

УДК 62.7;004.896

## АВАРИЙНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА: РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Волхонов М.С., Чуперка М.

*ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», п. Караваяево,  
 Костромская область, e-mail: vms72@mail.ru, mike\_9427@mail.ru*

В настоящее время, как и раньше, любая техника изнашивается и может выйти из строя в любой момент. Тот факт, что поломка оборудования, может привести к простоям на производстве, требует системы, с помощью которой можно было бы прогнозировать возможные неисправности работающего оборудования. Современные компьютерные и информационные технологии позволяют решить поставленную задачу с помощью системы предупреждения аварийных режимов, основанной на звуковом оповещении. Подобные системы в нужный момент предупреждают о потенциальном повреждении и позволяют своевременно устранить угрозу. Для более глубокого исследования проблемы требуется совершенствование методов и средств технической диагностики. Данные технической диагностики необходимы для определения наиболее благоприятных в сложившихся условиях режимов эксплуатации машин и агрегатов и позволяют определить методы устранения неисправностей для возобновления работы в оптимальном режиме. Разработка и эксплуатация подобного диагностического оборудования сопряжена с рядом возникающих трудностей, в числе которых – множество хаотичных данных, поступающих в вычислительный модуль диагностической техники. Решению данной проблемы может способствовать разработка самообучающейся системы на основе нейронной сети. В данной статье рассматривается разработка нейронной сети на языке «python», с использованием библиотеки «pytorch».

**Ключевые слова:** виброакустическая диагностика, система оповещения, нейронные сети, сверточные нейронные сети

## DEVELOPMENT OF EMERGENCY OPERATION CONTROL SYSTEM, MACHINERY AND EQUIPMENT BASED ON NEURAL NETWORK

Volhonov M.S., Ciuperca M.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kostroma state agricultural  
 Academy», p. Karavaevo, Kostroma, Kostroma region, e-mail: vms72@mail.ru, mike\_9427@mail.ru*

Now, as before, any equipment wears out and can fail at any time. The fact that equipment failure can lead to downtime in production requires a system by which it would be possible to predict possible malfunctions of the operating equipment. Modern computer and information technologies make it possible to solve the problem with the help of emergency warning system based on sound notification. Such systems at the right time warn of potential damage and allow to eliminate the threat in a timely manner. For a more in-depth study of the problem requires the improvement of methods and means of technical diagnostics. These technical diagnostics are necessary to determine the most favorable operating conditions of machines and units in the current conditions and to determine methods of Troubleshooting for the resumption of work in the optimal mode. The development and operation of such diagnostic equipment is associated with a number of difficulties, including – a lot of chaotic data coming into the computer module of diagnostic equipment. The solution to this problem can contribute to the development of a self-learning system based on a neural network. This article discusses the development of a neural network in the language «python», using the library»pytorch».

**Keywords:** vibroacoustic diagnostics, warning system, neural networks, convolutional neural networks

В связи с возникновением разного рода аварийных ситуаций, главной задачей становится предотвращения возможного их возникновения, как при чрезвычайной ситуации в здании, например, при пожаре либо же при неполадках в машинах и оборудовании. Новейшие компьютерные и информационные технологии дают возможность решения поставленной задачи при помощи системы аварийного звукового оповещения, которая сможет своевременно предупредить о возможной поломке [1].

Проблема предотвращения аварийных ситуаций напрямую связана с повышением надежности работы машин и механизмов, осуществляющих производственные процессы.

Решение поставленной задачи происходит благодаря развитию методов и средств технической диагностики. Применение на практике средств, с помощью которых можно достаточно быстро и точно определить в каком состоянии находятся узлы работающего оборудования. Это позволяет устранять возможные неисправности и дает возможность принимать правильные решения о сроках и содержании профилактических мероприятий и ремонта [1].

На основании данных полученных в результате технической диагностики могут определяться оптимальные режимы эксплуатации агрегатов в условиях произошедших поломок и способы их устранения с целью

восстановления работоспособности агрегатов. В случае, если результаты диагностирования будут более быстрыми, точными и достаточными для принятия правильного решения, то соответственно затраты на устранение возникших неисправностей будут значительно ниже [1].

В связи с тем, что шум и колебания работающих механизмов являются критериями технического состояния, то для определения неисправностей используют метод виброакустической диагностики.

Виброакустическая диагностика является разделом технической диагностики, включающей в себя методы и теорию распознавания технических состояний машин и механизмов по имеющейся информации, которая передается виброакустическим сигналом. Также, виброакустическая диагностика является отраслью науки, в которой отражено что любой объект технический или биологический, предстает как некая колебательная система и спектр вибросигнала, который получен во время работы оборудования, и где содержится информация о техническом состоянии проверяемого объекта [1-3].

Основной задачей диагностики способ получения и расшифровки полученной таким образом информации. С целью решения такой задачи сейчас широко востребована компьютерная техника. Выделяют функциональную и тестовую диагностику. Функциональная диагностика – это, как правило, виброакустическая диагностика. Тестовая – исследование технического состояния оборудования путем создания искусственной вибрации [1, 3].

В механических узлах, одним из повреждений можно считать увеличенный зазор между сопрягаемыми деталями, который вызывает соударение деталей во время их работы. Процесс соударения деталей вызывает распространения упругих волн акустического диапазона, а также возникновение ударных импульсов и вибрации. Хотя эти явления имеют единую физическую природу, каждое из этих проявлений имеет свои особенности и по-разному отображает происходящие процессы. Поэтому для более полного представления картины происходящего, целесообразно контролировать совокупность перечисленных параметров [1, 3].

Для разработки системы звукового оповещения, которая смогла бы контролировать аварийные режимы работы машин и оборудования, предлагается использование компьютерных технологий с применением нейронных сетей.

В общем смысле слова, нейронными сетями являются математические моде-

ли, функционирующие по принципу сетей нервных клеток животного организма. Искусственные нейронные сети (ИНС) могут быть реализованы в программируемые, а также и в аппаратные решения. Для простоты восприятия нейрон можно представить, как некую ячейку, у которой имеется множество входных отверстий и одно выходное. Каким образом многочисленные входящие сигналы формируются в выходящий, как раз и определяет алгоритм вычисления. На каждый вход нейрона подаются действительные значения, которые затем распространяются по межнейронным связям (синопсисам). У синапсов есть один параметр – вес, благодаря которому входная информация изменяется при переходе от одного нейрона к другому. Легче всего принцип работы нейросетей можно представить на примере смешения цветов (рис. 1). Синий, зеленый и красный нейрон имеют разные веса. Информация того нейрона, вес которого больше будет доминирующей в следующем нейроне [4].

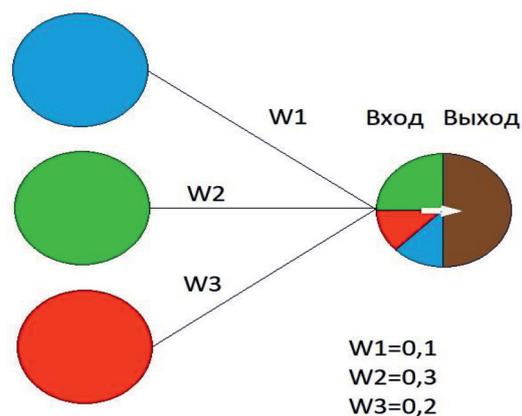


Рис. 1. Принцип работы нейронов на примере смешения цветов

Сама нейросеть представляет собой систему из множества таких нейронов (процессоров). В случае когда эти процессоры по отдельности, то они вполне просты (намного проще, чем процессор персонального компьютера), но в случае, когда они соединяются в одну большую систему у нейронов появляется возможность выполнять достаточно сложные задачи.

В зависимости от области применения нейросеть можно трактовать по-разному, например, с точки зрения машинного обучения искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой метод распознавания образов. С математической точки зрения она является многопараметрической зада-

чей. С точки зрения кибернетики, нейронная сеть – есть модель адаптивного управления робототехникой. Для искусственного интеллекта искусственные нейронные сети (ИНС) – это основополагающее составляющее для моделирования естественного интеллекта с помощью вычислительных алгоритмов [4].

Основным преимуществом нейросетей над обычными алгоритмами вычисления является их возможность обучения. В общем смысле слова обучение заключается в нахождении верных коэффициентов связи между нейронами, а также в обобщении данных и выявлении сложных зависимостей между входными и выходными сигналами. Фактически, удачное обучение нейросети означает, что система будет способна выявить верный результат на основании данных, отсутствующих в обучающей выборке [4].

В современном информационно-технологическом мире широкое распространение стали получать нейронные сети. Нейронные сети широко применяются в следующих областях [5], [6]:

В экономике и бизнесе, а именно прогнозирование временных рядов, например, курсы валют, объем продаж, спрос на продукцию, безопасность транзакций по банковским картам, оценка стоимости недвижимости и т.д.; Так же, очень активно используются в медицине для диагностирования болезней, отслеживания состояния пациента, а так же для анализа эффективности проведенного лечения; В авионике для обучения автопилотов, для распознавания сигналов с радаров и для управления беспилотными летательными аппаратами; широкое применение для интернета – поиск информации, блокировка спама, реклама и маркетинг для электронной торговли, го-

лосовой поиск, автономные интернет-агенты; Популярны, также и в автоматизации производства, а именно, для контроля качества продукции, предупреждения аварийных ситуаций, оптимизации производственного процесса; Наиболее распространены в безопасности для охранных систем, куда входит, распознавание лиц, идентификация человека по отпечаткам пальцев, а также по голосу, лицу или подписи, для распознавания автомобильных номеров и для обнаружения подделок.

В связи со столь широким применением нейронных сетей в различных сферах, появляется возможность их применения для обнаружения неисправностей работающего оборудования.

Такое становится возможным, при помощи отдельного вида нейронных сетей, который называется сверточной нейронной сетью.

Свёрточные нейронные сети (СНС) на первый взгляд кажется, как странное сочетание биологии и математики с примесью информатики, но как бы оно не звучало, эти сети – одни из самых влиятельных инноваций в области компьютерного зрения. Впервые нейронные сети привлекли всеобщее внимание в 2012 году, когда Алекс Крижевски благодаря им выиграл конкурс ImageNet (ежегодная олимпиада по машинному зрению), снизив рекорд ошибок классификации с 26% до 15%, что тогда стало прорывом. Сегодня глубинное обучение лежит в основе услуг многих компаний: Facebook использует нейронные сети для алгоритмов автоматического проставления тегов, Google – для поиска среди фотографий пользователя, Amazon – для генерации рекомендаций товаров, Pinterest – для персонализации домашней страницы пользователя, а Instagram – для поисковой инфраструктуры [6, 7].

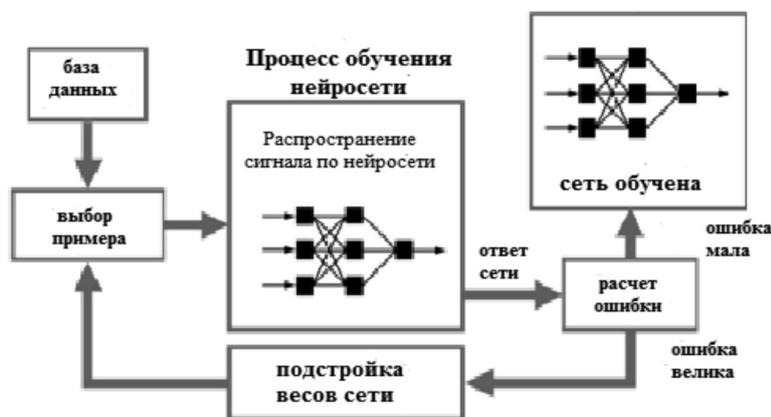


Рис. 2. Процесс обучения нейронной сети

Глубокое изучение нейронных сетей привело к прорыву во множестве задач распознавания образов, таких как компьютерное зрение и распознавание голоса. Сверточная нейронная сеть один из популярных видов нейронных сетей [8].

В своей основе сверточную нейронную сеть можно рассматривать как нейронную сеть, использующую множество идентичных копий одного и того же нейрона. Это позволяет сети иметь ограниченное число параметров при вычислении больших моделей.

Этот приём с несколькими копиями одного и того же нейрона имеет близкую аналогию с абстракцией функций в математике и информатике. При программировании функция пишется один раз и затем повторно используется, не требуя писать один и тот же код множество раз в разных местах, что ускоряет выполнение программы и уменьшает количество ошибок. Аналогично сверточная нейронная сеть, однажды обучив

нейрон, использует его во множестве мест, что облегчает обучение модели и минимизирует ошибки [8].

Предположим, дана задача в которой требуется предсказать по аудио, есть ли голос человека в аудиофайле. На входе получаем образцы аудио в разные моменты времени. Образцы равномерно распределены (рис. 4). Самый простой способ классифицировать их с нейронной сетью – подключить все образцы к полносвязному слою (рис. 5). При этом каждый вход соединяется с каждым нейроном.

Более сложный подход учитывает некоторую симметрию в свойствах, которые которая находится в данных. Здесь необходимо уделить много внимания локальным свойствам данных: какая частота звука в течение определенного времени, увеличивается или уменьшается. Учитываются те же свойства во все моменты времени. Не лишним будет знать частоты вначале, середине и в конце [8].

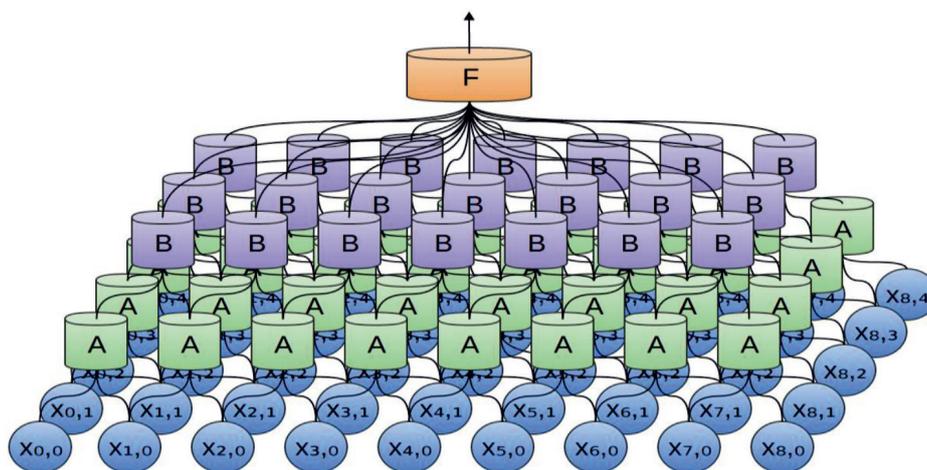


Рис. 3. Сверточная нейронная сеть



Рис. 4. Равномерное распределение образцов аудио

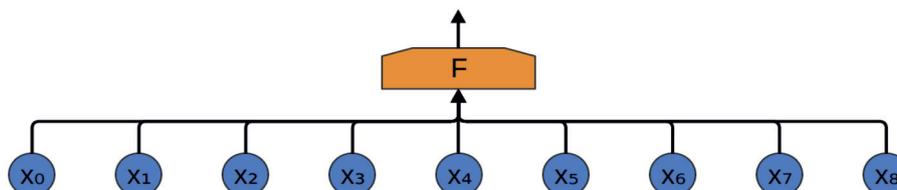
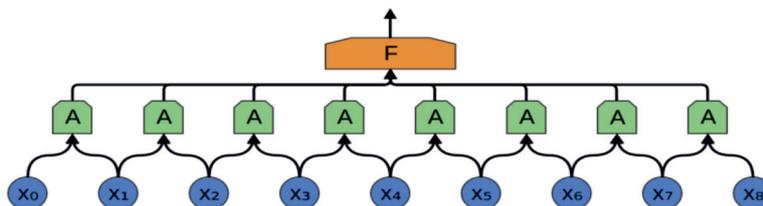


Рис. 5. Подключение образцов к полносвязному слою

Таким образом, возможно создать группу нейронов «А», которые рассматривают небольшие сегменты времени в наших данных. «А» смотрит на все такие сегменты, вычисляя определенные функции. Затем, выход этого сверточного слоя подается в полносвязный слой «F» [8].

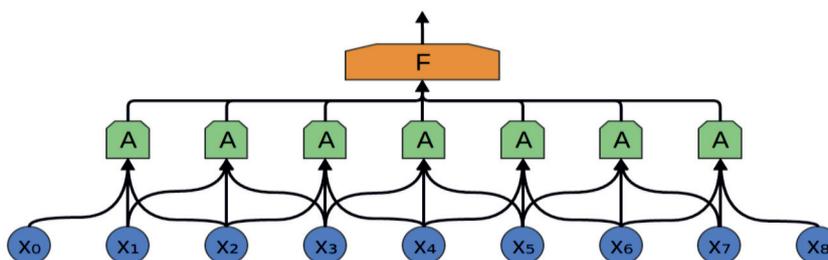
Пример 1



В приведенном выше примере 1 «А» обрабатывало только сегменты, состоящие из двух точек. Это редко встречается на практике. Обычно, окно слоя свертки намного больше.

В следующем примере «А» получает на вход 3 отрезка. Это тоже маловероятно для реальных задач, но, к сожалению, сложно визуализировать «А», соединяющее множество входов [8].

Пример 2



Одно приятное свойство сверточных слоев состоит в том, что они являются составными. Можно подавать вывод одного сверточного слоя в другой. С каждым слоем сеть обнаруживает более высокие, более абстрактные функции.

В следующем примере есть новая группа нейронов «В». «В» используется для создания еще одного сверточного слоя, уложенного поверх предыдущего [8].

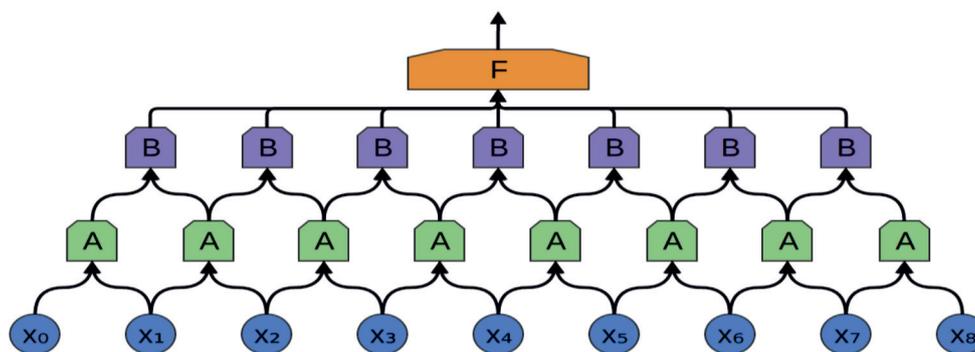


Рис. 6. 2-х слойная сверточная нейронная сеть

Обучение нейросети, то есть настройка ее параметров, происходит на большом количестве обучающих данных следующим образом: для каждого обучающего примера известно, что необходимо получить на выходе. Берут текущее состояние нейросети, и применяют такую нейросеть к конкретному обучающему примеру, далее смотрят за тем, что получилось на выходе и как отличается от того, что необходимо было бы увидеть. Далее путем концептуально несложных математических манипуляций, называемых методом обратного распространения ошибки, появляется возможность понять, как именно нужно модифицировать параметры каждого слоя, чтобы на выходе стало получаться что-то более похожее на то, что необходимо увидеть. И таким образом, нейросеть поочередно смотрит на отдельные примеры или чаще на наборы примеров одновременно, чтобы увеличить правильность вычислений, и, глядя на эти отдельные примеры или пакеты примеров, она постепенно подстраивает свои параметры и добивается того, что на обучающих примерах она начинает предсказывать то, что необходимо [9].

В связи с тем, что сейчас остро стоит проблема своевременного диагностирования неполадок в машинах и оборудовании для послеуборочной обработки зерна, с целью дальнейшего их восстановления, на сегодняшний день перед нами стоит задача разработать самообучающуюся программу на базе нейронных сетей, благодаря которой станет возможным своевременное оповещение о возникающей поломке.

Благодаря применению нейронных сетей в различных областях, а также необходимостью создания системы своевременного оповещения о неполадках в оборудовании, в стенах Костромской ГСХА активно ведется разработка программы на базе нейронной сети на языке программирования «python», которая в дальнейшем сможет распознавать и предупреждать о неполадках в сельскохозяйственных машинах и оборудовании для послеуборочной обработки зерновых культур. Процесс обучения этой программы будет состоять в следующем:

- 1) Генерация случайных весов для нейронов
- 2) Загрузка первой партии данных
- 3) Вычисление выходных значений
- 4) Корректировка весов в соответствии с эталонными значениями, методом обратного распространения ошибки
- 5) Повторение шагов 2-4 пока не закончатся все тренировочные данные
- 6) Повторение шагов 2-5 пока не закончатся все тренировочные эпохи

7) Вычисление, на тестовом наборе данных, точности предсказания

В данный момент разработанная программа обучена распознаванию записанной музыки по жанрам. При дальнейшей разработке программы планируется создание звуковой базы аварийных режимов, которые могут возникнуть при работе оборудования. После внедрения в программу созданной базы, будет сформирован процесс обучения нейронной сети по аналогичному плану, представленному выше. В процессе этого обучения сеть будет определять возникшие неполадки, и выводить данные на экран.

Однозначно, можно сказать, что в последнее время происходит интенсивный взрыв в области нейронных сетей. Это все связано с тем, что процесс обучения искусственных нейронных сетей стал намного проще и быстрее. В связи с чем стали активно разрабатываться так называемые «предобученные» нейросети, благодаря которым процесс внедрения технологии значительно ускоряется. И если пока что рано говорить о том, смогут ли когда-то нейросети полностью воспроизвести возможности человеческого мозга, вероятность того, что в ближайшее десятилетие искусственные нейронные сети смогут заменить человека на четверти существующих профессий, в том числе и в сельском хозяйстве все больше становится вероятным.

#### Список литературы

1. Волховов М.С., Рожнов А.В., Чуперка М.Г. О развитии аудиосистем, контролирующих аварийные процессы // Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: сборник статей 69-й международной научно-практической конференции: в 3 т. Караваево: Костромская ГСХА, 2018. С. 93-99. ISBN 978-5-93222-316-1.
2. Анализ шумов механизмов // Шумы механизма [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2010/fimm/fedyayev/library/tez3.htm>. (дата обращения: 05.12.17).
3. Павлов Б.В. Акустическая диагностика механизмов М.: Машиностроение, 1971. 224 с.
4. Нейронные сети: простыми словами о сложном [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gadget.com/another/27575-prostyimi-slovami-o-slozhnom-chto-takoe-nejronnyie-seti>. (дата обращения: 05.03.2019).
5. Области практического применения ИНС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://neuropro.ru/neu7.shtml>. (дата обращения: 05.03.2019).
6. Нейронные сети: применение и работа [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.poznavayka.org/nauka-i-tehnika/nejronnyie-seti-ih-primenenie-rabota>. (дата обращения: 06.03.2019).
7. Хабр. Что такое Сверточная Нейронная Сеть [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/309508/>. (дата обращения: 05.03.2019).
8. Принципы работы сверточной нейронной сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/416777/>. (дата обращения: 05.03.2019).
9. Сверточные нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://postnauka.ru/video/66872>. (дата обращения: 05.03.2019).