

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

Дементий Ю. А., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия,
dementiy.yu.a@gmail.com

Шорников Е.В., ООО «Релематика», г. Чебоксары, Россия,
shornikov.ev.vl@gmail.com

***Аннотация:** В работе показаны подходы к решению задачи интервальной оценки параметров объекта с использованием методов машинного обучения. Проанализированы ограничения методов. Даны рекомендации по улучшению качества работы подобных алгоритмов.*

***Ключевые слова:** машинное обучение, интервальная оценка, параметрическая идентификация.*

Введение

В работах [1,2] рассматривается подход к решению задачи параметрической идентификации, в котором поиск неизвестных параметров реализован путем оптимизации однозначной целевой функции. При этом в общем случае обратная функция многозначна, поэтому решения, предлагаемые в рассматриваемых работах не универсальны.

Необходимость использования многозначных функций [3] может являться следствием низкой информативности объектных параметров по отношению к наблюдаемым или наличия случайного процесса, влияющего на наблюдаемый объект.

В данной работе предлагается алгоритм, использующий инструментарий машинного обучения для решения задачи интервальной оценки параметров объекта. Данная задача относится к классу задач регрессионного анализа, для которого характерно обучение с учителем. В качестве учителя выступает обучающая выборка, содержащая пары векторов наблюдаемых значений и объектных параметров.

Постановка задачи

Пусть имеется некоторая информация о режимах работы наблюдаемого объекта, представляющая собой соответствующие друг другу пары наблюдаемых векторов \mathbf{v} и векторов неизвестных объектных параметров \mathbf{x} , которые могут

быть получены как из имитационной модели объекта (ИМО), так и путем наблюдения за реальным объектом. Необходимо по наблюдаемым параметрам определить интервал возможных значений объектных параметров.

Наблюдаемый вектор \mathbf{v} определен в области S наблюдаемого пространства A . Область S является областью допустимых значений вектора \mathbf{v} и определяется структурой (моделью) объекта и допустимыми значениями его параметров.

$$\mathbf{v} \in S \subset A$$

$$L = \partial S$$

где L - граница области S .

Объектные параметры \mathbf{x} определены в области G объектного пространства C , элементами которого являются векторы параметров наблюдаемого объекта.

$$\mathbf{x} \in G \subset C$$

$$H = \partial G$$

где H - граница области G .

Наблюдаемые величины связаны с объектными при помощи ИМО F . При отсутствии ИМО её функцию может выполнять реальный объект.

$$F: C \rightarrow A$$

$$\mathbf{v} = F(\mathbf{x})$$

Задачу параметрической идентификации можно переформулировать в задачу поиска обратной функции F^{-1} , которая, в общем случае, является многозначной.

$$\mathbf{x} = F^{-1}(\mathbf{v})$$

Алгоритм интервальной оценки реализован в виде двух моделей: верхней и нижней границы интервала. Модели определены полиномами, обучение которых происходит посредством решения задачи квантильной регрессии [4], то есть минимизации функции квантильных потерь (1).

Для задания границ интервала предлагается использовать квантили, стремящиеся к q_{100} и q_1 . Для обеспечения устойчивости оптимизации в данном исследовании для верхней границы применяется q_{99} , а для нижней q_1 квантиль.

$$\varepsilon(e_i|q) = \begin{cases} qe_i, & e_i \geq 0 \\ (q-1)e_i, & e_i < 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где ε – квантильные потери; q – выбранный квантиль; где e – ошибка.

Эксперимент

Для тестирования алгоритма интервальной оценки параметров использован абстрактный объект, для которого составлена имитационная модель, определенная функцией (2).

$$v = \sin(3x + 1.5) + n \quad (2)$$

где n – шумовая компонента, заданная случайным распределением (3).

$$n \sim U(-0.1 - x, 0.1 + x) \quad (3)$$

С помощью имитационной модели получены точки, характеризующие режимы работы объекта.

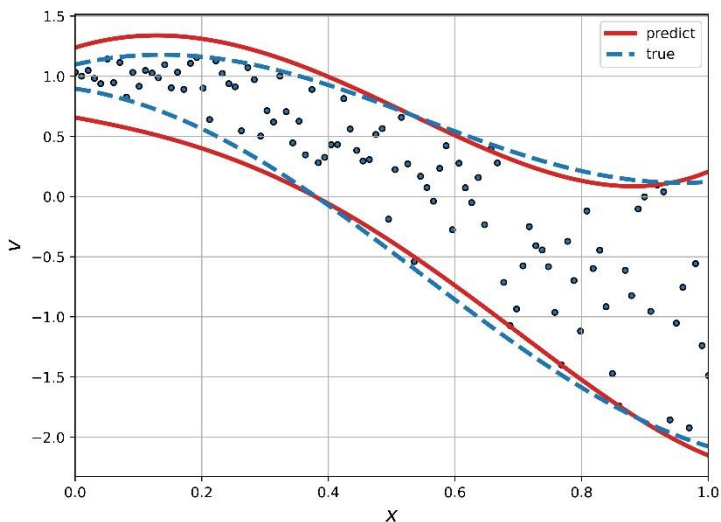


Рис. 1. результаты работы алгоритма интервальной оценки

На рис. 1 представлены результаты работы алгоритма. Получены границы интервала объектных параметров, прогнозируемых моделью (сплошная линия), истинные границы интервала отмечены пунктирной линией.

Влияние информативности данных

Результирующие интервалы стремятся к истинным по мере увеличения количества и информативности точек в обучающей выборке. Под информативностью точки подразумевается её мера влияния на изменение коэффициентов модели.

Данный алгоритм не позволяет получить границы интервала, стремящиеся к истинным (рис. 1). Для достижения истинных границ требуется повысить информативность используемой при обучении выборки путем повышения информативности отдельных точек (например, перемещения их ближе к границе) или увеличения их общего количества (без повторений) и, как следствие, общей информативности.

Заключение

Разработан алгоритм интервальной оценки параметров объекта, основанный на решении задачи квантильной регрессии.

При отсутствии имитационной модели наблюдаемого объекта, когда её функцию выполняет объект, являющийся источником информации, предлагаемый алгоритм интервальной оценки параметров позволяет получить наилучший результат. При увеличении количества и информативности точек определяемые границы интервала стремятся к истинным.

Зависимость результатов работы алгоритма от информативности обучающих данных обуславливает необходимость разработки метода поиска информативных точек на основе имитационной модели объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дементий Ю.А., Шорников Е.В., Обучаемый модуль параметрической идентификации сигнала // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы XII Всероссийской науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – С. 395-398.
2. Дементий Ю.А., Шорников Е.В., Анализ эффективности обучаемого модуля параметрической идентификации // Электроэнергетика глазами молодежи-2020: материалы XI международной науч.-техн. конф. том I – Ставрополь: Изд-во Северо-Кавказский федеральный университет, 2020. – С. 323-326.
3. Горбань, И. И. Многозначные величины, последовательности и функции / И. И. Горбань // Математические машины и системы. – 2012. – № 3. – С. 147-161.
4. Васильева С.Н., Кан Ю.С. Метод линеаризации для решения задачи квантильной оптимизации с функцией потерь, зависящей от вектора малых случайных параметров // АиТ. 2017. № 7. С. 95–109.

Авторы:

Дементий Юрий Анатольевич, к.т.н, руководитель группы ООО «Релематика». Окончил электроэнергетический факультет Вологодского государственного университета в 2015 г. В 2018 защитил кандидатскую диссертацию на тему «Методы и средства компенсации полного тока однофазного замыкания на землю в распределительных сетях». E-mail: dementiу.у.а@gmail.com.

Шорников Евгений Владимирович, инженер – исследователь ООО «Релематика». Окончил электроэнергетический факультет Чувашского государственного университета им. И.Я. Ульянова в 2017 г., получил диплом магистра в 2019 г. E-mail: shornikov.ev.vl@gmail.com.