УДК 355.586: 65.012.122

Б.В. ДЗЮНДЗЮК, И.В. НАУМЕЙКО, Н.Н. СЕРДЮК, Т.Е. СТЫЦЕНКО

СТРУКТУРЫ И ТИПЫ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА – СРЕДА»

Рассматриваются различные типы общих моделей «человек-машина-среда», каждая из которых адекватно описывает практически важное качество объекта, а все вместе – описывают объект с точки зрения его безопасного функционирования. Дальнейшая их детализация приводит к известным, а также некоторым новым моделям подсистем.

1.Введение и постановка задачи

Известно [1], что единая модель, описывающая все интересующие нас аспекты, достаточно сложной системы либо невозможна, либо ее сложность сопоставима с самим объектом. В то же время система не сводится к совокупности подсистем, поэтому глобальная модель необходима. Выход – в создании системы общих моделей.

Целью работы является описание классов общих моделей для объекта «человек-машина-среда», рассматриваемого с точки зрения безопасности функционирования.

Задача состоит в выборе наиболее полного непротиворечивого и не избыточного множества моделей, адекватно описывающих интересующие нас функции.

Методом исследования является анализ больших систем.

2. Структурно-алгебраические модели

Оставляя за рамками работы философские аспекты моделирования, рассмотрим характерные черты систем «человек – машина – среда» (ЧМС) и их представление в пространстве моделей. Начнём с наиболее общих моделей, позволяющих оценить связность, сложность и некоторые глобальные характеристики системы.

Универсальной областью (в моделировании часто используются термины «мир», «вселенная») в нашем случае является пространство ситуаций $U(t)$ как функций времени. Множество результатов (событий) обозначим Ω. $U(t): R \to \Omega$.

Рассматривая объект с точки зрения его безопасности, мы сужаем множества $\{U(t)\}$ и Ω до конечных, причем небольшой мощности. События, таким образом, повторяются, и нас будут интересовать условия повторения и периодичности. Объектами исследования являются цепочки последовательных событий.

Первая из предлагаемых моделей – предикатная. Она позволяет перейти от развития ситуации во времени к цепочке событий, закодированных бинарным вектором. Рассмотрим n событий в системе; из условия $2^{m-1} \le n \le 2^m$ выбираем m предикатов для их описания. Этот набор (обычно избыточный на величину $2^m - n$) составляет вектор размерности m, кодирующий события. Для исследования динамики процесса – цепочки событий - следует пополнить множество событий и предикатов «переходами», т.е. промежуточными состояниями, когда i-е событие совершилось, а $i+1$ ещё не произошло.

Особенности системы «человек-машина-среда» проявляются в том, что некоторые из цепочек событий запрещены. Запрещенные цепочки определяются как внутренними ограничениями модели (техпроцесс), так и внешними (поставки сырья и энергии, погода, законодательство и т.д.). Таким образом, естественно возникает вопрос о степени связности модели.

Обозначим Γ процесс перехода от события q к q^1. Если он невозможен, то $\Gamma=0$. Пополним множество Γ универсальным элементом «1», означающим, что ничего не происходит. Введём операцию $\Gamma_i \circ \Gamma_k = \Gamma_e$, если есть допустимая цепочка $q_i \to q_k$, $q_k \to q_e$.

Очевидно, $0 \circ \Gamma = \Gamma \circ 0 = 0$; $1 \circ \Gamma = \Gamma \circ 1 = \Gamma$. Получена алгебра с 0 и 1, некоммутативная, но ассоциативная, т.е. полугруппа, определяющая структуру системы. Поскольку система развивается во времени, то цепочки необратимы, и $\langle \Gamma, \circ \rangle$ не является группой. Интерпретация такой модели в терминах теории графов обычно более наглядна, но не даёт новой информации.

3. Связность и размерность моделей

Для анализа связности системы рассмотрим матрицу смежности событий из Ω . Сами события есть «вершины», а их множества называются «симплексами»; λ-отношение, порождаемое на Ω системой «человек-машина-среда». В симплекс входят вершины, смежные с данной. Таким образом, система представляется симплициальным комплексом $K(\Omega,\lambda)$. Размерностью симплекса из n событий принято считать $n-1$. Рассматривая общие вершины симплексов, введём понятие связности системы, из которой следует возможность или невозможность её декомпозиции на более мелкие, не связанные или слабо связанные между собой подсистемы.

Рассмотрим максимальное множество общих вершин (грань) симплексов δ_1 и δ_2 из комплекса $K(\Omega,\lambda)$. Пусть r – её размерность. Тогда если δ и δ' соединены цепочкой симплексов δ_i с попарно общими гранями размерности r_i, то говорят, что они связаны q-цепью, где $q=\min\{\dim\delta, r_1, r_2,...r_m, \dim\delta'\}$. Эта операция разбивает комплекс K на классы q-эквивалентности $(q=0,1,...\dim K)$. Обозначим Q_q – количество классов на заданном уровне q-связности. Тогда связность и возможности декомпозиции системы определяются первым структурным вектором комплекса $\vec{Q}=(Q_{\dim K}, Q_{\dim K-1},..., Q_1, Q_0)$.

Здесь Q_0 – число несвязных компонент совпадает с нулевым числом Бетти (остальные Q_i в общем случае могут не совпадать с числами Бетти соответствующей размерности). Степень интегрированности подсистем в системе определяется эксцентриситетом симплексов:

$$ecc(\delta)=\frac{\dim\delta-\max q}{\max q+1},$$

где $\max$ берётся по всем q-цепям, содержащим δ.

Очевидно, для уединенной подсистемы грань есть $\emptyset$, все $r=-1$, значит, $\max q=-1$ и $ecc(\delta)=\infty$.

Обычно размерность системы и степень её связности определяют структурную сложность системы. В основном следуя [2], введем для системы ЧМС понятие меры сложности $C(\Sigma)$ (не только структурной) аксиоматически.

А1. Если $\Sigma_0\subset\Sigma$, то $C(\Sigma_0)\le C(\Sigma)$.

А2. Если Σ является параллельным соединением подсистем $\{\Sigma_i\}:\Sigma=\oplus\Sigma_i$, то $C(\Sigma)=\max C(\Sigma_i)$.

А3. При наличии обратной связи : $Fb(\Sigma_2,\Sigma_1)$ – рассматривается как подсистема

$$C(\Sigma_1\oplus\Sigma_2)\le C(\Sigma_1)+C(\Sigma_2)+C(Fb(\Sigma_2,\Sigma_1)).$$

При высокой q-связности подсистем «человек», «машина» и «среда» аксиома 3 играет определяющую роль. В системе ЧМС, как следует уже из её названия, содержатся самые разнородные подсистемы и системные переменные x_i, имеющие различные диапазоны и единицы измерения. Связи между ними определяет размерное однородное уравнение $F(x_1,...,x_n)=0$. Известна теорема о переходе к (n-r) безразмерным переменным P_i, где r – ранг размерной матрицы исходных n переменных, $r\le m$; m – число основных величин в системе СИ. Вводя инвариантную дискриминантную функцию $F=(\vec{a},\vec{P})$ и определяя весовые коэффициенты $\vec{a}$ из условия максимума межгрупповой вариации, получаем критерий декомпозиции системы на подсистемы. Отметим, что здесь можно применить и другие методы кластерного анализа, и результат декомпозиции должен зависеть от физического содержания системы. Очевидная декомпозиция: «человек» – «машина» – «среда» редко бывает наилучшей в смысле связности. Заметим также, что информационная мера сложности – мера средней неопределённости попадания элемента в кластер – для систем ЧМС нехарактерна, поскольку колеблется в широких пределах для топологических (структурно) подобных систем.

4. Неинвариантные модели

Отметим, что переходя от структуры к функционированию ЧМС, т.е. вводя функцию (критерий качества) на множестве событий, мы теряем инвариантность, по крайней мере, в подсистеме «человек» (поскольку отношение директора, врача, пострадавшего и прокурора к одному и тому же событию различны). Здесь продуктивен подход релятивистской теории информации [3]. Для описания воспользуемся функцией качества на пространстве состояний и входных воздействий. Условие оптимальности состоит в том, что при фиксированном воздействии реализуется состояние, соответствующее локальному минимуму функции U, которая является потенциальной для системы ЧМС, а , с другой стороны, может быть отождествлена со структурной энтропией системы. В литературе [4] известен так называемый принцип эволюций, связывающий структурную энтропию $Э_s$ с поступающей информацией I и (внутренней) негэнтропией N следующим соотношением: $d\,Э_s = \frac{dI}{N}$.

В частности, для автономных замкнутых систем следует [4]

$$dI = dH_i - f(H_0)dH_0 = 0,$$

т.е. структурная энтропия не изменяется. Внутренняя энтропия H_i обычно отождествляется с состоянием системы, а внешняя H_0 – со временем. Оба параметра и целевая функция системы V зависят от наблюдателя («человек») S. Длина геодезической в пространстве состояний при наблюдателях S и S' определяется формулой

$$d\delta^2 = c^2 dH_0^2(\Sigma\,|S) - dH_i^2(\Sigma\,|S) - dV^2(\Sigma\,|S),$$

где постоянная c определяется из соотношения $H_i = cH_0$ для всего «мира». В этом случае при неизменности цели V системы Σ смена «наблюдателя» $S \to S'$ похожа на преобразования Лоренца [3] и величину $U(S\,|S') = \frac{dH_i\,(S\,|S')}{dH_0(S\,|S')}$ называют «организованностью» наблюдателя S с точки зрения S':

$$H_i(\Sigma\,|S') = \rho(H_i(\Sigma\,|S) + u(S\,|S') \cdot H_0(\Sigma\,|S)),$$

$$H_0(\Sigma\,|S') = \rho_0\left(H_0(\Sigma\,|S) + \frac{u}{c^2} H_i(\Sigma\,|S)\right),$$

где $\rho = (\frac{1-u^2(S\,|S')}{c^2})^{-\frac{1}{2}}$.

Выводы

Авторы полагают, что основные характерные признаки систем ЧМС связаны с каждым из рассмотренных классов моделей и ни один не может быть исключен.

Новизна и практическая значимость работы в том, что детализация и конкретизация этих классов применительно к объектам ЧМС позволяет получить частные модели, например [5,6], обладающие предсказательным (экстраполирующим) свойством, что необходимо для управления безопасностью объекта.

Список литературы: **1.** *Porter W.*, Modern foundations of Engineering. New York : Macmillan. 1966. 33 p. **2.** *Gottinger H.*, Complexity and Dynamics: Appl. Of Dyn.Sys.Th., IEEE Trans. Sys. Man. Cyber. 1976. P. 876-873. **3.** *Jumarie G.A.* Relativistic information Theory Model for General Systems: Lorentz Transformastion of Organizability and Structural Entropy// Int. J. Sys. Sci. 1975.№ 6.P. 865 - 886. **4.** *Sahal D.*, System Complexity : Its Conception and measurement in the Design of Engineering sestems// IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.,SMC – 6, 1976.P.152. **5.** *Наумейко И.В., Сердюк Н.Н.* Марковские модели систем «Человек-Машина-Среда»// АСУ и приборы автоматики. 2005. № 133.С.53-56. **6.** *Сердюк Н.Н.* Модели типа Гаммерштейна для описания нелинейного воздействия группы факторов на организм человека // Радиоэлектроника и информатика. 2006. № 1.С.111-113.

Поступила в редколлегию 21.02.2007

Дзюндзюк Борис Васильевич, д-р техн. наук, проф. зав. кафедрой «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование эргатических систем. Хобби: путешествия. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

Наумейко Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная математика» ХНУРЭ. Научные интересы: математическое моделирование. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14.

Сердюк Наталья Николаевна, ассистент кафедры «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: управление условиями труда на рабочих местах. Хобби: плавание. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

Стыценко Татьяна Евгеньевна, старший преподаватель кафедры «Охрана труда» ХНУРЭ. Научные интересы: электромагнитная безопасность. Хобби: вязание, кулинария. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-360.

УДК 681.324

А.Н. РЫСОВАНЫЙ

МАТРИЦА СОСТОЯНИЙ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГИСТРА СДВИГА С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАТУРЫ

Рассматривается задача определения сигнатуры нелинейными регистрами сдвига с обратными связями по состоянию столбцов матрицы состояний. Выводятся формулы определения столбцов матрицы состояний, расчетов степеней матрицы связей и их взаимное влияние.

1. Введение

Современный уровень развития микроэлектроники предъявляет новые требования к проектированию цифровой техники. Усилия многих ведущих фирм-производителей направлены на усовершенствование старых и разработку новых методов диагностирования цифровой техники.

Одной из разновидностей диагностирования цифровых узлов и блоков является тестовое диагностирование, применение которого на этапе проектирования и изготовления цифровых узлов позволяет определить правильность их функционирования и осуществить процедуру поиска неисправностей. При разработке тестовой диагностики возникает сложность в определении эталонных реакций при тестировании существующих схем, а также в определении оптимального числа контрольных точек для снятия выходной реакции диагностируемой цифровой схемы. Это можно сделать создавая прототип разрабатываемого цифрового устройства и проводя его диагностику аппаратными методами либо осуществляя моделирование на персональном компьютере как цифрового устройства, так и процесса диагностики. Наиболее рациональным является второй подход, который предполагает создание автоматизированных систем диагностики, позволяющих производить диагностику цифровых схем на стадии проектирования. *Актуальность* данной работы определяется тем, что при диагностировании некоторых классов цифровых схем (таких как программируемые логические матрицы) оказывается неэффективным псевдослучайный тест с линейного регистра сдвига с обратными связями, который связан с большим числом сходящихся разветвлений и специальным видом неисправностей в таких схемах [1]. Кроме того, для диагностирования схем, которые имеют три стабильных состояния, а также линий передачи данных, имеющих три уровня сигнала, предпочтительнее использовать устройства, предназначенные именно для решения таких задач [2]. К этим устройствам относят и нелинейные регистры сдвига с обратными связями. При их построении используются полиномы с коэффициентами не с двоичного поля Галуа $GF(2)$.