

Куренков В.И., Кучеров А.С., Стратилатова Н.Н.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ ДЗЗ НА ОСНОВЕ ОТНОШЕНИЯ
ЛЕКСИКОГРАФИЧЕСКОГО ПОРЯДКА**

Целевая аппаратура космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) характеризуется рядом показателей качества, причём различные показатели оказывают разное влияние на целевую эффективность КА [1].

В работе [2] предложено на ранних стадиях проектирования КА ДЗЗ осуществлять выбор оптико-электронных телескопических комплексов (ОЭТК) по показателю значимости ξ_W , представляющему собой отношение приращения прогнозируемого показателя качества космических снимков от внедрения нового ОЭТК ΔW_K , к приращению затрат, обусловленных стоимостью внедрения нового проектного решения с учётом затрат на возможное изменение проектного облика КА ДЗЗ ΔW_3 , то есть

$$\xi_W = \Delta W_K / \Delta W_3 . \quad (1)$$

При этом интегральная (комплексная) оценка качества снимка определяется как

$$W_K = \sum_{i=1}^n k_i W_i , \quad (2)$$

где W_i – частный показатель качества; k_i – удельный вес частного показателя; n – количество рассматриваемых частных показателей.

Значения удельных весов частных показателей определяются экспертным путём, т.е. субъективно. Данное обстоятельство является неизбежным атрибутом задачи принятия решения (сравнения вариантов технической системы) по векторному показателю.

В данной работе предлагается другой подход к сравнению вариантов ОЭТК, основанный на построении отношения лексикографического порядка. Постановка подобной задачи предполагает ранжирование различных показателей качества по предпочтительности, что также является субъективным решением лица, принимающего решение. Однако сравнение решений, полученных по разным методикам, как известно, служит одним из способов оценки их адекватности.

Будем рассматривать каждый показатель качества W_i как функцию от варианта построения технической системы u , являющегося элементом конечного дискретного множества U мощностью m .

Пусть показатели качества упорядочены в порядке убывания их важности, так что задано отношение лексикографического порядка:

$$u \succ^L v \Leftrightarrow [W_1(u) > W_1(v)] \vee [W_1(u) = W_1(v) \wedge W_2(u) > W_2(v)] \vee \dots \vee [W_1(u) = W_1(v) \wedge W_2(u) = W_2(v) \wedge \dots \wedge W_{n-1}(u) = W_{n-1}(v) \wedge W_n(u) > W_n(v)], \quad (3)$$

где $u, v \in U$.

На основании ведённого отношения порядка, для сравнения различных вариантов построения технической системы используется следующая комплексная оценка [3]:

$$W_K = \sum_{i=1}^n \gamma_i W_i(u),$$

где γ_n – произвольное положительное число;

$$\gamma_i > \frac{1}{\delta_i} \sum_{j=i+1}^n \gamma_j \Delta_j, \quad i = \overline{n-1, 1};$$

δ_i – нижняя оценка минимально возможного приращения значения i -го показателя, определяемая из условия:

$$0 < \delta_i \leq \min \{ |W_i(u) - W_i(v)| \}, \quad u, v \in U, \quad W_i(u) \neq W_i(v);$$

Δ_i – верхняя оценка максимально возможного приращения значения i -го показателя, удовлетворяющая условию

$$\Delta_i \geq \max_{u \in U} W_i(u) - \min_{u \in U} W_i(u).$$

Будем характеризовать качество ОЭТК следующими показателями: детальность, количество спектральных диапазонов, количество уровней квантования, точность координатной привязки снимка, периодичность, ширина полосы захвата, производительность.

В таблице 1 представлены значения упорядоченных по важности показателей качества снимков для КА ДЗЗ с различными вариантами ОЭТК, выраженные в баллах.

В таблице 2 представлены результаты расчёта коэффициентов δ_i , Δ_i , γ_i , используемых при получении комплексных оценок качества.

Для расчёта показателей значимости следует перейти к нормализованным значениям комплексных оценок качества:

$$\tilde{W}_K(u_j) = \frac{W_K(u_j)}{\max_U W_K(u_j)}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (4)$$

Таблица 1 – Показатели качества снимков для КА ДЗЗ с различными ОЭТК

Показатель качества	Обозначение	Вариант ОЭТК u_j		
		u_1	u_2	u_3
Детальность	W_1	0,2	0,5	0,7
Ширина захвата	W_2	1	0,5	0,3
Производительность	W_3	0,8	0,8	0,8
Периодичность	W_4	0,5	0,5	0,5
Точность координатной привязки	W_5	0,6	0,6	0,6
Количество спектральных диапазонов	W_6	0,7	0,4	0,8
Количество уровней квантования	W_7	0,7	0,7	0,9

Таблица 2 – Результаты расчёта коэффициентов для комплексных оценок качества

Показатель качества	δ_i	Δ_i	γ_i
W_1	0,20	0,50	22,5
W_2	0,20	0,70	5
W_3	0,01	0,00	100
W_4	0,01	0,00	100
W_5	0,01	0,00	100
W_6	0,10	0,40	2
W_7	0,20	0,20	22,5

Таблица 3 – Комплексные оценки качества и затрат для различных вариантов ОЭТК

Вариант ОЭТК u_j	Комплексная оценка качества, W_K	Нормализованная комплексная оценка качества, \tilde{W}_K	Затраты, W_3
u_1	201,6	0,36	0,36
u_2	205,25	0,41	0,41
u_3	406,85	1	0,54

Таблица 3 содержит комплексные оценки качества вариантов ОЭТК, полученные по приведенным зависимостям и оценки затрат (в баллах) на предполагаемую реализацию КА ДЗЗ с новыми ОЭТК и соответствующими фотоприёмными устройствами (ФПУ).

Пусть в качестве базового используется вариант КА ДЗЗ с ОЭТК u_1 . Оценим с помощью зависимости (1) значимость внедрения ОЭТК u_2 и ОЭТК u_3 на основе полученных результатов, используя нормированные значения комплексной оценки качества (4):

$$\xi_{W1} = \frac{\tilde{W}_K(u_2) - \tilde{W}_K(u_1)}{W_3(u_2) - W_3(u_1)} = \frac{0,504 - 0,496}{0,41 - 0,36} = 0,18;$$

$$\xi_{W2} = \frac{\tilde{W}_K(u_3) - \tilde{W}_K(u_1)}{W_3(u_3) - W_3(u_1)} = \frac{1 - 0,496}{0,54 - 0,36} = 2,80.$$

Таким образом, по показателю значимости предпочтительным является КА ДЗЗ с ОЭТК u_3 . Отметим, что в работе [2] был получен аналогичный результат.

Библиографический список

1. Куренков, В.И. Основы устройства и моделирования целевого функционирования космических аппаратов наблюдения [Текст] / В.И. Куренков, В.В. Салмин, Б.А. Абрамов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 296 с.
2. Стратилатова, Н.Н. Методика сравнительной оценки эффективности космических аппаратов ДЗЗ с различными оптико-электронными телескопическими комплексами [Текст] / Н.Н. Стратилатова, В.И. Куренков, А.С. Кучеров, А.С. Егоров. // Сборник материалов конференции «Актуальные проблемы ракетно-космической техники (IV Козловские чтения). Том 1. 14-18 сентября 2015 г., Самара. – С. 151-159.
3. Подиновский, В.В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям [Текст] / В.В. Подиновский, В.М. Гаврилов. - Изд-во «Ленанд», 2016. – 194 с.