

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИЛОВОГО КАРКАСА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Янов Д.В. (Акционерное общество "Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО "Алмаз-Антей" - Обуховский завод"), **Скабин Д.А.** (Акционерное общество "Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО "Алмаз-Антей" - Обуховский завод"),

Научный руководитель – Лебедев Д.О.

(Акционерное общество "Северо-Западный региональный центр Концерн ВКО "Алмаз-Антей" - Обуховский завод")

Введение. Процесс разработки силового каркаса электромобиля включает несколько этапов концептуального проектирования, на каждом из которых требуются значительные вычислительные и временные ресурсы. Стандартной практикой является применение конечно–элементного моделирования для анализа пассивной безопасности, надежности, управляемости электромобиля. Данный подход позволяет оценить целевые показатели транспортного средства согласно основным требованиям, изложенным в отечественных и зарубежных нормативных документах, после чего определить зоны доработки силового каркаса и провести повторную итерацию модернизации конструкции.

Оригинальным подходом является предсказание целевых показателей на основе результатов уже проведенного конечно–элементного моделирования с помощью методов машинного обучения, без необходимости выполнения полноценных виртуальных испытаний. Это позволяет проводить многочисленные исследования “что, если”, и сокращает период разработки силового каркаса электромобиля [1, 2].

Таким образом, цель работы – исследование применимости подходов машинного обучения на ранних этапах концептуального проектирования при разработке силового каркаса электромобиля.

Основная часть. Объем данных, полученных в результате конечно–элементного моделирования, для различных концептов электромобиля позволяет определить связь между множеством входных параметров и целевых показателей. В данной работе рассматривается подход, основанный на методах машинного обучения, для получения модели описывающей взаимосвязь объектов и признаков силового каркаса электромобиля. Основными входными параметрами (признаками) силового каркаса выступают положения несущих балок и форма их поперечного сечения, а целевыми показателями (объектами) являются первые частоты и формы колебаний, а также глобальная жесткость силового каркаса. Анализ глобальной жесткости и собственных частот силового каркаса необходим для оценки сопротивления конструкции упругим деформациям. Данный вид анализа позволяет в первом приближении оценить прочностные характеристики и сопротивление при ударных нагрузках, оказывающих прямое влияние на пассивную безопасность электромобиля.

Первая часть работы посвящена предварительной обработке и анализу данных. На данном этапе построена корреляционная матрица для оценки коэффициентов корреляции между парами объектов и признаков, а также проведен анализ глобальной чувствительности. Построены графики зависимости объектов от наиболее значимых признаков.

Во второй части работы выполнен анализ применимости моделей машинного обучения в рамках поставленной задачи. В качестве начальной модели рассмотрена модель линейной регрессии. Степень полинома варьировался от 1 до 4, с дополнительной регуляризацией типа L^1 и L^2 для устранения эффекта переобучения. Также рассмотрена модель на основе полносвязанной нейронной сети прямого распространения. Количество слоев варьировалось от 2 до 5 с дополнительным выбрасыванием нейронов для уменьшения взаимозависимого обучения, количество нейронов в слое варьировалось от 32 до 1024. В

качестве основной функции активации выбран гиперболический тангенс. Для оценки результата модели используется средняя абсолютная ошибка.

Выводы. В результате проведенных исследований различных подходов машинного обучения на ранних этапах концептуального проектирования силового каркаса электромобиля:

1. получен объем данных на основе многовариантного конечно–элементного моделирования;

2. выполнена предварительная обработка данных и построена корреляционная матрица, из которой определены наиболее важные признаки. Из анализа глобальной чувствительности определен наибольший вклад признаков в целевые показатели;

3. построена модель линейной регрессии и полносвязанная нейронная сеть прямого распространения. Проведен анализ влияния различных гиперпараметров на результаты обучения моделей. Оценка точности выполнена на контрольной выборке и не превышает 5%.

Обученные модели линейной регрессии и нейронной сети апробированы на готовом прототипе и планируется к дальнейшему использованию в процессе доработки транспортного средства.

Список использованных источников:

1. Da Lio M., Bortoluzia D., Papini Rosati GP. Modeling Longitudinal Vehicle Dynamics with Neural Networks // *Vehicle System Dynamics*. – 2019. – V. 58. – P. 20.

2. Yi D., Chengwu D. Beam element modelling of vehicle body-in-white applying artificial neural network // *Applied Mathematical Modelling*. – 2009. – V. 33. – P. 2808–2817

Янов Д.В. (автор)

Подпись

Скабин Д.А. (автор)

Подпись

Лебедев Д.О. (научный руководитель)

Подпись