

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТОРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Еременко Ю.И., Халапян С.Ю., Ярмуратий Д.Ю.

Старооскольский технологический институт имени А.А. Угарова
Национального исследовательского технологического университета «МИСиС»

Работа посвящена исследованию возможных путей повышения эффективности операторского управления. Обосновывается целесообразность использования искусственных нейронных сетей в качестве аппарата моделирования сложного нелинейного объекта. Предлагается структура нейроэкспертного тренажера оператора шахтной печи металлургии. **Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронная сеть, нейросетевое моделирование, нелинейный объект, шахтная печь металлургии, нейроэкспертный тренажер.

Постановка проблемы. Наблюдаемый в последние годы рост требований к качеству продукции и уровню автоматизации современного металлургического производства предполагает постоянное повышение уровня профессиональной подготовки кадров предприятий отрасли. Согласно статистическим данным большинство аварий на металлургических предприятиях происходит по причине ошибок персонала, задействованного в управлении сложными технологическими объектами, т.е., так называемого, человеческого фактора. Помимо этого, ввиду значительной энерго- и ресурсоемкости металлургических агрегатов удаление технологического процесса от наилучшей рабочей траектории ввиду неоптимальных действий оператора зачастую приводит к существенным экономическим потерям. В результате безопасность и эффективность функционирования технологического агрегата в значительной степени определяется квалификацией оперативного персонала.

Важность и необходимость операторского управления объясняется, в первую очередь, уникальными, не реализованными еще технически адаптационными возможностями человека [1], его способностью ориентироваться и принимать решения в сложных априорно малоизученных ситуациях, в условиях неполной и нечеткой информации. Также, непосредственное участие человека в процессе управления объясняется сложностью адекватного математического описания ряда многосвязных и многопараметрических металлургических объектов управления. При этом оператор, решая задачу глобального управления, часто руководствуется собственными интуитивными представлениями об объекте управления, о взаимосвязи технологических параметров.

В связи с этим показатели эффективности и безопасности производства далеко не всегда близки к оптимальным. Зачастую положение усугубляется недостаточным уровнем квалификации или внимательности оператора, состоянием его здоровья, эмоциональным состоянием, определяемым высокой степенью ответственности за принимаемые решения.

В таких условиях особую актуальность приобретает задача разработки методов повышения эффективности управления технологическим объектом.

Анализ последних исследований и публикаций. В течение 20 лет иными фирмами и учеными НИИ Москвы, Донецка, Свердловска и Новокузнецка предпринимались попытки решения задачи комплексной автоматизации шахтной печи (ШП) металлургии. Анализ соответствующих разработок показал, что все они были основаны на попытке формализации технологического процесса. Однако, ввиду сложности, нелинейности, многосвязно-

сти и нестационарности объекта попытки создания адекватной математической модели ШП, на основе которой производился бы расчет управляющих воздействий в реальном масштабе времени, не принесли ощутимого результата [2-4].

Проведенный аналитический поиск существующих методов моделирования [5] показал целесообразность использования для достижения поставленной цели интенсивно развивающихся и находящихся в последнее время все большее применение в промышленности систем искусственного интеллекта, позволяющих повысить качественные показатели технологического процесса. Наиболее эффективным и быстроразвивающимся направлением искусственного интеллекта, способным к интерполяции и аппроксимации зависимостей, является аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС).

Особенности задачи оперативного управления технологическими процессами позволяют предположить, что ИНС, обученная на основе ретроспективной информации о состоянии объекта управления и соответствующих действиях оператора, сможет выдавать на выходе эффективные решения (управляющие сигналы) на основе анализа ситуаций, сложившихся на ОУ. Эти решения должны упростить работу оператора и повысить качество функционирования системы в целом.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Основной вопрос состоит в способе применения нейросетевых технологий. Это может быть моделирование технологического объекта или отдельных агрегатов, составляющих шахтную печь либо сохранение опыта оператора для воспроизведения его поведения по управлению объектом. Модель может применяться для определения оптимального режима печи и расчета необходимых управляющих воздействий или использоваться в качестве ядра операторского тренажера либо системы поддержки принятия решений, позволяющей определить возможные последствия предполагаемых действий.

Цель статьи. Главной целью настоящей работы является исследование возможности повышения эффективности операторского управления сложным технологическим объектом на примере шахтной печи металлургии путем нейросетевого моделирования технологического объекта и построения нейроэкспертного тренажера оператора.

Изложение основного материала. В качестве объекта моделирования в рамках проводимого исследования выбран сложный, нелинейный, многосвязный и нестационарный технологический агрегат – металлургическая шахтная печь, в которой протекают сложные физико-химические процессы, требующие высокой степени подготовки оператив-

ного персонала, необходимой для обеспечения правдивости и своевременности принимаемых управленческих решений.

Способность искусственной нейронной сети выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными и выполнять обобщение позволяет ей возвращать верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных. Учитывая указанные особенности ИНС, а также отсутствие положительного результата при моделировании ШП классическими методами предлагается применить нейросетевой аппарат для синтеза модели ШП.

При использовании технологии нейронных сетей одной из важнейших является задача формирования обучающей выборки, которая включает в себя совокупность сигналов «вход-выход» процесса. В качестве выходов разрабатываемой нейронной сети использовалась степень металлизации и содержание углерода, как основные параметры качества металлизированных окатышей. Таким образом, для синтеза нейросетевой модели ШП необходимо выделить группу входных сигналов влияющих на выходные параметры.

В рамках проводимых исследований был произведен опрос технологов комбината, оперативного персонала шахтных печей Оскольского электрометаллургического комбината, с целью выявления

параметров, оказывающих наибольшее влияние на качество готового продукта. Поскольку возможные причины колебания качественных показателей выходного продукта слишком многочисленны, чтобы выбрать одну главную, их необходимо рассматривать во взаимосвязи друг с другом. Было выявлено, что зависимость степени металлизации и содержания углерода от совокупности входных параметров носит нелинейный характер, процессы насыщены неконтролируемыми шумами и помехами, присутствует множество обратных связей и других факторов.

Для обучения нейронной сети была использована ретроспективная информация, содержащаяся в архивах SCADA-системы предприятия, в которых накапливалась история основных технологических параметров и соответствующих действий оператора с частотой дискретизации, удовлетворяющей требованиям ТП.

После первичной обработки ретроспективных данных и формирования необходимой совокупности выборок, предназначенных для обучения и тестирования нейронной сети, осуществлялся выбор её исходной структуры. После обучения нейронная сеть подвергалась тестированию, по результатам которого принималось решение о её оптимизации. Проведенные исследования демонстрируют возможность получения нейронной сети, обеспечивающей необходимую точность воспроизведения параметров реального процесса. На её основе была получена нейросетевая модель ШП.

Из графиков видно (см. рис. 1), что разработанная нейросетевая модель ШП достаточно точно «схватывает» тенденции изменения степени металлизации, а статическая ошибка наблюдается только в точках локальных экстремумов и в большинстве случаев не превышает 0,2%. Схожая ситуация наблюдается и в отношении второго ключевого параметра процесса металлизации – содержания углерода в конечном продукте.

Необходимо отметить, что адекватность модели в полной мере обеспечивается только для штатных режимов функционирования объекта. Объясняется это практически полным отсутствием в исходной ретроспективной выборке данных о работе объекта в нештатных режимах. Более того, для повышения сходимости модели целесообразно полностью исключить такие данные на этапе первичной обработки.

По этой причине для решения задач обучения методом распознавания и обработки нештатных ситуаций, а также предотвращения перехода объекта в нештатные режимы функционирования предлагается в связке с нейросетевой моделью использовать экспертные системы (ЭС). Экспертная система способна сохранять опыт эксперта (опытного оператора ШП), распознавать возникающие ситуации и предлагать подсказки в случае ошибочных действий неопытного оператора.

Структурная схема предлагаемого нейроэкспертного тренажера представлена на рис. 2. В данной схеме ЭС используется для решения задач распознавания нештатных ситуаций, формализации знаний, объяснения сложившихся на объекте ситуаций и оценки квалификации оперативного персонала [6].

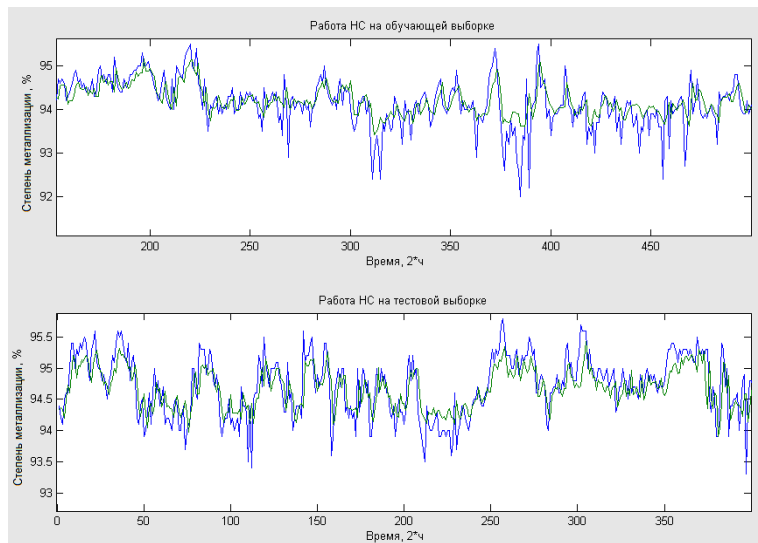


Рис. 1. Графики работы ИНС: на обучающей и на тестовой выборках

Источник: разработка авторов статьи

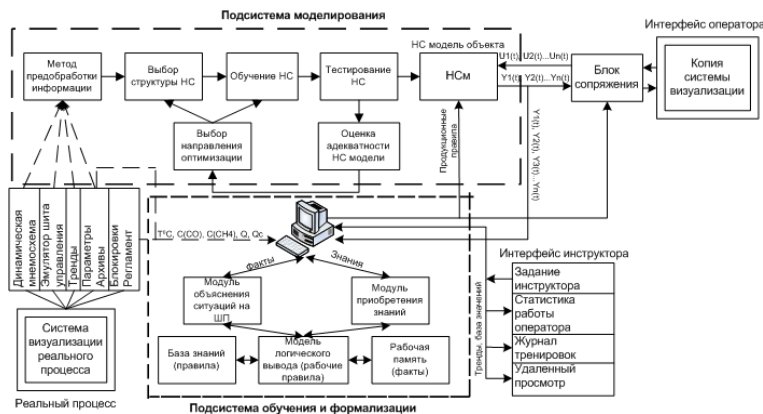


Рис. 2. Структура нейроэкспертного тренажера оператора ШП

Источник: разработка авторов статьи

В ЭС передаются все ограничения и блокировки процесса, что позволяет ей оперативно отслеживать режимы функционирования объекта и при необходимости вмешиваться в работу, предлагая оператору объяснение сложившейся ситуации.

Первоначально в экспертную систему закладывается набор фактов о технологическом объекте, которые позволяют модулю логического вывода ЭС формировать необходимые в сложившейся ситуации решения. Все факты приводятся к обобщенной структуре продукционных правил IF-THEN. Кроме того в продукционную систему должны поступать факты реального времени – выходы нейросетевой модели. В результате работы ЭС с предложенными данными формируются дерево решений и советы оператору (тренажер в режиме обучения). По окончании тренировки или экзамена ЭС выдает отчет, в виде трендов и оценок действий обучаемого оператора. Проанализировав полученные сведения, инструктор принимает решение об уровне квалификации обучаемого и его пригодности к управлению реальным технологическим процессом.

Выводы и предложения. В ходе дальнейших исследований предполагается реализация описанного нейроэкспертного тренажера.

Реализация тренажера оператора на основе нейросетевой модели технологического процесса позволит: повысить качественные показатели и безопасность технологических агрегатов, находящиеся в настоящее время в руках одного человека и зависящих от его знаний, опыта, состояния здоровья; снизить влияние человеческого фактора путем «безопасной» для производства предварительной подготовке оператора с использованием тренажера; решить проблему сохранения знаний опытных операторов. Предлагаемый нейроэкспертный тренажер может быть использован как универсальная обучающая система, обеспечивающая формирование необходимых навыков оператора по управлению объектом в различных режимах его функционирования (штатных и нештатных) в условиях, максимально приближенных к работе реального объекта, и система оценки уровня квалификации оператора ШП, его подготовленности к самостоятельной работе.

Список литературы:

1. Себряков Г. Г. Моделирование деятельности человека-оператора в полуавтоматических системах управления динамическими объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. – М. 2010. – № 4 – С. 17-29.
2. Еременко Ю. И., Халапян С. Ю., Ярмуратий Д. Ю. Актуальность разработки тренажера оператора шахтной печи / Проблемы автоматизации региональное управление связь и автоматика (Паруса 2012). Геленджик – 2012. – С. 79-83.
3. Еременко Ю. И., Халапян С. Ю., Ярмуратий Д. Ю. Исследование возможности разработки нейросетевого тренажера оператора АСУ ТП. Материалы 9 Всероссийской школы-конференции молодых ученых. ИПУ РАН(2012). Тамбов, 2012, с. 45-47.
4. Новикова Н. М., Подвальный С. Л. Математическая модель работы человека-оператора как элемента интеллектуальной системы управления // Вестник ВГУ. – Воронеж 2010. – № 1 – С. 142-147.
5. Еременко Ю. И., Халапян С. Ю., Ярмуратий Д. Ю., Невзоров А. А. Исследование возможности нейросетевого моделирования поведения оператора АСУ ТП, управляющего тепловыми агрегатами // Приборы и системы управление контроль диагностика. – М. 2014. – № 2 – С. 20-25.
6. Еременко Ю. И., Полещенко Д. А., Халапян С. Ю., Ярмуратий Д. Ю. Разработка модели шахтной печи металлургии на основе технологии нейронных сетей // Мехатроника, автоматизация и управление. – М. 2013. – № 4 – С. 56-60.

Eremenko Y.I., Khalapyan S.Y., Yarmurati D.Y.

Sary Oskol Technological Institute n.a. A.A. Ugarov (branch),
National University of Science and Technology «MISiS»

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE OPERATOR CONTROL BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGY

Summary

The work is devoted to the study of possible ways to improve the efficiency of the operator control. Shows the feasibility of using artificial neural networks for modeling complex nonlinear object. Proposed a structure of neuro-expert simulator of metallization shaft furnace.

Keywords: artificial intelligence, neural network, neural modeling, nonlinear object, metallization shaft furnace, neuro-expert simulator.