Блок синтеза управляющих воздействий также представляет собой базу аналитических результатов [11-15], относящихся к уже известным решениям задач синтеза управляемых систем массового обслуживания.

При этом содержание аналитического блока и блока синтеза управляющих воздействий должно постоянно пополняться (как и содержание пакета расчетных инструментальных средств).

Литература

22. *Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н.* Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1966.
23. *Саати Т.Л.* Элементы теории массового обслуживания и ее приложения – М.: Сов. Радио, 1971.
24. *Бусленко Н.П., Калашников В.В., Коваленко И.Н.* Лекции по теории сложных систем. М.: Сов. Радио. 1973.
25. *Лифшиц А.Л.* Статистическое моделирование СМО. – М.: Сов. Радио. 1978.
26. *Вишневский В.М.* Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера. 2003.
27. *Культин Н.Б.* Delphi 6. Программирование на Object Pascal. - СПб.: Пи-тер, 2001.
28. *Гофман В.Э., Хомоненко А.Д.* Delphi. Быстрый старт. - СПб.: BVH-Петербург, 2003.
29. *Шабанов А.П., Беляков А.Г.* Организационные системы массового обслуживания. Препринт. М.: ИПУ РАН. 2007. 100 с.
30. *Фомин Г.П.* Математические методы и модели в коммерческой деятельности. - М: Финансы и статистика, 2001.
31. *Мандель А.С., Семенов Д.А. Скоринг-оценивание и оптимизация процесса кредитования физических лиц как задача принятия решений в замкнутом контуре управления* // В кн. «Человеческий фактор в управлении». – М.: URSS, 2005. С. 345-369.
32. *Рыков В.В.* Управляемые системы массового обслуживания // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. Том 12, 1975. - С. 43-153.
33. *Неймарк Ю.И.* Динамические системы и управляемые процессы. М.: Наука, 1978.
34. *Голышева Н.М., Федоткин М.А.* Циклическое управление конфликтными потоками в условиях гибели и рождения очередей критических размеров // Автоматика и телемеханика, № 4, 1990.- С.68-75.
35. *Кузнецов А.В., Мандель А.С., Токмакова А.Б.* Об одной модели управляемой системы массового обслуживания / Проблемы управления. 2007. № 5 С. 39-43 .
36. *Барладян И.И., Кузнецов А.В., Мандель А.С.* Анализ критических значений параметров и моделирование управляемой системы массового обслуживания / Проблемы управления. 2007. № 6. С.21-25.

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОКРЕСТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Блюмин С.Л., Шмырин А.М., Седых И.А.

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

sabl@lipetsk.ru, amsh@lipetsk.ru, sedykh-irina@yandex.ru

Ключевые слова: сеть Петри, окрестностная система, идентификация.

Введение

Широкое применение для решения задач, связанных с анализом и моделированием крупномасштабных систем параллельно действующих объектов, находят сети Петри. Сети Петри можно рассматривать как разновидность окрестностных систем [1] со специальными ограничениями. Это позволяет исследовать сети Петри и их варианты с общих позиций, применять для моделирования распределённых систем и параллельных вычислений, используя разработанные алгоритмы идентификации и управления окрестностными системами.

1. Моделирование сетей Петри окрестностными системами

Показано, что сеть Петри можно представить в виде недетерминированной динамической линейной окрестностной системы с заменой переходов сети Петри на вероятностный механизм выбора окрестностей узлов. Рассмотрен процесс функционирования и особенности управления сетями Петри с помощью окрестностных систем.

Для решения задач управления необходимо сначала осуществить идентификацию окрестностной системы, представляющей сеть Петри. Пусть задана сеть Петри $C=\left(R^{+},\ R^{-},\ M_0\right)$, $P=\left\{p_1,\ p_2,...,\ p_n\right\}$, $T=\left\{\ t_1,\ t_2,...,\ t_m\right\}$, заданы матрицы R^{+} и R^{-}, а также вектор начальной маркировки M_0. Матрица инциденций сети равна $R=R^{+}-R^{-}$.

Поставим в соответствие позициям сети Петри $P=\left\{p_1,\ p_2,...,\ p_n\right\}$ узлы окрестностной системы $A=\left\{a_1,\ a_2,...,\ a_n\right\}$. Состоянием $x\left[t,a_i\right]$ в узле a_i $\left(i=1,...,n\right)$ в момент времени t является текущая маркировка позиции p_i $\left(i=1,...,n\right)$ сети Петри. Тогда начальная маркировка сети Петри – состояние окрестностной системы в начальный момент времени. Управлением $v\left[t,a_i\right]$ в узле a_i $\left(i=1,...,n\right)$ окрестностной системы в момент времени t является элемент i-й строки матрицы R, выбранный случайным образом.

Переходу сети Петри $t_k\in T$ $\left(k=1,...,m\right)$ поставим в соответствие совокупность элементарных окрестностей (слой), матрица смежности $S^{k}\in R^{n\times n}$ которого формируется на основе k-го столбца матриц R^{+} и R^{-} по правилу:

(1) $$S^{k}=R_k^{-}\cdot\left(R_k^{+}\right)^{T}+E\ ,$$

где E – единичная матрица размера $n\times n$. Следовательно, существует m слоев, каждый из которых соответствует переходу сети Петри и определяется матрицей смежности S^{k}.

Уравнение k-го $\left(k=1,...,m\right)$ слоя окрестностной системы, моделирующей сеть Петри:

(2) $$W_x^{k}\left[t+1\right]\cdot X\left[t+1\right]=W_x^{k}\left[t\right]\cdot X\left[t\right]+W_v^{k}\left[t\right]\cdot V\left[t\right],$$

где $W_x^{k}\left[t+1\right]$, $W_x^{k}\left[t\right]$ – матрицы коэффициентов k-го слоя по состояниям в моменты времени $t+1$ и t соответственно, $W_v^{k}\left[t\right]$ – матрица коэффициентов k-го слоя по входам в момент времени t.

Уравнение недетерминированной динамической линейной окрестностной системы, моделирующей сеть Петри, имеет вид:

(3) $$\begin{aligned}&\left[W_x^{1}\left[t+1\right]\quad W_x^{2}\left[t+1\right]\quad ...\quad W_x^{m}\left[t+1\right]\right]\cdot D\cdot X\left[t+1\right]=\left[W_x^{1}\left[t\right]\quad W_x^{2}\left[t\right]\quad ...\quad W_x^{m}\left[t\right]\right]\cdot D\cdot X\left[t\right]+\\&+\left[W_v^{1}\left[t\right]\quad W_v^{2}\left[t\right]\quad ...\quad W_v^{m}\left[t\right]\right]\cdot D\cdot V\left[t\right],\end{aligned}$$

где $D\in R^{m}$ – случайный вектор $D=\left[d_1\quad d_2\quad ...\quad d_m\right]^{T}$, состоящий из нулей и одной единицы в позиции, соответствующей выбираемому слою k при переходе от момента времени t к $t+1$.

Показано, что матрицы коэффициентов k-го слоя равны между собой: $W_x^{k}\left[t\right]=W_x^{k}\left[t+1\right]=W_v^{k}\left[t\right]=W^{k}$ $\left(k=1,...,m\right)$ и $V\left[t\right]=\left[R_1\quad R_2\quad ...\quad R_m\right]\cdot D=R\cdot D$.

Преобразуя (3), получаем:

(4) $$\left[W^{1}\quad W^{2}\quad ...\quad W^{m}\right]\cdot D\cdot\left(X\left[t+1\right]-X\left[t\right]-V\left[t\right]\right)=0\,.$$

Очевидно, что решение системы уравнений:

(5) $$X\left[t+1\right]=X\left[t\right]+R\cdot D$$

является частным решением системы (4).

2. Особенности функционирования

Особенностью сетей Петри, возникающей при функционировании, является случайный выбор слоя окрестностной системы, по уравнениям которого происходит переход к новым состояниям. Случайный выбор слоя осуществляется вектором D. Заметим, что можно внести частичную детерминированность в функционирование окрестностной системы, моделирующей сеть Петри. Для этого необходимо ввести ограничение на выбор координат вектора D в каждый момент времени, т.е. несколько ограничить случайный выбор слоев системы.

Кроме того, если переходу сети Петри сопоставить свой вес в каждый момент времени (приоритет срабатывания), то выбор слоя окрестностной системы осуществляется случайно, но слои с большим приоритетом будут выбираться с большей вероятностью.

3. Управление

В [2] решается задача управления, то есть нахождения вектора запуска переходов по известным начальной и конечной маркировкам. Более общим является вопрос смешанного управления, который в сетях Петри не рассматривается. Алгоритм смешанного управления разработан в [1] для окрестностных систем. Данная методика может использоваться и для управления окрестностными системами, моделирующими сети Петри.

Рассмотрим задачи управления окрестностной системой, моделирующей сеть Петри:

1) По заданным состояниям $X[t]$ и $X[t+k]$ в моменты времени t и $t+k$ соответственно найти управляющие воздействия D_1, D_2, …, D_k, в соответствие с которыми происходит переход от состояния $X[t]$ к состоянию $X[t+k]$. Данная задача соответствует задаче проверки достижимости заданной маркировки в сетях Петри [2].

2) Смешанное управление: по известной части состояний и управляющих воздействий найти неизвестные компоненты состояний и управлений.

Рассмотрим решение каждой задачи.

1) Пусть заданы состояния окрестностной системы $X[t]$ и $X[t+k]$ в моменты времени t и $t+k$ соответственно. Необходимо найти управляющие воздействия D_1, D_2, …, D_k, в соответствие с которыми происходит переход от состояния $X[t]$ к состоянию $X[t+k]$.

Из системы (5) получаем:

$$\begin{aligned} X[t+1] &= X[t] + R\cdot D_1 \\ X[t+2] &= X[t+1] + R\cdot D_2 \\ &\dots \\ X[t+k] &= X[t+k-1] + R\cdot D_k \end{aligned} \tag{6}$$

или

$$X[t+k] = X[t] + R\cdot\sum_{i=1}^{k} D_i \tag{7}$$

Тогда:

$$X[t+k] = X[t] + R\cdot\bar{D}, \tag{8}$$

где $\bar{D} = \sum_{i=1}^{k} D_i$.

Решая систему уравнений (8), можно найти вектор $\bar{D}$, координата которого $\bar{d}_i$ $(i=1,...,m)$ равна числу выборов i-го слоя при переходе от состояния $X[t]$ к состоянию $X[t+k]$. Однако, заметим, что по вектору $\bar{D}$ нельзя определить порядок выбора слоев, что связано с недетерминированностью окрестностных систем, моделирующих сети Петри.

2) Смешанное управление. Пусть задана часть координат состояний в моменты времени t и $t+1$, а также часть координат управляющего воздействия $V[t]$ в момент времени t. Требуется найти неизвестные координаты состояний и управления. Используя алгоритм

смешанного управления окрестностными системами, рассмотренный в [1], преобразуем систему (4) к виду:

(9) $CU = B$,

где U – вектор, составленный из неизвестных координат состояний и управления; B – вектор, полученный в результате преобразования системы (4) с учетом заданных координат состояний и управления; C – матрица коэффициентов при неизвестных координатах входов и состояний.

Особенность системы (9) - целочисленность и неотрицательность координат вектора U, поэтому решение (9) может быть найдено методом Гомори, основанном на симплекс-методе.

В [1] для решения систем типа (9) систематически используется псевдообращение матриц; для учета отмеченной особенности могут быть использованы алгоритмы целочисленного псевдообращения [3].

Таким образом, предложен способ моделирования, рассмотрен процесс функционирования и особенности управления сетями Петри с помощью окрестностных систем.

Литература

1. *Блюмин С.Л., Шмырин А.М.* Окрестностные системы: монография. Липецк: ЛЭГИ, 2005. – 132 с.
2. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
3. *Блюмин С.Л., Миловидов С.П.* Псевдообращение: учебное пособие. Липецк: ЛГТУ, 1990. – 72 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБАСТНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА СО СЛУЧАЙНЫМИ РАЗБРОСАМИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТИЧНО ЗАПОЛНЕННОЙ ЕМКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКО-НЕЙРОННОЙ СИСТЕМЫ ИХ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Бужинский В.А., Динеев В.Г., Мухин А.В.

ЦНИИМАШ г.Королев

avdin@yandex.ru

Ключевые слова: робастность, гидродинамика, колебания, идентификация, нечетко-нейронная система.

Введение

Рассматриваются результаты исследования возможности обеспечения робастности и устойчивости сложного динамического объекта (СДО) со случайными разбросами параметров на примере оценки положения центра гидродинамического давления (ЦГД) частично заполненной емкости СДО (летательный аппарат, цистерна, танкер и др.) с использованием нечетко-нейронной системы идентификации (ННСИ) типа Такаги-Сугено. Предполагается, что ННСИ работает в процессе движения СДО, используя в качестве входных параметров регистрируемые параметры движения, в частности, для определения оценки положения ЦГД – оценку угловых и линейных ускорений и поворота органов управления [1-5].

Необходимые для работы ННСИ структура, функции принадлежности, весовые коэффициенты нейронных сетей, определяющие правила нечеткого вывода определяются заранее путем ее обучения и в процессе движения не корректируются.

1. Постановка задачи. Модель замкнутой системы

Для проведения исследований использована обобщенная математическая модель СДО, представленная в виде уравнений возмущенного движения с учетом подвижности жидкости в емкости: