформаційні властивості (географічна широта і довгота, а також висота або над рівнем моря, або над рівнем поверхні Землі) і додаткові описи; – орієнтований на мережеве застосування. |
| MrSID (multiresolution seamless image database) | Використовується для стискування растрової графіки, використовуваної в ГІС, наприклад, для ортографічно скоригованого аерофотознімання | – дозволяють працювати з частинами аерофотознімків і супутникових фотографій без необхідності розпаковування цілого файлу; – використовується у багатьох пакетах обробки, включаючи мережеві технології. |

| Назва формату | Область застосування | Короткий опис |
|-----------------------------------|--|--|
| Shapefile | Векторний формат географічних файлів компанії Esri | – векторний формат для зберігання об'єктів, що описуються геометрією і супутніми атрибутами; – став де-факто стандартом для обміну даними між геоінформаційними системами; – у форматі відсутня можливість зберігання топологічної інформації. |
| SXF (Storage and eXchange Format) | Відкритий формат для зберігання цифрової інформації про місцевість, обміну даними між різними системами, створення цифрових і електронних карт і вирішення прикладних завдань. Використовується в ГІС "Панорама", а також ЗС РФ, ФСБ РФ | – векторний формат, що використовує бінарні шари з прив'язкою. У форматі SXF здійснюється створення і зберігання цифрової картографічної продукції підрозділами Росресстру, у тому числі цифрових навігаційних карт: – інформація зберігається у вигляді двійковоформованих метрик; – при великій кількості об'єктів обробка формату вимагає великих обчислювальних потужностей і часових затрат. Особливо складною в застосуванні може виявитися фільтроване відображення об'єктів; – надмірно реалізовано зберігання рядків (завершальний 0 для Unicode складає більше проблем). |

Таким чином, дані ДЗЗ є багатошаровою, різнорівневою структурою, в що загальному вигляді містять: декілька растрових зображень, отриманих в різних спектральних діапазонах або з різних початкових датчиків (оптоелектронних, радіометричних і радіолокаційних); векторні тематичні описи, прив'язані до початкових зображень; метадані, що описують умови зйомки початкових зображень і додаткову інформацію по об'єктах тематичної обробки, що знаходяться на знімках. Графічно вищесказане може бути відображене у вигляді рис. 1. Ці дані, як правило, можуть поступати, оброблятися, передаватися і зберігатися в різних форматах. Передача в певному форматі не має на увазі збереження і каталогізацію файлів в такому ж форматі. У загальному випадку зберігання робиться в спеціалізованих базах даних, спроектованих під профіль конкретної організації, що вирішує визначені задачі.

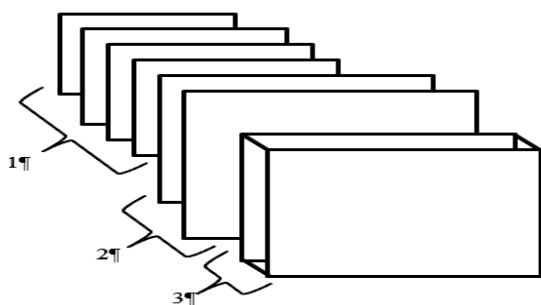


Рис. 1. Структура даних ДЗЗ:

- 1 – растрові зображення від різних датчиків в різних спектральних діапазонах;
- 2 – векторні тематичні дані; 3 – метадані

Прийняту з супутника інформацію у більшості випадків зберігають в архівах для подальшого використання (виключенням може бути оперативний моніторинг, коли цінність мають тільки «свіжі» зображення). При цьому розрізняють архівацію, тобто розміщення даних в архіві на певних носіях, і каталогізацію – створення каталогу метаданих (атрибутив), що описують архівовані зображення. Каталогізація дозволяє надалі організувати пошук і вибірку з

архіву інформації, що цікавить, наприклад, зображень по географічних координатах.

При ухваленні рішення про рівень обробки даних, що поміщаються в архів, найбільш значимими виступають наступні положення:

1) чим нижчий рівень обробки даних, тим менше ймовірності виникнення помилок; при необхідності можна міняти алгоритми обробки; можливі максимальна автоматизація процесу і скорочення часу обробки, а також економія місця, оскільки часто дані низького рівня обробки мають найбільш компактну структуру;

2) повинна зберігатися цілісність даних, що архівуються, тобто дуже бажано не піддавати їх нарізці на невеликі сюжети; якщо ж це необхідно для каталогізації, то нарізка може бути виконана віртуально. Для таких оптимізацій раціонально застосовувати індексацию.

Зарубіжні національні і міжнародні органи стандартизації активно опрацьовують термінологічні і призначені для користувача питання даних ДЗЗ. Так в Україні прийнятий національний стандарт [8], що включає 52 терміни. Різні міжнародні організації в області ДЗЗ, документи яких носять рекомендаційний характер, також розробляють термінологічні стандарти і формати даних ДЗЗ: Відкритий консорціум по геоінформаційних технологіях Open GIS (Open GIS Consortium Inc.), Міжнародний комітет з ДЗЗ CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) [9, 10], Міжнародне суспільство по дистанційному зондуванню і фотограмметрії ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing).

Перед світовою спільнотою очевидною стала проблема необхідності підтримки безлічі форматів найбільш потужними системами. При цьому сумісність форматів між собою і доцільність їх застосування для реалізації спеціальних утиліт конвертації викликає великі сумніви.

Результатом, безумовно, виявиться втрата певних накопичених баз даних, що підтримують непопулярні на сьогодні формати. Проте, уніфікація дуже важлива для майбутнього ДЗЗ.

Найбільш важливими моментами при розробці і введенні в експлуатацію систем попередньої обробки даних ДЗЗ представляються: стандартизація процесів обробки і форматів представлення даних, підвищення швидкодії програмних комплексів і автоматизація обробки. Для цього пропонується зробити уніфікацію форматів даних на всіх стадіях обробки даних дистанційного зондування Землі. В цьому випадку забезпечується спрощення розробки нових програмно-технічних засобів обробки отриманих даних.

Пропонується забезпечити можливість стискування початкових даних без втрат інформації і можливість стискування з великим коефіцієнтом і керуванням параметром зменшення якості отриманих зображень.

Висновки

Приведений опис сучасних супутникових систем дистанційного зондування та сучасні вимоги до отриманих даних систем дистанційного зондування землі високої роздільної здатності, обґрунтований об'єм отримуваних в процесі зондування даних, описані рівні обробки матеріалів дистанційного зондування землі.

Проведений аналіз найбільш часто використовуваних при тематичному аналізі форматів даних дистанційного зондування. Зроблено висновок, що оптимальними форматами на сьогодні будуть векторні формати даних. Запропоновані заходи по вдосконаленню використовуваних форматів.

Список літератури

1. Лимаренко В.В. Стан і тенденції розвитку ДЗЗ з космосу. Аналітичний огляд 05.2010 / В.В. Лимаренко [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nkau.gov.ua/nsau/newsnsau.nsf/PublicationU/oglyad_DZZ_part1.doc.

2. Козелкова Е.С. Методика повышения качества моделирования многоспутниковой низкоорбитальной экологической системы дистанционного зондирования Земли / Е.С. Козелкова. – К.: НАОУ, 2006. – 124 с.

3. Podorozhniak A.O. Earth Remote Sensing Data Formats in the Infotelecommunication Systems / A.O. Podorozhniak // Proceedings of the International Conference "Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science" (TCSET 2014). – Lviv-Slavske, Ukraine : proc. – Lviv, 2014. – P. 781.

4. Стандартные уровни обработки материалов космической съемки / [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.alos-satellite.ru/details.html>.

5. Федоткин Д.И. Технологии предварительной обработки данных ДЗЗ: опыт ИТЦ «СканЭкс» в создании программного обеспечения и организации обработки данных в составе приемных комплексов / Д.И. Федоткин // Данные дистанционного зондирования, № 1, 2006 С.40-43.

6. Поздняков В.А. Методика обработки данных космической съемки на основе базы данных планово-высотного положения пунктов геофизических наблюдений / В.А. Поздняков, С.С. Худяков // Геофизика (Технологии сейсморазведки). – 2009. – №3. – С. 83-86.

7. ДСТУ 4758:2007. Дистанційне зондування Землі з космосу. Обробка даних. Терміни та визначення понять. – [Чинний від 01.10.07]. – К.: Держстандарт України, 2007. – 20 с.

8. ДСТУ 4220:2003. Дистанційне зондування Землі з космосу. Терміни та визначення понять. – [Чинний від 01.10.04]. – К.: Держстандарт України, 2004. – 22 с.

9. CEOS ICF – Baseband Data Archive Interchange Format Description issue 1 revision 0 2002/08/11 (CEOS-WGISS-ICF-FS-01) – 2002, Committee on Earth Observation Satellite (CEOS) Data Subgroup.

10. CEOS WGD on Synthetic Aperture Radar Data Product Format Standards issue 2 revision 1989/02/10 (CEOS-SAR-CCT) – 1989, Committee on Earth Observation Satellite (CEOS) Data Subgroup.

Надійшла до редколегії 20.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.В. Бараннік, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ФОРМАТОВ ДАННЫХ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А.А. Подорожняк, Р.М. Грыб, Р.А. Москаленко

Приведены описание современных спутниковых систем дистанционного зондирования и современные требования к полученным данным систем дистанционного зондирования земли высокого разрешения, обоснован объем получаемых в процессе зондирования данных, описаны уровни обработки материалов дистанционного зондирования земли. Проведен анализ наиболее часто используемых при тематическом анализе форматов данных дистанционного зондирования. Сделан вывод, что оптимальными форматами сегодня будут векторные форматы данных. Предложены меры по совершенствованию используемых форматов.

Ключевые слова: формат данных, данные дистанционного зондирования земли, векторный формат.

ANALYSIS OF DATA FORMATS OF EARTH REMOTE SENSING

A.O. Podorozhniak, R.M. Gryb, R.A. Moskalenko

Description of the modern satellite systems of the remote sensing is resulted, the modern requirements to the received data of remote sensing high resolution are formulated, a volume of remote sensing information is grounded, the treatment levels of materials of the remote sensing of the Earth are described. An analysis of the most often in-use at a thematic analysis layouts of remote sensing data is conducted. Conclusion is drawn that the best format today will be vector data formats. Measures are offered on perfection of in-use formats.

Keywords: data format, earth remote sensing information, vector format.