АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ РЛС

Сидюк С. Г., Пунчик Е. П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гринкевич А.В. – канд. тех. наук

Алгоритм оценки технических характеристик РЛС позволяющий оценить технический уровень (ТУ) РЛС. Новизна предложенного подхода заключается в проведении многократной оценки ТУ разными средними взвешенными и статистической обработкой результатов оценивания. В результате преимущество описанного подхода по сравнению с известными заключается в более точной оценке полученного результата (оценке ТУ РЛС)

Использование степенных средних взвешенных при оценке качества (ТУ) РЛС связано с нелинейными операциями над исходными значениями единичных показателей ТУ, что приводит к преобразованиям законов распределения единичных показателей ТУ. При сложных алгоритмах определения ТУ от большого числа единичных показателей определение закона распределения оценки ТУ достаточно сложно. Поэтому применим приближенные вычисления для определения числовых характеристик оценки ТУ.

Идея приближенных вычислений состоит в том, что алгоритм оценки ТУ представим рядом Тейлора [1, 2], в котором ограничимся первыми членами разложения. В этом случае выражение оценки ТУ примет вид:

$$\dot{Q} = \overline{Q} + \theta_{\dot{Q}} + \delta_{\dot{Q}} = Q(Q_{01}, Q_{02}, \ldots, Q_{0m}, g_1, g_2, \ldots, g_m) +$$
$$+ \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial Q}{\partial Q_{0i}} \delta_{Q_{0i}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial Q}{\partial g_i} \delta_{g_i} + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial Q_{0i}^2} \delta_{Q_{0i}}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial g_i^2} \delta_{g_i}^2,$$

где $\dot{Q}$ – приближенное значение оценки ТУ; $\overline{Q}$ – среднее значение оценки ТУ; $\theta_{\dot{Q}}$ – поправка на неточность вычислений; $\delta_{\dot{Q}}$, $\delta_{Q_{0i}}$, δ_{g_i} – случайные отклонения, которые могут быть как положительными, так и отрицательными; $\frac{\partial Q}{\partial Q_{0i}}$, $\frac{\partial Q}{\partial g_i}$ – первые частные производные алгоритма оценки ТУ; $\frac{\partial^2 Q}{\partial Q_{0i}^2}$, $\frac{\partial^2 Q}{\partial g_i^2}$ – вторые частные производные алгоритма оценки ТУ.

Первые слагаемые в правой и левой частях этого выражения не зависят от поправок и случайных отклонений исходных значений ТУ. Поэтому:

$$\overline{Q} = Q\left(\overline{Q}_{01}, \overline{Q}_{02}, \ldots, \overline{Q}_{0m}, g_1, g_2, \ldots, g_m\right), \qquad (1),$$

где $\overline{Q}_{01}$, $\overline{Q}_{02}$, $\overline{Q}_{0m}$ – средние значения исходных единичных показателей ТУ; g_1, g_2, g_m – весовые коэффициенты.

Возникновение поправки $\theta_{\dot{Q}}$, объясняется наличием квадратичных членов разложения и связано с неточностью вычислений, это является важной особенностью приближенных вычислений на уровне оценок числовых характеристик. В связи с этим, поправка $\theta_{\dot{Q}}$ будет определяться выражением:

$$\theta_{\dot{Q}} \approx \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial Q_{0i}^2} \delta_{Q_{0i}}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial g_i^2} \delta_{g_i}^2 .$$

Заменяя случайное отклонение $\delta_{Q_{0i}}$, δ_{g_i} на погрешности измерения исходных значений единичных показателей ТУ и коэффициентов весомости $\sigma_{Q_{0i}}$, σ_{g_i} поправка на неточность вычислений $\theta_{\dot{Q}}$ примет вид:

$$\theta_{\dot{Q}} \approx \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial Q_{0i}^2} \sigma_{Q_{0i}}^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial^2 Q}{\partial g_i^2} \sigma_{g_i}^2 . \qquad (2),$$

Случайное отклонение оценки ТУ $\delta_{\dot{Q}}$ определяется в соответствии с выражением:

$$\delta_{\dot{Q}} = \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial Q}{\partial Q_{0i}} \delta_{Q_{0i}} + \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial Q}{\partial g_i} \delta_{g_i} . \qquad (3),$$

Усреднение квадрата левой и правой частей выражения (3) с заменой случайных отклонений $\delta_{Q_{0i}}$, δ_{g_i} на погрешности измерения исходных значений единичных показателей ТУ и коэффициентов весомости $\sigma_{Q_{0i}}$, σ_{g_i} позволяет найти приближенное значение случайной погрешности оценки ТУ $\sigma_{\hat{Q}}$, при этом считаем, что исходные значения показателей ТУ, значения коэффициентов весомости независимы и их корреляционные моменты равны нулю. Среднеквадратическое отклонение оценки ТУ $\sigma_{\hat{Q}}$ определяется выражением:

$$\sigma_{\hat{Q}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial Q}{\partial Q_{0i}}\right)^2 \sigma_{Q_{0i}}^2 + \sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial Q}{\partial g_i}\right)^2 \sigma_{g_i}^2}\ . \qquad (4),$$

После определения среднего значения оценки ТУ $\overline{Q}$, поправки на неточность вычислений $\theta_{\hat{Q}}$, СКО оценки ТУ $\sigma_{\hat{Q}}$ результат оценки ТУ необходимо представить в стандартном виде, при этом не рекомендуется пользоваться записью $\hat{Q} \pm t\sigma_{\hat{Q}}$, так как в силу особенностей человеческой психики при этом возникает некоторая доминанта, акцент на середину интервала для чего нет никаких оснований. Среди значений Q в доверительном интервале нет предпочтительных. В связи с этим результат оценки ТУ представим в виде:

$$Q = \hat{Q} - t_P\sigma_{\hat{Q}} \ldots \hat{Q} + t_P\sigma_{\hat{Q}} \text{ с вероятностью } P\,, \qquad (5),$$

где $\hat{Q}$ – исправленная оценка ТУ $\hat{Q} = \overline{Q} + \theta_{\hat{Q}}$; t_P – коэффициент, определяемый по таблицам в зависимости от числа измерений и принятой доверительной вероятности P.

Результат оценки ТУ при недостаточности априорных данных должен быть ориентирован на самый худший случай [3]. Тогда реальное значение будет всегда лучше и получение необходимого результата гарантируется. Исходя из того, что закон распределения оценки ТУ и погрешности не известен, но известно СКО погрешности оценки ТУ $\sigma_{\hat{Q}}$, то в этом случае доверительный интервал строим на основе неравенства Чебышева:

$$P\left\{\hat{Q} - \gamma_p\sigma_{\hat{Q}} \le Q \le \hat{Q} + \gamma_p\sigma_{\hat{Q}}\right\} \ge 1 - \frac{1}{\gamma_p^2}\,,$$

где γ_p - коэффициент Чебышева.

Согласно центральной предельной теореме, закон распределения суммы достаточно большого числа независимых случайных величин сколь угодно близок к нормальному [4]. Исходя из того, что в оценку ТУ входят значения показателей ТУ, представляющие собой независимые случайные величины, можно предположить, что оценка ТУ имеет нормальный закон распределения. В этом случае, за t_P необходимо брать коэффициент Стьюдента, при этом значения t_P определяется по таблицам при заданной доверительной вероятности P (таблица 1).

Таблица 1 - Значение t_P от доверительной вероятности P.

Доверительная вероятность P	0,68	0,95	0,99	0,997
Коэффициент Стьюдента t_P	1	2	2,6	3

Список использованных источников:

[1] Ильин, В.А. Математический анализ. Начальный курс: 2-е изд., перераб. / В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Бл.Х. Сендов; под общ. ред. А.Н. Тихонова. – М.: Изд-во МГУ, 1985. 662с.

[2] Ильин, В.А. Математический анализ. Продолжение курса / В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Бл.Х. Сендов; под общ. ред. А.Н. Тихонова. – М.: Изд-во МГУ, 1987. 358с.

[3] Майстренко, И.Ю. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности 270201 / И.Ю. Майстренко, О.К. Петропавловских. Казань: КГАСУ, 2010. – 45с.

[4] Михайлов, Е.В. Теория вероятностей в примерах и задачах: Часть 1. Комбинаторика. Случайные события и их вероятности / Е.В. Михайлов, Н.Н. Патронова, В.В. Тепляков. – Архангельск: САФУ, 2013. 141с.