В. М. Деундяк, **М. А. Жданова** (Ростов-на-Дону, ФГНУ НИИ «Спецвузавтоматика»). **О применении скрытых марковских моделей в моделировании источников ошибок.**

Рассмотрим q-ичный цифровой канал передачи данных N физических состояний. На основе [1, 2] построим модель источника ошибок со следующими параметрами: множеством состояний $S = \{S_1, S_2, \ldots, S_N\}$; матрицей переходных вероятностей $A = \{a_{ij}\}$; начальным распределением вероятностей состояний $\pi = \{\pi_i\}$; средней вероятностью появления ошибки в канале P^{er}; вектором средних вероятностей появления ошибки в различных состояниях $p^{er} = \{p_i^{er}\}$; адаптированными к каналу векторами распределений длин квазипериодов $\{p_i(d)\}$ $(d = 1, 2, \ldots, D)$ и плотностей $\rho = \{\rho_i\}$, определяемых на эталонных отрезках; полем Галуа $\mathbf{F}_q$ как алфавитом наблюдаемых символов; матрицей $B = \{b_{jk}\}$ вероятностей ошибок $v_k \in \mathbf{F}_q^*$ в состояниях S_j. Эту модель можно рассматривать как модификацию скрытой марковской модели (СММ) [3]. Генерация потока ошибок проходит в три этапа: моделирование состояний; моделирование бинарного потока локаций ошибок; моделирование значений ошибок из $\mathbf{F}_q^*$.

При тестировании помехоустойчивых кодеков строится база исследованных моделей источников ошибок. Актуальна задача оптимального подбора модели из базы, наиболее точно имитирующей реальную помеху в канале. Поэтому для каждой модели λ необходимо уметь вычислять вероятности $P(O|\lambda)$ наблюдения в канале последовательностей ошибок $O = O_1O_2\ldots O_T$ и сравнивать эти результаты для разных моделей. На основе уточнения алгоритма прямого хода (см. [3]) для построенной в работе модели получено следующее утверждение.

Теорема. *Предположим, что за время первых* t $(\leqslant T)$ *наблюдений было последовательно пройдено* r *состояний* $q_1, q_2, \ldots, q_r$ *с длительностями, равными соответственно* $d_1, d_2, \ldots, d_r$. *Пусть* $\alpha_t(i) = P(O_1O_2\ldots O_t; q_r = S_i|\lambda)$. *Тогда* $P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i)$, *где* $\alpha_1(i) = \pi_i p_i(1)\widetilde{b}_{1,i}^1(O_s)$, *а для* $t > 1$

$$\alpha_t(i) = \begin{cases} \pi_i p_i(t) \prod\limits_{s=1}^{t} \widetilde{b}_{t,i}^t(O_s) + \sum\limits_{d=1}^{t-1} \sum\limits_{j=1}^{N} \alpha_{t-d}(j) a_{ji} p_i(d) \prod\limits_{s=t-d+1}^{t} \widetilde{b}_{t,i}^d(O_s), & t \leqslant D, \\ \sum\limits_{j=1}^{N} \sum\limits_{d=1}^{D} \alpha_{t-d}(j) a_{ji} p_i(d) \prod\limits_{s=t-d+1}^{t} \widetilde{b}_i^d(O_s), & D < t \leqslant T, \end{cases}$$

$$\widetilde{b}_{t,i}^d(O_s) = \begin{cases} \varphi_i^d(s-t+d-1)\, p_i^{er}\, d\, b_i(O_s), & O_s \neq 0, \\ 1 - \varphi_i^d(s-t+d-1), & O_s = 0, \end{cases}$$

φ_i^d — *функция, полученная масштабным растяжением эталонной плотности* ρ_i *на отрезок* $[0, d-1]_{\mathbf{Z}}$ *согласно алгоритму, предложенному в* [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Деундяк В. М., Могилевская Н. С.* Математическое моделирование источника ошибок q-ичного канала передачи данных. — Изв. ВУЗов. Сев.-Кавк. рег. Технические науки, 2008, № 1, с. 3–7.
2. *Деундяк В. М., Жданова М. А.* Обобщенная марковская модель источника ошибок q-ичного цифрового канала нескольких физических состояний. — Матем. и ее прилож.: ЖИМО. Иваново: ИГУ, 2010, № 1 (7), с. 34–40.
3. *Рабинер Л. Р.* Скрытые марковкие модели и их применение в избранных приложениях при распознавании речи: обзор. — ТИИЭР, 1989, т. 77, № 2, с. 86–120.