УДК 681.518:004:912

А.Л. Ерохин

Харьковский национальный университет внутренних дел, Харьков

АЛГЕБРОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ

Статья посвящена разработке средств идентификации нештатных ситуаций в сложных системах с канальной структурой на основе алгебрологического подхода.

алгебра нештатных ситуаций, пороговые функции, алгебрологические средства

Введение

В статье рассматриваются алгебрологические средства для идентификации нештатных ситуаций в сложной системе с канальной структурой (СС), созданные на основе методов теории фундаментальной алгебры предикатных операций в виде алгебры предикатных операций узнавания нештатных ситуаций (НС). **Целью статьи** является разработка модели флуктуаций в сложной системе на основе алгебры предикатных операций и разработка метода идентификации флуктуаций параметров сложной системы с использованием пороговых функций.

1. Модель с использованием алгебры предикатных операций

Рассмотрим нештатную ситуацию в сложной системе с канальной структурой. Для множеств НС рассмотрим следующие аксиоматические положения [1]:

– для случая, когда НС отсутствует, зададим соответствие между входом и выходом (1 вход – 1 выход): T = A*B, где A – алфавит; B – множество выхода. Если можно выделить m элементов, которые неизменны, то можно отнести конкретную ситуацию к нештатной ситуации первого класса с образованием предикатного множества;

– для нештатной ситуации зададим соответствие типа 1 вход – n выходов. При этом, если входы и выходы нетождественны, то появляется НС. Тогда основная задача алгебры НС формулируется как распознавание и классификация этих несоответствий – нештатных ситуаций. Данную ситуацию будем относить к НС второго класса. Предикатное множество этого класса – это предикаты с размытыми составляющими;

– если невозможно установить метрику, то данную ситуацию будем относить к нештатной ситуации третьего класса.

При переходе флуктуационного параметра СС за границы предиката второго класса его расширенная предикатная переменная переходит в предикатную переменную более высокого класса. В каждой из предикатных переменных есть дополнительные условия. Рассмотрим в каждом $\mathrm{т}-\mathrm{к}$ -мерном сечении по k–базовым координатам множества протекающих динамических процессов. При этом процессы отображаются на каждом $\mathrm{т}-\mathrm{к}$ -мерном сечении многомерной сферы. Каждое из сечений в общем виде может рассматриваться как фазовое пространство, заполняемое множеством траекторий развития этих процессов. Внутренность n–мерной сферы является спектром реализованных и нереализованных состояний относительно устойчивой СС.

© А.Л. Ерохин

Рассмотрим вопрос, связанный с поведением флуктуационных параметров капсулы параметров системы с учетом критериев важности тех или иных флуктуаций, влияющих на поведение СС в возможных конфликтах "система–окружающая среда", "система–человек", "система-внутренняя среда". Пусть a_n – множество входа, характеризующее n наборов параметров флуктуационной капсулы, b_{kl} – множество выхода, характеризующее алфавит ситуаций. Введем конечный предикат узнавания НС $P\;\; b_{kl} \;\; = f_{b\,kl}^{\,'fb_{kl}}$; $P\;\; b_{kl} \;\; = 1$, где b_{kl} – число элементов подстановок на поверхности выхода, для которых для всех параметров (kl) соответствующие фрагменты функции остаются внутри флуктуационного коридора параметров, $f_{b_{kl}}'$ – функция входа СС, fb_{kl} – функция выхода.

Считаем, что для любого из (kl)-параметров, который выходит за пределы флуктуационного коридора параметров, предикат принимает нулевое значение $P\;\; b_{kl} \;\; = 0$. Тогда для относительно устойчивого состояния значение предиката – единичное. На основании алгебры предикатных операций [2] введем предикатную операцию узнавания предиката $P_i \;\; b_{kl}$ по переменной a_i (i=1..n):

$$F(a_1 \;\; b_{kl} \;\; , a_2 \;\; b_{kl} \;\; ,\ldots a_i \;\; b_{kl} \;\; ,\ldots a_n \;\; b_{kl} \;\;) =$$

$$= \begin{cases} 1, \text{ если } a_i \;\; b_{kl} \;\; = P_i \;\; b_{kl} \;\; , \\ 0, \text{ если } a_i \;\; b_{kl} \;\; \neq P_i \;\; b_{kl} \;\; . \end{cases}$$

В общем виде матрица, составленная из соответствующих предикатных переменных параметров, оставшихся внутри флуктуационного коридора или вышедших его пределы, будет состоять из единичных и нулевых элементов. Со временем число флуктуаций параметров, вышедших за пределы флуктуационного коридора, увеличивается, и число нулевых значений предикатов также увеличивается. Учет структуры предполагает неравноценность каждого из параметров, которые определяется разными весовыми характеристиками. Дизъюнктивно-конъюнктивной алгеброй нештатных ситуаций называется алгебра предикатных операций с базисными операциями дизъюнкции и конъюнкции и базисными элементами – предикатами узнавания НС. Для любого универсума ситуаций U, множества M всех предикатов и n предикатных переменных алгебра нештатных ситуаций полна, то есть любая предикатная операция в ней выражается формулой

$$F(a_1 \;\; b_{kl} \;\; , a_2 \;\; b_{kl} \;\; ,\ldots, a_n \;\; b_{kl} \;\;) =$$

$$= \bigvee_{P_1, P_2, \ldots, P_n \in M} F(P_1, P_2, \ldots P_n) a_1^{P_1} \;\; b_{kl} \;\; a_2^{P_2} \;\; b_{kl} \;\; ,\ldots, a_n^{P_n} \;\; b_{kl} \;\; ,$$

– совершенной дизъюнктивной нормальной формой (СДНФ) операции F. Доказательство очевидно, поскольку логическое сложение в СДНФ ведется по всем $P_i \in M^n$. Заметим, что определенная алгебра является частными случаем дизъюнктивно-конъюнктивной алгебры предикатных операций [2 – 4], для которой теорема о ее полноте доказана в [2]. Рассмотрим основные задачи, которые решаются с помощью алгебры НС:

1) формульная запись систем психофизиологических состояний (ПФС) при исследовании интеллектуальной деятельности человека-оператора;

2) выражение смысловой структуры вырабатываемого решения в процессе принятия решения человеком-оператором при НС;

3) построение моделей сложных систем при НС с целью повышения оперативности принимаемого решения.

Наиболее быстродействующим техническим решением для заданного базиса является аппаратно-программное решение, основанное на пороговой логике.

2. Модель с использованием пороговых функций

Как известно, простейшие пороговые устройства преобразуют n-мерный сигнал $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ в двухэлементное множество $\{0,1\}$. При этом пороговая функция является двухзначной функцией, заданной на множестве A мощности n, которое состоит из всех векторов $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$. Двухзначная пороговая функция P выполняет разбиение множества A на два непересекающихся подмножества A0 и A1, где каждое подмножество состоит из тех векторов $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$, для которых P принимает одно и то же значение. Рассмотрим n-мерное евклидово пространство E_n, тогда векторы $(\vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_n)$ образуют единичный многогранник (n-мерную сферу S_n). Найдем способ разбиения единичной сферы S_n на два непересекающихся подмножества. Для удобства дальнейшего рассмотрения сведем ее к n-мерному кубу S_n. Выберем разбиение гиперплоскостью $\omega_1 a_1 + \omega_2 a_2 + \ldots + \omega_n a_n + \omega_0 = 0$, которая делит пространство E_n на две части:

$$E0 = \;\; (a_1, \ldots a_n) \in E_n,\; \omega_1 a_1 + \omega_2 a_2 + \ldots + \omega_n a_n + \omega_0 \le 0 \quad \text{и}$$

$$E1 = \;\; (a_1, \ldots a_n) \in E_n,\; \omega_1 a_1 + \omega_2 a_2 + \ldots + \omega_n a_n + \omega_0 > 0$$

Множество вершин многомерного куба Sn разделяется на два подмножества:

$A0 = A \bigcap E0$ и $A1 = A \bigcap E1$.

Сформулируем задачу о синтезе многозначных логических аппаратных и программных устройств для идентификации НС в сложных системах с канальной структурой. Для этого необходимо определить все возможные пороговые разбиения множества вершин куба S_n с помощью гиперплоскостей. Рассмотрим варианты таких разбиений для следующих случаев:

1) двухзначный случай для распознавания наличия или отсутствия аварийного режима (k=2). Множество выхода $B_k = \{0,1\}$;

2) трехзначный случай для узнавания нормального режима, нештатной ситуации, аварийного режима (k=3). Множество выхода $B_k = \;\; 0, \varepsilon, 1, 0 \;\;$;

3) четырехзначный случай для узнавания нормального режима, нештатной ситуации, предаварийной ситуации и аварийного режима (k=4). Множество выхода $B_k = \ 0, \varepsilon, \Delta_1, 1, 0 \ $;

4) k-значный случай для узнавания нормального режима, нештатной ситуации, r-предаварийных ситуаций и аварийного режима (k=r+3). Множество выхода $B_k = \ 0, \varepsilon, \Delta_1, \Delta_2, ..., \Delta_r ... 1, 0 \ $.

Рассмотрим случай k=2. Множество A составлено из вершин квадрата (0,0), (1,0), (0,1), (1,1), причем каждую вершину можно отделить от трех остальных прямой. Так же пороговыми являются разбиения {(0,0), (1,0)}, {(0,0), (0,1)}, {(0,1), (1,1)}, {(1,1), (1,0)}. Для этого случая имеется готовый аппарат булевой алгебры конечных предикатов.

Рассмотрим более сложные случаи 2), 3) и 4). Определим функцию P, как k-значный предикат со значениями в множестве выхода B_k. Тогда задача синтеза многозначного порогового элемента [5], который реализует k-значный конечный предикат $f(a_1, a_2, ..., a_n)$, формулируется следующим образом: для заданной функции определить, является ли она пороговой и установить, по крайней мере, один из векторов ее структуры W={$\omega_1, ..., \omega_n, \omega_0$}, где $\omega_1, ..., \omega_n$ – веса k-значных переменных из множества входа A; ω_0 – порог.

Зададим алфавит входной A={a_1,..., a_6} векторов взаимодействий системы и алфавит выходной $B = \ 0, \varepsilon, \Delta_1, \Delta_2, ..., \Delta_r ... 1, 0 \ $, состоящий из классов нормального режима, нештатных, предаварийных и аварийных ситуаций в сложной системе с канальной структурой [6]. Для обработки многомерных и многозначных параметров системы зададим входное множество векторов взаимодействий системы A = {a_1 ,…, a_6 }, где $a_1 = \overrightarrow{\varphi_I}$ – множество векторов технологических параметров со скалярными переменными $\Delta\varphi_I$; $a_2 = \overrightarrow{\varsigma_J}$ – множество векторов корректировок параметров управления со скалярными переменными $\Delta\varsigma_J$; $a_3 = \overrightarrow{\theta_L}$ – множество векторов параметров планирования со скалярными переменными $\Delta\theta_L$; $a_4 = \overline{\mu_L}$ – множество векторов корректировок параметров $\overrightarrow{\varphi_I}$ – векторы технологических параметров со скалярными переменными $\Delta\varphi_I$; $a_5 = \vec{P}_{FS}$ – множество векторов, описывающих базовые операторские функции лица, принимающего решения (психофизиологического состояния ЛПР); $a_6 = \overrightarrow{\nu_{FS}}$ – множество векторов корректировок ПФС человека-оператора.

Выводы

Таким образом, предложены две модели для алгебрологической идентификации НС в сложных системах с канальной структурой. Рассмотрена задача о синтезе многозначных логических аппаратных и программных устройств для идентификации НС в сложных системах с канальной структурой.

Список литературы

1. *Дударь З.В., Кравец Н.С., Шабанов-Кушнаренко Ю.П. О фундаментальной алгебре предикатных операций // Проблемы бионики. – 1998. – Вып. 49. – С. 3-13.*
2. *Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Математические средства. – Х.: Вища школа, 1987. – 159 с.*
3. *Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. Проблемы и перспективы. – Х.: Вища школа, 1984. – 142 с.*
4. *Дертоузос М. Пороговая логика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 342 с.*
5. *Ерохин А.Л. Алгоритм построения флуктуационной капсулы параметров сложной системы при аварийных ситуациях // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2005. – Вип. 9(49). – С. 221-227.*
6. *Бондаренко М.Ф., Єрохін А.Л. Про моделі позаштатної поведінки інтелектуальних систем // Проблеми біоніки. – 2004. – Вип. 60. – С. 7-16.*

Поступила в редколлегию 19.03.2007

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