

iskrovaya-emissionnaya-spektroskopiya-s-avantes. – Дата доступа: 04.12.2020.

3. Jantzi S. C. Sample treatment and preparation for laser-induced breakdown spectroscopy / S. C. Jantzi, V. Motto-Ros, F. Trichard, Y. Markushin, N. Melikechi, A. De Giacomo // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2016. – V. 115. – P. 52 – 63.

И. Л. Громыко, В. О. Белькин
(БелГУТ, Гомель)

Науч. рук. **В. Н. Галушко**, канд. техн. наук, доцент

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСФОРМАТОРА

Одно из самых перспективных направлений, на сегодняшний день, является искусственный интеллект. Нейронная сеть один из способов реализации искусственного интеллекта. В настоящее время в задачах обработки и анализа данных широко применяются искусственные нейронные сети. В связи с этим для диагностики неисправностей силовых трансформаторов целесообразно применить нейросеть.

К основным неисправностям силовых трансформаторов можно отнести:

- Межвитковые замыкания;
- Местное замыкание пластин стали (пожар в стали).

Для обнаружения этих неисправностей были разработаны две нейронные сети: многослойный перцептрон, обучаемый на основе обратного распространения ошибки, и сверточная нейронная сеть, предназначенная для эффективного решения задач распознавания образов, разработанная по специальной архитектуре.

Обе нейронных сети принимают на вход изображение в виде графика (рисунок 1) и выдают соответствующий результат о неисправности электрической машины.

Разработка программного обеспечения многослойного перцептрона велась в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio на платформе .NET Framework на языке C#.

В программе реализована структурная схема нейросети, метод обратного распространения ошибки, нормализация и масштабирование данных, а также способность принимать на вход данные в виде изоб-

ражений. Программа сделана универсальной с целью минимизации контакта человека с программным обеспечением. Нейронная сеть составлена таким образом, чтобы предоставить пользователю выбор составления структурной схемы (т.е. пользователь сам выбирает количество скрытых слоев), загружает данные и задает количество эпох для обучения. Количество нейронов на каждом слое программа выбирает сама, в зависимости от структурной схемы, которую задаст пользователь.

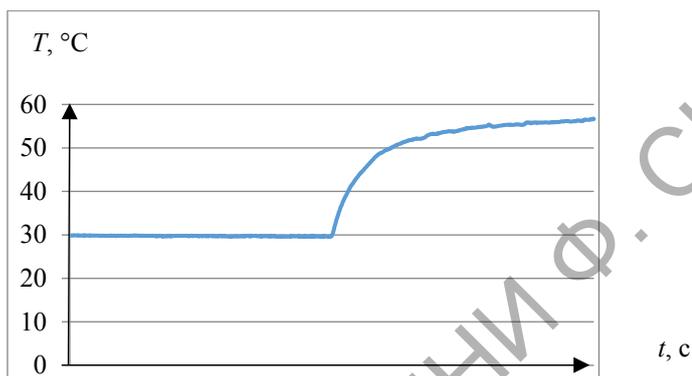


Рисунок 1 – Пример входных изображений

Главным достоинством данной нейронной сети является то, что она быстро обрабатывает входные данные (рисунок 2) и то, что она универсальна.

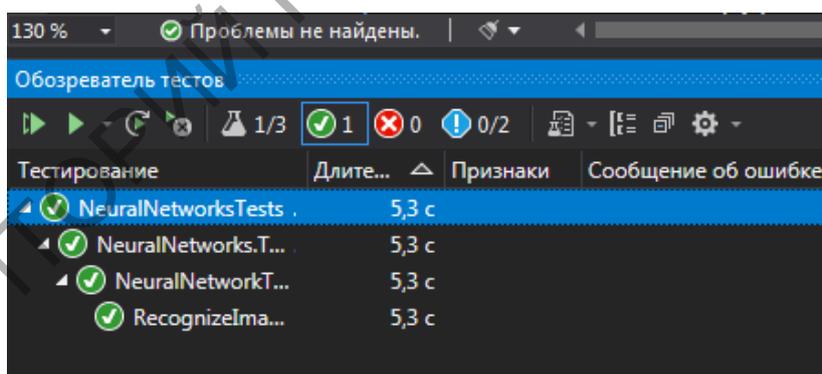


Рисунок 2 – Результат обработки входных данных

К недостаткам можно отнести сложность реализации и очень громоздкий код. Однако главный ее недостаток состоит в том, что процесс обучения длится относительно долго (парой даже часы). Это очень неэффективно.

Для того, чтобы решить эту проблему была реализована еще одна нейронная сеть в программе MATLAB. В этой среде была реализована

на сверточная нейромодель для анализа данных, полученных приборным учетом. Для анализа данных ей требуется больше времени, однако процесс обучения длится значительно быстрее и количество эпох на несколько порядков меньше, чем в перцептроне.

Training on single CPU.

Initializing input data normalization.

Epoch	Iteration	Time Elapsed (hh:mm:ss)	Mini-batch Accuracy	Mini-batch Loss	Base Learning Rate
1	1	00:00:00	38.28%	1.0837	0.0100
9	50	00:00:19	100.00%	0.0054	0.0100
17	100	00:00:38	100.00%	0.0027	0.0100
25	150	00:00:58	100.00%	0.0009	0.0100
30	180	00:01:09	100.00%	0.0008	0.0100

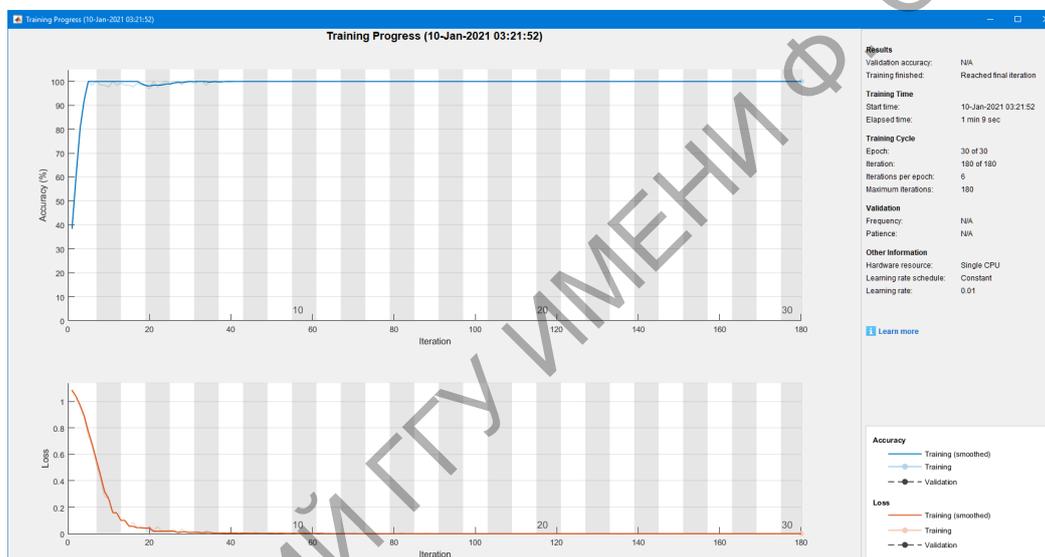


Рисунок 3 – Результаты применения сверточных нейронных сетей

Применение нейромоделирования в диагностике систем обеспечения энергоснабжения, позволит контролировать состояние трансформаторов в режиме реального времени не выводя трансформатор из работы, что предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения режимов бесперебойного электроснабжения сопровождающимся, как правило значительными экономическими и экологическими издержками или реальным ущербом для потребителей. При этом затраты на внедрение данной технологии нейромоделирования относительно невелики (например, применение одноплатных компьютеров), а эффективность от применения будет существенной