

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ИНФОРМАЦИОННО - ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.В. Дремлюга
(представил д.т.н., проф. Л.Ф. Купченко)

Предложен подход к оценке эффективности многокомпонентных информационно-измерительных систем. Введено понятие функциональной способности системы. Получено соотношение, позволяющее решить задачу оценки эффективности и сравнения между собой систем, которые имеют различное количество компонент факторного пространства показателей качества.

Для оценки эффективности информационно - измерительных систем (ИИС), которые выполняют различные задачи по измерению параметров движения космических аппаратов (КА) и передаче информации, применяются известные методы [1 - 3]. Однако, эти методы не всегда достаточно точно отвечают на вопрос: "Какая именно из систем наиболее эффективна при ее использовании в наземном комплексе управления КА Украины для выполнения определенных целевых задач?". Ответ на поставленный вопрос важен и с той точки зрения, что он позволит сформулировать концепцию разработки и построения ИИС для наземной инфраструктуры космического комплекса Украины.

Сформулируем задачу, решение которой позволит приблизиться к ответу на поставленный выше вопрос. Пусть системы **S1** и **S2** измеряют одинаковые параметры движения, но с различной точностью. При этом системы характеризуются векторами показателей качества \vec{K}_α и \vec{K}_β , таким образом, что

$$\begin{aligned} S1(\vec{K}_\alpha) &= S1(K_{1\alpha}, K_{2\alpha}, \dots, K_{n\alpha}); \\ S2(\vec{K}_\beta) &= S2(K_{1\beta}, K_{2\beta}, \dots, K_{m\beta}). \end{aligned}$$

Необходимо оценить эффективность обеих систем и определить лучшую.

Известные критерии предоставляют возможность сравнения эффективности двух систем в том случае, если факторные пространства векто-

ров \bar{K}_α и \bar{K}_β одинаковы, т.е. $\mathbf{n} = \mathbf{m}$ и показатели качества характеризуют одинаковые функциональные способности систем, и, как результат, имеют одинаковую размерность.

Введем понятие функциональной способности системы. Как известно, ИИС могут быть предназначены для оценки информационных данных, например, для определения дальности до движущегося объекта. Другими словами можно сказать, что система способна выполнять функцию извлечения информации о дальности до объекта (т.е. измерения дальности).

Таким образом, способность системы выполнять ту или иную функцию будет называться функциональной способностью системы.

Возвращаясь к поставленной задаче, можно использовать, например, минимаксный критерий. При этом можно получить следующие соотношения

$$K_{1\alpha} < K_{1\beta}; K_{2\alpha} < K_{2\beta}; \dots; K_{i\alpha} < K_{i\beta}; K_{n\alpha} > K_{n\beta}.$$

В результате такого сравнения можно сделать вывод, что система **S2** лучше, чем система **S1**, хотя $\mathbf{n} - 1$ показатель системы **S1** лучше, чем в системе **S2**. В этом случае наиболее целесообразным будет критерий сравнения, основанный на использовании метода модифицированных рабочих характеристик. В соответствии с данным методом следует искать минимум (из всех допустимых систем) радиус-вектора

$$\mathbf{r} = \sqrt{K_1^2 + K_2^2 + \dots + K_n^2}. \quad (1)$$

Однако, так как показатели K_i имеют различную размерность, а возможно и разный вес, следует их привести к безразмерному виду. Для этого, например, разделим каждый из показателей на максимально возможное его значение. Выбор такого значения можно произвести при использовании заданных из определенных соображений величин, часто это может быть верхняя (или нижняя) граница интервала, в пределах которого должен находиться данный показатель в соответствии с техническими условиями, так что нормированное значение показателя будет следующим

$$K_{in} = K_i / K_{i \text{ доп}},$$

$$\mathbf{r} = \sqrt{K_{1n}^2 + K_{2n}^2 + \dots + K_{nn}^2}. \quad (2)$$

При таких допущениях эффективность систем можно определить сравнивая между собой \mathbf{r}_{n1} и \mathbf{r}_{n2} . Лучшей считается та система, у которой \mathbf{r}_{ni} будет наименьшим.

До сих пор допускалось, что факторные пространства, которые определяют качество систем, являются равнокомпонентными. Вместе с тем остается открытым вопрос о сравнении разнокомпонентных систем. В известных научных источниках [1 - 3] такие системы считаются несравнимыми. Для обоснования постановки такого вопроса рассмотрим пример.

Допустим, что имеются две системы **S1** и **S2**. При этом обе системы имеют одинаковые функциональные способности, которые характеризуются одинаковыми показателями качества так, что

$$\begin{aligned} & K_{i1n} = K_{i2n}, \quad \text{т.е.} \\ & K_{11n} = K_{22n}, \quad K_{21n} = K_{22n}, \quad \dots, \quad K_{n1n} = K_{n2n}. \end{aligned}$$

Очевидно, что сравнение показателей эффективности (качества) r_{1n} и r_{2n} даст возможность сделать вывод о равной эффективности систем **S1** и **S2**.

Дополним начальные допущения следующими данными.

Пусть при вышеприведенных условиях система **S1** обладает дополнительной функциональной способностью, которая характеризуется показателем качества $K_{n+1\ 1n}$. Если теперь сравнивать обе системы с использованием выражения (2) по величинам r_{1n}^{n+1} и r_{2n}^n (тут введены индексы $n + 1$ и n , которые характеризуют количество компонент в показателях r), то ясно, что система **S1** будет считаться худшей, чем система **S2**.

Однако, реальная оценка систем, с учетом того, что **S1** выполняет все n функций с тем же качеством, а также дополнительную функцию с качеством $K_{n+1\ 1n}$, приводит к другому выводу, причем однозначному, что система **S1** лучше (эффективнее) по сравнению с системой **S2**. Как следствие, суммарный показатель системы **S1**, в соответствии с выбранным методом, должен быть меньшим, чем показатель системы **S2**.

Предлагается следующее математическая трактовка решения поставленной задачи. В соответствии с (1) величину r можно представить как длину радиус-вектора в n - мерном пространстве, т.е.

$$r_n = \sqrt{K_{1n}^2 + K_{2n}^2 + \dots + K_{nn}^2}.$$

В результате появления $n + 1$ - го показателя новое значение радиус-вектора (учитывая предыдущие доводы) можно определить как

$$r_{nS1} = r_n - \Delta r = \sqrt{K_{1n}^2 + K_{2n}^2 + \dots + K_{nn}^2} - \sqrt{1 - K_{n+1}^2}. \quad (3)$$

Очевидно, что в случае появления p дополнительных показателей качества выражение (3) будет иметь вид

$$r_{HS1} = r_n - \Delta r = \sqrt{K_{1n}^2 + K_{2n}^2 + \dots + K_{nn}^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^p (1 - K_i^2)}. \quad (4)$$

При использовании соотношения (4) имеются определенные ограничения, которые могут быть связаны с назначением систем, со стоимостными показателями, с весовыми коэффициентами оценки различных функциональных способностей системы введение последних является важным с точки зрения учета веса каждого показателя в общей оценке системы. При их введении требуется учесть следующее:

- во - первых, необходимо, чтобы выполнялось условие - более эффективной системе соответствует меньшее значение обобщенного показателя;

- во - вторых, для правильного сравнения двух систем следует учесть важность более значимых показателей. Другими словами, чем лучше (меньше) наиболее важные показатели в системе, тем соответственно меньшим должен быть модуль радиус - вектора данной системы по сравнению с другими системами, у которых более важный показатель хуже, а менее весомые лучше. Поэтому следует показатели домножать на соответствующие величины, которые равны $1 - \beta$;

- в - третьих, учитывая соотношения (3) и (4) в последних их членах на основе приведенного выше с учетом квадратичных зависимостей следует величины $1 - K_{n+1n}^2$ домножать на β^2 .

Таким образом, выражение (4) будет иметь вид

$$r_{HS1} = r_n - \Delta r = \sqrt{(1 - \beta_1)^2 K_{1n}^2 + \dots + (1 - \beta_n)^2 K_{nn}^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^p \beta_i^2 (1 - K_{in}^2)}.$$

Данное соотношение дает принципиальный подход к решению задачи оценки эффективности и сравнения между собой систем, которые имеют различное количество компонент факторного пространства показателей качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуткин Л.С. Оптимизация радиэлектронных устройств по совокупности показателей. - М.: Сов. радио, 1975, 368 с.
2. Чумаков Н.М., Серебряный Е.И. Оценка эффективности сложных технических устройств. - М.: Сов. радио, 1980, 192 с.
3. Алешин Г.В. Эффективность радиотехнических устройств оценивания параметров сигнала. - Харьков, ХВВКИУ РВ, 1992, 102 с.