

У ДК 681.5

С.А. Качур, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В АДАПТИВНЫХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Для решения задачи снижения размерности при организации интеллектуального управления предложена модель комплекса объектов управления на основе сетей Петри. Рассмотрена последовательность действий нейрокомпьютера с использованием данной модели при принятии решения в адаптивных системах.

В настоящее время актуальна проблема одновременного управления несколькими объектами для сложных систем управления технологическими процессами и техническими устройствами. Один из путей ее решения - использование систем искусственного интеллекта (ИИ) [1]. При реализации адаптивной оптимальной системы автоматического управления (АО САУ) на базе систем ИИ нейрокомпьютер (НК) выступает в качестве устройства управления (УУ), задача которого состоит не только в определении векторов управления параметрами и структурой каждого объекта, но и задании законов одновременного функционирования совокупности объектов (комплекса систем) в зависимости от текущей априорно незаданной ситуации. Таким образом, процесс принятия решения сводится к выбору оптимального множества законов функционирования и соответствующих им векторов управления для множества объектов. Причем, взаимосвязи между объектами управления меняются с течением времени в зависимости от ситуации, полностью изначально быть определены не могут и носят случайный характер.

Взаимосвязи объектов можно определить как логическое следствие их поведения в условиях неопределенности. Причинно-следственные зависимости между объектами целесообразно хранить в памяти нейрокомпьютера и на основе предыдущего опыта и текущей ситуации применять решение об изменении поведения (законов функционирования) объекта.

Для решения поставленной задачи принятия решения предлагается: 1) выделить блоки нейронных сетей по глобальному

характеру функционирования в рамках НК; 2) определить иерархию управления комплекса объектов управления как основу для реализации интеллектуального управления; 3) выполнить описание всех блоков на основе сетей Петри (СП).

Основная трудность реализации оптимального адаптивного управления сложными комплексами объектов в условиях априорно незаданной ситуации – необходимые производительность и быстродействие средств вычислительной техники. Один из путей снижения требуемого быстродействия – применение иерархических адаптивных субоптимальных САУ, использующих принцип распределения информации. При таком подходе оптимальное адаптивное управление осуществляется для каждого уровня иерархии отдельно, и его результаты используются для следующего уровня. При этом возникают трудности формализации не только уровней (страт), но и их взаимодействий как внутри уровня, так и между ними.

Цель статьи – разработка такого описания объекта управления, которое позволило бы снизить размерность задачи адаптивного управления сложным системным комплексом

Использование нейрокомпьютеров для обеспечения синтеза законов или алгоритмов управления одновременно с формированием управляющих воздействий в реальном времени требует создание такой модели комплекса, которая позволила бы сократить размеры теоретического пространства состояний комплекса до размеров реального пространства состояний. В действительности комплекс систем не реализует в полной мере заложенные в него возможности на конкретном конечном интервале времени, так как изменения внешних условий на малом интервале времени незначительны (исключение – форс-мажорные обстоятельства). Таким образом, пространство состояний меняется медленно во времени, и это позволяет формировать его динамически на основе алгоритмических подходов

Предлагается следующий способ снижения размерности модели – разбиение (абстрактное и/или структурное) комплекса на подсистемы и определение иерархии передачи сигналов управления (подчиненности) в процессе функционирования комплекса

Под комплексом систем структурно понимают не только множество взаимосвязанных объектов, выполняющих конкретные функции, но и множество независимых объектов, связанных одной конечной целью. Поскольку на малом интервале времени системы

комплекса можно рассматривать как независимо функционирующие объекты, то в общем виде управление комплексом сводится к управлению его объектами.

Представляется целесообразным разработать отдельно иерархию описания управляемого процесса при рассмотрении адаптивных субоптимальных САУ с полной моделью. Задача состоит в создании модели иерархии управления, не реализуя данную иерархию алгоритмически. Модель иерархии управления предназначена для формирования структуры комплекса объектов (которая в целом является случайной), т.е. для выбора необходимого в конкретный момент времени подмножества параллельно осуществляемых действий (законов функционирования для выбранных объектов управления).

К модели иерархии управления предъявляются следующие требования:

1) листьям дерева сопоставляются объекты управления; узлам всех остальных уровней – абстрактные с точки зрения структуры системы, отражающие иерархию абстракций управления; корню дерева соответствует глобальное описание режимов работы комплекса (например: пуск, останов комплекса, выход в заданную навигационную точку и т.д.);

2) взаимодействие между узлами может осуществляться в пределах одного уровня, либо непосредственно по дереву (т.е. потомок может взаимодействовать непосредственно только со своим предком);

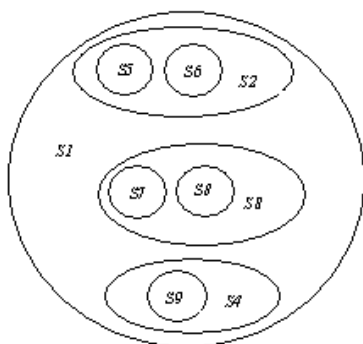
3) переходы с уровня на уровень носят вероятностный характер;

4) каждому узлу сопоставлено описание его функционирования

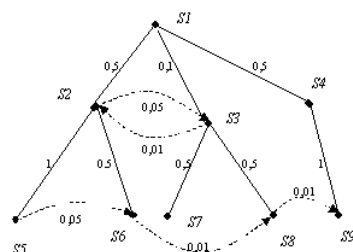
Модель комплекса должна отражать причинно-следственные связи между объектами управления. Один из способов описания причинно-следственных зависимостей – использование математического аппарата сетей Петри (СП) [2]. Предлагается в качестве основы данной модели использовать расширение СП, приведенное в [3]. Достоинство такого подхода состоит в возможности формализации описания следующего а) причинно-следственных зависимостей (связи между уровнями иерархии); б) локальных маловероятных связей (связи внутри одного уровня иерархии); в) параллельности функционирования г) вероятностного характера структуры комплекса. Таким образом, модель в целом и каждый узел иерархии описывается СП.

На рисунке 1,а для комплекса систем $S_1 \dots S_9$ приведена возможная иерархия управления объектами управления $S_1 \dots S_9$ (рисунок 1,б) и соответствующая СП (рисунок 1,в). Пунктирами обозначены взаимосвязи внутри уровня между системами, а также указаны вероятности возникновения этих связей.

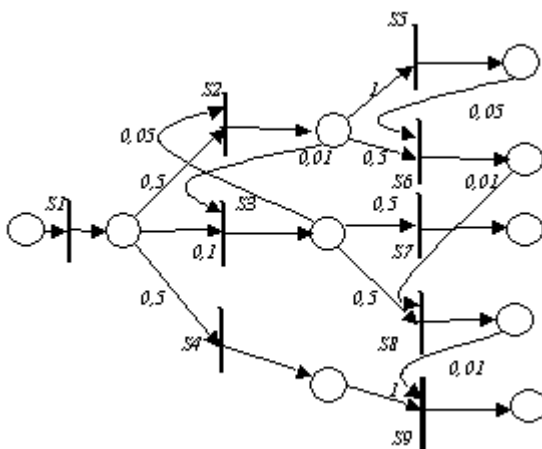
Представляется, что НК, осуществляющий одновременное управление множеством объектов, должен включать блок координации, содержащий модель комплекса систем как иерархии стохастических реально существующих и абстрактных (отвечающих за принятие решения) систем.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Разбиение комплекса системы (а), иерархия управления (б) и соответствующая ей СП (в)

Прежде, чем описывать процесс принятия решения НК, рассмотрим функциональную схему его функционирования на блочном уровне (рисунок 2). Предлагается выделить в нейрокомпьютере пять основных блоков 1) блок зрительной коры (БЗК), воспринимающий информацию об окружающей среде; 2) блок архивной памяти (БАП), хранящий предысторию функционирования объектов данной управляющей системы; 3) блок координации (БК), отражающий положение объектов в пространстве; 4) блок принятия текущего решения (БПТР); 5) блок

медиаторной и декларативной памяти (БМДП), выступающий в качестве УУ совокупностью первых четырех блоков (объекта управления). Блоки БЗК, БК, БПТР и БАП описываются расширением СП, приведенным в [3].

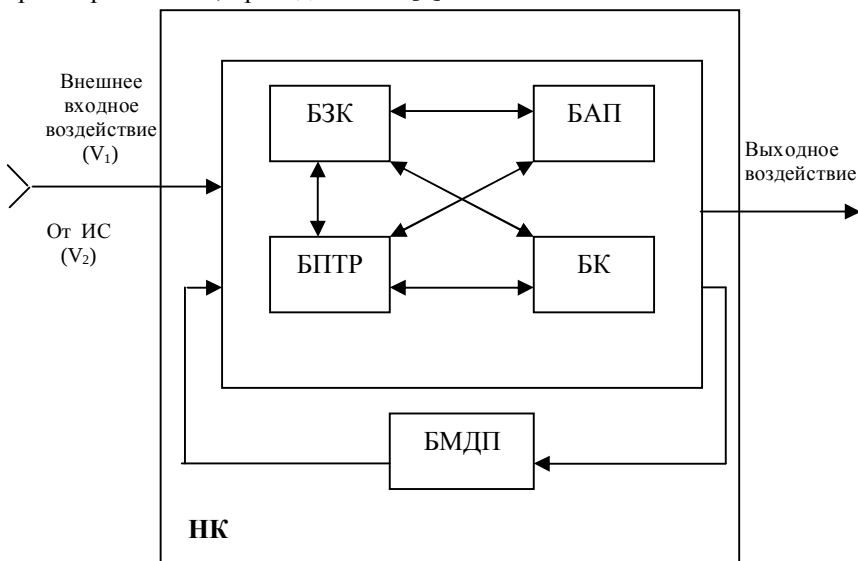


Рисунок 2 – Функциональная схема НК как АОСАУ

Декларативная память включает следующие блоки: 1) кратковременной и долговременной памяти; 2) несетевые элементы архивной памяти; 3) идентификации текущей ситуации; 4) описания законов функционирования объектов и системы ограничений. Предполагается, что все блоки декларативной памяти, кроме последнего, декларируют параметры сетей Петри на текущем малом интервале времени и изменяются в процессе работы НК. Структура НК не определяет однозначно функции его блоков. Т.е. блок может выполнять функции присущие только ему, а также участвовать в совместном функционировании с другими блоками, выполняя при этом логически неделимое действие. Назовем такое действие агрегативной функцией. Декларативная память является механизмом реализации агрегативных функций. Процесс обучения и самообучения осуществляется с помощью агрегативных функций (алгоритмов), в результате которых производится анализ накапливаемой о работе САУ и НК информации, и на основе данного анализа формирования сигналов

управления структурой и параметрами блоков НК, подтверждение принятого решения или его пересмотр.

Сложность блока координации определяется сложностью модели комплекса систем управления. Необходимость применения интеллектуального управления возникает и при наличии параллельности функционирования большого числа систем, имеющих причинно-следственные связи глобального характера. Таким образом, на малом интервале времени системы можно рассматривать как независимые, хотя в целом они представляют единый комплекс, имеющий определенную единую цель функционирования. Причем, цели подсистем не должны входить в противоречие с целью комплекса (законом функционирования). Такое возможно при иерархической организации описания комплекса, а именно, передачи управления или функциональной подчиненности. Элементы уровней иерархии могут носить абстрактный характер. БК должен отражать модель иерархии управления, которая дает возможность реального перехода к интеллектуальному управлению. При этом отсутствует фиксация всех возможных для комплекса ситуаций на уровне конкретных объектов управления.

Стохастическая СП со сдерживающими событийными гипердугами будет содержать описания иерархии функционирования объектов (стохастических подсистем), а также взаимодействия внутри каждого уровня иерархии. Объекты представляют нижний уровень иерархии. Таким образом, древовидная структура с локальными связями внутри уровней, имеющими вероятностный характер, полностью описывается выбранным расширением СП. Данное расширение также является основой БПТР и служит для определения возможных ситуаций выхода из текущего состояния.

Предлагается следующая последовательность функционирования НК при принятии решения:

- 1) информация об окружающей среде поступает от измерительной системы в БЗК, одновременно информация о состоянии каждой системы, входящей в комплекс, поступает от датчиков на БК;
- 2) производится одновременная идентификация пространственной ситуации в процедурной памяти по результатам моделирования СП БЗК и идентификации состояния комплекса на всех уровнях его иерархии по СП БК (параметрическая и структурная идентификация);

- 3) в случае необходимости модифицируется архивная сеть по результатам сравнения предыдущего этапа принятия решения и реально полученной текущей ситуации после реализации этого решения;
- 4) в БПТР формируется СП на основе следующего
 - фрагмента архивной сети, включающего текущую ситуацию (позицию, в которой имеется маркер) и возможные действия, связанные с этой ситуацией (переходы, для которой позиция является входной), выходные позиции этих переходов
 - описания действий (команд), хранящихся в декларативной памяти;
- 5) рассматриваются все возможные варианты принятия решения, т.е. все пути в СП, полученные в процессе моделирования; для каждого пути в результате выполненных действий, приписанных переходам СП, определяются параметры функционирования всех объектов
- 6) рассматривается СП БК; на основе данных о параметрах (п.5) производится идентификация параметров комплекса в целом (внешние случайные воздействия отсутствуют) и определяют множество векторов параметров каждого пути;
- 7) определяется оптимальный вектор параметров UA_o системы в блоке БМДП из множества векторов параметров комплекса в соответствии с хранящимся в декларативной памяти критерием оптимальности;
- 8) если ни одно из решений не удовлетворяет критерию оптимальности (при отсутствии критической ситуации), медиаторная память вырабатывает сигнал блокирования решения («наказание»);
- 9) перебор различных комбинаций возможных действий (команд) декларативной памяти и выполнение п.5–6 до тех пор пока не будет получен допустимый вектор UA_o ; модификация архивной СП;
- 10) выработка медиаторной памятью сигнала «поощрения» для выбранного решения;
- 11) выдача объектам комплекса вектора параметра UA_o и вектора структуры US_o в соответствии с выбранным по СП пути и переходом п.1.

Предложенная модель комплекса систем разработана по аналогии с концепцией организации человеческого сознания, предложенной В. Маункаслем [4]. Описанный с использованием данной модели подход к принятию решения может являться

основой для построения НК как УУ АО САУ. Предполагается рассмотрение применения НК на базе СП для конкретных приложений, что и соответствует направлению дальнейших исследований

Библиографический список

1. Амосов Н.М. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы / Н.М. Амосов, Т.Н. Байдык, А.Д. Гольцев. Под ред. Н.М. Амосова. — К.: Наук думка, 1991. — 271 с.
2. Питерсон Д. Теория сетей Петри и моделирование систем / Д. Питерсон. — М.: Мир, 1984. — 264 с.
3. Блум Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. — М.: Мир, 1988. — 248 с.
4. Качур С.А. Модель стохастических систем и их соединений на основе сетей Петри / С.А. Качур // Проблемы управления и информатики. — 2002. — №1. — С. 93 – 98.

Поступила в редакцию 20.07.2004 г.