

УДК 004.89

## ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОГО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСТРОЙСТВАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ФАЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**Левчук Татьяна Васильевна**

канд физ. – мат. наук., доц.

Российская Открытая Академия Транспорта

Московского Института Инженеров Транспорта

РФ 125315 г. Москва, Ул. Часовая 22/2

[Levchuktv@yandex.ru](mailto:Levchuktv@yandex.ru)

### Аннотация

В статье рассматривается одно из современных направлений технической диагностики устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) железнодорожного полотна с использованием систем искусственного интеллекта (нейронные сети Кохонена). Описана последовательность действий при диагностике фазирующего устройства ФУ2, применяемого в системах автоматической СЦБ, предупреждение отказов, так же обоснование необходимости использования систем искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** современное направлений технической диагностики, устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), система искусственного интеллекта, нейронные сети Кохонена. фазирующее устройство ФУ2, предупреждение отказов.

## APPLICATION OF ONE OF THE DIRECTIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN DEVICES OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF PHASING DEVICE

**Tatyana V. Levchuk**

associate professor

Russian Open Academy of Transport, Moscow Institute of Transport Engineers

Russia, 125315, Moscow, St. Sentinel, 22/2.

[Levchuktv@yandex.ru](mailto:Levchuktv@yandex.ru)

### ABSTRACT

The article discusses one of the modern areas of technical diagnostics of signaling, centralization and blocking (SSC) devices of a railway bed using artificial intelligence systems (Cohonen neural networks). The sequence of actions is described during the diagnostics of the

phasing device ФУ2, used in automatic systems, the prevention of failures, as well as the rationale for the use of artificial intelligence systems.

**Keywords:** modern areas of technical diagnostics, signaling, centralization and blocking devices (CCB), artificial intelligence system, Cohonen neural networks, Phasing device ФУ2, warning of failures.

Основополагающим документом в экономическом, техническом и технологическом развитии страны на ближайшее десятилетие является «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации, которая определяет однозначное направление для решения целого направления проблем, связанных с диагностикой технических объектов и технологических процессов. Так же в документе прописаны основные моменты стимулирования и увеличения объемов обновления основных фондов железнодорожного транспорта, повышение безопасности функционирования железнодорожного транспорта и качества услуг, разработка и внедрение инновационных технологий, снижение ресурсоемкости перевозок [1]. Так же документ содержит комплекс задач и вектор движения для переоснащения железнодорожной отрасли новейшей техникой и оборудованием, т.к. затрагивает всю производственно техническую систему работы подвижного состава [1]. Для последовательного и продуманного выполнения Стратегии развития необходимо учитывать объемы работ и процессов, технический парк и протяженность дорог, и многое другие нюансы работы железнодорожного транспорта.

Проблема автоматизации процессов диагностирования, контроля и мониторинга устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) в условиях интенсивного внедрения нового оборудования занимает одно из самых приоритетных мест и имеет высокое значение и актуальность. Совершенствование систем и введения новых, прогрессивных технологий обслуживания устройств, методов технической диагностики, предупреждение отказов и ремонт. Одним из главных направлений развития в настоящее время является автоматизация процессов поиска неисправностей, регламентирование отказов, постановки диагноза, упрощение поиска типовых неисправностей и ремонта устройств СЦБ [2].

Системы искусственного интеллекта (ИИ) в наши дни имеют множество направлений и предоставляют множество возможностей. Среди важнейших классов задач, которые ставились перед разработчиками интеллектуальных систем с момента определения искусственного интеллекта как научного направления, являются задачи, плохо поддающиеся формализации: доказательство теорем, распознавания изображений, классификация образов, экспертные системы и т.д. Применение искусственного интеллекта для распознавания образов позволяет создавать практически работающие системы идентификации графических объектов на основе аналогичных признаков. В качестве признаков могут рассматриваться любые характеристики объектов, подлежащих распознаванию. Признаки должны быть инвариантны к ориентации, размера и формы объектов. Алфавит признаков формируется разработчиком системы. В этом научном направлении выполняется очень много исследований и разработок в различных организациях и научных центрах, работающих в постоянном взаимодействии с инженерами ОАО РЖД [3,4,5].

Применение систем ИИ для диагностики фазирующего устройства (ФУ 2), которое применяется в системах автоматической блокировки и электрической централизации СЦБ

и технически входит в состав фазочувствительных рельсовых цепей, обуславливается необходимостью совершенствования технологии ее проверки и ремонта. Отказы в работе фазирующего устройства могут привести к негативным последствиям, приводящим к нарушению работы большого количества устройств и, как следствие, отрицательно сказываются на обеспечении безопасности движения поездов. Хотя фазирующие устройства различных видов и классов применяются на железнодорожных перегонах вот уже более тридцати лет, но, как и любое устройство, со временем дает сбой, поэтому проблема, связанная с их ремонтом, до сих пор остается актуальной. Фазирующее устройство является бесконтактным прибором, определяющим фазу одного сигнала переменного тока относительно другого. На выходе устройства включаются два коммутирующих реле постоянного тока, одно из которых срабатывает при соответствии фаз сигналов, а другое – при опрокидывании фазы одного из сигналов. В данном случае ФУ 2 выполнено в корпусе НМШ и совместно с реле РЭЛ1-1600 или АШ2-1800 выполняет автоматическую коммутацию фазы напряжения с выхода одного преобразователя частоты на выходе другого в зависимости от фазы напряжения (рис.1).



*Рисунок 1. Фазирующее устройство ФУ 2, выполненное в корпусе реле НМШ*

Необходимость проверки фазы возникает в устройствах электропитания рельсовых цепей переменного тока частотой 25 Гц. Путьевые трансформаторы рельсовых цепей получают питание от путевого преобразователя частоты, а местные элементы путевых реле ДСШ от отдельного местного преобразователя. Фаза напряжения на выходе преобразователей частоты ПЧ-50/25 при включении может изменяться на  $180^\circ$  относительно друг друга. Однако для работы путевых реле, напряжение на путевых элементах, а тем самым и в рельсовых цепях должно быть сфазированно относительно напряжения на местных элементах. Ранее, до создания фазирующих устройств, проверка фазы и переключение выходных проводов с путевых преобразователей осуществлялось реле ДСШ – более сложным, чем бесконтактное фазирующее устройство [2].

В настоящее время техническое обслуживание устройства состоит из проверки правильности его функционирования и ремонта, в случае необходимости. Данная работа выполняется периодически один раз в пять лет электромехаником КИПа ремонтно-технического участка дистанций сигнализации, централизации и блокировки. Регламентируется технологической картой №4 «Бесконтактная аппаратура СЦБ. Технология ремонта» и «Основными техническими указаниями по обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки механизированных и автоматизированных сортировочных горок», разработанных ОАО «РЖД» [2].

На рисунке 2 показано рабочее место КИПа Волгоградской дистанции сигнализации, централизации и блокировки, оборудованное для диагностики и ремонта фазирующих устройств ФУ 2 согласно вышеописанной технологии.



*Рисунок 2. Рабочее место для диагностики и ремонта ФУ 2 в КИПе Волгоградской дистанции сигнализации, централизации и блокировки*

Основным проблемным моментом при проверке и ремонте фазирующего устройства на данный момент является диагностика его состояния по осциллограммам, применяемая для проверки работоспособности элементов устройства, а также их синхронной работы после замены неисправных элементов. Предполагается визуальный анализ формы осциллограмм, характеризующих различные состояния устройства путем сравнения их с заведомо исправной характеристикой. Однако, каждая кривая осциллограммы, в том числе и у исправных ФУ 2, имеет уникальные отличия от других, таким образом, вывод об исправности, либо неисправности устройства, специалист КИПа формирует самостоятельно, на основе анализа общего вида характеристики. При данной работе не исключены ошибки первого и второго рода (годное изделие идентифицируется как негодное; негодное изделие идентифицируется как годное) [2].

Предлагается, с целью автоматизации процесса, применить технические средства, в основе функционирования которых заложены модели искусственного интеллекта. Применение данных технических средств в процессе диагностики ФУ 2 позволит исключить применение ручного труда, уменьшить время, затрачиваемое на диагностику, а также повысить ее точность, так как исключается влияние «человеческого фактора». Нейронные сети могут решать трудно формализуемые или не формализуемые задачи в соответствии с термином «case-based» (адаптационный подход, основанный на примерах). Используя данный подход необходимо знать определенные закономерности, которые бы в достаточной степени описывали предметную область [2,4]. Типовые численные значения результатов измерений сигналов ФУ 2 в различных состояниях, полученные экспериментальным путем на графиках-осциллограммах переходных процессов с обозначением точек входного образа нейронной сети представлены на рисунке 3.

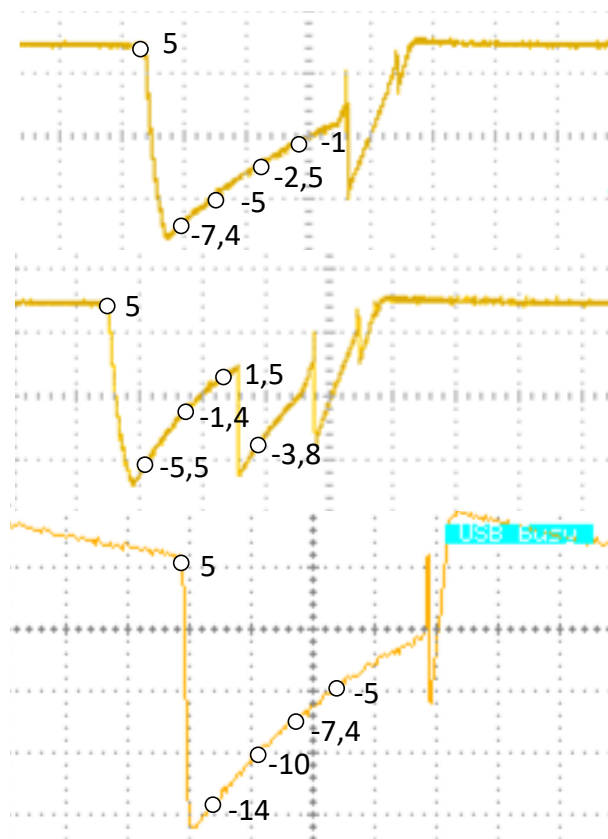


Рисунок 3. Типовые численные значения результатов измерения

Необходимость применения нейронной сети для оценки состояния ФУ состоит в том, что нейронная сеть позволяет оценивать входные векторы с позиции их общей схожести с некоторыми образцами, аналогично тому, как это делает человек и, таким образом, исключить необходимость его участия в процессе принятия решения о состоянии объекта. При этом, поскольку нейронная сеть является математической моделью, результаты оценки, в отличие от человека, всегда единообразны. Так как математическая модель нейронной сети на выходе предоставляет формальный признак того или иного состояния изучаемого объекта, то классификация состояния объекта может осуществляться полностью автоматически в реальном масштабе времени. Подобные сети предназначены для решения самого широкого круга различных задач: распознавание и классификация образов, идентификации, категоризации, оптимизации, прогнозирования, управления различными сложными объектами [3,4,5].

В качестве математической модели, используемой для решения поставленных задач, среди множества различных типов ИНС, наиболее подходит тип нейронной сети – сеть Кохонена, так как данную сеть отличают [3,4,5]:

- простота реализации;
- возможность самоорганизации и, как следствие, возможность дообучения в процессе эксплуатации под конкретный локомотив;
- одинаковая трудоемкость и, как следствие, время вычислений, что важно для реализации измерений в реальном времени;
- наглядность представления процесса вычислений;
- в соответствии с принципом «победитель забирает все» формируется однозначный результат о классе входного вектора;
- для обучения сети достаточно только значений входных векторов.



Количество входов сети определяется количеством точек отсчета входного образа и составляет 5. Количество выходов сети определяется количеством распознаваемых классов состояний. Так как нейронная сеть должна классифицировать состояния ФУ на три класса: исправное, неисправность 1 и неисправность 2, то сеть должна иметь три выхода. Тогда структура нейронной сети имеет вид, представленный на рисунке 4.

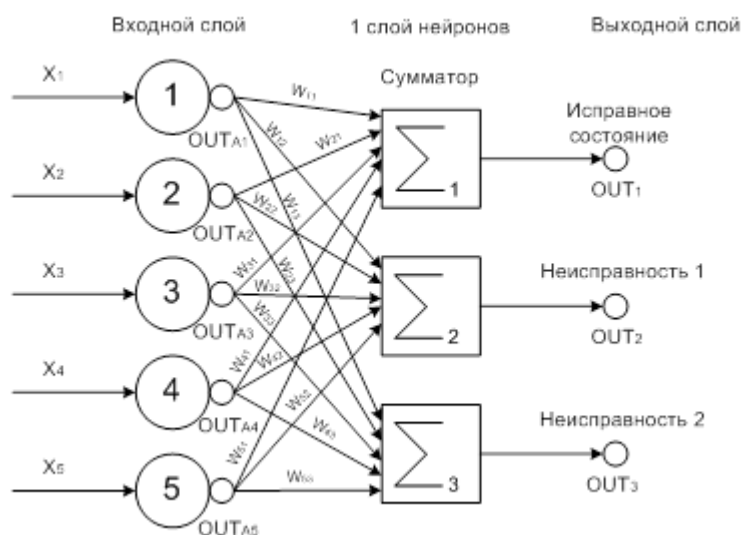


Рисунок 4. Нейронная сеть Кохонена

Принцип работы данной нейронной сети Кохонена в обученном виде следующий. Обозначенные на рисунке 4 кружочками, нейроны входного слоя служат точками разветвления входных импульсов, не выполняя никаких самостоятельных вычислений. Каждый из этих нейронов соединен со всеми нейронами скрытого слоя, называемого слоем Кохонена. Каждое из этих соединений имеет отдельный вес, например, второй нейрон входного слоя соединен с первым нейроном слоя Кохонена, связью, имеющей вес  $w_{21}$ . Нейроны слоя Кохонена складывают поступающие значения и подают их на нейроны выходного слоя: один нейрон слоя Кохонена - один нейрон выходного слоя [3,4,5].

$$OUT_k = w_{1k} \cdot x_1 + w_{2k} \cdot x_2 + w_{3k} \cdot x_3 + w_{4k} \cdot x_4 + w_{5k} \cdot x_5$$

где:  $OUT_k$  - это выход  $k$ -нейрона слоя Кохонена;

$x_1 \dots x_5$  - сигналы входного вектора  $x$ ,

$w_{1k} \dots w_{5k}$  - соответствующий вес входного вектора  $x$ .

Как правило, на выходе нейронной сети еще устанавливают некоторый интерпретатор: нейроны слоя Кохонена генерируют сигналы  $OUT_k$ , интерпретатор выбирает максимальный сигнал и выдает номер класса  $M$ , к которому следует отнести классифицируемый объект [5].

Перед использованием нейронной сети необходимо выполнить ее обучение, а также проверку достоверности распознавания [7,8,9]. Задача классификации образов заключается в разбиении объектов на классы, причем основой разбиения служит вектор параметров объекта. Часто бывает так, что сами классы заранее неизвестны, и их приходится формировать динамически. Пусть будет прототипом класса объект, наиболее типичный для своего класса. Один из самых простых подходов к классификации состоит в том, чтобы предположить существование определенного числа классов и произвольным образом выбрать координаты прототипов. На этих принципах основано

функционирование сети Кохонена [4,5]. Данная сеть является самоорганизующейся и обучается без учителя. По мере обучения векторы весов нейронов становятся прототипами классов - групп векторов обучающей выборки. Так как часто бывает, что с одного фазирующего устройства запитано большое количество рельсовых цепей, вплоть до целой горловины небольшой станции. Поэтому последствия отказов ФУ 2 и ошибки ремонтной бригады зачастую бывают крайне негативными [5]. В таких случаях важно максимально исключить возможность ошибок и просчетов, чтобы максимально обезопасить перевозочный процесс.

### Список литературы

1. Левчук, Т.В. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте/ Т.В. Левчук, М.Ю. Втулкин// История и перспективы развития транспорта на севере России. - 2012. -№ 1. - С. 68-71.
2. Бесконтактная аппаратура СЦБ. Технология ремонта.: нормативное производственно-практическое издание / Под. ред Л.М. Суковатовой - М.: Транспорт, 1995. - 64 с.
3. Системы искусственного интеллекта. Практический курс. / Чулюков В.А. Астахова И.Ф. Потапов А.С. [и др.]; под ред. Астаховой И.Ф. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008, - 292 с.
4. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений - М.: Финансы и статистика, 2004. - 176 с.
5. Портал искусственного интеллекта. Нейронные сети. Классификация нейронных сетей. - Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/classification.html>.
6. Сеницын, С.А. Информационный критерий достоверности этапа решения ситуационной задачи/ С.А. Сеницын//Евразийский союз ученых (ЕСУ): ежемесячный научный журнал, - №10(67), - Ч.3. - 2019. - С. 15-18.
7. Сеницын, С.А. Информационный подход к разработке и применению иерархических ситуационных моделей интерактивного интеллекта/ С.А. Сеницын, О.Ф. Гусарова // Москва - МГУ им. М.В.Ломоносова: «Социология» №1, 2019 ISSN 1812-9226. - с.255-262.
8. Сеницын, С.А. Информационные характеристики доверительных диапазонов параметров ситуационных моделей/ С.А. Сеницын, О.Ф. Гусарова// Оригинальные исследования. - 2019. - Т.9. - №4. - С.4-12.
9. Сеницын С.А., Дубровин В.С. Конечные схемы распределения точечных множеств геометрических объектов/ С.А. Сеницын, В.С. Дубровин// Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. - 2017. - №13. - С.207-213.

### Refefences

1. Levchuk, T.V. Innovative technologies in railway transport / T.V. Levchuk, M.Yu. Vtulkin// History and prospects of transport development in the north of Russia. - 2012. - No. 1. - S. 68-71 [in Russian].
2. Contactless signaling equipment. Repair technology: normative production and practical publication / Under. red L.M. Sukovatova - M.: Transport, 1995. -- 64 p. [in Russian].
3. Systems of artificial intelligence. Practical course. / Chulyukov V.A. Astakhova I.F. Potapov A.S. [and etc.]; under the editorship of Astakhovoy I.F. - M.: BINOM. Laboratory of Knowledge, 2008, - 292 p. [in Russian].

4. Barsky A. B. Neural networks: recognition, management, decision making - M.: Finance and statistics, 2004. - 176 p. [in Russian].
5. The portal of artificial intelligence. Neural networks. Classification of neural networks. - Access mode: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/classification.html> [in Russian].
6. Sinitsyn, S.A. Information criterion for the reliability of the stage of solving a situational problem/ S.A. Sinitsyn// Eurasian Union of Scientists (ESU): monthly scientific journal, - No. 10 (67), - Part 3. - 2019. - 15-18 p. [in Russian].
7. Sinitsyn, S.A. An informational approach to the development and application of hierarchical situational models of interactive intelligence / S.A. Sinitsyn, O.F. Gusarova // Moscow - Moscow State University. M.V. Lomonosova: "Sociology", - No. 1, - 2019, - ISSN 1812-9226. - 255-262 p. [in Russian].
8. Sinitsyn, S.A. Information characteristics of confidence ranges of parameters of situational models / S.A. Sinitsyn, O.F. Gusarova // Original Research. - 2019. - V.9. - №4. - 4-12 p. [in Russian].
9. Sinitsyn, S.A. Finite distribution schemes for point sets of geometric objects / S.A. Sinitsyn, V.S. Dubrovin// Modern problems of improving the work of railway transport. - 2017. - No. 13. - 207-213 p. [in Russian].