

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

М.Ф. Степанов¹, А.М. Степанов², М.А. Пахомов¹, А.Р. Салихова¹, Л.С. Михайлова³

¹ Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

² Институт проблем точной механики и управления РАН

³ Электростальский политехнический институт Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ)

Рассматриваются вопросы автоматизации построения и исследования систем децентрализованного управления нестационарными объектами управления на основе использования методов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: теория управления, самоорганизующиеся интеллектуальные системы, нейронные сети

Проблема координированного управления группами объектов, например, группой роботов, осложняется тем, что условия функционирования систем управления каждым объектом изменяются в процессе их работы. Это относится не только к изменению самих управляемых объектов и среды их функционирования, но также и целей управления. В соединении с необходимостью организации взаимодействия множества систем управления совокупностью возможно взаимосвязанных объектов управления все это существенно усложняет задачу управления. Одним из путей решения указанной проблемы является использование интеллектуальных самоорганизующихся систем автоматического управления (ИССАУ) [1].

Под самоорганизующимися интеллектуальными системами управления будем понимать системы автоматического управления, способные к самоорганизации посредством изменения закона своего функционирования, используя методы искусственного интеллекта [1].

Концептуально самоорганизующиеся интеллектуальные системы управления, в качестве отличительной черты, содержат интеллектуальную систему синтеза закона управления по заданной цели управления, а также средства формирования цели управления на основе информации о среде функционирования и собственных целей функционирования системы (см. рис. 1).

Важнейшим компонентом интеллектуальных самоорганизующихся систем управления является интеллектуальная система синтеза закона управления. Она призвана осуществить построение закона управления на основе модели объекта управления, среды функционирования и цели управления. С другой стороны, активно развиваемые методы нейроуправления направлены на использование для решения задач управления сложными объектами средств параллельной обработки информации, в качестве которых выступают искусственные нейронные сети (ИНС). Однако применение методов нейроуправле-

ния не всегда приводит к успеху в связи с необходимостью достаточно длительного обучения нейронной сети.

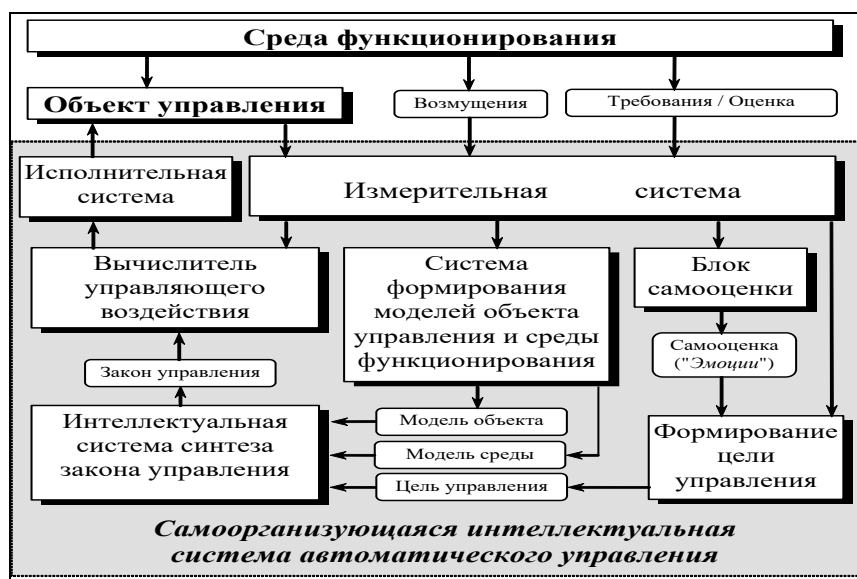


Рис. 1. Структурная схема самоорганизующейся интеллектуальной системы автоматического управления

В качестве одного из путей решения указанной проблемы предлагается [2] композиция концепции интеллектуальных самоорганизующихся систем автоматического управления и методов нейроуправления: 1) синтез закона управления с использованием средств ИС-САУ; 2) реализация синтезированного закона управления с использованием ИНС.

Указанный подход можно проиллюстрировать рисунком 2. Для компактности здесь рассматривается лишь задача стабилизации. Для задач слежения дополнительно требуется построение регулятора прямой связи, конструируемого похожим способом. В связи с тем, что процесс самоорганизации является итерационным, то в схему включен стабилизирующий регулятор, параметры которого $u_s = f_s(y)$ определяются на основе априорной информации. Эмулятор объекта управления выполняет функцию идентификации модели объекта управления и может быть реализован различными средствами, включая и нейро-эмулятор [3].

Реализация синтезированного закона управления $u_n = f_n(y)$ в виде искусственной нейронной сети (нейроконтроллера на рис. 1) может осуществляться: 1) посредством обучения ИНС; 2) посредством автоматического конструирования ИНС [2]. Первый подход связан с большими затратами времени на обучение нейронной сети и поэтому в данном случае не может быть применен.

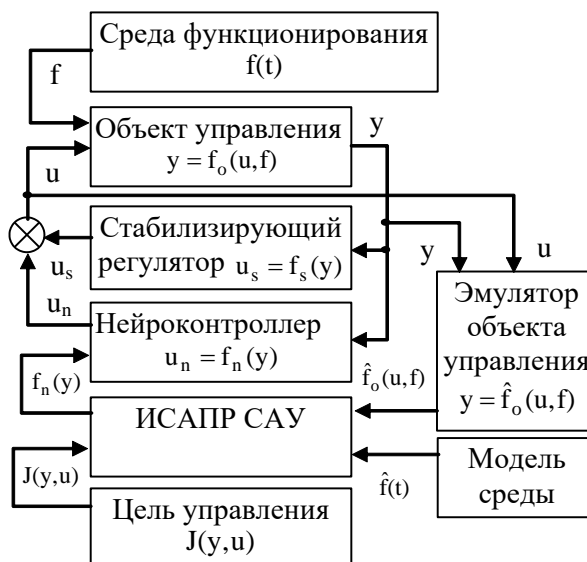


Рис. 2. Схема ИССАУ с нейроконтроллером

Процесс настройки параметров нейроконтроллера потребует определенного времени даже для конструируемой ИНС. Поэтому предлагается схема нейроконтроллера, представленная на рисунке 3. В состав нейроконтроллера входят две конструируемые ИНС, работающие попеременно и блок настройки. В каждый момент времени работает только одна ИНС, реализующая текущий закон управления. Блок настройки ИНС осуществляет настройку параметров неактивной в данный момент времени ИНС (№ 1 или № 2). После окончания настройки параметров ИНС осуществляется переключение неактивной ИНС и активной ИНС.

Предлагаемый подход предполагает распараллеливание процессов управления, идентификации (настройки эмулятора), синтеза закона управления и, наконец, настройки нейроконтроллера в соответствии с параметрами нового закона управления. В связи с этим предлагается обобщенная схема реализации ИССАУ в виде совокупности вычислителя на микропроцессоре и блоков, построенных на ПЛИС, в которых реализуются эмулятор объекта управления и нейроконтроллер.



Рис. 3. Схема нейроконтроллера

Рассмотрим задачу стабилизации нестационарного объекта, к которым относятся и мобильные роботы. Пусть объект управления в номинальном режиме работы описывается в пространстве состояний уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu, \\ y = Cx, \end{cases} \quad A = \begin{pmatrix} -0.9964 & -3.762 & -0.5982 & -1.229 \\ 8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 4 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1.73 & 0.1331 & 0.1146 & 0.02268 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где $x \in R^4$ - вектор состояний объекта управления, u - управляющее воздействие, $y \in R^4$ - вектор измеряемых переменных. Требования к системе: $y_1^* \leq 0.15$. В дополнение к номинальному режиму работы объекта существуют ещё два режима. При этом объект управления сохраняет все основные свойства во всех режимах (управляемость, устойчивость). Переход из одного режима в другой осуществляется скачкообразно с периодом равным 1 сек. Рассмотрим два варианта управления указанным объектом в соответствии со схемой, представленной на рис. 2. Результаты моделирования представлены на рис. 4.

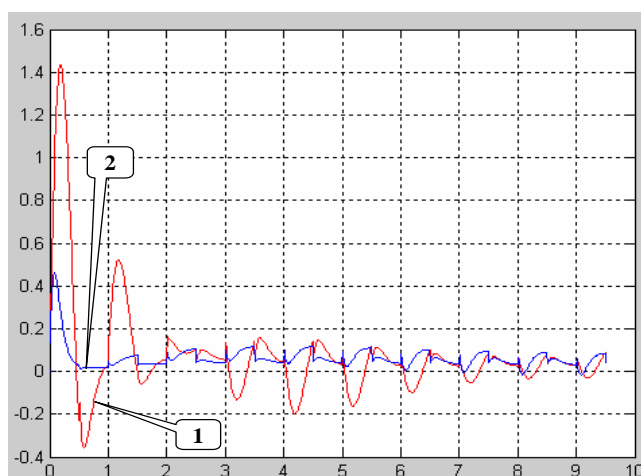


Рис. 4. Переходные процессы в системе управления многорежимным объектом: 1- со стабилизирующим регулятором; 2 - со стабилизирующим регулятором и нейроконтроллером

Проведенные исследования продемонстрировали работоспособность предлагаемого подхода в условиях наличия нестационарности объекта управления, когда стабилизирующий регулятор не обеспечивает выполнения заданных требований.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-07-99684-а).

Литература

1. Степанов М.Ф. Интеллектуальные самоорганизующиеся системы автоматического управления. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002.
2. Степанов М.Ф., Степанов А.М. Интеллектуальная самоорганизующаяся система управления с вычислителем управляющего воздействия на основе автоматически конструируемой искусственной нейронной сети // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2010. № 4 (51). Выпуск 3. С. 126 – 128.
3. Сигеру Омату. Нейроуправление и его приложения. Кн. 2. / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф; Пер. с англ. Н.В.Батина; Под ред. А.И.Галушкина, В.А.Птичкина. – М.: ИПРЖР, 2000.- 272 с.: ил. (Нейрокомпьютеры и их применение)
4. Степанов М.Ф. Принципы построения, архитектура средств проектирования, моделирования и исследования интеллектуальных систем управления / М.Ф.Степанов, А.М.Степанов // Восьмая Всероссийская мультиконференция по проблемам управления: Материалы 8-й Всероссийской мультиконференции: в 3 т. Т1. – Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2015. - С. 109 – 112

5. Stepanov M.F. Application of planning artificial neural networks in solver of tasks of intellectual self-organizing automatic-control systems [Текст] / M.F.Stepanov, A.M.Stepanov // Journal of Chaotic Modeling and Simulation: International Journal of Nonlinear Science, 2013. Vol. 1. Pp. 67 – 74. ISSN 2241-0503
6. Степанов М.Ф. Принципы построения и архитектура интеллектуальных систем управления // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014 (Москва 16-19 июня 2014 г.) – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. С. 592 – 601.
7. Степанов М.Ф. Архитектура нейросетевого вычислителя интеллектуальной самоорганизующейся системы управления и диагностики / М.Ф.Степанов, А.М.Степанов // Интеллектуальные системы: Труды Одиннадцатого международного симпозиума / Под ред. К.А.Пупкова.- М.: РУСАКИ, 2014. – С. 208 – 213.