ЗАДАЧА ДОСТИЖИМОСТИ С ЧАСТИЧНО ЗАДАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕДЕТЕРМЕНИРОВАННЫХ ОКРЕСТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Шмырин А. М., Седых И. А.

Липецк, Липецкий государственный технический университет

Аннотация

Рассмотрена постановка задачи достижимости с частично заданными параметрами для динамической недетерминированной окрестностной модели нейронной сети Петри, приведен алгоритм ее решения.

Введение

Ранее в [1, 3] были рассмотрены окрестностные модели сетей Петри, в [1] приведены постановка и решение задачи достижимости с частично заданными параметрами для данных моделей. В работе показан новый класс окрестностных моделей, основанных на нейронных сетях Петри [2], и даны постановка и решение указанной выше задачи достижимости.

Динамическая недетерминированная окрестностная модель нейронной сети Петри

Динамическая недетерминированная окрестностная модель нейронной сети Петри, введенной в [2], имеет вид: $NS_{NPN} = (N, X, V, G,\ X[0])$, где $N = (A, O_x, O_v)$ – структура окрестностной модели, $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$ – множество узлов, O_x и O_v – окрестности связей узлов по состояниям и по управлениям соответственно. Для каждого узла $a_i \in A$ определена своя окрестность по состояниям $O_x[a_i] \subseteq A$ и управлениям $O_v[a_i] \subseteq A$; $O_x = \bigcup_{i=1}^{n} O_x[a_i]$, $O_v = \bigcup_{i=1}^{n} O_v[a_i]$; $X \in R^n$ – вектор состояний; $V \in R^m$– вектор управлений; $G : X \times V \to X$ – недетерминированная функция пересчета состояний; $X[0]$ – начальное состояние модели [3].

Уравнение динамической недетерминированной окрестностной модели нейронной сети Петри:

$$X[t+1] = [G^1(X[t], V[t])G^2(X[t], V[t])...G^m(X[t], V[t]) \cdot D[t] \tag{1}$$

где: $X[t+1] = [G^1(X[t], V[t])G^2(X[t], V[t])...G^m(X[t], V[t]) \cdot D[t] =$
$= \sum_{k=1}^{m} G^k(X[t], V[t]) \cdot d_k[t]$.

Вектор $D[t]$ определяется на основании условия активности k-го слоя $(k = 1, ..., m)$ недетерминированной окрестностной модели:

$$g([i, j]) \geq ep_k \qquad \forall i \neq j : s_{ij}^k \neq 0, (i = 1, ..., n, j = 1, .., n), \tag{2}$$

где $g : A \to R$ – функция для определения суммарного потенциала каждого узла в текущий момент времени, $ep_k \in N$ – порог активизации k-го слоя.

В каждый момент времени может быть активно несколько слоев.

Постановка задачи достижимости с частично заданными параметрами

Для модели (1) рассмотрим задачу достижимости с частично заданными параметрами, которая является модификацией задачи смешанного управления для окрестностных моделей [1].

Управление динамической недетерминированной окрестностной моделью осуществляется вектором $D[t]$, единица в котором соответствует слою окрестностной модели, выбираемому из множества активных. По уравнениям выбранного слоя происходит переход к новым состояниям [1, 3].

Пусть в начальный момент времени функционирования окрестностной модели задано начальное состояние $X[0]$. Пусть Dt – сумма управляющих воздействий от начального момента времени до текущего, т.е.: $Dt = D[0] + D[1] + ... + D[t]$.

Пусть $X^* \in R^n$ – состояние окрестностной модели, которого она должна достигнуть в результате функционирования, вектор $D^* \in R^m$ – сумма управляющих воздействий, переводящих начальное состояние $X[0]$ окрестностной модели в состояние X^* . причем, известна только часть координат вектора состояний X^* и вектора D^* суммы управлений . Требуется определить неизвестные компоненты вектора состояний X^* и вектора суммы управлений D^* , а также последовательность управляющих воздействий в каждый момент времени функционирования модели $D[0], D[1], ...,$, переводящих начальное состояние $X[0]$ в состояние X^*.

Алгоритм решения задачи достижимости

При решении задачи достижимости с частично заданными параметрами для окрестностной модели может быть использован критерий [1]:

$$K(X[t+1], Dt) = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_x} \left(\frac{x_i[t+1] - x_i^*}{x_i^*} \right)^2 + \sum_{j=1}^{N_D} \left(\frac{dt_j - d_j^*}{d_j^*} \right)^2} \to min, \quad (3)$$

где $t = 0, ..., T-1$; $x_i[t+1](i = 1, ..., N_x)$ – неизвестные компоненты состояния $X[t+1]$ в момент времени $t+1$; x^* – номинальные значения компонент состояния; N_x – количество заданных компонент состояния X^* ; $dt_j(j = 1, ..., N_D$ – координаты вектора Dt ; d_j^* – номинальные значения компонент управления; T – максимальное количество тактов функционирования модели.

Необходимо получить минимальное значение критерия $K(X[t+1], Dt)$ за заданное количество тактов T функционирования окрестностной модели.

Рассмотрим по шагам алгоритм решения поставленной задачи достижимости для динамической недетерминированной окрестностной модели нейронной сети Петри:

1) Задать $X[0]$, часть координат вектора состояний X^* и вектора управлений D^* , максимальное количество тактов T , точность решения $\varepsilon > 0$.

2)$t = 0, Dt = 0$. Пусть $X[0]$ – корень дерева состояний и текущий элемент дерева.$K_{min} := \infty$. Оптимальный путь, соответствующий K_{min} , равен $P_{K_{min}} := \oslash$.

3) Найти множество активных слоев A_t в момент времени t по условию (2); $q[t] := |A_t|$ – мощность множества A_t . Если $q[t] = 0$, то $t = T + 1$. Перейти к пункту 6. Иначе перейти к пункту 4.

4) Для каждого $O[j_k] \in A$ сформировать $D^{j_k}[t]$, решить уравнение (1) и найти $X^{j_k}[t+1]$, $Dt = Dt + D^{j_k}[t]$, $K(X^{j_k}[t+1], Dt)$, $P(X^{j_k}[t+1]) = P(X[t]) \bigcup j_k$.

5) Если $\exists X^{j_k}[t+1] : K(X^{j_k}[t+1], Dt) < \varepsilon, \mathrm{DtK}_{min} = K(X^{j_k}[t+1], Dt)$, $P_{K_{min}} = P(X^{j_k}[t+1])$. Конец алгоритма. Иначе перейти к пункту 6.

6) Если $t{+}1 > T$, то достигнута максимальная глубина дерева. В полученном дереве найти состояние, дающее минимальное значение критерия (3) K_{min} , соответствующие ему Dt и $P_{K_{min}}$..7.

7) Добавить к текущему элементу дерева состояний $X^{j_1}[t{+}1], ..., X^{j_{q[t]}}[t{+}1]$ в качестве потомков. Для каждого $X^{j_k}[t+1](k = 1, ..., q[t]$ выполнять алгоритм, начиная с пункта 3, при $t = t + 1$.

Для получения более точного решения необходимо увеличить количество тактов T функционирования динамической окрестностной модели.

Заключение

Таким образом, в работе рассмотрен новый класс окрестностных моделей, полученных на основе нейронных сетей Петри, для которых дана постановка задачи достижимости с частично заданными параметрами и приведен алгоритм ее решения

Литература

[1] *БЛЮМИН С. Л.,ШМЫРИН А. М.,СЕДЫХ И. А.,ФИЛОНЕНКО В. Ю.* Окрестностное моделирование сетей Петри. — Липецк:ЛЭГИ, 2010. — 124 с.

[2] *КРЮКОВА Д. Ю.,СУКОНЩИКОВ А. А.* Разработка системы моделирования сложных систем на базе нейронных сетей Петри. — Материалы научной конференции «Актуальные проблемы управления и экономики: история и современность», Вологда: Легия, 2006. – с. 144–148.

[3] *ШМЫРИН А. М.,СЕДЫХ И. А.,КОРНИЕНКО Н. А.,ШМЫРИНА Т. А.* Обобщение дискретных моделей окрестностными системами . — Материалы конференции с международным участием «Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения» (УКИ 10), ISBN 978-5-91450-060-0, М: ИПУ РАН, 2010. - С. 207-208.