

В. П. Дерябкин, В. В. Бойко

ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ СТРУКТУР СИСТЕМ СБОРА
И ПЕРЕДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Использование моделей дискретных каналов связи при сравнительном анализе вариантов структур систем сбора и передачи данных (ССПД) позволяет предложить относительно простой алгоритм отсева нерациональных структур по обобщенному критерию [1].

В качестве критерия для многоканальной ССПД принимается

$$Q = \frac{C}{R},$$

где C - удельные расходы на эксплуатацию системы в единицу времени, руб/с;

R - пропускная способность системы, бит/с.

Предпочтение отдается тому варианту, для которого данный критерий принимает минимальное значение.

Пропускная способность одного канала ССПД [2]

$$R = U \max_{i=1, N} I(X; Y).$$

где $\frac{p(x_i)}{U}$ - скорость передачи отсчетов по каналу, бит/с;

$I(X; Y)$ - количество информации, содержащейся в одном отсчете сигнала на выходе ССПД "Y" относительно отсчета входной величины "X";

$p(x_i)$ - распределение входной величины "X";

N - число уровней квантования.

Очевидно, в случае многоканальной ССПД, имеющей L источников информации и один приемник, пропускная способность системы

$$R = \sum_{\ell=1}^L R_{\ell} \eta_{\ell},$$

где R_{ℓ} - пропускная способность ℓ -го канала;

η_{ℓ} - коэффициент использования ℓ -го канала на периоде функционирования системы ($\sum_{\ell=1}^L \eta_{\ell} = 1$).

Известно, что количество измерительной информации $I(X; Y)$ можно определить через энтропию выхода системы $H(Y)$ и энтропию помех $H(Y/X)$:

$$I(X; Y) = H(Y) - H(Y/X).$$

В свою очередь

$$H(Y) = - \sum_{j=1}^N p(y_j) \log p(y_j);$$

$$H(Y/X) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N p(x_i) p(y_j/x_i) \log p(y_j/x_i).$$

Предлагаемая методика оценки вариантов структур ССПД строится на предположении о том, что структура различных вариантов системы сбора и передачи измерительной информации может быть представлена в виде некоторого набора функциональных модулей с дискретным множеством входных и выходных сигналов.

Каждый функциональный модуль " K " характеризуется числом уровней дискретных сигналов - N и вероятностями перехода " i -го" уровня на входе модуля в " j -й" на выходе, т.е. вероятностями вида

$$p^{(K)}(y_j/x_i), \quad i, j = \overline{1, N}.$$

Вообще говоря, при идеально работающей ССПД между уровнями сигнала на входе и выходе модуля должно соблюдаться строгое однозначное соответствие. Однако из-за наличия погрешности преобразования и ненадежности функционирования вероятность появления правильного уровня на выходе реального модуля отлична от единицы.

В работе [1] показано, что переходные вероятности для каждого модуля могут быть получены из следующих выражений:

$$p^{(K)}(y_j/x_i) = \begin{cases} W^{(K)} = \frac{p_K}{2[D_K] + 1}, & j = i - [D_K], i + [D_K] \\ O^{(K)} = \frac{1}{2}(1 - p_K), & j = i - [D_K] - 1, i + [D_K] + 1, \\ i = \overline{1, N} \end{cases}$$

где P_K - вероятность надежной работы K -го модуля;

D_K - абсолютная погрешность K -го модуля;

$[D_K]$ - целая часть от D_K .

По определению $D_K = \frac{N \sigma_K}{100}$,

где σ_K - относительная погрешность.

Такая формализация позволяет представить функциональный модуль информационной моделью дискретного канала без памяти, которая задается в виде графа (рис. 1) или матрицы переходных вероятностей:

$$P^{(K)} = \begin{bmatrix} W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} 0 \dots 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} \\ W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} 0 \dots 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} 0 \dots 0 \dots 0 \\ 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} 0 \dots 0 \dots 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ 0 \dots \dots \dots 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} \\ 0^{(K)} 0 \dots \dots 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ W^{(K)} \dots W^{(K)} 0^{(K)} 0 \dots 0 0^{(K)} W^{(K)} \dots W^{(K)} \end{bmatrix}$$

Отсюда следует, что данная модель относится к классу моделей дискретных симметричных каналов без памяти.

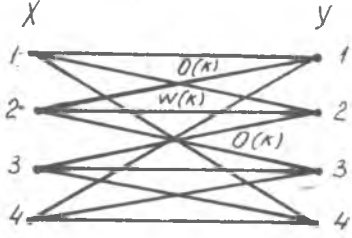
Можно показать [2], что канал, состоящий из нескольких последовательно соединенных каналов без памяти, также будет симметричным.

Известно [3, 4], что пропускная способность ДСКБ достигается при равномерном распределении уровней входного сигнала и определяется из выражения

$$R = U [\log N - H(Y/x_i)];$$

$$V_i = 1/N$$

$$H(Y/x_i) = \sum_{j=1}^N p(y_j/x_i) \log p(y_j/x_i).$$



Р и с. 1. Модель функционального модуля ($N = 4$, $[D_K] = 0$)

В частном случае системы, состоящей из L однотипных каналов, в рамках выбранной модели критерий оценки вариантов структур ССПД запишется в виде

$$Q = C \left\{ U \left[\log N - H(Y/x_i) \right] \right\},$$

$$V_i = \overline{1, N}.$$

Для определения значений критерия Q был разработан алгоритм, блок-схема которого приведена на рис. 2.

В основу алгоритма положено рекуррентное выражение для вычисления условной вероятности появления " j -го" уровня на выходе K -го модуля при известном i -ом уровне на входе

$$P^{(K)}(y_j/x_i) = W^{(K)} \sum_{s=j-[D_K]}^{s=j+[D_K]} P^{(K-1)}(y_s/x_i) + O^{(K)} [P^{(K-1)}(y_{j-[D_K]-1}/x_i) +$$

$$+ P^{(K-1)}(y_{j+[D_K]+1}/x_i)],$$

$$V_i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{i-D-1, i+D+1}, \quad K = \overline{1, M},$$

где D - абсолютная погрешность K модулей,

$$D = \sum_{z=1}^K D_z.$$

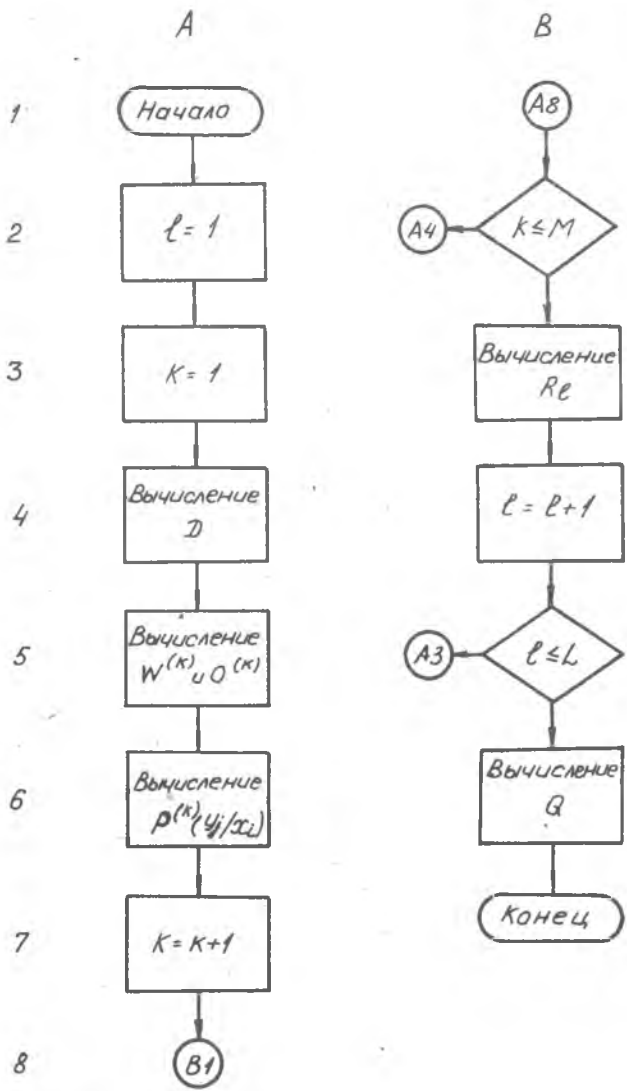
На языке ПД/Г была написана программа, реализующая алгоритм вычисления критерия Q по рассмотренной методике.

Программа использовалась для сравнения двух вариантов построения многоканальной ССПД с однотипными каналами.

Исходные данные по каждому варианту приведены в табл. I.

Т а б л и ц а I

Вариант	I	II
Удельные расходы, руб/с	0,00908	0,00794
Скорость передачи сигналов по каналу, с ⁻¹	100	100
Код-во уровней квантования	1024	1024



Р и с. 2. Блок-схема алгоритма оценки вариантов структур ССПД

№ модуля в канале										
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Погреш- ность σ_k	0,041	0,043	0,092	0,090	0,043	0,040	0,130	0,100	0,120	0,043
Надеж- ность P_k	0,983	0,984	0,995	0,996	0,986	0,979	0,959	0,973	0,997	0,990

В результате расчета получено:

$$Q_1 = 117 \cdot 10^{-6} \text{ р/бит}, \quad Q_2 = 119 \cdot 10^{-6} \text{ р/бит}.$$

Таким образом, предпочтение отдается первому варианту.

Простота алгоритма и, как следствие этого, малое время ответа (в пределах 1-2 секунд на ЭВМ ЕС-1020) делают возможным использование данного метода для сравнительного анализа вариантов структур в системах автоматизированного проектирования. Предложенный метод опирается на результаты предшествующих расчетов метрологических, надежностных и экономических показателей отдельных функциональных модулей системы.

Л и т е р а т у р а

1. В и т т и х В.А., Д е р я б к и н Б.П., Т о м н и к о в Г.Н. Сравнительный анализ вариантов структур систем сбора экспериментальных данных. - В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. Вып. 9. Куйбышев: КуАИ, 1976.
2. Ф а н о Р. Передача информации. Статистическая теория связи. - М.: Мир, 1965.
3. Г а л л а г е р Р. Теория информации и надежная связь. - М.: Советское радио, 1974.
4. Б л о х Э.Л., П о п о в О.В., Т у р и н Б.Я. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации. - М.: Связь, 1971.