

### Литература

1. Nazarov, P.V.; Apanasovich, V.V.; Lutkovski, V.M.; Yatskou, M.M.; Koehorst, R.B.M.; Hemminga, M.A. (2004) Artificial neural network modification of simulation-based fitting: application to a protein-lipid system. *J. Chem. Inf. Comput. Sci.*, 44(2), 568-574.
2. Cybenko, G. (1989) Approximations by superpositions of sigmoidal functions. *Math. Contr. Signals Syst.*, 2, 303-314.
3. Hagan, M.T.; Menhaj, M. (1994) Training feedforward networks with the marquardt algorithm. *IEEE Trans. Neural Networks*, 5(6), 989-993.
4. Hornik, K.; Stinchcombe, M.; White, H. (1989) Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks*, 2(5), 359-366.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОКОВ В АЭРОТЕНКАХ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Давыденко А. А.**

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, биологическая очистка, нейронная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки.

За последние годы в жизни общества роль и место персональных компьютеров и информационных технологий коренным образом изменились. Расширился перечень сфер общественной жизни, где применяются такие технологии, помимо персонального использования людьми, также осваиваемого быстрыми темпами.

Не исключением для использования передовых технологий стали и очистные сооружения, и, в частности, участок биологической очистки в аэротенках, как один из этапов компьютеризации производства. Более общей предпосылкой для этого является напряжённая экологическая обстановка в стране, а более локальной причиной явилась необходимость оперативного реагирования на изменения в работе системы очистки.

Процесс биологической очистки может быть описан как непосредственный контакт загрязнений с оптимальным количеством организмов активного ила в присутствии соответствующего количества растворенного кислорода в течение необходимого периода времени с последующим эффективным отделением активного ила от очищенной воды [1].

Аэротенк - это резервуар прямоугольного сечения, по которому протекает сточная жидкость, смешанная с активным илом. Воздух, вводимый с помощью пневматических или механических устройств, перемешивает обрабатываемую жидкость с активным илом и насыщает ее кислородом, необходимым для жизнедеятельности бактерий [1].

Главной целью системы является помощь диспетчеру при принятии решений в любых текущих и особенно в нестандартных ситуациях в реальном режиме времени для качественно-го контроля и управления технологическим процессом биологической очистки в аэротенках.

Задачами системы являются:

1. Оптимизация расхода воздуха.
2. Выравнивание концентрации растворённого кислорода по аэротенкам.
3. Минимизации расхода электроэнергии на подачу воздуха.

Для достижения поставленной цели и решения вышеперечисленных задач предполагается использование многослойной нейронной сети. Одной из самых главных причин, по которой была выбрана нейронная сеть – её весьма эффективная способность обучаться на примерах и «узнавать» в наборе противоречивой информации приметы ранее встреченных образов и ситуаций. Так же многослойная нейронная сеть способна осуществлять любое отображение входных векторов в выходные [2].

Определение нейронной сети как «совокупности нейронных элементов и связей между ними»[2] можно перенести на рассматриваемый пример как совокупность входных, выходных и промежуточных данных и технологических связей между ними. Нейронные сети позволяют строить алгоритмы обработки информации, обладающие возможностью нахождения скрытых зависимостей между входными и выходными данными, которые остаются вне внимания традиционных методов.

Применение нейросетевых технологий особенно популярно в области финансовых рынков, современной торговли и рынков капитала [3].

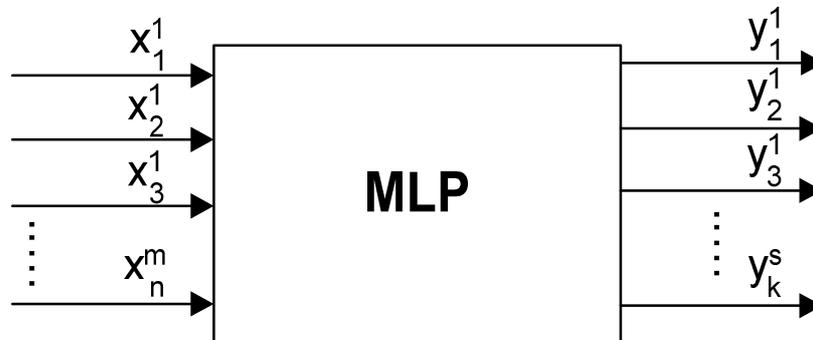


Рис.1. Упрощённая модель системы поддержки принятия решений, где MLP - multilayer perceptron

Для разрабатываемой системы поддержки принятия решения входными данными являются  $x_n^m$  (данные на входе MLP):

1. Состояние технологического оборудования (состояние нагнетателей (включён/выключен), % открытия затворов на воздуховоде, шиберов циркуляционного ила и на всасе нагнетателей, наличие аварийного состояния оборудования).

2. Текущие показания расходомеров воздуха, циркуляционного ила, осветлённой воды и воды на водосливе, датчиков концентрации растворённого кислорода в контрольных точках и на водосливе, показания интенсивности аэрации.

3. Технологические установки, задаваемые диспетчером участка биологической очистки, это:

- а) опорные значения, допустимые отклонения, минимальные и максимальные пределы концентрации растворённого кислорода в каждой контролируемой точке;
- б) минимальная интенсивность аэрации в аэротенке;
- в) степень рециркуляции в аэротенке;
- г) шаги управляемых затворов и их условные «нуль %»;
- д) идентификаторы включения затворов в схему управления;
- е) идентификаторы включения датчиков концентрации растворённого кислорода в схему управления;
- ж) величина для задействования в управлении шиберов на всасе нагнетателей;
- з) величина для задействования в управлении нагнетателей.

Эти данные можно соотнести с нейронами входного слоя.

Выходные данные системы ( $y_k^s$ ) – это рекомендации по управляющим командам технологическому оборудованию:

1. Рекомендации на включение/выключение нагнетателя.
2. Рекомендации на приоткрытие/призакрытие затвора на воздуховоде, шиберов циркуляционного ила и на всасе нагнетателя.
3. Рекомендации по степени открытия шиберов циркуляционного ила.

Выходные данные системы соотносятся с нейронами выходного слоя.

Сигналы на входы нейронной сети в обработанной форме будут подаваться в режиме реального времени от автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) биологической очистки в аэротенках, а сигналы с выходного слоя – обратно в АСУ ТП. Разрабатываемая система поддержки принятия решений будет непо-

средственным образом связана с данной АСУ и функционирует как составная её часть при дистанционном режиме управления оборудованием. Также данная система сможет использоваться как самостоятельное программное приложение.

В качестве обучающего метода для нейронной сети был выбран метод обратного распространения ошибки [2]. Это наиболее подходящий метод, т.к. за многие годы работы очистных сооружений была наработана достаточно большая база данных о процессе биологической очистки. После приведения среднеквадратичной ошибки сети к минимуму и наиболее корректной настройки, тем самым, весовых коэффициентов, сеть стала пригодна для работы в реальных условиях.

Нейронная сеть для системы поддержки принятия решений будет реализована и протестирована в MATLAB, а именно, с помощью окна инструментария Neural Network, специально предназначенного для моделирования и обучения нейронных сетей.

Данная система поддержки принятия решений будет иметь не только теоретический, но и практический характер. Впоследствии планируется внедрение системы на Минской станции аэрации №1.

Специально для демонстрации принципа работы системы поддержки принятия решений для биологической очистки в аэротенках разработано приложение в Scada-системе Trace Mode. Данное приложение позволяет наглядно представить результаты работы моделируемой системы при заданных исходных данных, а также проследить за изменением характеристик биологической очистки после выполнения управляющих команд. Это позволяет оценить работоспособность системы в псевдореальных условиях.

Экономический эффект от внедрения системы поддержки принятия решений может наблюдаться не сразу, но такое решение может окупиться даже в течение одного - двух лет, что является неоспоримым плюсом в пользу внедрения системы.

### Литература

1. Бондарев А.В. Учебное пособие. Курс лекций. Очистные сооружения: Оценка эффективности работы отдельных звеньев очистки. Технологические расчёты. – Мн.:, 2004.
2. Головки В.А. Нейроинтеллект: теория и применение. Книга 1. Организация и обучение нейронных сетей с прямыми и обратными связями. – Брест: Изд. БПИ, 1999.
3. <http://www.tvp.ru/vnizd/mathem1.htm>

## **SIMULATION OF THE DECISION-MAKING SYSTEM FOR BIOLOGICAL REFINEMENT OF SEWAGE IN AEROTANKS BY MEANS OF MULTILAYER NEURAL NETWORKS**

**Anastasia Davydenko**

*Brest State Technical University, Brest*

Keywords: decision-making system, biological refinement, neural network, back-propagation algorithm.

Last years in a life of society the role and the place of personal computers and information technologies have radically changed. The list of spheres of public life where such technologies are applied, besides personal use by people which also rapidly increased, has extended.

Not exception for use of high technologies sewage disposal plants are and, in particular, biological refinement in aerotanks as one of production stages computers can be involved in. The reason for it is the strained ecological situation in the country, and more local one is a need to react on-the-fly to changes in system work.

The process of biological refinement can be described as a direct contact of pollution and optimal amount of organisms of active silt which have to interact during required time and in the presence of proper amount of dissolved oxygen. The last stage is to separate active silt from pure water [1].