

УДК 519.8:681.3

О.Б. Захаров

*Науково-методичний центр кадрової політики Міністерства оборони України, Київ*

## ЗАДАЧА УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ДАНИХ В РОЗПОДІЛЕНІЙ СИСТЕМІ ОБРОБКИ ВИДОВИХ МАТЕРІАЛІВ АЕРОКОСМІЧНОЇ РОЗВІДКИ

*Статтю присвячено постановці задачі управління потоками даних в розподіленій системі обробки видових матеріалів аерокосмічної розвідки. Метою дослідження є вибір моделі, яка описує переміщення потоків даних в розподіленій системі цифрової обробки та розробка алгоритму, який розподілить ці потоки даних з мінімальними витратами часу.*

**Ключові слова:** аерокосмічна розвідка, потоки даних, розподілена система обробки, дослідження операцій, імітаційне моделювання, логічне програмування, маршрутизатор, перепускна спроможність, швидкість передавання інформації.

### Вступ

#### Постановка проблеми та аналіз літератури.

Аерокосмічна розвідка є одним з найбільш емних, інформативних і оперативних джерел розвідувальних даних про об'єкти, місцевість, електромагнітний та радіаційний фоні [1].

Аерокосмічна розвідка є перспективним видом інформаційного забезпечення бойових дій у воєнний період і ефективним видом інформаційного забезпечення структур, відповідальних за національну безпеку в мирний час. Це обумовлено тим, що розвідувальні системи космічного базування перестали бути в розпорядженні тільки наддержав, що підтверджується політичним розширенням їх використання [2].

Виконання аерокосмічної розвідки заданих об'єктів містить наступні етапи: пошук, викриття та розпізнавання об'єктів, виявлення необхідних даних і передачу цих даних по радіоканалу на командні пункти, центри обробки інформації (ЦОІ) чи доставку на встановлений аеродром (аеродром базування) [3].

Основу аерокосмічної розвідки складають комплекси технічних і організаційних засобів, призначених для здобування, доставки, обробки і передачі розвідувальної інформації в зацікавлені органи військово-політичного керівництва, оперативного і тактичного командувань. Під засобами аерокосмічної розвідки розуміють як окремі зразки бортового розвідувального обладнання, наземні прилади обробки та дешифрування матеріалів аерокосмічної розвідки, так і бортові, наземні системи і комплекси, призначені для рішення окремих завдань розвідки.

Огляд джерел літератури і публікацій, досліджень фахівців [4 – 7] свідчить, що планування і результативне використання засобів аерокосмічної розвідки неможливо без науково обґрунтованих, гнучких і апробованих методів оцінки їх ефективності. Високий рівень розвитку математичних методів, радіотехніки, оптоелектроніки, інформатики забезпечує розробку відповідних моделей алгоритмів і прийняття оптимальних рішень про оцінку варіантів, що розглядаються.

На сучасному етапі розвитку бортові авіаційні комплекси видової аерокосмічної розвідки формують потоки даних значного обсягу.

З практичної точки зору слід відзначити, що управління потоками даних розподіленої системи обробки видових матеріалів аерокосмічної розвідки є однією з пріоритетних задач при плануванні та веденні аерокосмічної розвідки, а також при створенні та вдосконаленні відповідної інфраструктури в складі Збройних Сил (ЗС) України.

Потрібно мати на увазі, що зараз активно впроваджуються цифрові технології обробки аерокосмічних зображень. Як відомо, обробка інформації на фотографічних носіях здійснювалася в аналоговому вигляді та була не актуалізованою. З іншого боку, цифрові технології дуже гнучкі, вони дозволяють одержати дані в будь-якому місці – для цього існують територіально і функціонально розподілені ЦОІ (рис. 1):

Для того, щоб повністю використати можливість зброї, вогневу міць і маневреність військ, обробка і передача отриманої інформації повинна здійснюватися у масштабі часу, близькому до реального.

Таким чином, **актуальною** є проблема забезпечення оперативності та доступності видових даних в системі центрів обробки матеріалів аерокосмічної розвідки, тобто забезпечення мінімального часу проходження інформації до користувача при урахуванні необхідних обмежень. При вирішенні цієї задачі зазвичай використовуються мережні технології (рис. 2).

**Метою даної статті** є вибір та обґрунтування моделі, яка описує переміщення потоків даних в системі, та розробка алгоритму, який розподілить ці потоки даних з мінімальними витратами часу.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Вихідними даними такого алгоритму є: вхідні потоки видових даних; продуктивність центрів обробки інформації; ємність накопичувачів; можливість швидкого отримання результатів; виконання вимог, накладених проведеними обчисленнями.

При виборі та обґрунтуванні моделі щодо розробки алгоритмів будемо використовувати наступні методи досліджень: дослідження операцій; тензорні методи опису обчислювальних середовищ; логічне програмування; імітаційне моделювання.

Дослідження операцій – напрям в дослідженні та проектуванні систем “людина-машина”, що ґрунтується на математичному моделюванні процесів та явищ. Під операцією розуміють сукупність дій, заходів, спрямованих на досягнення деякої мети. Основним завданням дослідження операцій є пошук шляхів досягнення мети.

Дослідження операцій припускає системний підхід, який полягає в пошуку існуючих взаємодій при оцінці діяльності чи стратегії об’єкту.

Висновки дослідження операцій у застосуванні до конкретних систем виконуються на підставі моделей математичних систем. В дослідженні операцій можна виділити чотири основні напрямки:

створення та опис способів дій, які можуть привести до досягнення мети;

створення моделі операції, яка дає математичний опис цілі, процесу та результатів проведення операції;

оцінка та порівняння ефективності конкуруючих способів дій, що здійснюється на основі створеної моделі;

розробка критеріїв оптимального вибору дій.

При побудові моделей необхідно виразити критерій, який характеризує якість функціонування системи, через керуючі та некеруючі змінні з урахуванням реально діючих обмежень на змінні. Більшість задач дослідження операцій зводиться до задач математичного програмування [8].

Одним із існуючих підходів до розробки алгоритмів є застосування методів, які дозволяють оптимізувати потоки даних шляхом використання тен-

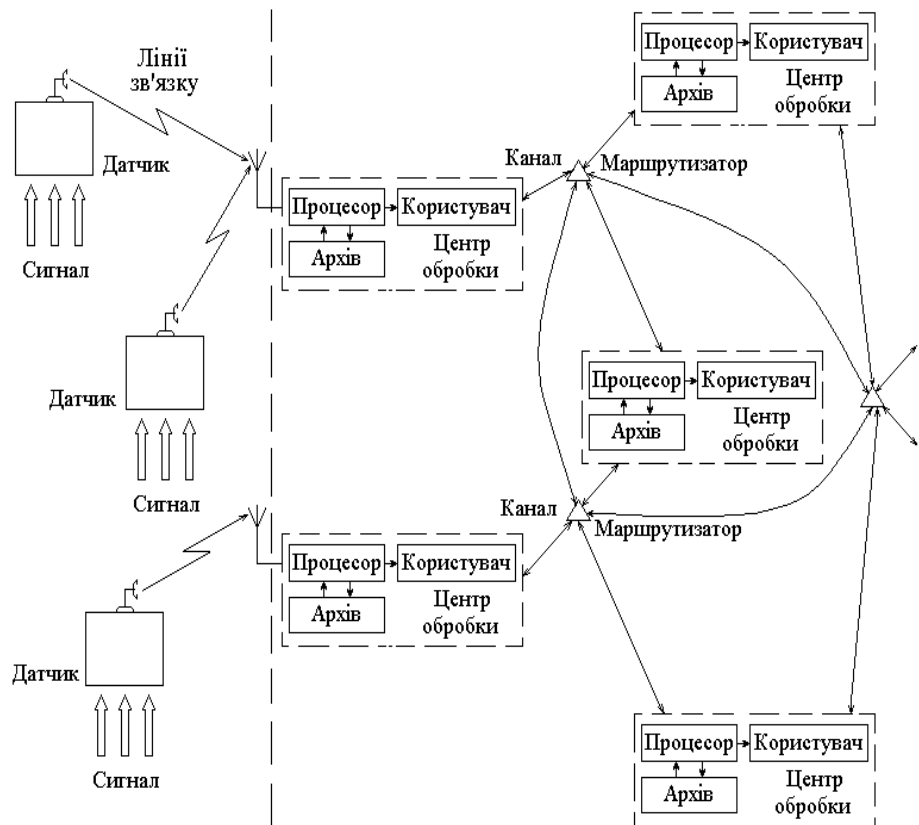


Рис. 1. Розподілена система обробки видової аерокосмічної інформації



Рис. 2. Порядок проведення досліджень

зорного апарату. Тензор, як математичний засіб, дозволяє здійснити перетворення від однієї системи координат в іншу, тобто забезпечити перехід між математичними просторами. Він є зручним засобом моделювання об’єкту, який проходить через різні стадії розробки. В тензорному методі використовується загальна модель у вигляді електричної сітки, яка представляється геометричним утворенням семантичного графу з властивостями подвійності, коваріантності і контрваріантності. Такий граф дозволяє ефективно дослідити і синтезувати складні технічні і організаційні системи. Узагальнена тензорна модель служить основою для проектування багатьох систем, тобто одна і та ж модель інтерпретується в різні предметні області (рис. 3).

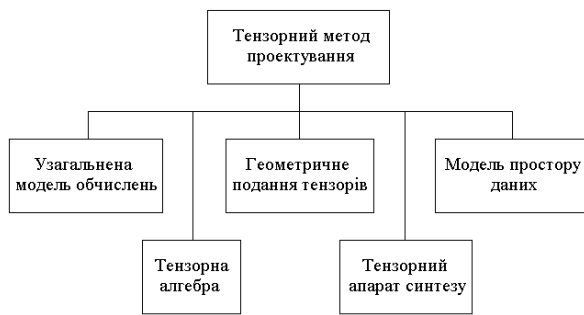


Рис. 3. Узагальнений тензорний метод проектування інформаційних систем

Під терміном “інформаційна система” (ІС) розуміється сукупність алгоритмічних, програмних і інформаційних засобів, призначених забезпечити досягнення поставленої мети. Обчислювальна техніка при цьому використовується, як інструмент для виконання поставленої задачі.

Основну увагу приділено розробці, як принципам побудови, так і трьом основним частинам кожної ІС (алгоритмічного, програмного і інформаційного забезпечення).

Алгоритмічне забезпечення призначено створити математичну теорію чи модель ІС. Тут важливу роль відіграє вибір того математичного апарату, який найбільш відповідає об'єкту ІС. Найчастіше використовуються такі моделі ІС:

- моделі масового обслуговування;
- моделі лінійного програмування;
- моделі обчислення предикатів;
- моделі комбінаторної топології;
- алгебраїчні моделі;
- моделі систем штучного інтелекту;
- тензорні моделі.

При обранні математичної моделі необхідно враховувати ресурси, які відведені на побудову ІС. При обранні досить складної моделі різко зростають терміни розробки ІС. З іншого боку, спрощена модель не може забезпечити досягнення мети, яка стоїть перед системою. Крім цього, необхідно враховувати мінімальний обсяг параметрів моделі, зокрема незалежних, щоб уникнути створення непотрібних програмних продуктів.

Другий важливий компонент ІС – програмне забезпечення. Тут вирішується, як відобразити мову алгоритмічного забезпечення в одну чи декілька мов програмування. Особливості побудови програмного забезпечення складаються в тому, щоб адекватно наблизити одну мову до іншої за прийнятні часові терміни і при цьому забезпечити задану ефективність ІС.

Розробка інформаційного забезпечення ІС характеризується переходом від файлових структур до баз даних, які забезпечують ефективний доступ до даних, мінімізують дублювання і забезпечують інші характеристики (таємність, цілісність, швидке відновлення бази даних).

Таким чином, розробка інформаційних систем представляє собою процес відображення поставленої задачі в інформаційне, програмне і алгоритмічне забезпечення, з єдиних позицій (тензорний підхід), та підійти до розробки трьох основних частин ІС, а саме:

- забезпечити мінімізацію числа параметрів, що описують систему;
- виключити дублювання при написанні програмних продуктів;
- побудувати генератор програм і даних;
- розробити тензорну систему керування базами даних для моделювання динамічних ІС;
- створити єдину (тензорну) технологію побудови ІС [9].

Єдиний принцип організації алгоритмічного, програмного і інформаційного забезпечення, дотриманий в тензорній технології побудови ІС, дозволяє досягти високого рівня автоматизації, найбільш зручної форми для паралельної обробки інформації, стандартизації в поданні алгоритмів, програм та даних.

*Логічне програмування* – розділ математичного програмування, у відповідності з яким, в якості програми рішення задачі задається логічна специфікація задачі, а процес рішення задачі здійснюється з використанням логічного висновку і можливо автоматичної програми синтезу у відповідному логічному численні.

Наприклад, Пролог у своїй основі є мовою логічного програмування. Логічне програмування забезпечує полегшення написання, розуміння, перевірки правильності програм і, таким чином, підвищення продуктивності праці програміста.

При складанні програм на мові логічного програмування не потрібно показувати послідовність дій над даними, як в програмах на процедурних мовах (Сі, Сі плюс, Паскаль, Ада), не потрібно також конструювати програму у вигляді композиції обчислювальних функцій, як при програмуванні функціональному. При використанні логічного програмування програміст описує у формальній системі тільки саму задачу: формулює твердження про властивості об'єктів, про відношення між об'єктами предметної області, про вимоги самої задачі.

Конкретні версії і мови логічного програмування розрізняються представленням моделей предметних областей і мовними засобами їх опису. В загальному розуміння у багатьох версіях логічного програмування рішення задачі (виконання програми) проводиться з використанням універсальної процедури логічного висновку із заданого опису задачі. Роботи з підвищення ефективності засобів логічного програмування і засобів інтелектуальної взаємодії користувача та обчислювальної системи ведуться в різних напрямках: розвиток базових конструкцій мов логічного програмування, удосконалення процедур логічного висновку і синтезу програм, інтеграції різних непроцедурних стилів програмування, розробки обчислювальних середовищ нових поколінь з нетрадиційною архітектурою [10].

Імітаційне моделювання системи – це проведення на обчислювальній техніці численних експериментів з математичною моделлю, яка описує поведінку складної системи упродовж періодів часу заданої тривалості. Застосовують, як правило, в тих випадках, коли аналітичні засоби досліджень тієї чи іншої моделі відсутні, а їх пошук потребує досить великих витрат. Алгоритми імітаційного моделювання можуть враховувати як детерміновані, так і стохастичні зв'язки і залежності, які характеризують моделювану систему.

Найбільше поширення отримали стохастичні методи імітаційного моделювання, оскільки для більшості складних систем із задовільною точністю відомі лише усереднені значення параметрів досліджуваних процесів, внаслідок чого доводиться оперувати не параметрами, а розподілом імовірності їх значень та статистичними характеристиками. Окрема реалізація чисельного експерименту над імітаційною моделлю отримується на основі випадкового вибору значень її параметрів і вхідних впливів за допомогою датчика випадкових чисел що реалізує заданий закон розподілу. Для реалізації імітаційного моделювання розроблені алгоритмічні мови Simulate, GPSS, Симскрипт, Симула, Недіс, Алсім.

Імітаційне моделювання стало основним методом дослідження реальних складних систем типу масового обслуговування, систем в економіці, транспорті, дослідження операцій, теорії надійності, при дослідженні перепускної спроможності мереж зв'язку [11].

При виконанні задачі управління потоками даних в розподіленій системі обробки видових матеріалів аерокосмічної розвідки нехай датчики  $k \in K$ , де  $k$  – елемент множини  $K$  датчиків, генерують потоки даних по лініям зв'язку на ЦОІ  $i \in I$ , де  $i$  – елемент множини  $I$  ЦОІ, які складаються із процесорів, користувачів та архівів. Після обробки в ЦОІ інформація поступає по каналам зв'язку на маршрутизатори  $j \in J$ , де  $j$  – елемент множини  $J$  маршрутизаторів. Перед розподіленою системою стоїть важлива задача розподілу інформації по іншим ЦОІ, з метою створення актуальних копій видових матеріалів в кожному з архівів всіх центрів (рис. 4).

При виконанні цієї задачі потрібно розробити алгоритми управління потоками даних в розподіленій системі обробки матеріалів видової аерокосмічної розвідки. При вирішенні цієї задачі використовуються позначення:  $s$  – обсяг інформації,  $u$  – швидкість обробки або передавання даних.

Обсяг інформації в одержаних сигналах датчиків можна описати формулою:

$$s = \sum_{k \in K} s_k, \quad (1)$$

де  $s_k$  – обсяг інформації  $k$ -го датчика,  $k \in K$ .

З датчиків по лініям зв'язку інформація поступає на обробку, де головним критерієм є час обробки:



Рис. 4. Алгоритм управління розподіленою системою обробки

$$t_{i^*} = \frac{s}{u_{i^*}}, \quad (2)$$

де  $t_{i^*}$  – час прийому інформації на  $i$ -й вузол ЦОІ,  $u_{i^*}$  – сумарна продуктивність обробки даних процесора та користувача;  $i^* \in I$ , де  $i^*$  – центр, який безпосередньо здійснює прийом інформації.

При цьому сумарний час передавання описується таким виразом:

$$t_i = \sum_{j \in J_i \subseteq J} t_j = \sum_{j \in J_i \subseteq J} \frac{s}{u_j}, \quad (3)$$

де  $t_j$  – час передачі інформації  $j$ -м маршрутизатором на  $i$ -й вузол обробки;  $t_i$  – час передавання інформації на  $i$ -й вузол ЦОІ із вихідного вузла обробки;  $u_j$  – перепускна спроможність  $j$ -го маршрутизатора;  $J_i$  – маршрутизатор  $j$ -го елемента множини.

Таким чином управління зводиться до вибору та упорядкування оптимальних за витратами часу маршрутів.

*Маршрутизатор* – пристрій з множиною вхідів та виходів, призначений для вибору та з'єднання будь-якого із джерел сигналів з будь-яким їх приймачем.

*Перепускна спроможність* каналів зв'язку – верхня границя швидкості передавання інформації по всім можливим розподілам повідомлень на вхіді каналу.

*Швидкість* передавання інформації – числова характеристика інформації, яка міститься в сигналі на виході каналу зв'язку, відносно сигналу на його вході за одиницю часу.

Таким чином, задача управління [12] зводиться до підбору вектора (упорядкованого кортежу) задіяних маршрутизаторів  $\langle J_i \rangle$  розміром  $|I|-1$  (на одиницю менше ніж загальне число ЦОІ), такого, щоб сумарний час передачі інформації у всі ЦОІ розподіленої системи обробки наближався до мінімуму:

$$\left\langle J_i \right\rangle_{i \in I, i \neq i^*}: \sum_{i \in I, i \neq i^*} t_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

### Висновок

В статті сформульована модель переміщення потоків даних в розподіленій системі обробки матеріалів видової аерокосмічної розвідки. Система, яка проектується, займає важливе місце для підвищення оперативності обробки та доступності видових даних аерокосмічної розвідки. З практичної точки зору при дотриманні необхідних обмежень поставлена задача є досить актуальною.

В статті надано математичну формалізацію постановки завдання щодо розробки оптимальних або квазіоптимальних алгоритмів управління розподіленою системою обробки видових матеріалів аерокосмічної розвідки.

Вирішення поставленого завдання дасть можливість зменшити часові витрати при організації доступу до видових матеріалів в розподіленій системі цифрової обробки матеріалів аерокосмічної розвідки, а також обґрунтувати тактико-технічні вимоги до інфраструктури і характеристик вузлів обробки та ліній зв'язку розподіленої системи обробки.

### Список літератури

1. Артюшин Л.М. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції: моногр. / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов, Д.В. П'ясовський, В.Б. Толубко. – К.: НАОУ, 2002. – 208 с.

2. Мосов С.П. Підхід до формування в Україні аерокосмічної системи розвідки і спостереження / С.П. Мосов, В.І. Присяжний, М.М. Степаненков // Вісник воєнної розвідки. – 2001. – № 1. – С. 38-40.

3. Артюшин Л.М. Моделирование тактических заходов противной разведки: методология / Л.М. Артюшин, С.П. Мосов // Розвідка ВПС. – К.: ВПС України, 1997. – С. 141-147.

4. О линии передачи данных разведки, наблюдения. Рекогносцировки системы воздушной разведки TARS / Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах их выявления. Серия: Технические средства разведывательных служб капиталистических государств // ЕИБ ВИНТИ. – 2004. – №1. – С. 3-10.

5. Негода О.О. Зарубіжні системи дистанційного зондування Землі з космосу подвійного призначення: моногр. / О.О. Негода, В.Б. Толубко, С.П. Мосов, М.Ф. Пічугін. – К.: НАОУ, 2005. – 272 с.

6. Повітряна розвідка: Елементи організації і тактичні розрахунки / С.П. Мосов, М.М. Степаненков, М.Ю. Слонов, С.А. Станкевич / під ред. Ю.К. Ребрин: навч.-метод. посібн. – К.: Вид-во МО України, 1999. – 334 с.

7. Ребрин Ю.К. Методы количественной оценки эффективности средств аэрокосмической разведки / Ю.К. Ребрин, С.А. Станкевич, С.П. Мосов. – К.: КИ ВВС, 1997. – 262 с.

8. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций / Ю.Б. Гермейер. – М.: Наука, 1971. – 384 с.

9. Арменский А.Е. Тензорные методы построения информационных систем / А.Е. Арменский. – М.: Наука, 1989. – 152 с.

10. Малпас Дж. Реляционный язык Пролог и его применение: пер. с англ. / Дж. Малпас. – М.: Наука, 1990. – 464 с.

11. Словарь по кибернетике / под ред. В.С. Михалевича. – К.: УСЭ им. М.П. Бажана, 1989. – 752 с.

12. Большие технические системы: проектирование и управление / Л.М. Артюшин, Ю.К. Зиятдинов, И.А. Попов, А.В. Харченко. – Х.: Факт, 1997. – 400 с.

Надійшла до редколегії 8.12.2009

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ВИДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

О.Б. Захаров

Статья посвящена постановке задачи управления потоками данных в распределённой системе обработки видовых материалов аэрокосмической разведки. Целью исследования есть выбор модели, которая описывает перемещение потоков данных в распределённой системе цифровой обработки и разработка алгоритма, который распределит эти потоки данных с минимальными затратами времени.

**Ключевые слова:** аэрокосмическая разведка, потоки данных, распределённая система обработки, исследование операций, имитационное моделирование, логическое программирование, маршрутизатор, пропускная способность, скорость передачи информации.

## PROBLEM OF MANAGEMENT OF DATA FLOWS IN THE DISTRIBUTED SYSTEM OF PROCESSING OF SPECIFIC MATERIALS SPACE RECONNAISSANCE

O.B. Zakharov

The article is devoted statement of a problem of management by data flows in the distributed system of processing of specific materials of imaging space reconnaissance. The goal research is choice of model, which describes moving of data flows to the distributed system of digital processing and working out of algorithm which will distribute these data flows with the minimum expenses of time.

**Keywords:** space reconnaissance, data flows, distributed system of processing, research of operations, imitating modelling, logic programming, router, throughput, speed of an information transfer.