

УДК 681.518 : 004:912

А.Л. Ерохин

Харьковский национальный университет внутренних дел

## О МОДЕЛИРОВАНИИ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В СЛОЖНОЙ СИСТЕМЕ С КАНАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

*Статья посвящена разработке нового подхода к моделированию нештатных ситуаций в сложных системах с каналной структурой на основе выделения в системе элементарных и системных каналов, введения растровой структуры и построения модели преобразований информации в системе с использованием комбинаторных перестановок.*

**сложная система, каналная структура, нештатная ситуация**

### Введение

Многие быстропротекающие процессы, происходящие в сложных системах с каналной структурой, характеризуются динамическим изменением состояний, в том числе и не предусмотренных алгоритмами контроля, управления и принятия решений. Часто причинами изменений состояний являются случайные факторы. Моделирование стохастических процессов перехода системы в следующее состояние представляет большой интерес [1 – 3], так как позволяет разрабатывать новые подходы в прогнозировании нештатных ситуаций (НС) и принятии решений, а также позволяет разработать новые принципы распознавания НС на фоне помех и искажений в трактах передачи информации.

Поэтому важным является разработка нового подхода к моделированию НС в сложных системах с каналной структурой, что и является целью настоящей статьи.

### 1. Модель системы с каналной структурой

Рассмотрим множества состояний сложной системы с каналной структурой в виде:

$$W = \left\{ \left\{ \omega_{ij} \right\}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \right\}; \quad (1)$$

$$W^* = \left\{ \left\{ \omega_{ij}^* \right\}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \right\}, \quad (2)$$

где  $W$  – множество входа;  $W^*$  – множество выхода;  $\omega_{ij}$  – элемент сечения входа системы;  $\omega_{ij}^*$  – элемент сечения выхода системы.

Благодаря матричным формам, информация, поступающая на поверхность входа указанной модели сложной системы, а также формируемая на поверхностях выхода, являются растровыми, состоящими из множества фрагментов. Поэтому матрицу  $W$  определим как входной растр изображения, а матрицу  $W^*$  – как выходной растр.

Тогда сформулируем подход к моделированию НС посредством преобразования первичных изображений в виде следующих принципов:

- 1) преобразование первичной информации на входной поверхности в растровую структуру входа  $W$ ;
- 2) введение в передающий тракт элементарных каналов системы произвольных искажений, нарушающих регулярность положения координат элементов  $\omega_{ij}^*$  относительно элементов  $\omega_{ij}$ ;
- 3) формирование на выходной поверхности растровой структуры выхода  $W^*$  преобразованной информации.

При наличии комбинаторной нерегулярности нарушается правильность взаимных положений элементов  $\omega_{ij}^*$  относительно  $\omega_{ij}$  на выходной поверхности. При перемещении источника первичной информации на входной поверхности последовательно засвечиваются элементы  $\omega_{2-1}, \omega_{2-2}, \omega_{2-3}$  поверхности, а на выходной поверхности формируется другая последовательность  $\omega_{2-1}^*, \omega_{1-3}^*, \omega_{3-3}^*$ , отличная от прямолинейной траектории. Увеличение числа элементов  $\omega_{ij}$  в растровых структурах  $W$  приводит к усложнению преобразований. Если на время остановить движение растра на входе, то на приемной поверхности сформируются несколько изображений. После преобразования изображение на выходной поверхности системы представляет собой объединение неупорядоченных подмножеств разноокрашенных абстрактных фигур, степень непохожести которых по сравнению с эталонным изображением определяется количеством искажений в тракте передачи. В каждый момент времени

$$\Omega_2 = \bigcup_{i=1}^N \Omega_{2i}^{*k} \Big|_{k=1}^m, \quad (3)$$

где  $k$  – количество подмножеств, заполняющих выходную поверхность системы;  $\Omega_{2i}^{*k}$  – подмножество, эквивалентное подмножеству

$$\Omega_1 = \bigcup_{i=1}^N \Omega_{1i}, \quad (4)$$

где  $N$  – максимальное число подмножеств на входной поверхности.

При неподвижном положении изображения на входе прямоугольная матрица значений коэффици-

ента комбинаторных перестановок  $R_s$  определяет вероятности перехода состояния.

Для формализации процесса преобразования изображений рассмотрим структуру растровых фрагментов первичных и преобразованных изображений с теоретико-множественных позиций. При объединении  $\omega_{ij}(\omega_{ij}^*)$  элементарных каналов образуются два типа размещения их поперечных сечений на входной или выходной поверхностях системы [4]. Первый тип называется гексагональным (рис. 1). Зона плоскости между тремя соседними сечениями  $\omega_{ij}$  не пропускает целевой продукт, и эти зоны обозначим как  $\phi_i$ . Второй тип размещения сечений на плоскости называется послынным или ленточным (рис. 2).

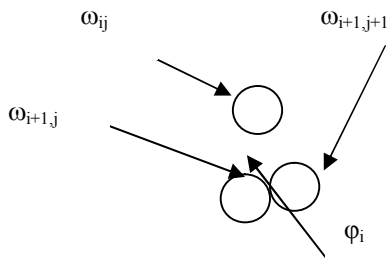


Рис. 1. Гексагональное размещение

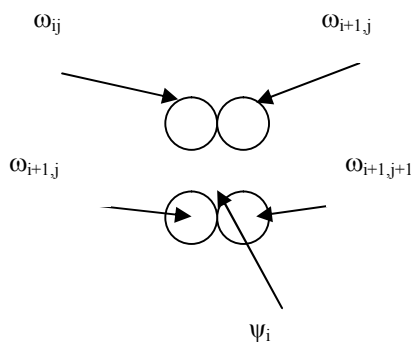


Рис. 2. Послынное размещение

Пустые зоны  $\psi_i$  образуются при объединении четырех соседних сечений  $\omega_{ij}$ . В этих терминах входной и выходной растры представляются объединением базовых элементов  $W$ , пропускающим поток целевого продукта (информации), и пустых (нулевых) элементов  $\Phi_i$ . Объединение пустых подмножеств

$$\bigcup_{i=1}^N \Phi_i = 0 \subset A \quad \text{и} \quad \bigcup_{i=1}^N \Phi_i^* = 0 \subset A.$$

Объединения подмножеств базовых единичных

$$\text{элементов } \bigcup_{i=1}^N W_i \neq 0 \subset A \quad \text{и} \quad \bigcup_{i=1}^N W_i^* \neq 0 \subset A.$$

Пересечение подмножеств также принадлежит этому множеству, что дает возможность в дальнейшем определить основные типы преобразований между множествами  $W$  и  $W^*$ . Теоретико-множественный подход дает возможность при изучении моделей искажений определить все множества семантик, описывающих потоки исходной информации.

## 2. Модель преобразований информации в сложной системе с канальной структурой

Рассмотрим модель преобразования информации [1, 5, 6] в виде отображения преобразованного входа на поверхности выхода сложной системы с канальной структурой. Поверхность выхода модели может рассматриваться, как состоящая из  $N$  множеств  $\bigcup_{r=1}^N \{B_r\}$ , вложенных друг в друга в виде кольцеобразных фигур  $B_1 - B_N$ .

Вход модели представляет собой объединение последовательно расположенных растров входа  $\bigcup_{r=1}^N \{A_r\}$ , которые сканируются полуплоскостью. Растровые структуры элементарных и системных каналов на входе и выходе обладают следующими свойствами, выраженными аксиоматически:

1) каждое растровое объединение на входе  $[A]_i$  и сопряженный ему растр на выходе  $[B]_k$  имеют собственные локальные системы координат

$$\left[ \begin{array}{l} (a_{0i}, a_{j0}, \forall i, j = 1, 2, \dots); \\ (b_{0k}, b_{k0}, \forall k, l = 1, 2, \dots) \end{array} \right]_{A_i, B_k};$$

2) каждое растровое объединение входа относительно сопряженного ему растра на выходе  $[A]_i \leftrightarrow [B]_k$  имеет свою систему отношений  $[a_{ij} \leftrightarrow b_{kl}]_{A_i}$ ;

3) каждый из каналов  $[A]_i \leftrightarrow [B]_k$ , образованный системой отношений  $[a_{ij} \leftrightarrow b_{kl}]_{A_i}$ , имеет свою комбинацию подстановок, которая определяется соответствующей матрицей.

Тогда модель преобразований элементарных каналов системного канала сложной системы может быть представлена в виде системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_2 : \{A\}_p \equiv \bigcup_i^m (a_i)_p \leftrightarrow \langle [\Omega] \cup [\Delta] \rangle_p \quad \forall (a_i) \leftrightarrow (b_l); \\ \bigcup_{p=1}^S \{A\}_p \xrightarrow{K_1} \bigcup_{p=1}^S \{B^t\}_p, \end{array} \right. \quad (5)$$

где  $K_2$  – оператор комбинаторных перестановок внутри каждого из  $\{B^t\}_p$ , образующих системный канал;  $K_1$  – оператор комбинаторных перестановок самих гомеоморфизмов внутри системного канала (оператор преобразований информации входной информации);  $p$  – число элементов выхода с нарушенным взаимным расположением;  $[\Omega]$ ,  $[\Delta]$  – подмножества растровых элементов выхода, предикаты которых равны “1” и “0” соответственно.

## Выводы

Таким образом, предложен подход, позволяющий моделировать НС в сложных системах с канальной структурой на основе выделения в системе разных типов каналов, введения растровой структуры и модели преобразований информации в системе с использованием комбинаторных перестановок.

Направлением дальнейшего развития предложенного подхода к моделированию НС является разработка алгебрологической идентификации НС в виде алгебры предикатных операций над матрицами узнавания совпадений, что позволит определять тип и место нештатного события в сложной системе с канальной структурой.

## Список литературы

1. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф: В 2-х книгах. Кн. 1: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 350 с.
2. Бурцев Вал.Н., Бурцев Влад.Н., Ерохин А.Л. Анализ связей сложно-организованных систем с гомеостатическим и гетеростатическим управлением // Вестник Национального технического университета «Харьковский

политехнический университет»: Сб. науч. тр. Тематический выпуск: Автоматика и приборостроение. – Х.: НТУ «ХПИ». – 2001. – № 4. – С. 20-23.

3. Ерохин А.Л. Распознавание аварийных ситуаций в энергосистемах // Проблемы бионики. – 1998. – Вып. 49. – С. 67-71.

4. Ерохин А.Л., Бурцев Вал.Н., Бурцев Влад. Н. Исследование стохастических процессов комбинаторно-топологического кодирования информации. Сообщение 1 // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 4 (13). – С. 44-48.

5. Бурцев В.Н., Ерохин А.Л. Преобразование подстановок как модель случайных отказов сложно-организованных информационных систем // Проблемы бионики. – 2001. – Вып. 55. – С. 15-19.

6. Ерохин А.Л., Бурцев В.Н. Моделирование дискретных множеств и их отображений посредством аналогий // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, НАНМ, ХВУ, 2003. – Вып. 6 (22). – С. 123-126.

Поступила в редколлегию 9.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, доцент И.П. Захаров, Харьковский национальный университет внутренних дел, Харьков.