

УДК 621

А.А. Лялько, ассистент

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

In article is considered application of neural networks for construction of control systems by technological objects. The control system with a regulator is synthesized on the basis of model of controlled process as nonlinear autoregressive moving average models. The simulation is carried out in the system MATLAB, where as an example of the object of control considers one of processes of a wood-working.

В последние десятилетия в мире отмечается быстрое развитие нейроинформационных технологий. Актуальность исследований в этом направлении подтверждается большим количеством различных применений нейроинформационных систем: при решении задач программирования, классификации, управления.

Нейронные сети – это исключительно мощный метод имитации процессов и явлений, позволяющих воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Архитектура данных сетей построена на основе строения человеческого мозга.

Особый интерес вызывает применение нейроинформационных технологий в системах управления. Это позволяет ликвидировать ряд трудностей, появляющихся при использовании классических методов управления.

В настоящее время достаточно хорошо разработан и широко используется целый ряд архитектур построения нейросетевых систем управления [1]. Во всех из них назначением нейросетевого контроллера является выработка адекватного управляющего сигнала для управления динамикой состояний объекта управления от начального состояния до желаемого итогового состояния. Причем смена состояний должна происходить по оптимальной траектории. Организация контроля за состоянием объекта управления и реализация нейросетевого контроллера в значительной степени зависят от выбранного алгоритма обучения и используемой структурой управления. Наиболее широко используемыми является система прямого (непосредственного) управления и схема косвенного управления. При этом чаще всего в качестве алгоритма обучения используется алгоритм обратного распределения ошибки.

В методе с использованием нейросетей отсутствуют ограничения на линейность системы, он эффективен в условиях шумов и после окончания обучения обеспечивает управление в реальном масштабе времени. Нейросетевые системы управления более глубоко настраиваются на реальные условия, образуя модели, полностью адекватные поставленной задаче, не содержащие ограничений, связанных с построением формальных систем [2].

Применение нейронных сетей для построения системы управления рассмотрим на примере одного из процессов деревообработки – управление операцией обрезки досок на фрезерно-обрезном станке [3]. Подвижные фрезы фрезерно-обрезного станка устанавливаются системой гидропривода в требуемое положение, определяемое шириной выпиленной доски. Горизонтальное перемещение фрезы вместе с подвижной частью гидропривода в направлении, перпендикулярном оси доски, описывается уравнением

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + H \frac{dx}{dt} + R = F,$$

где  $x$  – величина перемещения;  $M$  – масса перемещающегося узла;  $H$  – коэффициент вязкого трения;  $R$  – сила трения в направляющих;  $F$  – суммарная сила, действующая на поршень.

Пусть фреза должна отслеживать эталонную траекторию, задающую желаемое перемещение. В качестве управляющего воздействия примем  $F$ .

Для построения системы управления на основе нейронной сети воспользуемся моделью управляемого процесса в виде нелинейной авторегрессионной модели со скользящим средним:

$$y(k+d) = N(y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-n+1)),$$

где  $y(k)$  – выход модели;  $d$  – число тактов предсказания;  $u(k)$  – вход модели.

Для удобства реализации нейронной сети представим управляющее воздействие в следующем виде:

$$u(k+1) = \frac{y_r(k+d) - f(y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1))}{g(y(k), y(k-1), \dots, y(k-n+1), u(k), u(k-1), \dots, u(k-m+1))},$$

где  $y_r(k)$  – выход эталонной модели;  $f(\cdot)$  и  $g(\cdot)$  – известные функции.

Структурная схема такой системы управления представлена на рис. 1.

Нейронная сеть, соответствующая данной структурной схеме, представлена на рис. 2. Здесь ЛЗВ – линия задержки времени;  $a_1(t) - a_4(t)$  – функции активации;  $IW$  – настраиваемые веса первого слоя;  $LW$  – настраиваемые веса второго слоя.

Настройка весов  $IW$  и  $LW$  осуществляется на основе алгоритма обратного распространения ошибки. На вход объекта управления подается тестовое множество и веса настраиваются таким образом, чтобы разность между реальным выходом объекта управления и выходом нейронной сети была минимальной.

Для исключения явления переобучения (когда нейронная сеть жестко настраивается на данное тестовое множество и ведет себя негибко по отношению к другим входным параметрам) используется контрольное множество. Контрольное множество позволяет в процесс обучения нейронной сети осуществлять независимый контроль результатов. Для того чтобы гарантировать надежность выбираемой нейросетевой модели, резервируется еще одно – тестовое множество наблюдений. Итоговая модель тестируется на данных из этого множества, чтобы убедиться, что результаты, достигнутые на обучающих и контрольных множествах, реальны [4].

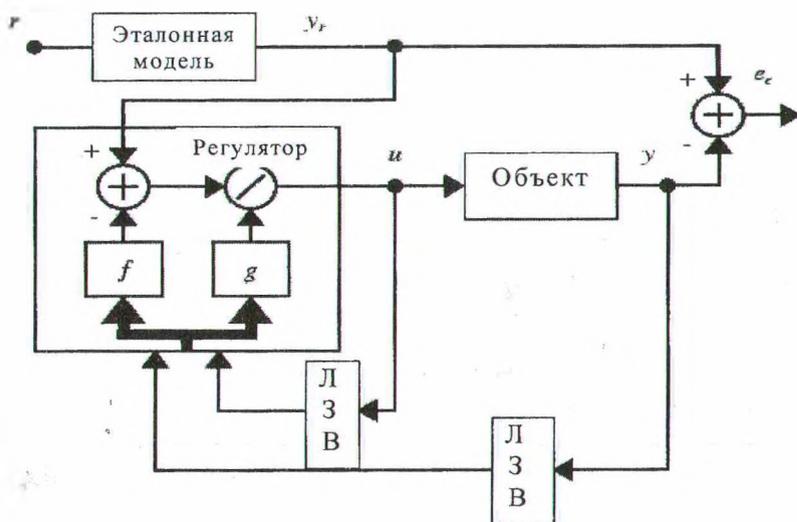


Рис. 1

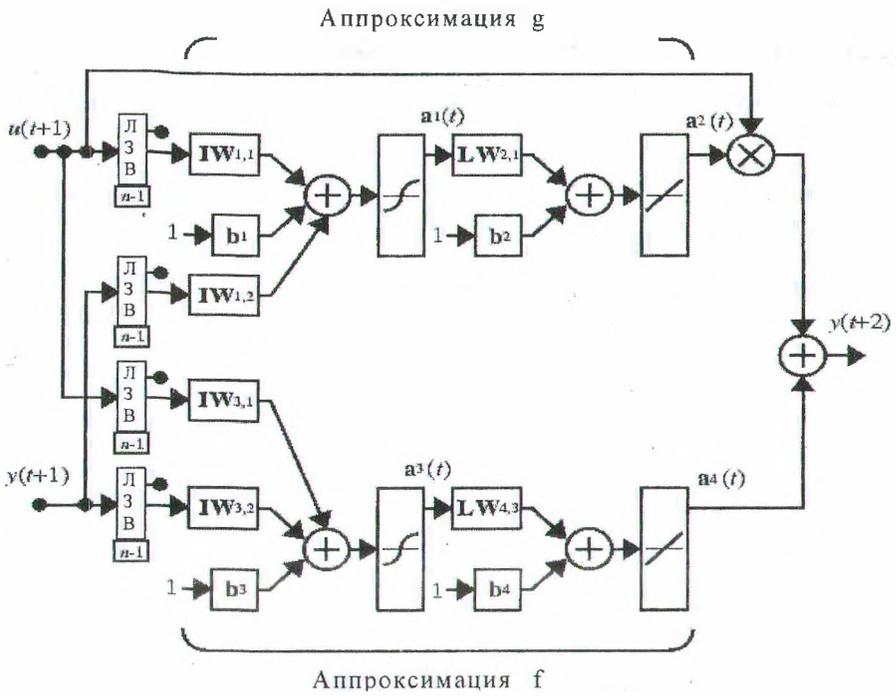


Рис. 2

Система управления на основе нейронной сети была промоделирована в системе MATLAB [5]. Число нейронов в скрытом слое – 10. На рис. 3, 4, 5 представлены ошибки обучения, контроля и тестирования соответственно.

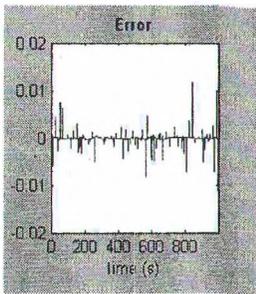


Рис. 3

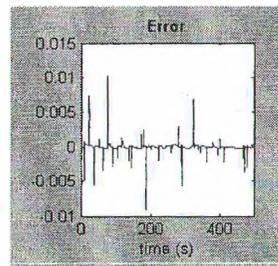


Рис. 4

На рис. 6 – результаты моделирования системы управления, представленной на рис. 2 с настроенными весами (отслеживание эталонной траектории).

Из анализа полученных данных следует, что реакция системы на ступенчатые воздействия со случайной амплитудой вполне удовлетворительна.

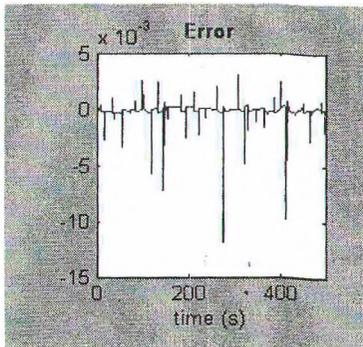


Рис. 5

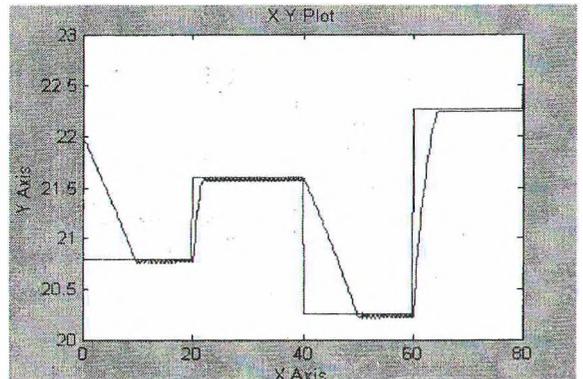


Рис. 6

## ЛИТЕРАТУРА

1. K.J. Hunt, D. Sbarbaro, R. Zbikowski, D.J. Gawthrop. Neural networks for control systems – A survey, Automatica, vol. 28, no 6. 1992. P. 1083 – 1112.
2. Нейросетевые системы управления / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин. М.: Высш. школа, 2002.
3. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: Учебник для вузов. М., 1988.
4. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М., 2003.
5. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6. М., 2002.