

УДК 621.396

І.А. Кухарський

В/ч А0515

## МОЖЛИВОСТІ СИНТЕЗУ СИСТЕМИ АРХІВАЦІЇ АЕРОКОСМІЧНИХ ДАНИХ ЯК СКЛАДНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

*Створення і розвиток космічних засобів і технологій дистанційного зондування Землі є одним з найважливіших напрямів застосування аерокосмічної техніки для соціально-економічної, військової і наукової сфер. Великий обсяг аерокосмічної інформації, що отримується за допомогою систем дистанційного зондування, вимагає створення перспективних систем архівації таких даних. У цій статті запропонована принципова схема автоматизованої системи архівації аерокосмічних даних та проведений аналіз методів її синтезу.*

*автоматизована система архівації аерокосмічних даних, методів синтезу, складна динамічна система*

### Вступ

**Постановка проблеми.** За останні декілька десятиліть використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в різних сферах життєдіяльності суспільства набуло широкого характеру. Найбільш інформативним методом для вирішення завдань дистанційного дослідження поверхні Землі є використання і тематичний аналіз аерокосмічних зображень. Отримані зображення, звичайно, мають великі об'єми, що ускладнює процеси обробки та їх зберігання, а також виникає завдання щодо пошуку необхідного зображення з масиву даних. Отже набуває актуальності питання щодо створення перспективної системи архівації аерокосмічних даних.

**Аналіз літератури.** Задача зберігання та архівації накопичених масивів аерокосмічної інформації є актуальною з огляду на процеси збільшення кількості джерел отримання аерокосмічної інформації (комерційні структури, державні підприємства тощо) та із збільшенням технічних засобів отримання аерокосмічної інформації.

Якщо проаналізувати досвід створення закордонних архівів аерокосмічних зображень, то можна відмітити, що більшість з них працюють через мережу Internet і створені на основі сучасних баз даних.

При цьому можна виділити основні принципи каталогізації інформації: надання споживачу критеріїв пошуку аерокосмічної інформації; надання послуги отримання зображення. Інформація про програмну реалізацію функцій архівації даних, застосування носіїв даних для довгострокового зберігання інформації і т.п. практично не надається.

Нижче розглянуті деякі закордонні сайти з надання архівних даних космічної зйомки:

1. [www.image.com](http://www.image.com) – надає архівні зображення з космічного апарата (КА) IRS і Ikonos [1]. Пошук даних на сайті здійснюється таким чином: введення споживачем координат району спостереження; – задання споживачем послідовності «регіон» (наприклад, Східна Європа) - «населений пункт»).

2. [www.ntsomz.ru](http://www.ntsomz.ru) – науковий центр оперативного моніторингу Землі – Росавіакосмос [2].

Надає зображення, отримані з КА: "Ресурс 01" № 2, 3, 4 (прилади - МСУ-Е, МСУ-СК); "Про" (прилади - РЛС БО, МСУ-СК, 3); "Метеор 3М" № 1 (прилад МСУ-ЕУ і МСУ-СМ).

Система обробки і архівації даних ДЗЗ забезпечує виділення з файлу-потоків даних щодо апаратури КА, рівень обробки, контроль якості інформації, ведення оперативного архіву, ведення електронного каталогу даних ДЗЗ, пошук і виділення оперативних та ретроспективних (з довгострокового зберігання) даних з архівів за запитом споживачів, формування вихідних інформаційних продуктів.

При виконанні заявок споживачів на оперативну інформацію відбір даних здійснюється з оперативного архіву. Споживач отримує ретроспективну інформацію з довгострокового архіву - архіву тривалого зберігання.

Оперативний архів розміщується на сервері підсистеми архівації. Інформація в архіві зберігається у формі вихідних файлів потоків із заголовком. До файлів даних, що зберігаються на сервері, мають доступ робочі станції, що забезпечують технологічні операції з архівації зображень.

Споживачу інформації в мережі Internet надається доступ до електронного каталогу даних, пошук інформації здійснюється за схемою: «тип КА» – «прилад зйомки» – «координати району спостереження» – «дата або період спостереження».

Після введення інформації на екран монітора виводяться позначені на карті наявні в архіві сцени за даним запитом і "загрублені" зображення (quick-look) кожної сцени з короткою анотацією (спутник; прилад; дата, виток і час зйомки; % хмарності на знімку; географічні координати району зйомки).

3. [www.scanex.ru](http://www.scanex.ru) – інженерно-технологічний центр (ІТЦ) Сканекс [3].

Інженерно-технологічний центр Сканекс займається поширенням даних ДЗЗ із внутрішніх архівів центру, а також робить послуги з підбору і надання супутникових даних провідних світових космічних програм. У даний момент ІТЦ Сканекс пропонує сервіс з надання даних, отриманих із супутників: IRS-; Landsat-4, 5, 7; Terra (радіометри ASTER і MODIS); RADARSAT-1; Ресурс-01-3(4).

Доступ споживачів до електронного каталогу в мережі Internet організований за схемою: "спутник – прилад – координати району спостереження". За запитом на екран монітора виводяться "загрублені" зображення (quick-look) з короткою анотацією.

4. [www.geolirk.ru](http://www.geolirk.ru) – архів даних ДЗЗ Байкальського регіонального інформаційно-космічного центру (БРІКЦ) [4].

Архів даних ДЗЗ БРІКЦ надає споживачам дані ДЗЗ, що одержані з супутника IRS-1C/1D (прилади PAN і LISS-III). Пошук даних на сайті здійснюється таким чином:

– на екран монітора виводиться календар на рік з оцінкою, на які дати є знімки;

– за запитом на монітор виводяться "загрублені" зображення (quick-look) з короткою анотацією.

5. [www.dzz.ru](http://www.dzz.ru) – південний регіональний інформаційно-аналітичний центр м. Ростов-на-Дону [5].

Південний регіональний інформаційно-аналітичний центр забезпечує споживачів даними ДЗЗ, що отримані з супутників "Terra" (радіометр MODIS) і "Океан-О" (прилад МСУ-СК). Пошук інформації здійснюється за координатами району спостереження.

**Мета статті** – розробка принципової схеми автоматизованої системи архівації аерокосмічних даних та аналіз методів її синтезу.

## Постановка задачі і викладення матеріалів дослідження

Актуальність створення систем архівації аерокосмічних зображень визначається такими факторами:

– створенням вітчизняних і україно-російських космічних систем ДЗЗ;

– інтеграцією України в європейські космічні системи ДЗЗ;

– технічними можливостями наземних інфраструктур прийому інформації ДЗЗ України від закордонних КА;

– програмно-технічними, науково-методичними можливостями обробки космічних зображень і наданням цільової інформації державним структурам різного рівня, міністерствам і відомствам для їх практичної діяльності;

– створенням у рамках Космічної програми України різних систем моніторингу навколишнього середовища, що базуються в основному на обробці космічних зображень, одержуваних від вітчизняних і закордонних КА ДЗЗ.

Крім того, в Україні вже розроблена концепція створення в НКАУ електронного архіву даних ДЗЗ, в основу побудови якої закладені такі принципи [6]:

– до архіву поміщаються всі дані ДЗЗ, що приймаються від космічних апаратів, оброблені до рівня 1В (прив'язка за орбітальними даними, радіометрична і геометрична корекція за паспортними даними знімальних систем);

– всі дані ДЗЗ, що зберігаються в архіві, супроводжуються анотаційними даними (метаданими);

– для швидкого пошуку створюється електронний каталог, до якого поміщається інформація про всі дані, що зберігаються в архіві;

– до електронного каталогу надається доступ віддалених споживачів по мережі Internet для пошуку необхідних даних;

– межі знайдених за запитом користувача районів відображаються на фоні ділянки карти;

– за запитом споживачів видається «стисле зображення» (quick-look) вибраного району з короткою анотацією;

– забезпечується прийом заявок від споживачів на пошук і отримання даних ДЗЗ з архіву, у тому числі і по мережі Internet;

– обробка даних ДЗЗ до рівня, заявленого споживачем;

– забезпечення споживачів довідковою інформацією, що надає характеристики КА, бортових приладів, рівнем обробки даних ДЗЗ, розцінками та ін.

Таким чином, областю застосування архівів аерокосмічних зображень є наземна інфраструктура аерокосмічних систем дистанційного зондування Землі.

### Принципова схема автоматизованої системи архівації супутникових даних

Основною задачею системи архівації є забезпечення доступу користувачів до архівів вихідних даних супутників ДЗЗ [7].

З огляду на те, що областю застосування архівів аерокосмічних зображень є наземна інфраструктура аерокосмічних систем дистанційного зондування Землі, до її складу будуть входити основні елементи такої інфраструктури.

На рис. 1 представлена принципова схема побудови автоматизованої системи архівації супутникових даних. Основним завданням станцій прийому інформації є отримання даних телеметрії та космічної зйомки з супутників та запис їх на оптичні диски. Сервер, який виконує функції диспетчера обробки і серверу архівації супутникових даних, виконує процедури архівації і видає завдання для станції обробки на підготовку даних для архівації. Станція обробки повинна проводити послідовне виконання таких операцій: географічна прив'язка отриманих зображень, виготовлення оглядового знімка, фрагментація сеансу за довжиною прольоту, виготовлення оглядових знімків фрагментів сеансу тощо. При цьому для кожного оглядового знімка повинен створюватись також файл анотації, що містить такі параметри даних, як дата і час зйомки, номер витка супутника, прилад тощо. Після цього результати обробки (у даному випадку оглядові знімки і файли анотації) мають передаватись назад на сервер. Станція споживачів супутникових даних призначена для формування запиту на отримання необхідної аерокосмічної інформації.

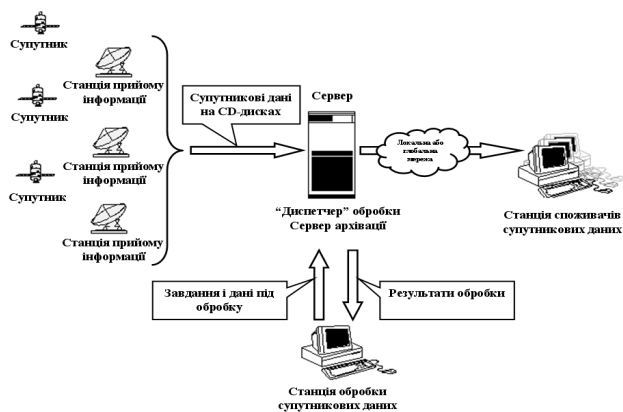


Рис. 1. Принципова схема автоматизованої системи архівації супутникових даних

Аналізуючи принципову схему автоматизованої системи архівації супутникових даних та принципи її роботи, необхідно відмітити, що система є складним комплексним об'єктом (складною динамічною системою), який складається з різних за своєю фізичною природою компонентів, що складно пов'язані між собою, і, крім того, має у своїй структурі людину-оператора.

Отже, виникає питання щодо вибору методу синтезу такої системи.

### Методи синтезу складних динамічних систем

Основним завданням синтезу складних динамічних систем є вибір обмеженої кількості найбільш значущих критеріїв для цілісного сприйняття такої системи в різних умовах її роботи [8].

У загальному випадку постановка багатокритеріальної задачі має такий вигляд [8]. Задана множина рішень  $\Gamma_x \subset E^n$ , яка складається з векторів  $\chi = \{\chi_i\}_{i=1}^n$   $n$ -вимірному евклідовому просторі.

Рішення приймається при зовнішніх впливах, що описуються вектором  $r$ , заданим на множині можливих факторів  $R$ . Ситуація, яка виникає при прийнятті багатокритеріального рішення в заданих умовах, характеризується декартовим добутком  $C = \Gamma_x \times R$ .

Якість рішення оцінюється за сукупністю суперечливих часткових критеріїв, що створюють  $s$ -вимірний вектор  $y(\chi) = \{y_k(\chi)\}_{k=1}^s \subset F$ , який визначений на множині  $\Gamma_x$ . Вираз  $y \subset F$  визначає, що вектор  $y$  належить класу  $F$  допустимих векторів ефективності. Вектор часткових критеріїв обмежений припустимою областю:  $y \in Y$ .

Вирішенням даної задачі є визначення такого  $\chi^* \in \Gamma_x$ , яке при заданих умовах, зв'язках і обмеженнях оптимізує вектор ефективності  $y(\chi)$ .

Для вирішення даної проблеми застосовують такі методи:

- методи структурного синтезу;
- методи параметричного синтезу;
- методи адаптації.

Розглянемо вищезазначені методи більш детально.

Методи структурного синтезу широко використовуються в задачах дослідження складних динамічних систем. Формальна модель векторної оптимізації для даних методів буде мати такий вигляд:

$$\chi^* = \arg \operatorname{opt}_{\chi \in \Gamma_x} P(\chi), \quad (1)$$

де  $\operatorname{opt} P$  – оператор оптимізації вектора втрат, відповідно прийнятій в заданій схемі компромісів і визначається як:

$$P(\chi) = \{y_k(\chi)\}_{k=1}^s. \quad (2)$$

Недоліком даних методів є те, що коефіцієнти критеріальної функції  $\chi$  призначаються колективом експертів. Експертні оцінки, як і взагалі методи, в основу яких покладені постулати, погано піддаються формалізації і більше страждають на суб'єктивізм [8]. Перевагою даних методів є те, що результат рішення задачі залежить від вибору норми в просторі оптимізуючих функціоналів. Переважно вибір квадратичної міри в евклідовому просторі функціоналів обумовлений тим, що в багатьох практичних задачах досягаються хороші результати, а також отриманням більш наглядної форми математичних викладень [9].

Методи параметричного синтезу застосовуються для дослідження складних динамічних систем, в яких присутня людина-оператор.

Формальна модель векторної оптимізації для даних методів буде мати такий вигляд:

$$\chi^* = \arg \min_{\chi \in \Gamma_x} \sum_{k=1}^s A_k (A_k - y_k(\chi))^{-1}, \quad (3)$$

де  $A_k$  – задані обмеження на часткові критерії.

Недоліком даних методів можна зазначити те, що вони потребують експериментальної процедури. Необхідно максимально використовувати реальну апаратуру й обладнання, а ланцюги, яких не вистачає, моделювати з найбільш повним збереженням особливостей динаміки в реальному масштабі часу, що потребує додаткових витрат. Чим ближче умови експерименту до натурних, тим вище достовірність результату. Крім того, суттєвим є питання щодо кількісного зв'язку між повнотою моделі та ступенем достовірності результатів на ній.

Методи структурного і параметричного синтезу застосовуються, коли під час роботи динамічних систем деякі зовнішні умови визначені. Методи адаптації застосовуються, коли вони невідомі, тобто існує невизначеність [10]. Під час застосування даних методів використовуються статистичні характеристики зовнішніх впливів.

Формальна модель векторної оптимізації для даних методів буде мати такий вигляд:

$$\chi^* = \arg \min_{\chi \in \Gamma_x} X_\Sigma, \quad (4)$$

де  $X_\Sigma$  – сумарна, за всіма обробками у фіксований час, оцінка за нелінійною схемою компромісів.

Перевагою методів адаптації є те, що складна система, синтезована за даними методами, яка враховує статистичний розкид, є оптимальною в статистичному сенсі. Недоліком зазначених методів є те, що роботу системи не можна оцінювати тільки за одним режимом, але якщо робота оцінюється за всією сукупністю можливих режимів з урахуванням статистичних характеристик зовнішніх впливів, то тоді синтез буде ефективним [8].

## Висновки

У статті проаналізовані основні тенденції розвитку, створення та функціонування систем архівації аерокосмічних даних та запропонована принципова схема такої системи.

Аналіз принципової схеми автоматизованої системи архівації аерокосмічних даних та принципи її роботи дозволяють зробити висновок щодо подібності системи складним динамічним системам, які складаються з різних за своєю фізичною природою компонентів та складно пов'язані між собою. Крім того, системи архівації аерокосмічних даних мають у своїй структурі людину-оператора, що накладає деякі обмеження на розробку та створення подібних систем.

Також визначені основні методи синтезу таких систем та наголошені умови й обмеження їх реалізації, які можуть бути ефективно використані під час вирішення задач дистанційного зондування Землі.

## Список літератури

1. *The image group* [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.image.com>.
2. *Научный центр опкративного мониторинга Земли* [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ntsomz.ru>.
3. *ИТЦ "Сканекс"* [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.scanex.ru>.
4. *Байкальский региональный информационно-космический центр* [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geolirk.ru>.
5. *Южный региональный информационно-космический центр* [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dzz.ru>.
6. *Махонин Е., Капустин Е. Концепция создания в НКАУ электронного архива данных дистанционного зондирования Земли из Космоса / «СПЕЙС-ИНФОРМ» № 48 (188), 7 – 13 декабря 2004 года.* [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spase.com.ua>.
7. *Андреев М.В., Ефремов В.Ю., Гостев М.В., Дмитриев Г.А., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Система оперативного удаленного доступа к архивам данных российских природоресурсных спутниковых систем. Препринт ИКИ РАН. Пр-2055. – М., 2002. – 42 с.*
8. *Воронин А.Н. Многокритериальный синтез динамических систем. – К.: Наук. думка, 1992. – 160 с.*
9. *Салуквадзе М.Е. Задачи векторной оптимизации в теории управления. – Тбилиси: Мецниереба, 1975. – 201 с.*
10. *Куржанский А.Б. Динамические задачи принятия решений в условиях неопределенности // Современное состояние теории исследования операций. – М.: Наука, 1979. – С. 197-235.*

Надійшла до редколегії 10.04.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, старший науковий співробітник Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.