

УДК 004.9

Н.Ю. Емельянова

Донбасский государственный технический университет, Алчевск, Украина

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЕРЕДВИЖНОГО МИКСЕРА

Обоснована актуальность разработки метода автоматизированной оценки технического состояния передвижного миксера. Разработан метод оценки технического состояния миксера, который основывается на анализе изображений его термограмм. Охарактеризованы его основные этапы. Предложена архитектура нейронной сети для распознавания изображений термограмм миксеров. Описаны результаты функционирования разработанных нейронных сетей.

Ключевые слова: нейронная сеть, многослойный перцептрон, термограммы миксера, распознавание изображений.

Введение

Совершенствование металлургического комплекса сопровождается интенсивным внедрением информационных технологий, с целью автоматизации производства.

Одной из задач металлургического производства является транспортировка жидкого чугуна. По данным [1], в Украине используются специализированные комплексы для перевозки чугуна и других грузов, как украинских фирм, так и зарубежных. Эти комплексы предполагают измерение массы движущихся объектов – как железнодорожных вагонов, так и автомобилей.

С целью организации процесса перевозки чугуна на предприятии используются передвижные миксеры. При эксплуатации миксеров уделяется значительное внимание состоянию его футеровки, поскольку этот фактор может быть причиной выхода миксера из строя [2], что влечет за собой большие материальные затраты, т.к. после выхода из строя миксер не подлежит восстановлению.

Постановка задачи

В настоящее время для контроля состояния передвижных миксеров существуют различные информационные технологии, которые позволяют получить количественные характеристики чугуна во время его транспортировки [2]. Однако остается ряд нерешенных вопросов, среди которых наиболее острыми являются: измерение состояния футеровки передвижного миксера для предупреждения выхода его из строя.

Таким образом, актуальной является разработка метода для обеспечения технолога необходимой информацией о количестве транспортируемого чугуна и техническом состоянии передвижного миксера, с целью генерации управляющих рекомендаций относительно режима использования миксера, для предотвращения выхода его из строя.

Разработка метода автоматизированной оценки состояния миксера

Поскольку сутью оценки технического состояния миксера является получение и интерпретация изображений термограмм миксеров, следовательно, для определения количественных характеристик технического состояния миксера создан метод обработки изображений.

Метод сводится к следующим действиям.

1. Вначале, полученное изображение термограммы подвергается предварительной обработке для выделения информационных признаков, которые являются входными значениями для нейронной сети, осуществляющей определение количественных характеристик миксера. Для бинаризации изображения термограммы использован известный метод с изменяющимся порогом преобразования [3]. Для вычисления информационных признаков изображения производится скелетизация и определение базовых точек изображения термограммы фильтром Превитта [4], в результате чего формируются сегменты изображения с описывающими их характеристиками, такими как значения функций \sin и \cos сегментов, а также градиентом Превитта, который определяет значение контрастности участков изображения термограммы.

2. Далее производится нейросетевая обработка полученных входных значений с сегментацией изображения в скрытом слое нейронной сети для определения и классификации характеристик миксера, согласно эталонным значениям характеристик миксера, полученным в результате обследования до его первого использования.

Нейронная сеть для решения поставленной задачи представляет собой многослойный перцептрон и имеет входной слой, скрытый слой и выходной слой нейронов. Количество нейронов во входном слое вычисляется умножением на 3 количества базовых точек в выборке изображений (поскольку точка характеризуется 3 параметрами: косинус, синус, яркость). Ве-

личина скрытого слоя вычисляется делением на 3 количества входного слоя, поскольку в скрытом слое производится сегментация изображения на основе базовых точек сегментов, т.е. для каждой точки сегмента вычисляется характеризующее её аппроксимируемое значение на основе параметров базовых точек.

Размер выходного слоя определяется количеством участков термограммы миксера, поскольку термограмма разбивается на участки соответствующие участкам миксера, для определения состояния футеровки, как на его участках, так и в целом всего миксера. Структура нейронной сети приведена на рис. 1.

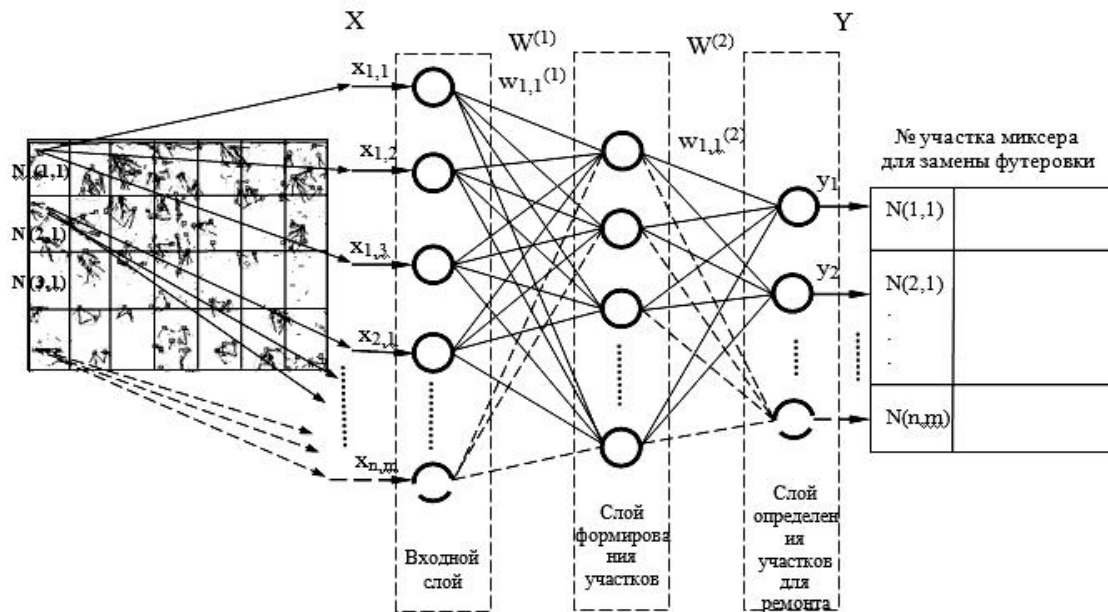


Рис. 1. Модель нейронной сети обработки изображений термограмм миксера

После выбора структуры нейронной сети необходимо ее обучить. Как известно [5 – 7], чтобы обучить нейронную сеть необходимо подправлять веса каждого элемента так, чтобы уменьшалось значение ошибки – расхождение между действительным и желаемым выходом.

Для этого необходимо, чтобы нейронная сеть вычисляла производную от ошибки по весам.

Для решения был выбран алгоритм обратного распространения ошибки (backpropagation).

Для алгоритма обратного распространения необходимо, чтобы активационная функция была дифференцируема на всем участке. Известно, что сигмоидальная функция удовлетворяет этому требованию:

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-x_j}} \quad (1)$$

Для измерения качества распознавания производилось вычисление среднеквадратической ошибки по формуле:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y(k_i))^2 \quad (2)$$

где E – ошибка распознавания; y_i – значение i -го выхода сети при распознавании изображения; $y(k_i)$ – значение i -го эталонного выхода сети, которое соответствует к классу изображения.

Обучение нейронной сети производилось на основе эталонных изображений термограмм миксе-

ров типа ПМ-350. Обучающая выборка составила 110 изображений термограмм, при этом, из них 55 неискаженных изображений и 55 искаженных изображений. Под неискаженными понимаются изображения эталонных термограмм, а под искаженными примеры искаженных шумами изображений эталонов, что как следствие ведет к неправильному распознаванию (классификации) изображения нейронной сетью. Таким образом, нейронная сеть также обучалась неверному распознаванию, т.е. реагированию на некорректные изображения.

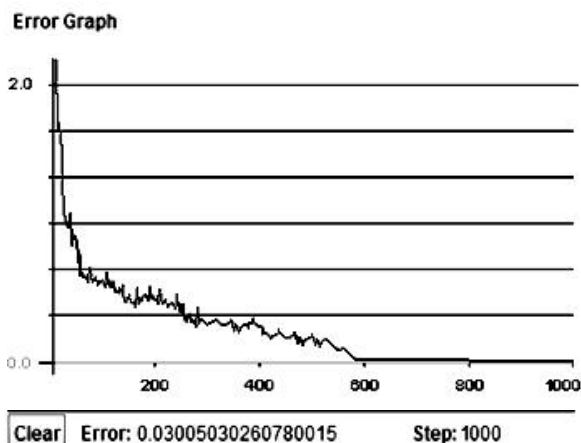
В качестве контрольной выборки использовалось 100 изображений термограмм полученных экспериментальным путем. Графики изменения ошибок обучения и распознавания данной нейронной сети представлены на рис. 2.

В качестве тестовой выборки использовалось 202 изображения термограммы. Из них 195 изображений были распознаны (классифицированы) корректно с минимальным значением среднеквадратической ошибки, вычисляемой по формуле 2.

Результаты апробации разработанного метода

Как видно, из графика 2, с определенного момента значение ошибки распознавания начинает увеличиваться, что объясняется явлением переобучения нейронной сети [7]. Для предотвращения процесса переобучения обучающее множество изображений термограмм, как было описано выше, разбито

на 2 множества: обучающее и контрольное. В результате на основании графиков изменений ошибок определено оптимальное количество эпох обучения,



которое составило 900 эпох для данной структуры нейронной сети. При этом среднеквадратическая ошибка (СКО) составила $E=0,03457$.

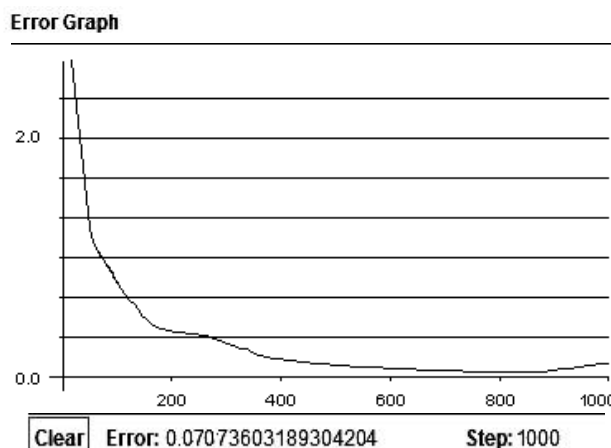


Рис. 2. Графики изменения ошибок обучения и распознавания нейронной сети

Обучение и тестирование созданных нейронных сетей проводилось в разработанном для компьютерной системы автоматизированного мониторинга перевозки жидкого чугуна специализированном

программном обеспечении [8]. Результаты функционирования созданных нейронных сетей для определения количественных характеристик металла сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты функционирования нейронных сетей

Структура нейронной сети	Ошибка распознавания	Вычисленное оптимальное количество эпох обучения	Общее количество анализируемых изображений термограмм	Количество корректно распознанных изображений термограмм
810-270-40	0,0345	900	240	238
575-225-40	0,1064	1200	240	213
450-150-40	0,1021	900	240	232
300-100-40	0,1049	1300	240	225

Выводы

Таким образом, разработан метод автоматизированной оценки технического состояния передвижного миксера, который в отличие от существующих основан на интеллектуальном анализе изображений термограмм миксеров, что позволяет повысить полноту оценки технического состояния миксера и автоматизировать процессы поддержки принятия решений при замене его футеровки.

Применимость разработанного метода подтверждает низкая ошибка функционирования нейронных сетей и статистические данные о соответствии вычисленных участков миксера для замены футеровки с реальными участками миксера типа ПМ 350т.

Список литературы

1. Весы, весовые дозаторы, системы взвешивания и дозирования / В.А. Орлов, Н.Б. Копытчук, В.Ц. Стебновский, В.В. Горелкин. – Одесса: Астропринт, 2001. – 396 с
2. Федюшин Ю.М. Перспективи розвитку залізничного транспорту України / Ю.М. Федюшин // Інформа-

- ційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 4,5 (37). – С. 3-8.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. / У. Прэтт. – М.: Мир, 1982. – 480 с.
4. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: пер. с англ. / Т. Павлидис. – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс / С. Хайкин. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
6. Осовский С. Нейронные сети для обработки изображения / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
7. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика / Пер. с англ. Ю. А. Зуев, В. А. Точенов. – М.: Мир, 1992. – 185 с.
8. Ємельянова Н.Ю. Об'єктна модель програмного забезпечення інформаційної системи контролю перевезення рідкого чавуну / Н.Ю. Ємельянова, Ю.Є. Паєранд // Наукові праці. Сер. «Комп'ютерні технології». – 2010. – Вип.130(143). – С. 169-173

Поступила в редколлегию 8.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПЕРЕСУВНОГО МІКСЕРУ

Н.Ю.Смельянова

Обґрунтовано актуальність розробки методу автоматизованої оцінки технічного стану пересувного міксера. Розроблено метод оцінки технічного стану міксера, який ґрунтується на аналізі зображень його термограмм. Охарактеризовано його основні етапи. Запропоновано архітектура нейронної мережі для розпізнавання зображень термограмм міксерів. Описано результати функціонування розроблених нейронних мереж.

Ключові слова: нейронна мережа, багатошаровий перцептрон, термограми міксера, розпізнавання зображень.

AUTOMATED METHOD FOR EVALUATION OF TECHNICAL CONDITION MOBILE MIXER

N.Y. Iemelianova

The urgency of developing a method of automated assessment of technical condition of the mobile mixer. The method for assessing the technical state of the mixer, which is based on its image analysis of thermograms, was developed. Characterized by its main stages. The neural network architecture for image recognition thermograms mixers was proposed. The results of functioning of neural networks was described.

Keywords: neural network, multilayer perceptron, mixer termograms, image recognition.