

МАШИННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

А.В. Макаренко

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН

avm.science@mail.ru

Задачи неразрушающего контроля и технической диагностики по своей сути являются обратными, т.е. по наблюдаемому отклику (как правило, неполному, искажённому) необходимо сформировать оценку истинного состояния объекта и/или течения какого либо процесса, с ошибкой не выше заданной. Обратные задачи, в своей математической сути, некорректны, что накладывает определённые системные требования, как на организацию процесса проведения эксперимента по сбору исходных данных в рамках процедур технической диагностики, так и на методы обработки полученной информации на различных уровнях.

В рамках цифровой трансформации и четвёртой промышленной революции, в системах технической диагностики вводится три взаимоувязанных уровня обработки данных:

- Алгоритмы выделения и распознавания полезного сигнала из возмущений первичного физического поля, реализуемые на уровне прибора (метода).
- Комплексный согласованный анализ данных с различных приборов, функционирующих на разных физических принципах, с целью получения максимально полного и адекватного действительности описания состояния объекта и/или процесса.
- Оптимизация производства и/или эксплуатации по данным неразрушающего контроля и технической диагностики объекта и/или процесса.

Каждый из озвученных уровней обладает рядом особенностей.

Обработка возмущений первичного физического поля и выделение полезных сигналов всё чаще подразумевает работу с нелинейными эффектами (откликами) при низком отношении сигнал-шум. Снимаются априорные ограничения на гауссовость внешних помех и внутренних шумов приборов. Требуются адаптивные глубоко автоматизированные алгоритмы, исключающие ошибки, порождаемые пресловутым «человеческим фактором».

При комплексном согласованном анализе данных требуется пространственно-временная повторяемость и привязка результатов измерений с различных приборов к конкретным объектам и их областям, то есть система должна функционировать в едином технологическом пространстве измерений. Опять же требуется адаптивность и максимальный вывод человека из процесса принятия решения. Ужесточаются требования к ошибкам, как первого, так и второго родов.

Уровень оптимизации производства и/или эксплуатации по данным неразрушающего контроля подразумевает обработку полных массивов измерений, накопленных в рамках всего жизненного цикла исследуемых объектов. При этом данная обработка позволяет не только контролировать состояние (в широком смысле) изделий и/или процессов, но и даёт обратную связь на совершенствование методов, приборов и методик неразрушающего контроля и технической диагностики.

Адекватный ответ на изложенные вызовы и ряд других актуальных проблем могут дать методы машинного интеллекта, реализуемые посредством, как глубоких нейронных сетей, так и графов знаний. Применение последних позволяет, в том числе, учесть неформализованные знания экспертов по неразрушающему контролю. Особенностью описываемых методов является эффективная работа с «сырыми данными» измерений и автоматический синтез высокоуровневых информативных признаков. При этом глубокие нейронные сети весьма качественно моделируют иерархические абстракции в реальных данных, что делает их эффективными автоматическими решателями, в том числе и обратных задач. При этом

глубокие нейросети реализуют парадигму *метаобучения* – то есть компьютерная программа самостоятельно учится, как лучше ей учиться.

Следует также отметить несостоятельность широко распространённого мифа из мира машинного интеллекта: нейросети – это какая-то «магия» и сплошная «кустарщина», и «наука не понимает, как это всё работает». На самом деле ряд теорем и утверждений формируют строгий математический фундамент теории нейросетей и гарантируют решение задачи.

В докладе демонстрируются высокоэффективные возможности глубоких нейросетей в обработке всего спектра данных, присутствующих в задачах неразрушающего контроля и технической диагностики: многомерные динамические процессы; многомерные векторные поля (изображения в различных спектральных диапазонах и томограммы); нерегулярные сложные данные (взвешенные графы произвольной топологии) и т.п. При этом нейронные сети отлично справляются не только с данными имеющими ярко выраженные структурные паттерны (временные и/или пространственные), но работают и со случайными и/или хаотическими процессами (полями). Причём нейросети решают весь спектр задач по обработке сигналов, машинному зрению и принятию решений: фильтрация, оценивание, обнаружение, различение, сегментация, локализация, нечёткий вывод и т.п.

Тем не менее, следует отметить три особенности глубоких нейронных сетей, актуальных при решении задач неразрушающего контроля и технической диагностики. Во-первых, всё разнообразие решаемых задач обеспечивается специально подобранной архитектурой сети и настроенной процедурой обучения. Во-вторых, колоссальная «обобщающая способность» глубоких нейросетей формируется в основном за счёт широкой структурно-статистической вариативности и, как следствие, большого объёма обучающих размеченных данных. В-третьих, в контексте принятия решений нейросеть – это зачастую «чёрный ящик», поэтому для формирования интерпретируемых решений требуются специальные усилия.

В заключение отметим, что цифровая трансформация и четвёртая промышленная революция в области неразрушающего контроля и технической диагностики невозможны без всестороннего (адекватного и к месту) применения машинного интеллекта и парадигмы обработки сложных данных.