



5. Тьюринг А. Может ли машина мыслить?. – пер. с англ. Ю.В.Данилова - М.: ГИФМЛ, 1960.

6. Осипов Г.С. Искусственный интеллект: состояние исследований и взгляд в будущее [Электронный ресурс]: <http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html>

А.М. Олышанский, А.В. Игнатенков

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ПРИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОМ ХАРАКТЕРЕ ПОВЕДЕНИЯ СИГНАЛА ОШИБКИ

(Самарский государственный университет путей сообщения,
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»)

Цель настоящей работы – сформулировать постановку задачи управления искусственной нейронной сетью с переменной проводимостью сигнала, а также сделать выводы о возможности рассмотрения нейронной сети в терминах теории управления.

Рассмотрим многослойную нейронную сеть с переменной проводимостью сигнала [1], состояние которой в каждый момент времени характеризуется дифференциальным уравнением:

$$\frac{dE}{dt} = A * f(W, t) + B * G(t) \quad (1)$$

где

A – матрица системы размером $n \times n$,

B – матрица внешнего воздействия,

G(t) – функция внешнего воздействия, в общем случае также матричная, в случае подачи единичных значений может быть выражена через функцию $\mathbf{1}(t)$ или ее производные,

$f(W, t)$ – некоторая функция, описывающая поведение сети как функцию весов и времени (возможен вариант – только от времени или только от весов),

E – вектор состояния сети (1).

Предположим, что существует некоторое управление $u(E, W, t)$, в общем случае с обратной связью по состоянию (по ошибке сети), которое мы применяем к нашей нейронной сети в уравнении (2), чтобы перевести сеть из некоторого состояния в момент времени t_0 в целевое состояние в момент t_1 .

Момент начала управления t_0 определяется моментом пересечения траекторией E(t) некоторой поверхности с заданным значением уровня ошибки Δ .

Момент окончания управления t_1 является открытым и определяется в ходе решения задачи синтеза оптимального управления сетью. В содержательном смысле условие окончания управления записывается как $E(t) < \Delta$.



Основываясь на выполненных численных испытаниях данной сети, результаты которых опубликованы в [2], авторами была установлена следующая принципиальная форма поведения ошибки сети:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t)) + u(E, t) \quad (2)$$

где

m – число гармоник, из которых состоит сигнал ошибки, в расчётах $m = 7$

a_i, b_i – косинус-коэффициенты и синус-коэффициенты,

w_i – частоты гармоник, определяемые спектральным анализом,

$u(E, t)$ – некоторое искомое управление.

То есть, сигнал ошибки сети во времени может быть аппроксимирован в виде совокупности гармоник.

Рассмотрим квадратичный функционал качества управления сетью, который запишем как (3), минимизирующий любое управление, прилагаемое к нейронной сети:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} u^2(E, W, t) dt + E(W, t_1, u) \rightarrow \min \quad (3)$$

Решением любой из задач управления сетью выступает оптимальное управление $u^*(E, W, t)$ с обратной связью, момент окончания управления t_1^* , а также оптимальная траектория $E^*(t, W, u^*)$ снижения ошибки под воздействием управления.

Кривые $u^*(E, W, t)$ и $E^*(t, W, u^*)$ приводят нас к способу управления, который должен быть реализован алгоритмически через элементы структуры и поведения рассматриваемой нейронной сети с переменным распространением сигнала.

Вид граничного условия (4) определяется исходя из того, что в различные моменты времени окончания управления будет существовать различный фиксированный уровень остаточной ошибки:

$$\Phi(t_1, E) = E \quad (4)$$

где $\Phi(t_1, E)$ – функция граничного условия.

Запишем уравнение Беллмана Φ^E для задачи (2) с функционалом качества (3) и граничным условием (4):

$$\Phi^E = \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial E} * ((\sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t))) + u(E, t)) - u^2(E, t) \quad (5)$$

Найдем производную функции Беллмана по управлению и приравняем к нулю для поиска структуры оптимального управления:

$$\frac{\partial \Phi^E}{\partial u} = \frac{\partial \Phi}{\partial E} - 2u(E, t) = 0 \quad (6)$$

Отсюда структура оптимального управления выражается как:

$$u(E, t) = \frac{1}{2} \frac{\partial \Phi}{\partial E} \quad (7)$$

Подставив (7) в (5), получим

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial E} * ((\sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t))) + \frac{1}{4} \left[\frac{\partial \Phi}{\partial E} \right]^2) = 0 \quad (8)$$

С учетом соображений (4) будем искать решение уравнения (8) в виде

$$\Phi(t, E) = K(t)E \quad (9)$$



$$\text{Запишем, что } \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{dK(t)}{dt} E \quad (10)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial E} = K(t) \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) в (8), получим общий вид уравнения, решив которое, можно получить функцию остаточной ошибки от времени, из которой с учетом (9), (7) можно будет получить функцию управления с обратной связью:

$$\frac{E(t_1)}{E(t)} \left[\frac{\partial E}{\partial t} \right] + \frac{E(t_1)}{E(t)} \left(\sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t)) \right) + \frac{1}{4} \frac{E(t_1)}{E(t)} = 0 \quad (12)$$

При начальных условиях, т.е. $E(t_0) = E_0 = 0,8777255$ от максимальной амплитуды ряда ошибки и при выбранных основных гармониках с круговыми частотами 0,07; 1,05; 1,48; 1,7; 2,25; 2,60; 3,25; (по данным программного продукта «SCAN» и мощности амплитуды: 0,223607; 0,3; 0,3; 0,4472; 0,4472; 0,547; 0,387 от максимальной амплитуды ряда ошибки, применение метода Рунге-Кутты 4-го порядка для уравнения (12) дало следующий вид функции управления примененной нейронной сетью.



Рис.1 – Полученное решение в виде функции $K(t)$ (согласно (7))

По оси абсцисс данного графика показаны отсчеты времени.

Сделанные расчёты позволяют установить следующее:

1. С ростом времени необходимая интенсивность управления сетью должна меняться также квазипериодически, согласно рис.1.

2. Увеличение учёта числа гармоник, включаемых в уравнение эволюции ошибки сети (2), приведёт к росту точности решения.

3. В общем случае искусственная нейронная сеть не является полностью управляемой системой, однако приведенное решение позволяет считать ней-



ронные сети с переменной проводимостью сигнала системами, управляемыми по выходу.

4. Несмотря на найденный характер управления, возникает новая проблема трансформации найденного решения в конкретные алгоритмы, изменяющие веса связей между нейронами, скорости изменения данных весов, скорость обучения сети теми средствами, которые предусмотрены в конструкции нейронной сети [1]. Данный вопрос является направлением дальнейшего исследования.

Литература

1. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский О построении квазихопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов// В кн.: Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А.Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-7.

2. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский. Применение искусственной нейронной сети для построения расписаний процессов на примере графика движения поездов// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т.2 (№11). 2015. //М., изд-во ВМК МГУ, 2015, - 614 с., с.50-55.

А.М. Ольшанский, А.В. Игнатенков, М.Г. Лысыков

ОДИН ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения,
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»)

Целью настоящего доклада является развитие теоретических положений по управлению качеством эксплуатационной работы в части построения подхода для управления эксплуатационной работой станции и полигона.

Пусть эксплуатационная работа на полигоне задана некоторой неявно заданной функцией, отображающей входной поток информации, материальных потоков в выходной поток.

Вид данной функции должен определяться технологией работы полигона, которая, например, может быть получена на основе автоматического построения такой технологии на основе нормативно-справочной информации (НСИ) и системы машинного обучения, проектирование которой не рассматривается в настоящей работе (один из элементарных примеров применения такой системы дан в [1]).

Входной поток включает в себя:

1. Расписание поездов и поток прибывающих поездов

2. Поток отправок (информационный, так как соответствующие вагоны учтены в потоке вагонов)