

УДК 628.16.087+631.171:636.5

**Обоснование методики использования нечётких сетей Петри при синтезе
нейросетевых систем управления технологическими процессами
(на примере комбинированных установок водоочистки)**

Штепа Владимир Николаевич

Полесский государственный университет,
НИЛ «Экоинженерия и информационные технологии»
Пинск, Республика Беларусь

Аннотация

Оценено существующие подходы при синтезе оптимальных систем управления технологическими процессами; проанализированы сложности построения таких систем. На примере комбинированных установок водоочистки показан синтез системы управления на основе нечётких нейронных сетей; приведена структура имитационной модели; указано на технологическое соответствие качества её функционирования. Выявлен один из недостатков создания нейросетевых решений для комбинированных систем водоочистки – проблема получения оптимальных учебных выборок. Предложено для решения поставленной задачи алгоритм с использованием нечётких сетей Петри.

Ключевые слова: нейронная сеть, нечёткая сеть Петри, комбинированные системы водоочистки, учебная выборка.

Substantiation of a technique of using fuzzy Petri nets in the synthesis of neural network process control systems (for example, water treatment plants combined)

Shtepa Vladimir

Polessky State University,
Scientific laboratory «Eco-engineering and information technology»
Pinsk, Belarus

Abstract

Evaluate existing approaches for the synthesis of optimal process control systems; analyzed the complexity of such systems. For example, the combined water treatment plant shows the synthesis of the control system based on fuzzy neural networks; the structure of the simulation model; specified on technological compliance of the quality of its functioning. It revealed one of the drawbacks of creating neural network solutions for combined water treatment systems – the problem of optimal training samples. It is proposed to solve the problem using the algorithm of fuzzy Petri nets.

Keywords: neural network, fuzzy Petri net, combined wastewater treatment system, the training sample.

Введение

Учитывая классическую теорию автоматического управления, алгоритм работы оптимальной системы управления определяется следующими блоками информации [1]:

1. Характеристиками объекта управления;
2. Характером информации поступающей на управляющее устройство об объекте;
3. Технологическими требованиями к объекту управления.

Из приведенного выше видно, что только технологические требования к объекту управления, касательно установок водоочистки, остаются относительно постоянными[2]. Остальные блоки информации в процессе функционирования могут кардинально неконтролируемо изменять свои значения и структуру.

Поэтому наиболее целесообразным будет создание автоматизированной системы управления (АСУ) с применением интеллектуальных решений: нечетких множеств,

нейронных сетей, генетических алгоритмов и тд. Это обеспечит качество функционирования элетротехнического аппарата путем самонастройки (перенастройки) параметров функционирования даже при отсутствии полной исходной информации (ее нелинейном изменении) [3].

Цель

Обосновать целесообразность применения нечётких сетей Петри для формирования оптимальных учебных для нейронных сетей выборов.

Результаты исследований

Соответствующая нейросетевая АСУ синтезировалась для корректировки процессов электрокоагуляционной очистки. Данный технологический процес комбинированный, поскольку при его реализации одновременно параллельно происходят несколько процессов коагуляции[3]: поляризационная, электрохимическая, электролитическая, гидродинамическая, концентрационная.

Ключевая задача – обеспечить нормативное качество по параметру взвеси при минимальных затратах электроэнергии. Обосновали соответсвующий кртерий энергоэффективности:

$$EF = \frac{(C_{вых} - C_{зад}) \cdot Q}{W} = \frac{\Delta C \cdot Q}{W}, \quad (1)$$

Где $C_{вых}$ – фактическая выходная концентрация взвешенных частиц, г/м³;
 $C_{зад}$ – заданная (нормативная) концентрация взвешенных частиц, г/м³;
 ΔC – отклонение фактического значения исходной концентрации взвешенных частиц от установленного (нормативного) значения, г/м³;
 Q – расходы сточных вод, м³/час;
 W – затраченная на электрокоагуляцию электроэнергия, кВт×год.

Задача системы управления максимально приблизить значения EF к нулю. Если: $EF > 0$ – не достигается качественная очистка; $EF < 0$ – имеет место перерасхода электроэнергии.

Учебная выборка формировалась на основе экспериментальных данных, полученных при обработке модельных водных растворов. Для проверки функционирования синтезированной на основе нечётких нейронных сетей системы управления электрокоагулятором [4, 5] создали имитационную модель в пакете Simulink среды MatLAB (рис. 1).

Функционирование энергоэффективной АСУ электрокоагулятором на основе гибридных нейронных сетей характеризуются следующими количественными показателями [4]: быстродействие – 0,5 – 1 с (в зависимости от комбинации входных параметров); перерегулирование – около 2%; максимальное динамическое отклонение – 1,5-1,6 г/л; количество полукослебаний – 0.

Полученные данные с точки технологической точки зрения удовлетворяют требования, выдвигаемые к АСУ – критерий энергоэффективности (1) находился около 0.

Однако такой результат не является оптимальным и достигается длительным итерационным экспертным процессов обучения нейронной сети (рис. 2). Обнаружена главная проблема – формирование учебной выборки, поскольку наборы данных не соответствовали критерию энергоэффективности. Для получения необходимого результата проводились повторные экспериментальные исследования – повышая стоимость работ и увеличивая срок получения эффективной АСУ.

Предлагается алгоритм получения выборки учебных данных, которые бы соответствовали требованиям оптимальности (рис. 3).

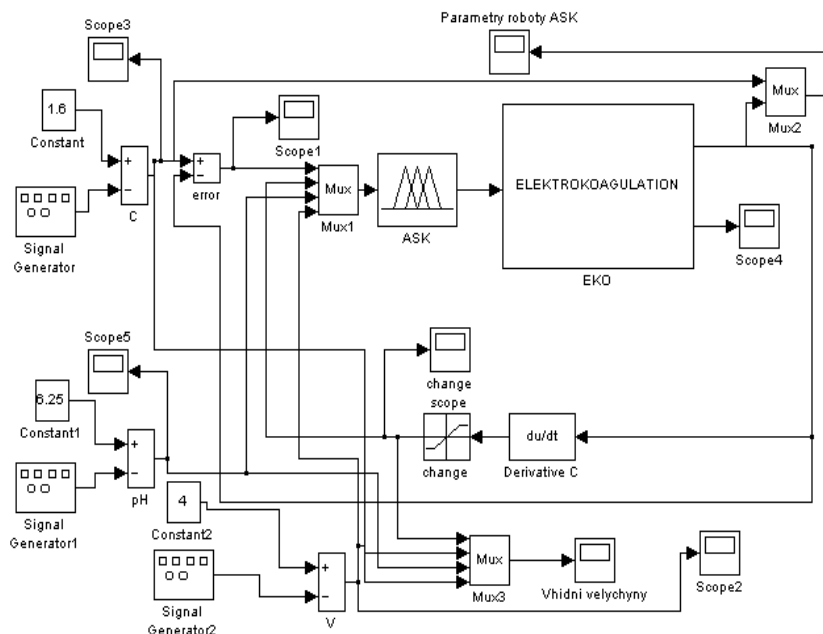


Рисунок 1 – Имитационная модель работы нейросетевой АСУ электрокоагулятором в пакете Simulink среды MatLAB



Рисунок 2 – Этапы итерационной корректировки значений учебной выборки (C – показатель качества водоочистки согласно параметра «взвеси»)

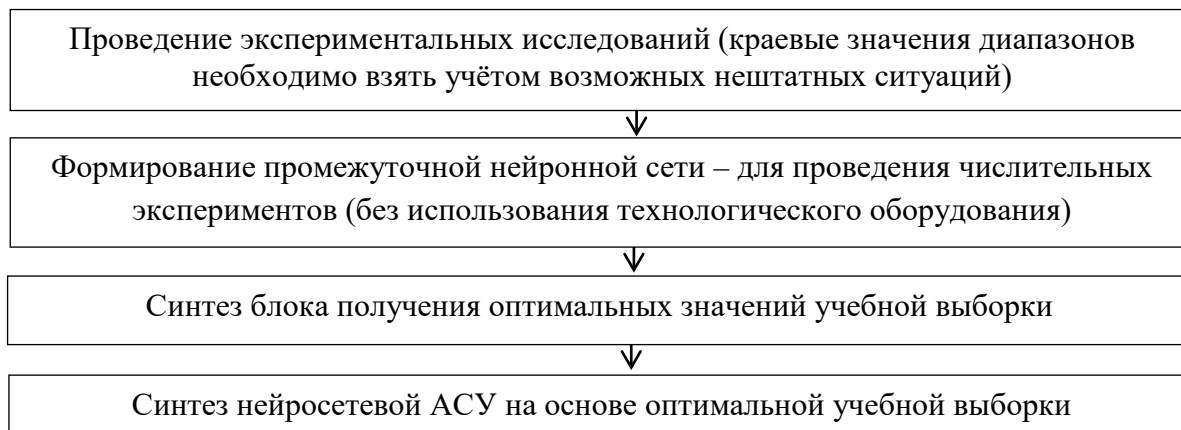


Рисунок 3 – Обобщённый алгоритм синтеза нейросетевой АСУ на основе оптимальной выборки учебных данных

В качестве математического аппарата формирования оптимальной учебной выборки процессов водоочистки, целесообразно использовать нечёткие сети Петри. Преимущества применения для решения данной задачи такого математического аппарата [6]: способность в представлении параллельных асинхронных систем; способность представления локального управления, параллельных, конфликтных, недетерминированных и асинхронных событий; графическое представление сети; понятность модели и легкость ее изучения и анализа; возможность описания системы на различных уровнях абстракции.

Нечёткая сеть Петри, получив набор данных от промежуточной нейронной сети, оценивает его оптимальность, с точки зрения технологических процессов в комбинированных установках водоочистки (фактически всё оборудования по доведению параметров воды к нормативным требованиям использует несколько разных методов воздействия на водные растворы при этом реакции протекают в распределённом параллельном режиме). Если набор соответствует требованию – он сохраняется в учебную выборку для дальнейшего синтеза нейросетевой АСУ. Если нет – происходит корректировка управляющих параметров промежуточной нейронной сети с повторной оценкой сетью Петри. Входные данные для промежуточной нейронной сети – возможные значения, которые могут сниматься датчиками.

Выводы

Недостатком при синтезе нейросетевых АСУ комбинированными системами водоочистки является сложность формирования оптимальных учебных выборок, на основе которых создаются такие системы. Для решения данной задачи целесообразно применить нечёткие сети Петри, что требует дальнейших исследований с точки зрения детализации методик их использования.

Литература

1. Штепа В.Н. Экспериментально-аналитические исследования комбинированных систем водоочистки / В.Н. Штепа // Агропанорама. – Минск: БГАТУ. – 2015. – № 6 (112) – С. 31–37.
2. Штепа, В. М. Оцінка енергетичних характеристик процесів очищення стічних вод агропромислових підприємств електротехнічними комплексами / В.М. Штепа // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіПУ. – 2014. – Вип. 194. – Частина 3. – С. 259–265.
3. Штепа Ф.И. Экспериментальное обоснование конструкции установки для электрохимического изменения свойств водных растворов (на примере гальваносток) / В.Н. Штепа, Р.Е. Кот // Энергетика и автоматика [Электронный ресурс]. – 2015-03(15). – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2015_3_5 – Дата доступа: 30.12.2015
4. Kuchta, J.M. Enhanced chlorine resistance in tap water-adapted *Legionella pneumophila* as compared with agar medium-passaged strains / J.M. Kuchta, S.J. States, J.E. McGlaughlin // Applied Environmental Microbiology – 1985 – Vol. 50 – P. 21–26.
5. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.