



Рис. 3. Внешний вид мобильной версии Web-приложения

На данном этапе разработки Web-приложение предназначено для локального развертывания на промышленном компьютере контроллера автоматизации УШГН.

УДК 629.4:620.179.1:004.032.26

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

О. В. Холодилов, Д. В. Шкороедов

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

*Проанализированы перспективы автоматизации неразрушающего контроля технических объектов, связанные с использованием технологий на основе обработки изображений, машинного зрения. Особый интерес представляет применение искусственных нейронных сетей, позволяющих обнаруживать и классифицировать дефекты и прогнозировать отказы оборудования.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, дефект, обнаружение дефектов, классификация дефектов, искусственные нейронные сети.

## THE USE OF NEURAL NETWORKS IN NON-DESTRUCTIVE CONTROL OF ROLLING STOCK PARTS

O. V. Kholodilov, D. V. Shkoroedov

Belarusian State University of Transport, Gomel

*The prospects of automation of non-destructive testing of technical facilities related to the use of technologies based on image processing and machine vision are analyzed. Of particular interest is the use of artificial neural networks to detect and classify defects and predict equipment failures.*

**Keywords:** non-destructive testing, defect, defect detection, defect classification, artificial neural networks.

Целью неразрушающего контроля (НК) технических объектов является не только обнаружение дефектов, но и оценка потенциальной опасности последних. Распознавание дефектов разного типа существенно повышает информативность контроля, позволяет оптимизировать технологические процессы за счет реализации так называемого активного контроля.

В настоящее время наиболее динамично развивающимся направлением при решении задач НК является анализ дефектоскопической информации в виде изображений, причем распознавание дефектов сводится к визуальному распознаванию полутонного изображения обнаруженного дефекта человеком-оператором. Такое распознавание имеет ряд естественных недостатков: субъективизм, малая надежность, зависимость от компетентности оператора и т. д.

Достоверность и объективность оценки полученных результатов непосредственно зависят от используемых средств и способов регистрации, правильный выбор которых обеспечивает технико-экономическую эффективность контроля. Применение телевизионных и фотографических средств для регистрации результатов НК с высокой точностью повышает надежность и достоверность обнаружения имеющихся на поверхности изделия дефектов, а также позволяет получить данные о степени опасности дефектов.

В настоящее время в задачах НК применяются автоматизированные системы обработки изображений, машинного зрения. В качестве приемника изображения используются различные видеоконтрольные устройства. Программное обеспечение, входящее в состав этих систем, позволяет с разной степенью объективности проводить количественный анализ изображения дефектов.

Применение специализированных методов и алгоритмов автоматического распознавания изображений для систем при реализации различных методов НК позволяет существенно повысить их эффективность. Одними из таких алгоритмов в настоящее время являются алгоритмы, основанные на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС).

Области применения ИНС весьма разнообразны. Нейронные сети нашли применение в следующих сферах деятельности [1]:

- экономика и бизнес: прогнозирование временных рядов (курсов валют, объемов продаж, спроса, цен на сырье и т. д.), выявление недооцененных и переоцененных фирм, предсказание банкротств, оптимизация денежных и товарных потоков;
- медицина и здравоохранение: диагностика заболеваний, обработка медицинских изображений; уменьшение шумов показаний приборов, прогнозирование результатов применения разных методов лечения;
- робототехника: распознавание объектов и препятствий перед роботом, прокладка маршрута движения роботов;
- безопасность, охранные системы: распознавание лиц; идентификация личности по отпечаткам пальцев, лицу, голосу, подписи; распознавание автомобильных номеров;
- промышленность химическая, нефтеперерабатывающая, энергетика: анализ технического состояния оборудования, прогнозирование электропотребления.

Как правило, ИНС применяются при решении трудно формализуемых задач, для которых сложно найти точный алгоритм решения.

Целью настоящей работы является анализ современного состояния и опыта практического применения искусственных нейронных сетей в НК.

Традиционные методы НК, такие как радиационный, ультразвуковой, магнитный и др., имеют свои особенности и ограничения и требуют при интерпретации результатов участия опытных специалистов. В этой связи возникает потребность в но-

вых методах, которые могут снизить роль человеческого фактора и повысить точность и эффективность НК.

Искусственные нейронные сети в НК могут быть использованы для решения таких задач, как обнаружение и классификация дефектов, анализ сигналов или изображений, прогнозирование отказов и т. д.

Методы НК, основанные на ИНС, имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Они позволяют автоматизировать процесс контроля, повышают точность и скорость обнаружения дефектов, а также могут обрабатывать большие объемы данных. При этом они способны адаптироваться к различным типам материалов и образцов, что расширяет их применимость.

В настоящее время ИНС используются применительно к таким видам НК, как радиационный [1, 2], акустический (ультразвуковой, акустико-эмиссионный) [3, 4], вихретоковый [5], тепловой [6], капиллярный [7].

Использование ИНС в НК позволяет решить ряд задач:

– *автоматизация и скорость контроля.* Искусственные нейронные сети могут работать в автоматическом режиме, что упрощает процесс контроля и значительно сокращает время, затрачиваемое на обнаружение и классификацию дефектов. Это особенно важно при контроле больших объемов деталей или в процессах непрерывного контроля;

– *повышенная точность.* Нейронные сети способны обрабатывать большие объемы данных и извлекать из них скрытые функции. Это позволяет повысить точность обнаружения и классификации дефектов, а также уменьшить количество ложноположительных и ложноотрицательных результатов;

– *возможность обрабатывать различные типы данных.* Нейронные сети могут быть обучены обрабатывать различные типы сигналов или изображений, таких как акустические, тепловые, оптические и др. Это расширяет возможности неразрушающего контроля и позволяет обнаруживать дефекты в различных материалах и конструкциях;

– *обучение на основе данных.* Нейронным сетям требуется большое количество помеченных данных для обучения, что может быть достигнуто путем создания обучающих наборов с использованием различных методов НК. Обучая сеть на основе таких данных, ее можно научить распознавать особенности различных типов дефектов и аномалий.

Таким образом, нейронные сети, являясь мощным и универсальным инструментом распознавания дефектов, содержат в себе опыт и знания специалиста и в конечном счете только человек должен нести ответственность за результаты контроля, полученные с применением нейронной сети.

Использование нейронных сетей в НК открывает новые возможности для совершенствования НК. Технологии, основанные на ИНС, позволят повысить точность НК, автоматизировать производственные процессы.

#### Литература

1. Назаренко, С. Ю. Применение искусственных нейронных сетей в радиационном неразрушающем контроле / С. Ю. Назаренко, В. А. Удод // Дефектоскопия. – 2019. – № 6. – С. 54–70.
2. Поляков, А. В. О применении сверточных нейронных сетей при решении задачи неразрушающего контроля изделий / А. В. Поляков // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1, № 5. – С. 200–210.
3. Стенюшкин, В. В. Применение искусственных нейронных сетей в задачах ультразвукового неразрушающего контроля / В. В. Стенюшкин, Г. Ю. Гуськов, В. В. Шишкин //

- Теоретические и практические аспекты развития отечественного авиастроения : тез. Всерос. науч.-техн. конф. – Ульяновск : УлГТУ, 2012. – С. 76.
4. Фомичев, С. К. Возможность применения искусственных нейронных сетей для распознавания АЭ образов / С. К. Фомичев, А. Е. Пирумов, М. А. Яременко // J. of Mech. Eng. NTUU «Kyiv Polytechnic Institute». – 2011. – Т. 1, № 61. – С. 199–203.
  5. Применение нейронных сетей для распознавания конструктивных элементов рельсов на магнитных и вихретоковых дефектограммах / Е. В. Кузьмин, О. Е. Горбунов, П. О. Плотников [и др.] // Моделирование и анализ информационных систем. – 2018. – № 25 (6). – С. 667–679.
  6. Вавилов, В. П. Активный тепловой контроль композиционных материалов с использованием нейронных сетей / В. П. Вавилов, Д. А. Нестерук // Дефектоскопия. – 2011. – № 10.
  7. Холичев, Д. Д. Исследование возможности применения нейронных сетей для решения задач капиллярной дефектоскопии / Д. Д. Холичев, Хоназаров Анваржон Ганижон угли // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сб. науч. тр. XI Междунар. конф. школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее», Томск, 8–10 ноября 2022 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2023. – С. 259–263.

УДК 620

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МОДЕЛЯХ ТЕПЛОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. Джанмырадов, И. Атдаев, Ф. Урунов, Ш. Мамедов

*Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары*

*Приедены результаты работы по использованию микропроцессорной техники для регулирования подачи природного газа в котел. Результаты показали, что с использованием автоматизации системы подачи газа в зависимости от температуры окружающей среды экономия природного газа в сутки составила 22440 м<sup>3</sup>.*

**Ключевые слова:** теплоснабжение, природный газ, температура окружающей среды, автоматизация подачи газа.

### EFFICIENCY OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THERMAL RESEARCH MODELS

A. Janmyradov, I. Atdaev, F. Urunov, Sh. Mamedov

*State Energy Institute of Turkmenistan, Mary*

*This scientific article presents the results of the work on the use of microprocessor technology to regulate the supply of natural gas to the boiler, and the results showed that with the use of automation of the gas supply system depending on the ambient temperature, the savings of natural gas per day amounted to 22440 m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** heat supply, natural gas, ambient temperature, automation of gas supply.

В стране природный газ, питьевая вода, электроэнергия, отопление и горячая вода предоставляются пользователям по доступным ценам. Строятся и вводятся в эксплуатацию современные объекты, обеспечивающие бесперебойную поставку этих энергоресурсов. В результате руководства уважаемого Президента введенные в эксплуатацию вновь построенные объекты соответствуют мировым стандартам. В этих учреждениях используются передовые приборы, основанные на последних