

Формирование малой обучающей выборки для построения суррогатной ML-модели упруго-пластического деформирования стержня

Научный руководитель – Васюков Алексей Викторович

Селезнев Михаил

Аспирант

Московский физико-технический институт, Москва, Россия

E-mail: mihailselezniou@yandex.ru

Целью данной работы является проверка возможности суррогатной ML-модели обеспечить разумное качество предсказания для динамической физической задачи при малом размере обучающей выборки. В работе предложен алгоритм формирования такой обучающей выборки. Полученная выборка позволяет обеспечить разумное качество работы суррогатной ML-модели для задачи упруго-пластической деформации металлического стержня при действии на него продольного импульса нагрузки [1, 2]. Эта динамическая физическая задача вычислительно достаточно простая в силу малой размерности, из-за чего она удобна для тестирования различных подходов, но одновременно физически достаточно сложная.

В данной работе традиционный численный солвер прямой задачи используется для генерации данных, на которых обучается ML-модель. В дальнейшем такой подход позволит получить существенный выигрыш в производительности при решении обратных и оптимизационных задач для многомерных постановок, для которых прямой расчёт может занимать несколько часов, а обученная ML-модель даст ответ за доли секунды.

Довольно важным вопросом при этом является размер обучающей выборки. Отметим, что для практических задач желательно иметь возможность использовать маленькие выборки. Причина этого заключается в том, что получения каждого сэмпла для обучения по-прежнему требуется расчёт полной физической задачи. Расчет может требовать много часов машинного времени.

Постановка прямой задачи описывается четырьмя параметрами: модуль Юнга, плотность, предельная упругая деформация, скорость удара. Площадь поперечного сечения и длина стержня принимаются постоянными для всех постановок. Суррогатная модель оперирует бинарным результатом полного расчёта - возникли какие-либо необратимые пластические деформации в стержне или нет. Свойства стержня и результаты прямого расчета являются входной обучающей выборкой для суррогатной модели машинного обучения.

В ходе исследования при 100 сэмплах в обучающей выборке трехслойная нейронная сеть показала качество 0.85, схожее качество было достигнуто при 10000 случайных сэмплов и дальше не увеличивалось. Даже при 10 млн. случайных сэмплов в обучающей выборке качество нейронных сетей немного превышает результат полученный при 100 сэмплах выборки, сформированной по алгоритму, предложенному в данной работе.

В результате практического исследования в данной работе получено, что суррогатные ML-модели могут дать разумное качество предсказания для динамической физической задачи даже при малых размерах обучающей выборки.

Источники и литература

- 1) Ивлев Д. Д. Теория идеальной пластичности. — М.: Наука, 1966. — 232 с.
- 2) Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твёрдого тела. — М.: Наука, 1979. — 744 с.