

АДАПТИВНАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ НА ОСНОВЕ НОВОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО БИОНИЧЕСКОГО МЕТОДА АВТОНОМНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Жданов¹⁾, К.К. Щербина²⁾, Г.Н. Буров²⁾, Е.Л. Полян¹⁾

¹⁾Институт системного программирования РАН, Москва

²⁾Научно-практический центр медико-социальной экспертизы, протезирования и реабилитации инвалидов им. Г.А. Альбрехта Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию, Санкт-Петербург

Разрабатывается адаптивная система управления для протеза верхней конечности на основе нового бионического метода "автономного адаптивного управления" (ААУ), отличающегося способностью к обучению и переобучению непосредственно в процессе управления, многокритериальностью управления, а также тем, что при создании системы управления не требуется разрабатывать точную математическую модель объекта управления [1]. Последнее обстоятельство особенно существенно для такого сложного объекта, как протез, поскольку многие параметры системы "человек-протез-среда" изменяются малопредсказуемым образом в ходе функционирования и плохо поддаются предварительной формализации. В этих обстоятельствах именно применение системы ААУ может сыграть решающую роль.

Мы рассматриваем конечность здорового человека как сложный орган, содержащий в себе определенное множество сенсоров и информационных каналов передачи управляющей информации от нервной системы к исполнительным органам и обратно в нервную систему для обеспечения обратных связей, и совокупности исполнительных органов, имеющих свою определенную структуру и свойства. У здорового человека нервная система в процессе филогенетического и онтогенетического развития приспособлена к управлению этой подсистемой (конечностью). При утере части конечности и замене ее протезом, даже весьма сложным по составу сенсорных элементов и исполнительных устройств, выпадает большая часть таких исполнительных органов и информационных каналов. При этом возникает задача организации правильной передаточной функции от той части живого органа, которая остается у инвалида, и через которую он передает управляющие команды, к исполнительным органам протеза. Эта задача крайне сложна по той причине, что в ней все функциональные зависимости и их параметры очень индивидуальны и весьма трудно формализуемы. С помощью механики можно обеспечить выполнение только сравнительно простых передаточных функций с ручной настройкой

параметров. Однако даже при использовании встроенного в протез микропроцессора, в память которого можно было бы записать самую сложную передаточную функцию, последнюю очень трудно сформулировать и настроить заранее. Причины те же - в таком передаточном звене, как протез, очень много параметров, зависящих от индивидуальных особенностей инвалида. Именно, заранее неизвестно, какие «выходные сигналы» инвалида можно использовать в качестве управляющих, как их интерпретировать, как выполнить желаемое инвалидом движение протеза, с учетом индивидуальных особенностей протеза и поврежденной конечности, и других многочисленных плохопредсказуемых и плохоформализуемых условий. Ситуация осложняется и тем, что даже после настройки такой системы, параметры человека со временем начинают изменяться.

Мы исходим из убеждения, что ряд указанных проблем удастся преодолеть в результате использования адаптивной системы управления, которая способна была бы эмпирически найти «передаточные функции» и «законы управления» протезом, как объектом управления в заранее плохоформализуемых условиях, и далее корректировать их при изменении свойств человека, протеза или среды. Для построения адаптивной системы управления мы используем метод ААУ, отличающийся от других методов (например, нейросетей, нечетких контроллеров) способностью обучаться и переобучаться непосредственно в процессе использования.

К настоящему времени система управления ААУ построена, проведены эксперименты на компьютерных моделях динамических объектов управления, воспроизводящих некоторые свойства протеза, продемонстрировавшие способность системы к адаптивному управлению при обучении «протеза» движению по указываемой желаемой (опорной) траектории и при отсутствии заранее задаваемой математической модели «протеза». Разработаны образцы протезов верхней конечности. В настоящее время проводятся работы, обеспечивающие соединение управляющей системы с протезом верхней конечности с вычленением плеча. Основные задачи в текущий момент состоят в определении целевых функций, критериальных зависимостей, возможностей сенсорной системы (в первую очередь механической, в последствии - миоэлектрической) и соответствующая доработка управляющей системы.

[1] Жданов А.А. Метод автономного адаптивного управления // Известия Академии Наук. Теория и системы управления, 1999, N5. с. 127-134.

[2] Гурфинкель В.С., Малкин В.Б., Цетлин М.Л. Шнейдер А.Ю. Биоэлектрическое управление // М.: Наука, 1972. 242 с.