



Многокритериальная оптимизация планирования космической съёмки

*Куссуль Н.Н., ИКИ НАНУ-НКАУ
Янчевский С.Л., НКАУ*

Москва, 2010



Современные мировые тенденции производства информации

Основні тенденції:

- надто велика кількість інформації, що продукується;
- високі темпи збільшення об'ємів нової інформації (до 60% на рік);
- реальне використання лише певної частини інформації і розсіяння решти;
- недостатність наявних можливостей зі збереження даних;
- поява феномену “великих даних” (big data).

2005 рік:

людство продукувало
до 150 екзабайт (млрд. ГБт)
інформації

2007 рік:

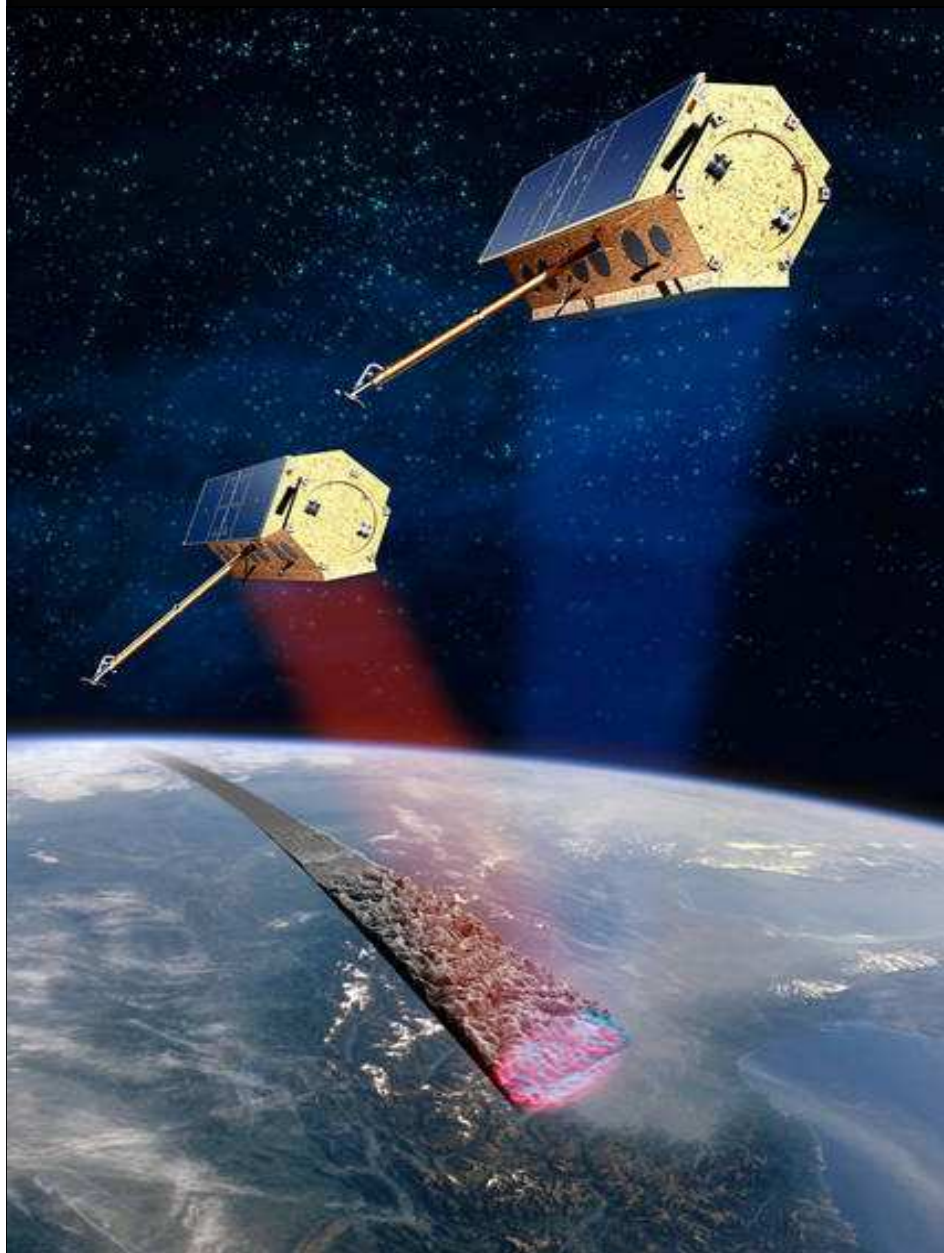
зростаючі об'єми
даних перевищили
можливості з їх збереження

2010 рік (прогноз):

буде створено
до 1200 екзабайт
інформації



Примеры продуцирования информации в области ДЗЗ



**КА IKONOS за 10 лет работы
снял лишь около 300 тыс. км²**

**Новый КА WorldView-2 может снимать
до 975 000 км² в сутки**

**Орбитальная группировка компании
DigitalGlobe из трех КА (QuickBird,
WorldView-1 и WorldView-2) за год может
снять до 500 000 000 км² земной
поверхности**

**Темпы роста архива системы LANDSAT,
в зависимости от поколения спутников,
составляют:**

**КА LANDSAT-5 – 40 GB/сутки,
КА LANDSAT-7 – 260 GB/сутки**

Проблемы в связи с перепроизводством информации ДЗЗ

Основная часть данных остается необработанной

Архивы данных ДЗЗ требуют постоянного расширения

Значительная часть данных теряется

Состояние архива USGS (сентябрь 2007) по системе ДЗЗ Landsat

Satellite	Sensor	Date Range	Data Format	Scenes	Volume	Media
L1 - 3	MSS	Jul 23, 1972 – Sep 7, 1983	MSS-X, WBV	199,319	6.01 TB	DLT 7000
L2 - 3	MSS	Jan 22, 1975 – Sep 7, 1983	MSS-P, RCC	61,601	1.82 TB	9940B
L2 - 5	MSS	Jan 22, 1975 – Oct 15, 1992	MSS-A, RCC	261,046	7.88 TB	9940B
L4	TM	Aug 17, 1982 – Nov 18, 1993	TM-A, TM-R, RCC	58,457	29 TB	9940B
L5	TM	Mar 1, 1984 – Current	TM-A, TM-R, RCC	668,296	335 TB	9940B
L7	ETM+	Apr 15, 1999 – Current	L0Ra, RCC	755,401	701 TB	9940B
				2,004,120	1,081 TB	

Постановка задачи:

Запланированные
запуски

- Декабрь 2010 г. – запуск КА «СІЧ-2»
- 2012 г. - «СІЧ-2М»
- 2012-2015 рр. - «СІЧ-3-О» и «СІЧ-3-Р»

Продуктивность украинского КА ДЗЗ «Січ-2»:
від 214 500 км² на добу (панхроматичний режим)
до 53 100 км² (панхроматичний, мультиспектральний та інфрачервоний
режими зйомки).

За рік роботи:

від 19 400 000 км² до 78 300 000 км² поверхні Землі

При ресурсі роботи апарату у 3 (5) років КА «Січ-2»

архів відзнятих даних може скласти:

до 234 900 000 км² (391 500 000 км²).

При повноцінній роботі КА «МС-2-8» за 3 роки

буде відзнято більше 28 Тбайт інформації, а за 5 років – понад 46,8 Тбайт.



Большая часть данных останется необработанной

Архивы данных ДЗЗ требуют модернизации и обновления

Значительная часть данных будет утрачена



Решение задачи

Многокритериальная оптимизация на этапе перспективного, долгосрочного и оперативного планирования

Оптимизация использования БСК

**Структурирование и формирование целевых архивов
данных ДЗЗ**

Рациональное (целевое) использование данных ДЗЗ

**Обработка большей части данных под потребности
потребителей**

Обеспечение максимального числа потребителей

**Более 20 министерств и ведомств Украины требуют оперативного
доступа к данным ДЗЗ**



Особенности планирования (ранее и в перспективе)

Приоритетный учет интересов 1-4 потребителей (МО и спецслужбы)



Распределение ресурса

Схема планирования
ранее

$$\frac{j_m^0}{J_m^0} \rightarrow 1 \text{ при } \theta \leq \Theta; C = \text{const};$$



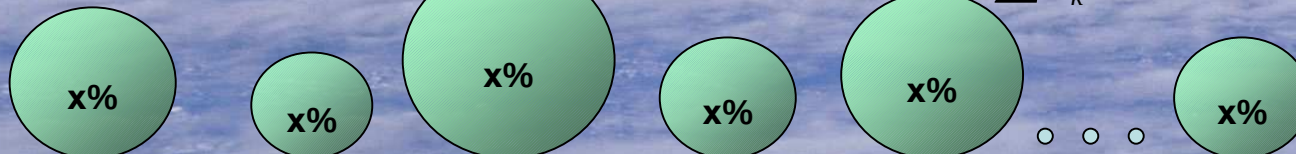
$$\frac{j_m^1}{J_m^1} = \max \text{ при } \theta \rightarrow \min; C = \text{const};$$

Главный потребитель (директивные районы) Другие потребители (не директивные районы)

Рациональное распределение ресурса между потребителями

$$f_1(\bar{x}) \rightarrow \max_{x \in D}, f_2(\bar{x}) \rightarrow \max_{x \in D}, \dots, f_m(\bar{x}) \rightarrow \max_{x \in D}.$$

$$\frac{\sum j_k^n}{\sum J_k^n} = \max \text{ при } \theta_D + \theta_K \leq \Theta; C = \text{const};$$



Перспективна
(пропонована)
схема планування

Всі споживачі

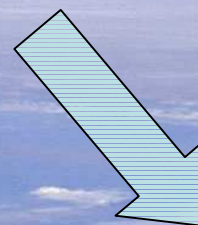
Задача трансобчислювальної складності



Решение задачи

Задача оптимізації розподілу інформаційного ресурсу зводиться до задачі багатокритеріальної оптимізації і пошуку схеми компромісів

Общая постановка задачи делится на:



**1. Скалярную задачу
многокритериальной
оптимизации для данных
среднего разрешения**

**2. Векторную (многомерную)
задачу оптимизации для
данных
среднего разрешения**



1. Скалярна задача багатокритеріальної оптимізації для даних середнього розрізнення (покриття – вся Україна)



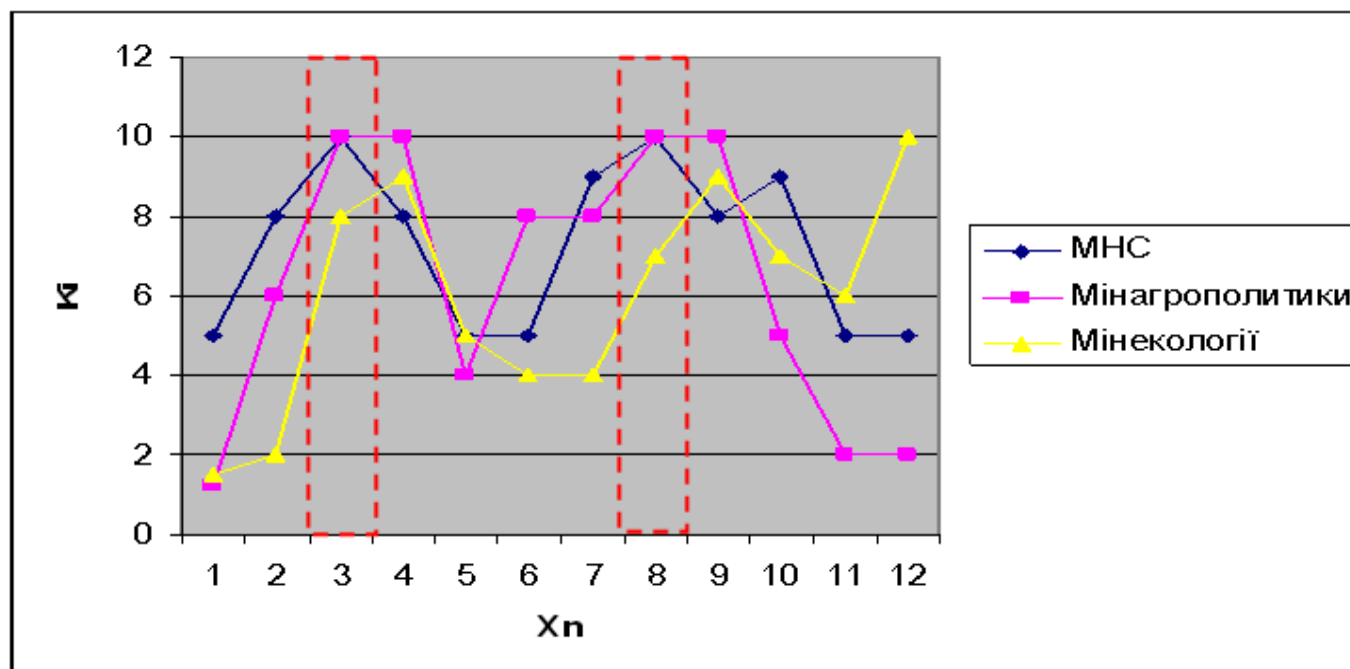


1. Скалярная задача многокритериальной оптимизации для данных среднего разрешения (покрытие – вся Украина)

$$x^* = \arg \min_{x \in X} f(x) = \arg \min_{x \in X} (y(x) - \hat{y}(x))^2$$

$y_i(x)$ - функции потребностей ведомств, x – время

$K_i \backslash x_n^0$	x_1^0	x_2^0	x_3^0	x_4^0	x_5^0	x_6^0	x_7^0	x_8^0	x_9^0	x_{10}^0	x_{11}^0	x_{12}^0
МНС	5	8	10	8	5	5	9	10	8	9	5	5
Мінагрополітики	1,2	6	10	10	4	8	8	10	10	5	2	2
Мінекології	1,5	2	8	9	5	4	4	7	9	7	6	10





1. Задача багатокритеріальної оптимізації для даних середнього розрізнення

Пропонується задіяти матапарат багатокритеріальної оптимізації з використанням компромісів за принципом Парето та способу лінійної згортки

Етапи вирішення задачі:

1. Узагальнення дійсних потреб державних органів влади через експертне опитування

2. Обчислення коефіцієнтів важливості на визначені періоди планування

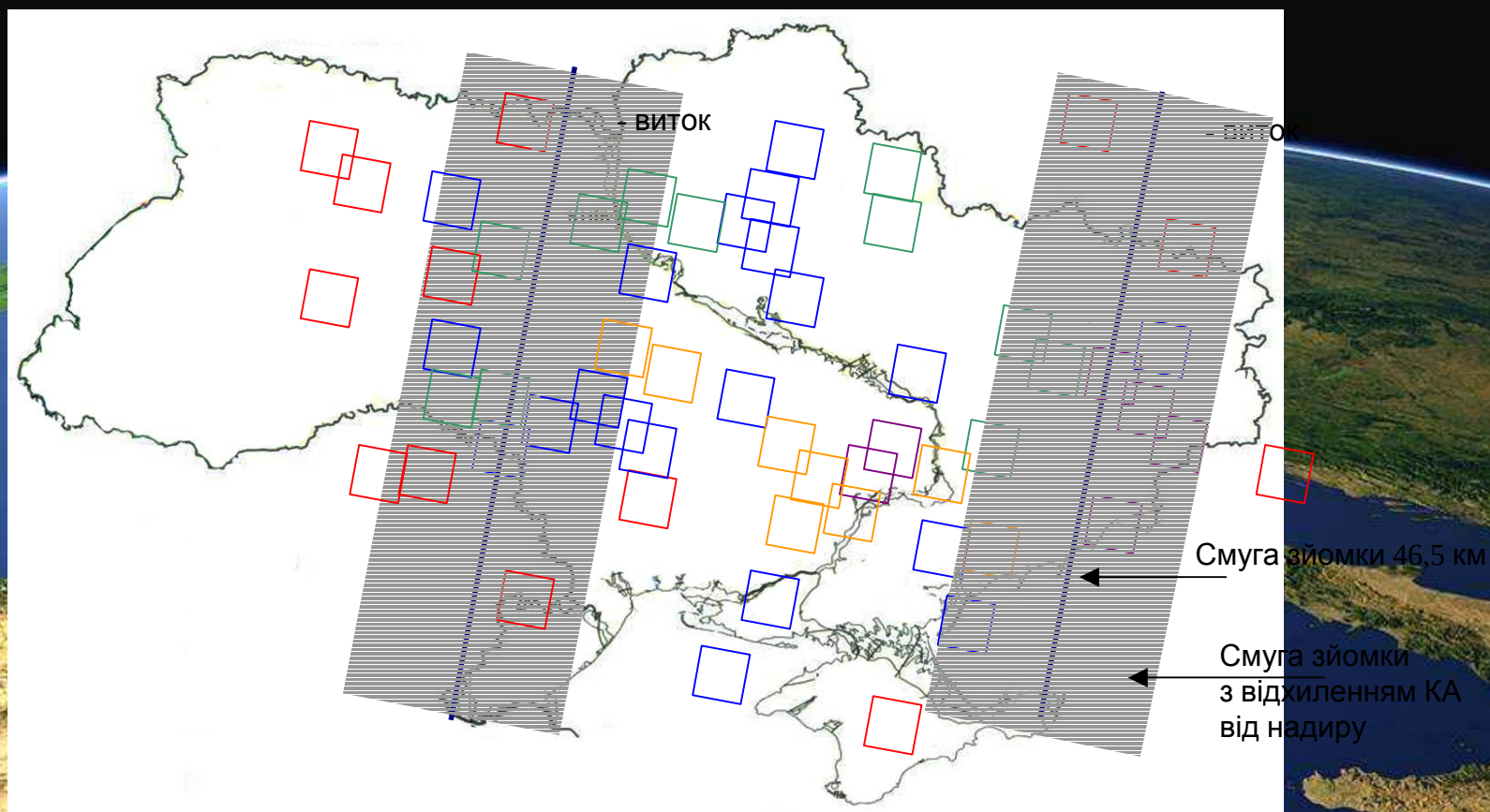
3. Отримання цільових функцій для кожного споживача (сімейства функцій).

4. Визначення областей згоди та компромісів

5. Розподіл наявного ресурсу через формування системи компромісів за принципом Парето або через зведення багатоцільової задачі до задач з одним критерієм (спосіб лінійної згортки)



Векторна задача багатокритеріальної оптимізації для даних високого розрізнення (Замовлення від МО, МНС, Мінприроди, Мінагрополітики і т.д.)



$$x^* = \arg \min_{x \in X} (y(x) - \hat{y}(x))^2, \quad x = \{x_1, x_2, t\},$$



Схема розв'язання векторної задачі багатокритеріальної оптимізації

1. З'ясування кількості взаємодіючих (конфліктуючих) n партнерів .

2. Визначення цільових функцій (методом експертних оцінок)

$$x^* = \arg \min_{x \in X} (y(x) - \hat{y}(x))^2, \quad x = \{x_1, x_2, t\}, \quad y(x) = \{y_k(x)\}_{k=1}^s$$

3. Виявлення конфліктних періодів планування (області компромісів)

4. Визначення коефіцієнтів важливості V_k

5. Реалізація схеми компромісів (лінійної або нелінійної згортки) з використанням геоінформаційних технологій та ГІС-систем



Выводы:

- на етапі довгострокового та оперативного планування можна усувати проблему «великих даних», недостатньої обробки і актуалізації архівних даних та неоптимального використання ресурсу БСК.
- викладені у статті підходи дозволяють враховувати систему пріоритетів щодо інформаційного забезпечення різних міністерств та відомств країни, залежно від завдань, які на них покладені.
- оптимальне планування використання інформації ДЗЗ дозволить більш раціонально витратити бортовий ресурс КА ДЗЗ, оскільки буде зніматись лише та інформація, яка потрібна конкретним споживачам і може бути відповідно оброблена та структурована.
- такі підходи полегшать формування цільових (відомчих) архівів, та дозволить чітко визначити об'єми інформації ДЗЗ, яка може бути отримана з комерційною метою, або для інформаційного обміну на паритетних засадах із іншими державними чи комерційними операторами систем ДЗЗ.



Спасибо за внимание!