

# Нейронные сети: от мозга бюрократа до защиты газопроводов

«РЕЗОЛЮЦИЯ «ВЫПОЛНИТЬ» МОЖЕТ ВКЛЮЧАТЬ В СЕБЯ САМЫЙ ШИРОКИЙ СМЫСЛ: ОТ «НЕ СМЕЙТЕ ВЫПОЛНЯТЬ» ДО «РЕШАЙТЕ САМИ» — НАВЕРНЯКА У МНОГИХ НА ПАМЯТИ ЭТОТ ПЕРЛ МИХАИЛА ЖВАНЕЦКОГО ИЗ БЕЗМЯТЕЖНЫХ 1980-Х ГОДОВ. ВПРОЧЕМ, ФОРМУЛА ЭТА ПРЕТЕНДУЕТ НА БЕССМЕРТИЕ: И В НАШИ ДНИ УШЛЫМ СТОЛОНАЧАЛЬНИКАМ ВСЕХ УРОВНЕЙ ЕЖЕДНЕВНО ПРИХОДИТСЯ НАХОДИТЬ СПАСИТЕЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ НА ТАКИЕ ВОТ «УРАВНЕНИЯ С НЕИЗВЕСТНЫМИ». С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ФОРМАЛЬНОЙ ЛОГИКИ БЮРОКРАТЫ РЕШАЮТ ЭТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ РЕБУСЫ, СОПОСТАВЛЯЯ ГАММУ ФАКТОРОВ (В СИЛЕ ЛИ САМ НАЧАЛЬНИК? НЕ ЗАПЕЧАТЛЕЛИ ЛИ БЛОГЕРЫ ЕГО СВОЯЧЕНИЦУ НА ВЕЛОСИПЕДЕ ЗА МИЛЛИОН ДОЛЛАРОВ? НЕ НАДАЮТ ЛИ, НАКОНЕЦ, ЛИЧНО МНЕ «ПО ШАПКЕ?»), СПОСОБНЫХ ПЕРЕВЕСИТЬ ВРОДЕ БЫ ОДНОЗНАЧНОЕ «СЛУШАЮСЬ!». ЭТО И ЕСТЬ, КАК НИ СТРАННО, ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ТО ЕСТЬ АКТИВНОСТЬ ОБЪЕДИНЕННЫХ МОЗГОМ В ЦЕПИ НЕЙРОНОВ, ОТ ПРОДУКТИВНОСТИ КОТОРОЙ В ДАННОМ СЛУЧАЕ ЗАВИСИТ КАРЬЕРА И ДОЛГОЖИТЕЛЬНОСТЬ ЧИНОВНИКА.

Люди уже долгие годы бьются над созданием искусственного интеллекта, способного оперативно принимать продуктивные решения на основе анализа большого количества «вводных». Так появилось понятие искусственной нейронной сети, то есть математической модели в совокупности с её программным и аппаратным обеспечением, построенной по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей. Еще в далекие 1940-е годы У. Маккалок и У. Питтс формализовали понятие нейронной сети, а 1958 году Ф. Розенблатт изобрел перцептрон — прибор, способный решать задачи классификации и ставший первым робким шагом на пути к созданию полноценного искусственного интеллекта.

Впрочем даже в наши дни все еще по пальцам можно перечислить области, в которых искусственные нейронные сети готовы показывать большую эффективность, чем нервные клетки живого организма, пусть даже и пораженного бюрократией. Искусственный интеллект, способный к самообучению, уже обыгрывает почти всех гроссмейстеров в шахматы и способен на основе анализа тысяч источников информации довольно эффективно играть на бирже. Но собственно бюрократа, пожалуй, пока нет нужды беспокоиться: его изворотливое мышление машинам пока не под силу.

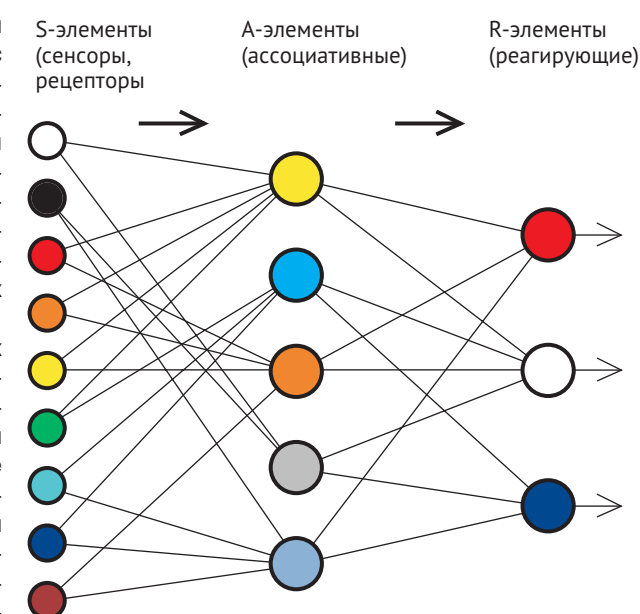
Объединив в себе достижения философии, математики, экономической науки, психологии, кибернетики и лингвистики, искусственная нейронная сеть с точки зрения машинного обучения представляет собой частный случай методов распознавания образов, дискриминантного анализа и кластеризации. С математической точки зрения обучение нейронных сетей — это многопара-

метрическая задача нелинейной оптимизации. В то же время, с точки зрения искусственного интеллекта такая сеть является основой философского течения коннективизма и основным направлением в структурном подходе по изучению возможности построения естественного интеллекта с помощью компьютерных алгоритмов.

Созданные на основе этих сетей нейрокомпьютеры обладают целым рядом свойств, привлекающих с практической точки зрения. Это и сверхвысокое быстродействие, и довольно высокая терпимость к ошибкам, и работоспособность при повреждении значительного числа нейронов. Обладая ценной способностью к распознаванию образов в условиях сильных помех и искажений, такие компьютеры способны к эффективному самообучению.

Именно это обстоятельство открыло магистральный путь к их применению для решения многих неформализуемых или трудно формализуемых задач, среди которых распознавание и синтез речи, оценка финансового состояния предприятий и риска невозврата кредитов, обработка радиолокационных сигналов, медицинская диагностика. Некоторые горячие головы от науки даже полагают, что искусственные нейронные сети запросто могут предсказывать итоги выборов — впрочем, добавляя, что для этого предвыборные компании всех кандидатов должны быть отработаны одинаково добросовестно.

Особой важной сферой применения искусственных нейронных сетей в последние годы стал топливно-энергетический комплекс. Это неудивительно: множественность и разнообразие факторов, влияющих на устойчивую работу газо- и нефтедобывающих и



Принципиальная схема действия искусственной нейронной сети

транспортирующих мощностей, необходимость оперативно принимать решения на основе значительного массива данных делают нейрокомпьютеры как минимум хладнокровным и компетентным советчиком диспетчеров и руководителей, принимающих ответственные решения.

Так, в Нижнем Новгороде разработана методология применения нейронных сетей для оценки технического состояния электроприводных газоперекачивающих агрегатов (ЭГПА). На основе анализа статистики отказов ЭГПА на 6 КС ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород» в 2006–2014 годы, а также аналогичной информации по 60 электродвигателям типа СТД-12500-2 и СДГ-12500 за период с 1987 по 2014 год составлены алгоритмы, позволяющие осуществлять комплексный анализ эксплуатационных факторов, влияющих на ресурс электродвигателей ЭГПА. Среди них — нагрев изоляции обмоток статора, изменения параметров питающего напряжения, электродинамические нагрузки и





Газоперекачивающий агрегат на одном из объектов ПАО «Газпром»

стержня и частичные разряды в изоляции обмоток.

В США искусственные нейронные сети широко используются в альтернативной энергетике, в частности, для управления блоками солнечными батареями. Турецкие разработчики на основе нейрокompьютеров построили модель достоверного прогнозирования потребления газа в Анкаре в зависимости от погодных и экономических факторов; примерно той же теме посвящены разработки Польской академии наук. М. Фаст из Лундского университета (Швеция) посвятил свою докторскую работу использованию искусственных нейронных сетей для мониторинга технологического состояния газовых турбин.

Специалистам известно, что американские исследователи С.П. Шеппард и Д. Рассел еще в относительно далеком 1993 году опубликовали исследование по применению нейрокompьютеров для неразрушающего контроля и измерений. В известной степени продолжением этой работы, выведенной на качественно новый

уровень, можно считать успешно испытанную в июне-июле 2016 года. Оптоволоконную систему мониторинга трубопроводов (ОСМТ «ОМЕГА»), разработанную одноименным предприятием группы компаний ПАО «Транснефть».

Нельзя не отметить, что оптоволоконные технологии в устах политиков и журналистов уже давно стали своеобразным символом эпохи. Оно и понятно: экономичные и завораживающие взгляд световоды способны не только радовать глаз адептов технической эстетики, но и, например, эффективно передавать информацию на огромные расстояния. При этом проходящий через оптоволоконно световой импульс, сгенерированный лазером, не подвержен электромагнитным и электрическим полям, поскольку не связан с электрическим током.

Прокладка кабеля-датчика СОУИКА «ОМЕГА» на трубопроводном объекте

Ученые из компаний «ОМЕГА» и «ПетроЛайт», в 2010 году вместе с ПАО «Транснефть» учредившей «ОМЕГУ», использовали важное свойство оптоволоконна как датчика, способного чутко реагировать на изменения как в виброакустическом, так и в температурном диапазоне. Именно это свойство легло в основу значительного количества волоконно-оптических систем мониторинга газо- и нефтепроводов, а также особо важных периметров. Беда была одна: система не всегда могла точно интерпретировать данные, которые поставлял проложенный вдоль трубопровода волоконно-оптический кабель. В результате тревожные вести об утечке или несанкционированной активности в охранной зоне иногда оставались неподтвержденными: блок распознавания событий не всегда мог с точностью определить, что является источником сигнала о потенциальной опасности.

И приключилась в умах, а потом и в лабораториях ЗАО «ОМЕГА» синергия двух революций, какая не снилась и товарищу Ленину: революция волоконно-оптическая, за последние два десятилетия плавно перетекшая в по-

лезную во всех отношениях эволюцию, слилась в одном инновационном порыве с революцией, связанной с расширением поля применения искусственных нейронных сетей.

Предшествовавшая синергии революционная ситуация характеризовалась следующими обстоятельствами. Применяемой в «Транснефти» и ряде других российских компаний Системой обнаружения утечек и контроля активности (СОУИКА «ОМЕГА») по состоянию на осень 2016 года охвачено более пяти с половиной тысяч отечественных трубопроводов. Тем не менее, определенный «брак» в идентификации событий до сих пор считался неизбежным и даже закладывался в нормативы. Оно и понятно: один логический модуль системы ответствен за мониторинг почти ста километров трубопроводов, и отличить, скажем, мирно прогуливающегося вдоль трассы трубопровода лося от почти того же веса злонамеренного гражданина, пытающегося обустроить незаконную врезку, было возможно далеко не всегда. Еще серьезнее дело обстояло с идентификацией утечек: даже после того, как ее возникновение СОУИКА с 5-метровой точ-

ностью стала определять не только по изменению температурного фона, но и по характерным звуковым вибрациям, небольшой процент ложных срабатываний все же сохранялся. Вот тут-то в умах ученых «ПетроЛайта» и «ОМЕГИ» и сошлись упомянутая эволюция с революцией: преимущества искусственных нейронных сетей оказались как специально сформулированы для того, чтобы СОУИКА превратилась в ОСМТ, основанную на таких сетях.

Способность системы оперативно сопоставлять разнородную информацию и эффективно работать даже в случае отсутствия некоторых важных «вводных» (а это в реальных полевых условиях бывает сплошь и рядом!) позволила говорить о том, что теперь на страже газо- и нефтепроводов стоит не просто группировка инновационных датчиков с возможностью интерпретации поступающих с них сигналов, а самообучающаяся система, вооруженная значительной долей искусственного интеллекта. При этом функция самообучения, изначально заложенная авторами концепции искусственных нейронных сетей, преломляется, с одной стороны, в крепнущую надежду не повторять

возможные на стадии настройки ОСМТ ошибки в идентификации событий, а с другой — в возможность точно и предельно гибко подстраиваться под условия, в которых система эксплуатируется.

Так, пересечение с федеральной автотрассой будет не только распознано искусственным интеллектом как таковое, но и экстраполировано на всю трассу с целью выявления аналогичных участков, на которых виброакустические колебания фиксируются, что естественно, в особом режиме. То же касается и водных преград, и прочих особенностей местности, где проложен газопровод. Уже на стадии отладки по желанию заказчика система может игнорировать некоторые неопасные для трубы акустические сигналы, например, технологические шумы узлов переключения и насосных перекачивающих станций. Еще один пример события, как правило не представляющего опасности для трубопровода — это прогон стад. ОСМТ будет его фиксировать, но сигнала подтвержденной тревоги не подаст — если это, конечно, согласуется с политикой безопасности соответствующего оператора трубопровода.



В этой термокамере проходят испытания все основные элементы аппаратного обеспечения ОСМТ «ОМЕГА»





Успешные испытания волоконно-оптического сигнализатора метана

То есть фактическое отличие ОСМТ от СОУИКА — это расширенные возможности акустики, способной чутко улавливать и точно идентифицировать события, происходящие в зоне ответственности датчика. Например, утечки новая система «видит» уже на ранней стадии, когда из трубы вытекло от полутора кубометров жидкости: время срабатывания не превышает 15 минут.

Движение от простого к сложному, свойственное полету мысли философов, математиков и даже наделенных высшей нервной деятельностью бюрократов, не обошло стороной и систему датчиков, применяемых ОСМТ «ОМЕГА». К разработанному ранее распределенному датчику температуры (Distributed Temperature Sensor) и виброакустических колебания окружающей среды (Distributed Acoustic Sensor) в новой системе, в отличие от СОУИКА, будет присут-

ствовать и распределенный датчик напряжения (Distributed Strain Sensor). Он будет также в режиме он-лайн регистрировать деформацию тела трубопровода, что даст блоку распознавания событий под управлением искусственной нейронной сети возможность получать важную информацию о деформации грунта с определением места этого чреватого порой разрывом трубы тревожного события.

Следует особо отметить, что ставшее логичным шагом в последовательном развитии компании «ОМЕГА» применение искусственных нейронных сетей в среднесрочной перспективе охватит не только комплексы, предназначенные для мониторинга протяженных объектов. Так, для магистральных трубопроводов газа готова система «Оптомониторинг», уже устанавливаемая на проекте ПАО «Газпром» под названием «Увеличение подачи газа в юго-западные районы Краснодарского края».

Дополнительную ценность разработкам ООО «Оптомониторинг», другой «дочки» компании «ПетроЛайт», придает интегрированный в систему волоконно-оптический сигнализатор метана. Устанавливаемый в местах пересечения газопроводов с другими объектами инфраструктуры, он существенно повышает безопасность транспортировки газа. Кстати, вокруг этого датчика в совокупности с другими ценными свойствами рассматриваемых контрольно-измерительных ком-

плексов строится уникальная система обеспечения безопасности угледобычи. Она способна обнаружить и потенциально смертельно опасную утечку метана, и возможное возгорание угольного шлама вдоль транспортировочного конвейера.

Под прицелом разработчиков из «ПетроЛайта» и «ОМЕГИ» еще одна сфера, где искусственный интеллект, впрочем, возобладали уже полтора десятилетия назад. Речь идет об «умных месторождениях». Датчики давления, акустики и температуры, распределенные и точечные, поставляют из газо- и нефтеносных глубин важную информацию, необходимую для принятия оперативных управленческих решений. Вот тут-то нейронная сеть и сослужит важную службу: Систем комплексного мониторинга скважин (СКМС «ПетроЛайт») станет в результате применения этого судьбоносного и во всех смыслах революционного решения зорче, бдительнее и оперативнее. А начало уже положено: компания «ПетроЛайт» стала победителем в тендере ПАО «ЛУКОЙЛ» на поставку оптоволоконных систем мониторинга для водо-паронагнетательных скважин. Системы будут применяться на разрабатываемом ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» Усинском месторождении.

Подытоживая сказанное, отметим: способные к формулировке логичных выводов на основе оперативного анализа множества факторов искусственные нейронные сети — это, конечно, далеко не наш мозг. К тому же любые попытки внедрить в производственную и транспортную практику машинный интеллект со всей неизбежностью ставят вопрос об ответственности: а вдруг хитроумная машина обернется подобием Франкенштейна? Впрочем, в отношении систем мониторинга трубопроводов и других протяженных объектов, поставляемым компаниями «ОМЕГА» и «ПетроЛайт», эти опасения явно беспочвенны.

**Станислава Васютинская  
Алексей Турбин**

Инновационная продукция ЗАО «ОМЕГА» вызывает деятельный интерес трубопроводных компаний десятков стран, в том числе Саудовской Аравии

