

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ НЕЧЕТКИХ ОПИСАНИЯХ ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

д.т.н., проф. В.М. Бильчук, к.т.н. С.Т. Черепков, к.т.н. Н.И. Литвинец

Рассматривается оценка эффективности радиотехнических измерительных систем с учетом нечеткого описания их характеристик и отношения к риску лица, принимающего решения.

Под показателем эффективности функционирования системы, согласно [4], понимают численную меру соответствия возможного и требуемого результатов ее функционирования. Показателем эффективности функционирования сложных радиотехнических измерительных систем может выступать показатель точности совокупности параметров навигационного определения [1, 2].

Если $q_i, i = \overline{1, n}$ суть параметр навигационного определения, а $Z_i, i = \overline{1, n}$ есть случайная величина ошибки его определения, то показателем точности определения параметра q_i выступают $p(Z_i < z_i^{\text{пер}})$, где $z_i^{\text{пер}}$ - регламентируемое значение величины ошибки измерения, а вектор $P = \left\{ p(Z_i < z_i^{\text{пер}}) \right\}, i = \overline{1, n}$ следует рассматривать как показатель точности определения совокупности параметров $\{q_i\}, i = \overline{1, n}$.

Тогда показателем эффективности функционирования измерительной системы, предназначенной для измерения q_i - го параметра, следует принимать

$$p(Z_i < z_i^{\text{пер}}) \geq p_i^{\text{тп}}, \quad (1)$$

где $p_i^{\text{тп}}$ - требуемый уровень вероятности события, состоящего в том, что ошибка измерения q_i - го параметра не превзойдет регламентируемый уровень.

Показатель эффективности функционирования измерительной системы в целом, предназначенной для измерения совокупности параметров $q_i, i = \overline{1, n}$, следует принять вектор

$$P_c = \left\{ p(Z_i < z_i^{\text{пер}}) \geq p_i^{\text{тп}} \right\}. \quad (2)$$

В общем случае случайную величину Z_i следует рассматривать как неслучайную функцию совокупности случайных и неслучайных аргументов вида

$$Z_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}^{k_i} X_{ij} + b_i, \quad k_i = \overline{1, r_i}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где X_{ij} - случайные аргументы;

a_{ij}, b_i - неслучайные аргументы, описывающие характеристики радиотехнической измерительной системы.

Пусть неслучайные аргументы a_{ij}, b_i , которые описывают характеристики радиотехнической измерительной системы, рассматриваются как нечеткие числа и, для простоты изложения, заданы в виде нечетких треугольных чисел и им соответствующие нечеткие множества имеют вид:

$$\tilde{A}_{ij} :$$

a_{ij}	$a_{ij}^{(k)}$	a_{ij}	$a_{ij}^{(\ell)}$
$\mu_{\tilde{A}_{ij}}(a_{ij})$	0	1	0

$$\tilde{B}_i :$$

b_i	$b_i^{(u)}$	b_i	$b_i^{(v)}$
$\mu_{\tilde{B}_i}(b_i)$	0	1	0

Множества \tilde{A}_{ij} и \tilde{B}_i могут быть представлены им соответствующими множествами множеств значений a_{ij} и b_i α уровней по значению функций принадлежности, а именно: $\{A_{ij}^{(\alpha)}\}$, где $\{B_i^{(\alpha)}\}$, где α принимает значения, например, от 0 до 1 с шагом 0,1. Такие “разрезы“ нечетких треугольных чисел \tilde{A}_{ij} и \tilde{B}_i позволяют представить их в виде вложенных интервалов достоверности. Так как арифметические действия, необходимые для определения Z_i по (3) над вложенными промежутками определены, то соответствующим $A_{ij}^{(\alpha)}$ и $B_i^{(\alpha)}$ будут поставлены в соответствие $Z_i^{(\alpha)}$. При заданных законах распределения случайных величин X_{ij} будут определены законы распределения $Z_i^{(\alpha)}$, что позволит определить

$$p^{(\alpha)}\left(Z_i^{(\alpha)} < z_i^{per}\right). \quad (4)$$

Значит, при учете нечетких описаний характеристик радиотехнических комплексов будет получена оценка показателя эффективности функционирования измерительной системы, предназначенной для измерения q_i - го параметра, в виде интервалов достоверности α уровней вида (4), что позволяет перейти к нечеткому числу $\tilde{P}_i = \left\{ \mu_{\tilde{P}_i}(p_i) / p_i \right\}$, $p_i \in H$ - вероятности того, что случайная величина ошибки измерения параметра q_i не превзойдет требуемый уровень. Пусть нечеткое число \tilde{P}_i имеет вид, представленный на рис. 1.

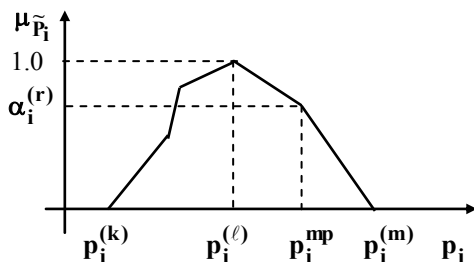


Рис. 1. Функция принадлежности нечеткого числа \tilde{P}_i

Если результат функционирования системы, предназначенной для измерения q_i - го параметра, задан четко, т.е. p_i^{mp} - четкое число, то лицо, принимающее решение (ЛПР), может судить о эффективности функционирования измерительной системы по показателю (1) с уровнем доверия $\alpha_i \leq \alpha_i^{(r)}$ (рис. 1). В целом для измерительной системы ЛПР может принимать решение по показателю (2), где каждой компоненте этого вектора, которая отвечает рассматриваемому параметру q_i , будет соответствовать свой уровень доверия $\alpha_i \leq \alpha_i^{(r)}$, $i = \overline{1, n}$.

Нечеткое описание результата функционирования измерительной системы, предназначенной для измерения q_i параметра, для ЛПР представляется нечетким числом $\tilde{P}_i^{mp} = \left\{ \mu_{\tilde{P}_i^{mp}}(p_i^{mp}) / p_i^{mp} \right\}$, $p_i^{mp} \in H_1$.

Вид функции принадлежности нечеткого числа \tilde{P}_i^{mp} представлен на рис. 2.

Принятие решения ЛПР об уровне эффективности измерительной системы, предназначенной для измерения параметра q_i в случае, когда

возможный результат функционирования \tilde{P}_i и требуемый результат функционирования \tilde{P}_i^{mp} рассматриваются как нечеткие числа, может основываться лишь на сопоставлении функций принадлежности нечетких чисел \tilde{P}_i и \tilde{P}_i^{mp} .

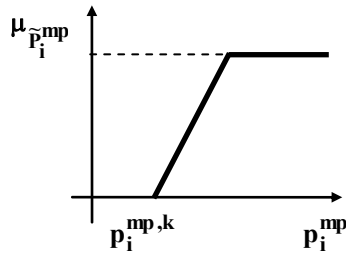


Рис. 2. Функция принадлежности нечеткого числа \tilde{P}_i^{mp}

На рис. 3 (а, в, с) представлены возможные исходы сопоставлений функций принадлежности \tilde{P}_i и \tilde{P}_i^{mp} .

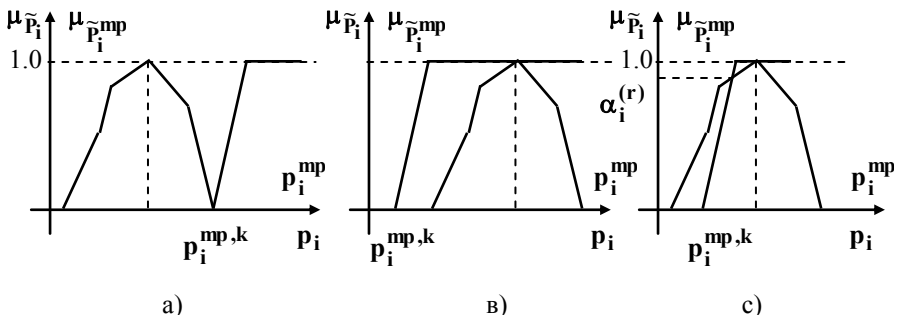


Рис. 3. Исходы сопоставления функций принадлежности \tilde{P}_i и \tilde{P}_i^{mp}

Из рис. 3, позиции а и в, видно, что при сопоставлении функций принадлежности возможного нечеткого результата функционирования измерительной системы, предназначенной для измерения q_i -го параметра, с требуемым нечетким результатом, ЛПР без учета его отношения к риску, примет решение, что система неэффективна (позиция - а) или система эффективна (позиция - в).

При исходе сопоставления возможного и требуемого результатов функционирования измерительной системы, представленном на рис. 3, позиция - с, ЛПР может принять решение о эффективности системы с учетом его отношения к риску. По отношению к риску ЛПР может быть: склонено к риску, тогда его решения следует признать оптимистическими; не склонено к риску, тогда его решения следует признать пессимистическими, и безразлично к риску. Можно принять, что если ЛПР безразлично к риску, и пересечение функций принадлежности возможного и требуемого результатов функционирования системы соответствует $\alpha_i = 0.5$, то ЛПР в равной мере может принять решение о том, что система эффективна или неэффективна. Если $\alpha_i^{(r)} > 0.5$, то ЛПР может принять оптимистическое решение о том, что система эффективна, если $\alpha_i^{(r)} < 0.5$, то ЛПР может принять пессимистическое решение о том, что система неэффективна.

В заключении следует отметить, что предложенный метод оценки эффективности функционирования применим для любой сложной системы в случае нечеткого описания ее характеристик, учитываемых при оценке эффективности, и нечеткого описания результата функционирования системы. Как видно из рис. 3, позиция - с, оценкой эффективности является $p_i^{(r)} \geq p_i^{mp,r}$ при $\alpha_i^{(r)}$ для оценки q_i - го параметра, а для системы в целом – соответствующий вектор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бильчук В.М., Черепков С.Т. Метод двухэтапного экспертного оценивания показателей функционирования перспективных радиосистем // Системы обработки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. – Вип. 2(8). – С. 3 - 5.
2. Петров А.В., Яковлев А.А. Анализ и синтез радиотехнических систем. – М.: Радио и связь, 1984. – 247 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. Надежность и эффективность в технике. Справочник в десяти томах. Том 3. Эффективность технических систем. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

Поступила в редколлегию 24.09.2001