

УДК519.71

Е. И. КУЧЕРЕНКО

О МИНИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

Введение

Современные системы управления, обработки данных и принятия решений, функционирующих в нечетком пространстве состояний технологического объекта, характеризуются значительной размерностью.

В связи с этим возникает проблема выбора путей и критериев минимизации ресурсов, к которым в первую очередь следует отнести ресурсы вычислительных средств и источников экспертных знаний в интеллектуальных системах принятия решений.

Важным аспектом решаемой проблемы является задача выявления, локализации и устранения избыточности, нерациональных и бесполезных заикливаний во взаимодействующих процессах [1]. В работе предлагается подход к решению поставленной задачи с использованием нечетких сетевых моделей [2].

Постановка задачи

Рассмотрим множество нечетких взаимодействующих процессов $\{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$, отображающих данные и знания в системах управления и принятия решений [3].

Пусть $\{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$ характеризуется:

– достижимостью целей принимаемых решений

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\} | \{D_{sj}\} = true, j \in J; \quad (1)$$

– полнотой целей принимаемых решений

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\} | \{Pl_n\} = true, n \in N; \quad (2)$$

– непротиворечивостью принимаемых решений

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\} | \{N_{p's}\} = \emptyset, s \in S; \quad (3)$$

– бесконфликтностью взаимодействующих процессов

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\} | \{C_k\} = \emptyset, k \in K. \quad (4)$$

Определение 1. Избыточными процессами $\{\tilde{\Pi}_i^{sur}\}, i \in I$ будем называть такие процессы, которые, исходя из логики взаимодействующих процессов, не участвуют в формировании множества ожидаемых решений $\{\tilde{A}_r\}, r \in R$ на множестве начальных состояний $\{\tilde{A}_0l\}, l \in L$ системы.

При условии выполнения (1–4), необходимо определить подходы к выявлению, локализации и устранению подмножества процессов $\{\tilde{\Pi}_i^{sur}\} \subseteq \{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$ для которых справедливо

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\} | Sur = true, \quad (5)$$

где Sur – признак наличия свойств избыточности.

Исследование подходов к решению проблемы

Анализ технологических комплексов, характеризующихся существенной нечеткостью взаимодействующих процессов $\{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$, позволяет выделить, по крайней мере три составляющие $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\}, i \in I$.

Утверждение 1. Подмножество процессов $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur1}\} \subseteq \{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\}, i \in I$ для которых справедливо

$$\forall \tilde{\Pi}_i^{Sur1} \in \{\tilde{\Pi}_i^{Sur1}\} | \mu_{\tilde{\Pi}_i}(k_0) < \mu_{\tilde{\Pi}_i}(k_0)^*, \quad (6)$$

где $\mu_{\tilde{\Pi}_i}(k_0), \mu_{\tilde{\Pi}_i}(k_0)^*$ – значение соответственно функции принадлежности и её допустимого значения, при условии выполнения (1–4) являются избыточными.

Определение 2. Некоторый процесс $\tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$ будем называть:

- k_0 – активным (пассивным), если он не будет реализован по крайней мере в одном из множества ожидаемых решений $\tilde{A}_r \in \{\tilde{A}_r\}, r \in R$ на множестве начальных состояний $\{\tilde{A}_{ol}\}, l \in L$;
- k_1 – активным, если он будет выполнен не менее одного раза, но не участвует в реализации хотя бы в одном из множества ожидаемых решений $\tilde{A}_r \in \{\tilde{A}_r\}, r \in R$ на множестве начальных состояний $\{\tilde{A}_{ol}\}, l \in L$;
- k_2 – активным, если он будет выполнен по крайней мере в одном из множества ожидаемых решений $\tilde{A}_r \in \{\tilde{A}_r\}, r \in R$ на множестве начальных состояний $\{\tilde{A}_{ol}\}, l \in L$;

Утверждение 2. Подмножество процессов $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur2}\} \subseteq \{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\}, i \in I$, которые отнесены к уровню k_0 -активности, при условии выполнения (1–4), являются избыточными.

Утверждение 3. Подмножество процессов $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur3}\} \subseteq \{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\}, i \in I$, которые отнесены к уровню k_1 -активности, при условии выполнения (1–4) являются избыточными.

Утверждение 4. Подмножество избыточных процессов $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\}$ может быть представлено как

$$\{\tilde{\Pi}_i^{Sur}\} = \{\tilde{\Pi}_i^{Sur1}\} \cup \{\tilde{\Pi}_i^{Sur2}\} \cup \{\tilde{\Pi}_i^{Sur3}\}, i \in I. \quad (7)$$

Тогда очевидно, что подмножество процессов $\{\tilde{\Pi}_i'\} \subseteq \{\tilde{\Pi}_i\}$, которые принадлежат к уровню k_2 -активности, отнесём к процессам, в которых отсутствует свойство избыточности:

$$\forall \tilde{\Pi}_i \in \{\tilde{\Pi}_i'\} | Sur = false. \quad (8)$$

Формализация и анализ свойств избыточности в пространстве состояний НСМ

Исходными данными для решения задачи принимаем:

- множество начальных состояний системы $\{\tilde{A}_{ol}\}, l \in L$;
- множество ожидаемых решений системы $\{\tilde{A}_r\}, r \in R$;
- множество взаимодействующих процессов $\{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$;
- множество функций принадлежности $\{\mu_{\tilde{\Pi}_i}(k)\}$;
- множество допустимых значений функций принадлежности $\{\mu_{\tilde{\Pi}_i}(k_0)\}^*$.

Интерпретацию компонент исходных данных в терминах нечёткой сетевой модели (НСМ) осуществляем согласно [2,4].

Утверждение 5. Множество начальных состояний $\{\tilde{A}_{ol}\}, l \in L$ интерпретируется в пространстве состояний НСМ множеством векторов начальной маркировки

$$\{\tilde{M}(f)_{ow}\}, w \in W, \text{ причём } |\{\tilde{M}(f)_{ow}\}| \neq |\{\tilde{A}_{ol}\}|.$$

Утверждение 6. Множество ожидаемых решений $\{\tilde{A}_r\}, r \in R$ интерпретируется в пространстве состояний НСМ подмножеством ненулевых компонент ожидаемых векторов текущего маркирования $\{\tilde{M}(f)_q\}$ выходных позиций $\tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_i(out)\}$ переходов $\{\tilde{t}_i\}$ и конечного маркирования $\{\tilde{M}(f)_{kq}\}$ терминальных (конечных) позиций $\tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_i(out)_s\}$ НСМ.

Утверждение 7. Множество взаимодействующих процессов $\{\tilde{\Pi}_i\}, i \in I$ интерпретируется множествами нечётких переходов $\tilde{t}_i \in \tilde{T}$ и нечётких позиций $\tilde{p}_j \in \tilde{P}$.

Введём понятия путей и контуров на НСМ.

Определение 3. Если существует НСМ $\tilde{S}(f)$, то путь $\tilde{C}'_l(\tilde{p}_{jl}, \tilde{p}_{ke}), l \in L$ из некоторой входной позиции НСМ $\tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_i(in)_s\}$ к некоторой выходной позиции $\tilde{p}_k \in \{\tilde{p}_i(out)_s\}$ будет образован упорядоченным набором пар инцидентных вершин $\tilde{p}_{jl} \in \tilde{P}$ и $\tilde{t}_{il} \in \tilde{T}$, для которых справедливо условие:

$$\begin{aligned} & \forall (\tilde{p}_{jl} \in \tilde{P}, \tilde{t}_{il} \in \tilde{T}) | (\mu_{\tilde{p}_j}(k_0) \geq \mu_{\tilde{p}_j}(k_0)^*) \wedge (\mu_{\tilde{t}_i}(k_0) \geq \\ & \geq \mu_{\tilde{t}_i}(k_0)^*) \wedge (\mu_{\tilde{p}_j, \tilde{t}_i}(k_0) \geq \mu_{\tilde{p}_j, \tilde{t}_i}(k_0)^*) \wedge (z_{\tilde{p}_j}(k_0) \geq z_{\tilde{p}_j}(k_0)^*), \end{aligned} \quad (9)$$

где $\mu_{\tilde{p}_j}(k_0), \mu_{\tilde{t}_i}(k_0), \mu_{\tilde{p}_j, \tilde{t}_i}(k_0), z_{\tilde{p}_j}(k_0)$ – значение функции принадлежности соответственно переходов \tilde{t}_i ; позиций \tilde{p}_j ; инцидентностей $\tilde{p}_j \times \tilde{t}_i, \tilde{t}_i \times \tilde{p}_j$; маркирования позиций $\tilde{M}(\tilde{p}_j)$.

Утверждение 8. Если существует НСМ $\tilde{S}(f)$ и справедливо по крайней мере одно из условий:

- некоторая позиция $\tilde{p}_j \in \tilde{P}$ является одновременно входной $\tilde{p}_{e'l}(in)$ и выходной $\tilde{p}_{e'l}(out)$ позицией некоторого пути \tilde{C}'_i ;
- некоторый переход $\tilde{t}_i \in \tilde{T}$ является одновременно входным $\tilde{t}_{e'}(in)$ и выходным $\tilde{t}_{e'}(out)$ переходом некоторого пути \tilde{C}'_e ; то подмножество инцидентных позиций $\tilde{p}_{jl} \in \tilde{P}$ и переходов $\tilde{t}_{ie} \in \tilde{T}$, согласно определению 2, образуют контур $\tilde{C}k_1$ на НСМ $\tilde{S}(f)$.

Определим критерии выявления множеств избыточных переходов и позиций.

Утверждение 9. Если справедливо (1–4) и существует подмножество переходов

$$\{\tilde{t}_{i\alpha}\} \subseteq \tilde{T}, i \in I, \quad (10),$$

входные позиции $\{\tilde{p}_{i\alpha}(in)\}$ которых не будут маркированы $\forall \tilde{t}_i \in \{\tilde{t}_{i\alpha}\} | \tilde{M}(\tilde{p}_j) \in \{\tilde{p}_i(in)\} = 0$ при моделировании динамики взаимодействующих процессов и заданном векторе $\tilde{M}(f)_0$, то переходы (10) и инцидентные им входные $\{\tilde{p}_{i\alpha}(in)$ и выходные $\{\tilde{p}_{i\alpha}(out)$ позиции являются избыточными.

Утверждение 10. Если справедливо (1–4) и существуют пути $\{\tilde{C}'_e\}, l \in L$ от множества $\{\tilde{p}_i(in)_s\}$ к множеству $\{\tilde{p}_i(out)_s\}$, а также для некоторых из них не выполняется (9), то подмножества $\{\tilde{p}_{ie}\}, \{\tilde{t}_{ie}\}$ (11) являются избыточными.

Замечание 2. Подмножества (10, 11) интерпретируют на НСМ подмножества $\{\tilde{\Pi}_i^{Sur1}\}, \{\tilde{\Pi}_i^{Sur2}\}$.

Определим критерии выявления множеств избыточных инцидентных переходов $\{\tilde{t}_i\}$ и позиций $\{\tilde{p}_j\}$, интерпретирующих процессы, отнесенные нами к уровню k_1 - активности.

Утверждение 11. Если справедливо (1) – (4) и существует на НСМ $\tilde{S}(f)$ контуры $\{\tilde{C}k_1\}$ элементы которых определены согласно

$$\tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_{j\tilde{c}k_1}\}, \tilde{t}_i \in \{\tilde{t}_{i\tilde{c}k_1}\} \quad (12)$$

и моделируют процессы, отнесенные к уровню k_1 – активности, то для

$$\exists \tilde{C}_{k_1} \in \{ \tilde{C}_{k_1} \mid (\forall (\tilde{p}_j \in \{ \tilde{p}_{j\tilde{C}_{k_1}} \}, \tilde{t}_i \in \{ \tilde{t}_{i\tilde{C}_{k_1}} \}) \mid Sur = true) \}. \quad (13)$$

Замечание 2. Для контуров $\{ \tilde{C}_{k_1} \}$ для которых справедливо (13), необходимо выполнить содержательный анализ множества соответствующих процессов предметной области.

Условие (13) утверждения (12) может иметь и самостоятельное значение.

Утверждение 12. Подмножество элементов (12) с учётом замечания 3, отображает и моделирует подмножество процессов $\{ \tilde{P}_i \}$, характеризующихся свойством нерациональных и бесполезных заикливаний $\{ Z_m \}, m \in M$ [3].

Замечание 3. Последнее утверждение дает нам возможность конкретизировать подходы к поиску, локализации и устранению нерациональных и бессмысленных заикливаний.

Полученные результаты являются основой построения инструментальных средств моделирования и анализа процессов управления и принятия решений.

Выводы

Сформулирована постановка задачи выявления свойств избыточности существенно нечетких процессов управления и принятия решений.

Предложен комплекс утверждений, позволяющий на основе классификации процессов по критерию степени активности формализовать процесс локализации подмножества избыточных инцидентных процессов.

На основе формализации взаимодействующих процессов с использованием нечеткой сетевой модели определён и сформулирован комплекс утверждений, позволяющий выявлять подмножества позиций и переходов НСМ, интерпретирующих избыточные процессы.

Определено, что частным случаем свойств избыточности процессов являются свойства нерациональных и бесполезных заикливаний во взаимодействующих процессах конкретных предметных областей.

Список литературы: 1. *Обработка нечеткой информации в системах принятия решений* / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. М.: Радио и связь, 1989.– 304 с. 2. *Кучеренко Е.И.* К вопросу моделирования и анализа процессов управления с использованием нечётких сетевых моделей // Новые решения в современных технологиях: Вестник ХГПУ. 2000. Вып. 117. С.19–21. 3. *Кучеренко Е.И., Фадеев В.А.* Инструментальные средства моделирования процессов управления в сложных технологических комплексах // Авиационно-космическая техника и технология: Тр. Гос. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского. 2000. Вып. 14. С. 166–168. 4. *Кучеренко Е.И.* О полноте принимаемых решений в нечётких условиях функционирования технологических объектов // Проблемы бионики. 2000. Вып. 52. С. 97–102.

Поступила в редколлегию 9.07.2001