

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ, НАБЛЮДАЕМЫХ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СРЕДСТВАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Мятов Г.Н., д.т.н., заместитель главного конструктора АО «РКЦ «Прогресс», e-mail: miatov@mail.ru;
Поливанов В.А., к.т.н., ВА РВСН.*

CREATION TECHNIQUE OF CRUCIAL OBJECT COEFFICIENT OBSERVED IN SATELLITE IMAGES

Miatov G.N., Polivanov V.A.

In this paper technique of effective satellite constellation imagery of the area is presented. The problem is solved by selection crucial object coefficient allowed distribute resource of satellite survey in constellation optimally.

Key words: satellite constellation, Earth remote sensing, geodetic reference of images, plan of satellite survey.

Ключевые слова: орбитальная группировка, дистанционное зондирование земли, плановая ситуация съемки, объект наблюдения (съемки).

Введение

Увеличение спектра задач, решаемых средствами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), количества потребителей информации ДЗЗ, а также номенклатуры КА ДЗЗ делает проблему планирования целевого применения орбитальных группировок (ОГ) ДЗЗ особенно актуальной. А учитывая тенденцию кратного роста в ближайшие годы количества КА ДЗЗ на орбите – критической.

Ключевым фактором, обеспечивающим эффективное решение задач ДЗЗ имеющейся ОГ, является подбор таких коэффициентов важности объектов (районов) наблюдения, которые позволят распределить ресурс средств ДЗЗ наиболее эффективно. При этом накладывается условие, которое учитывает плановую ситуацию [1, 2].

Постановка задачи

Под плановой ситуацией будем понимать перечень задач, которые надо решить, и объектов, съемку которых необходимо осуществить для решения данных задач, с указанием:

- требуемого срока и качества выполнения задач (съемки объектов);
- требуемого количества наблюдений каждого объекта за указанный интервал времени;
- относительной важности потребителя каждой задачи (объекта).

Рассмотрим алгоритм формирования коэффициентов важности объектов (районов) наблюдения, входящих в задачи, решаемые средствами ДЗЗ.

Определим степень (уровень) важности каждой задачи как совокупность:

- уровня лица (потребителя), поставившего задачу;

Рассматривается методика формирования коэффициентов важности объектов, обеспечивающая эффективное решение задач съемки интересующих районов орбитальной группировкой (ОГ) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), путем подбора таких коэффициентов важности объектов (районов) наблюдения, которые позволяют распределить ресурс средств ДЗЗ наиболее эффективно.

- требуемого конечного срока выполнения задачи.

Обозначим $Z(Z_1, Z_2, \dots, Z_N)$ – вектор задач на заданный период времени, $O(O_1, O_2, \dots, O_M)$ – вектор объектов, съемку которых необходимо осуществить с заданными требованиями для решения перечня задач.

Каталог задач представим графом с вершинами в виде задач и объектов (районов), а также связями между ними (рис. 1).

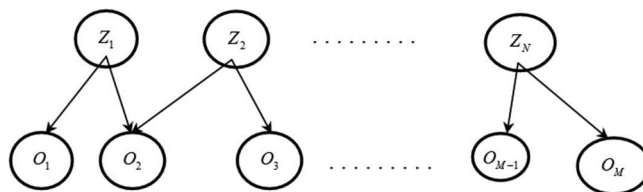


Рис. 1. Представление каталога задач в виде графа

Тогда графическую иллюстрацию изменения важности каждого объекта можно представить в виде графиков, приведенных на рис. 2.

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

- b_1, b_2, b_N – уровень лиц, поставивших задачи Z_1, Z_2, Z_N соответственно;
- $1, 2, N$ – требуемое количество съемок объектов задач Z_1, Z_2, Z_N соответственно за интервал времени $t_k - t_0$;
- Y_{\max} – максимально допустимое значение коэффициента важности для всех объектов всех задач.

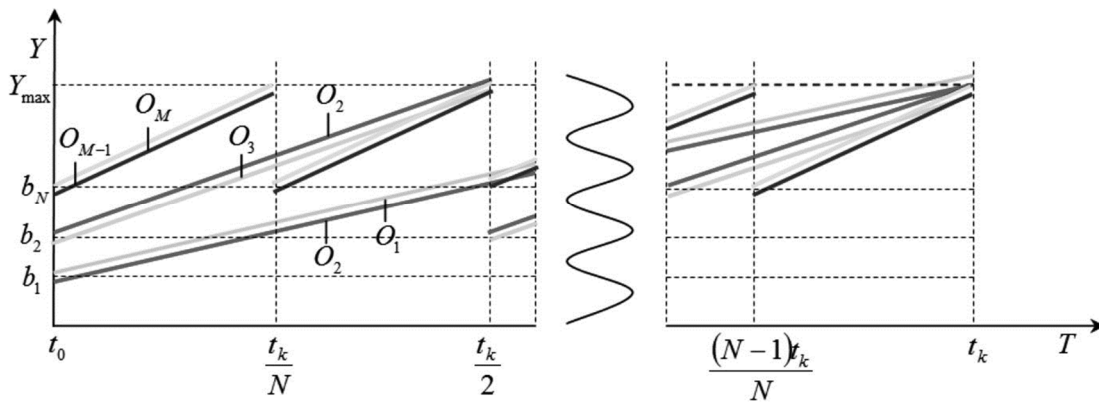


Рис. 2. Графическая иллюстрация изменения важности объектов

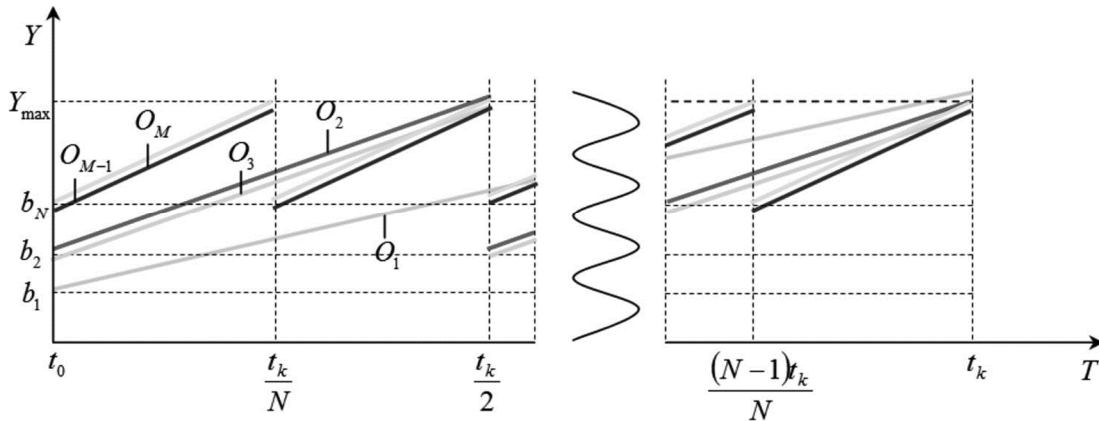


Рис. 3. Графическая иллюстрация изменения важности объектов плановой ситуации уменьшенной размерности

Множество функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач, определим следующим образом:

$$\begin{cases}
 y_1 = a_1 x_1 + b_1 - k(Y_{\max} - b_1), \\
 \text{для объекта } O_1 \text{ задачи } Z_1 \\
 y_2 = a_1 x_2 + b_1 - k(Y_{\max} - b_1), \\
 \text{для объекта } O_2 \text{ задачи } Z_1 \\
 y_3 = a_2 x_3 + b_2 - k(Y_{\max} - b_2), \\
 \text{для объекта } O_2 \text{ задачи } Z_2 \\
 y_4 = a_2 x_4 + b_2 - k(Y_{\max} - b_2), \\
 \text{для объекта } O_3 \text{ задачи } Z_2 \\
 \text{-----} \\
 y_{M+S} = a_N x_{M+S} + b_N - k(Y_{\max} - b_N), \\
 \text{для объекта } O_M \text{ задачи } Z_N,
 \end{cases} \quad (1)$$

$$k = 0, 1, \dots, (N-1),$$

где k – коэффициент, определяющий номер интервала наблюдения.

С целью оптимизации решения задачи реализации плановой ситуации, снизим размерность системы функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач. Для этого из плановой ситуации удалим объекты, входящие одновременно в несколько задач (объект O_2), из задачи, где требуется наименьшая периодичность съемки. Тогда система функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач, будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases}
 y_1 = a_1 x_1 + b_1 - k(Y_{\max} - b_1), \\
 \text{для объекта } O_1 \text{ задачи } Z_1 \\
 y_3 = a_2 x_3 + b_2 - k(Y_{\max} - b_2), \\
 \text{для объекта } O_2 \text{ задачи } Z_2 \\
 y_4 = a_2 x_4 + b_2 - k(Y_{\max} - b_2), \\
 \text{для объекта } O_3 \text{ задачи } Z_2 \\
 \text{-----} \\
 y_{M+S-S^1} = a_N x_{M+S-S^1} + b_N - k(Y_{\max} - b_N), \\
 \text{для объекта } O_M \text{ задачи } Z_N,
 \end{cases} \quad (2)$$

$$k = 0, 1, \dots, (N-1),$$

где k – коэффициент, определяющий номер интервала наблюдения.

Графическая иллюстрация изменения важности объектов представлена на рис. 3:

Рассмотрим функцию изменения коэффициента важности k -го объекта. Примем, что функция изменения коэффициента важности линейная вида:

$$y(t) = at + b,$$

где:

- y – текущий коэффициент важности объекта (района);
- a – коэффициент, зависящий от требуемого срока и периодичности наблюдения объекта (района);
- t – текущий момент времени;
- b – уровень лица, поставившего задачу, т.е.

$$b = UL.$$

Определим значение коэффициента a . Пусть:

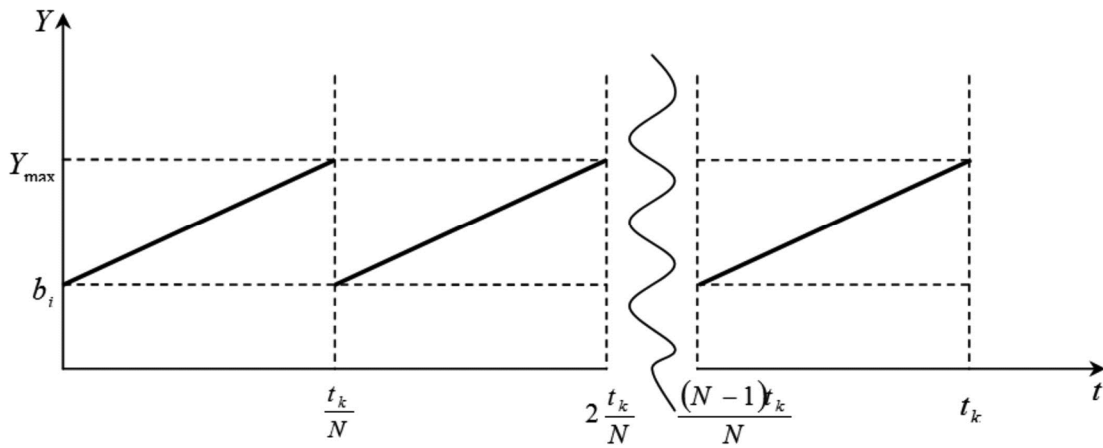


Рис. 4. Графическая иллюстрация изменения коэффициента важности

- b_i – уровень i -го лица (потребителя), поставившего задачу;
- t_0 – начальный момент времени;
- t_k – требуемый срок съемки k -го объекта;
- N – требуемое количество съемок k -го объекта за интервал времени $t_k - t_0$;
- Y_{\max} – максимально допустимое значение коэффициента важности k -го объекта.

Изменение коэффициента важности y_k k -го объекта можно отобразить графиком, представленным на рис. 4.

Тогда для любого момента времени t значение коэффициента a будет вычисляться по формуле:

$$a = \frac{(Y_{\max} - b_i)}{(t_k - t_0)} N.$$

Тогда

$$y(t) = \frac{(Y_{\max} - b_i)N}{(t_k - t_0)} t + b_i.$$

Рассмотрим различные варианты плановой ситуации, сформированной из задач и объектов данного графа.

Пусть каталог задач представлен следующим графом (рис. 5).

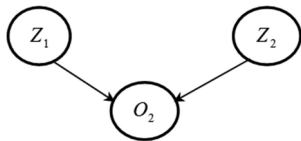


Рис. 5. Представление каталога задач в виде графа

При этом для задачи Z_1 величина $N = 1$, а для задачи Z_2 величина $N = 2$.

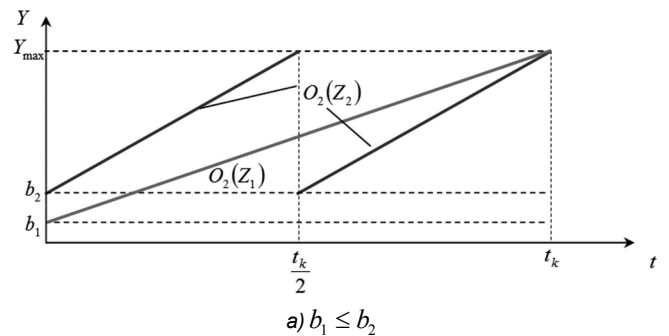
Пусть изменение коэффициента важности объекта O_2 для задачи Z_1 будет описываться функцией:

$$y(t) = a_1 t + b_1,$$

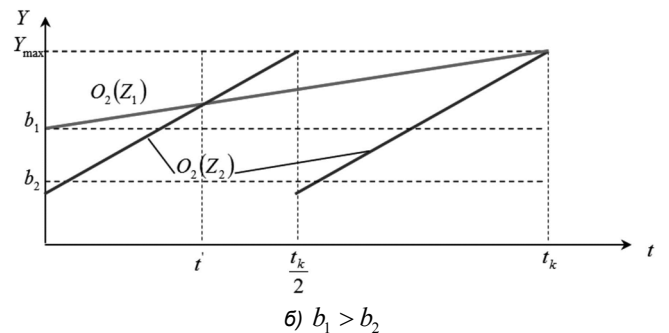
а объекта O_2 для задачи Z_2 функцией:

$$y(t) = a_2 t + b_2.$$

Возможны следующие варианты плановой ситуации (рис. 6 а и 6 б).



а) $b_1 \leq b_2$



б) $b_1 > b_2$

Рис. 6. Графическая иллюстрация изменения важности объектов

Наибольший интерес представляет плановая ситуация для случая, где $b_1 > b_2$. После снижения размерности системы функций, определяющих изменение коэффициентов важности объекта O_2 задач Z_1 и Z_2 , в соответствии с алгоритмом снижения размерности, приведенным выше, графическая иллюстрация изменения важности объектов примет вид, представленный на рис. 7.

Функция, определяющая изменение коэффициента важности объекта O_2 задач Z_1 и Z_2 на интервале

$\left[t_0, \frac{t_k}{2} \right]$ будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} y(t) = \frac{(Y_{\max} - b_1)}{(t_k - t_0)} t + b_1, t \in \left[t_0, \frac{(b_2 - b_1)(t_k - t_0)}{2b_2 - b_1 - Y_{\max}} \right] \\ y(t) = \frac{2(Y_{\max} - b_2)}{(t_k - t_0)} t + b_2, t \in \left(\frac{(b_2 - b_1)(t_k - t_0)}{2b_2 - b_1 - Y_{\max}}, t_k \right] \end{cases} \quad (3)$$

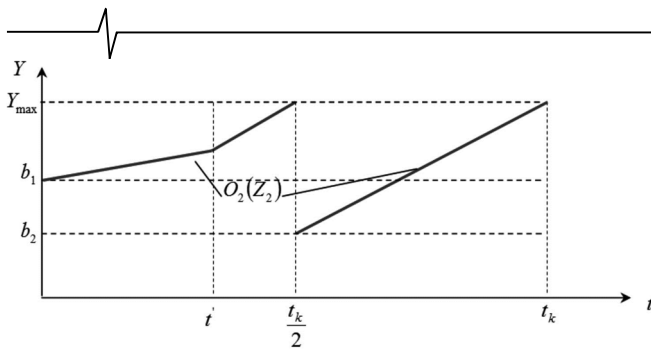


Рис. 7. Графическая иллюстрация изменения важности объектов плановой ситуации уменьшенной размерности для случая, когда $b_1 > b_2$

Таким образом, реализация методики формирования коэффициентов важности объектов (районов) наблюдения сводится к выполнению последовательности действий:

1. Формирование на заданный период времени вектора задач $Z(Z_1, Z_2, \dots, Z_N)$.
2. Формирование на заданный период времени вектора объектов, съемку которых необходимо осуществить с заданными требованиями для решения перечня задач $O(O_1, O_2, \dots, O_M)$.
3. Формирование вектора $B(b_1, \dots, b_N)$ – уровня лиц, поставивших задачи $Z(Z_1, Z_2, \dots, Z_N)$.
4. Формирование системы функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач, согласно уравнению (1).
5. Анализ плановой ситуации на всем интервале пла-

нирования $[t_0, t_k]$ и уменьшение размерности системы функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач, согласно уравнению (2).

6. Анализ плановой ситуации на интервале планирования $\left[t_0, \frac{t_k}{N} \right]$ и формирование на этом интервале системы функций, определяющих изменение коэффициентов важности всех объектов всех задач согласно уравнению (3).

Заключение

Таким образом, разработана методика, обеспечивающая эффективное решение задач съемки интересных районов имеющейся ОГ ДЗЗ, путем подбора таких коэффициентов важности объектов (районов) наблюдения, которые позволяют распределить ресурс средств ДЗЗ наиболее эффективно.

Литература

1. Безняков А.М., Горбулин В.И., Каргу Д.Л., Фадеев А.С., Щербаков В.И. Методика оптимального планирования применения космических аппаратов Дистанционного Зондирования Земли в обзорном режиме // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2013. № 1(39). С. 39–45.
2. Бузуев К.В. Определение оптимальных планов наблюдения космического аппарата дистанционного зондирования Земли с помощью графа // Вестник СГАУ им. академика С.П. Королёва. 2013. Вып. 1(39). С. 63-72.