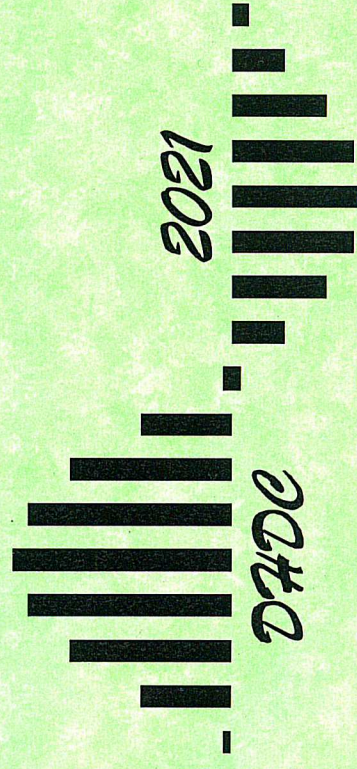


**ДИНАМИКА
НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Материалы

XIV Всероссийской научно-технической
конференции



УДК 621.3:004(063)
ББК 381:321Я73
Д44

Редакционная коллегия:

ректор, канд. экон. наук, доцент *А.Ю. Александров*;
д-р техн. наук, профессор *Г.А. Белов*;
канд. техн. наук, доцент *А.В. Серебрянников*

*Печатается по решению Ученого совета
Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова*

**Динамика нелинейных дискретных электротехнических
Д44 и электронных систем: материалы XIV Всерос. науч.-техн.
конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. 536 с.**

ISBN 978-5-7677-3286-9

Рассматриваются вопросы математических основ и математического моделирования нелинейных дискретных систем, цифровой обработки сигналов, построения и анализа устройств и систем силовой электроники, систем электроэнергетики и электропривода.

Для научных работников, инженеров, менеджеров и студентов старших курсов.

УДК 621.3:004(063)
ББК 381:321Я73
© Издательство
Чувашского университета, 2021

ISBN 978-5-7677-3286-9

**ДИНАМИКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И ЭЛЕКТРОПРИВОДА**

Алифов А.А.
(Москва, ИМАШ РАН)

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ
ВОЗБУЖДЕНИИ И ЗАПАЗДЫВАНИИ**

В устройствах различного рода (системы автоматического управления, следящие системы, электроника, регуляторы и др.) широко распространены системы с запаздыванием. В автономных и телеуправляемых системах (подвижные роботы, манипуляторы и др.) источником запаздывания является канал передачи данных и пренебрежение им может привести к существенным ошибкам при управлении группой роботов [1]. В данной статье рассматриваются параметрические колебания при запаздывающей силе упругости в русле теории колебаний систем с ограниченным возбуждением [2–3]. В основу положена описанная в [2] модель стержня с пружиной (рис. 1), соединенной с кривошипом, приводимым в движение двигателем ограниченной мощности.

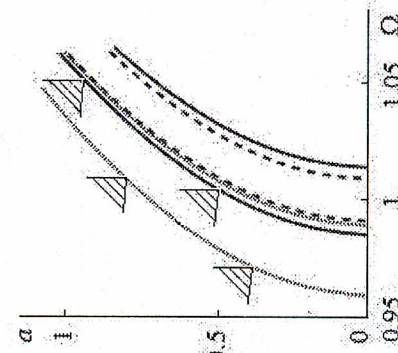
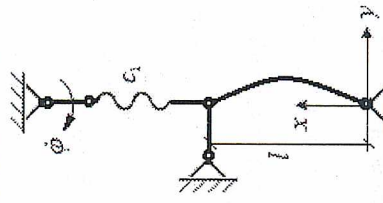


Рис. 1. Модель системы Рис. 2. Амплитудно-частотные кривые
Система, являясь нелинейной, имеет уравнения движения

$$\ddot{y} + (\omega^2 + b \sin \varphi) y = -\beta_1 \dot{y} - m^{-1} f(y) - c_t y, \quad (1)$$

$$J \ddot{\varphi} = M(\varphi) - 0,5 c_3 y^2 \cos \varphi - 0,5 c_3 \sin 2\varphi - c_4 \cos \varphi,$$

Предложен критерий остановки алгоритма, предотвращающий выполнение излишнего количества итераций. Разработанный алгоритм применен для построения области реле сопотввления. Построенная область не содержит анклавов незаполненных ячеек, что свидетельствует о правильности процедуры построения.

Литература

1. Мартынов М. В. Исследование и разработка обучаемых модулей микропроцессорных защит линий электропередачи: специальность 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Мартынов Михаил Владимирович. Чебоксары, 2014. 22 с.
2. Дементий Ю. А., Петрашин А. Е., Петрашин И. Е. Анализ эффективности активного обучения в задаче разграничения режимов работы энергообъекта // РЕЛАВЭКСПО-2021: сб. докладов науч.-техн. конф. молодых специалистов. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. С. 162–167.
3. Граничные режимы в методике обучения релейной защиты. Часть 1. Граничные условия и обучающие процедуры / Ю. Я. Лямец [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2009. № 4. С. 24–30.

Дементий Ю.А., Шорников Е.В.
(Чебоксары, ООО «Релематика»)

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

В работе [1] предложен алгоритм интервальной оценки параметров объекта, решающий задачу параметрической идентификации. Алгоритм использует как информацию с имитационной модели объекта (ИМО), так и информацию с реального объекта. В общем случае алгоритм позволяет получить границы интервала объектных параметров, однако точность работы алгоритма зависит от количества информативных точек, используемых для обучения мо-

дели параметрического идентификатора. Под информативностью точки понимается мера её влияния на форму и положение границы интервала [4]. Влияние информативности данных на результаты работы алгоритмов, как показано в работах [1–3], обуславливает необходимость поиска информативных точек для увеличения информативности обучающей выборки.

Целью данной работы является разработка методики обучения модели на основе поиска информативных точек для увеличения обобщающей способности и предотвращения переобучения.

Пусть имеется имитационная модель (ИМО) F , связывающая параметры объекта и наблюдаемые величины. Требуется на основании модели F обучить алгоритм интервальной оценки параметров объекта.

Алгоритм интервальной оценки параметров объекта аппроксимирует обратную к ИМО функцию

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

для оценки объектных параметров на основе наблюдаемых, которая, в общем случае, многозначна. В выражении (1) x – объектные параметры; v – наблюдаемые величины.

Предлагается выполнять поиск информативных точек в объектном пространстве с последующим отображением точек в наблюдаемое пространство и дообучением моделей.

Итерация обучения состоит из поиска информативных точек в наблюдаемом пространстве. Алгоритм пытается найти новые информативные точки рядом с уже существующими.

Информативные точки, найденные в наблюдаемом пространстве, смещаются в объектном пространстве на случайное расстояние в случайную сторону. Смещенные точки отображаются в наблюдаемое пространство и дополняют собой обучающую выборку.

Процесс объединения новых информативных точек с текущей обучающей выборкой сопровождается фильтрацией, которая заключается в удалении точек, потерявших информативность вследствие изменения параметров модели.

Блок-схема алгоритма активного обучения представлена на рис. 1.

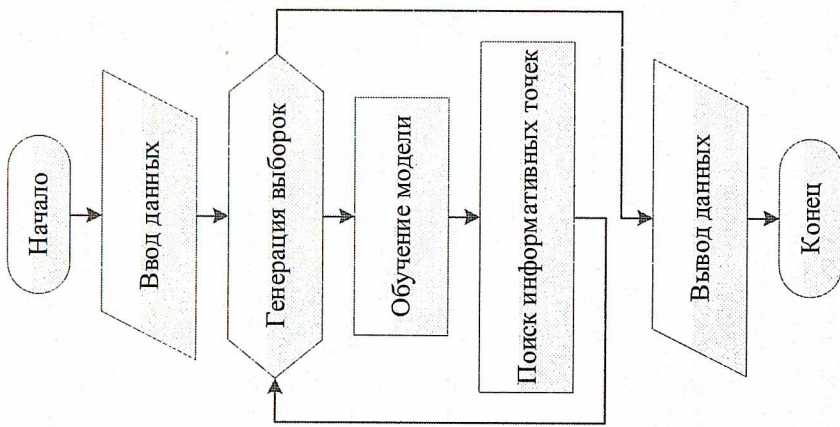


Рис. 1. Блок-схема алгоритма активного обучения

Целью эксперимента является сравнение результатов работы алгоритма интервальной оценки параметров объекта с активным обучением и алгоритма, обученного на прецедентах с фиксированной информативностью.

На рис. 2 представлены результаты работы алгоритмов. Пунктирная линия характеризует истинные границы интервала, темные линии – границы интервала алгоритма, обученного на прецедентах, светлые линии границы – интервала алгоритма с активным обучением. Как видно из рис. 2, результат работы алгоритма с активным обучением позволяет получить границы интервала объектных параметров стремящиеся к истинным.

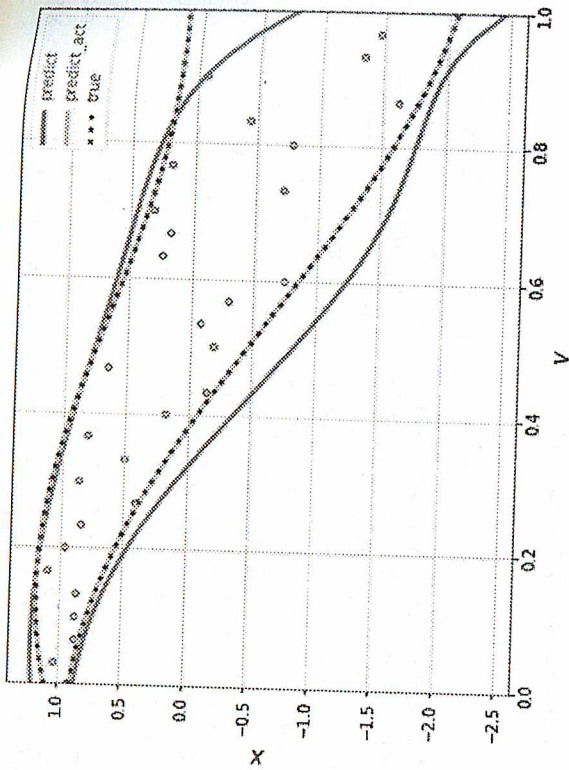


Рис. 2. Граничные линии параметрического идентификатора

Выводы.

1. Предложен подход к обучению модели параметрического идентификатора с использованием принципов активного обучения.
2. Активное обучение позволяет обучать модель параметрической идентификации объекта, обеспечивая наилучший результат из всех возможных.
3. Активное обучение является эффективным методом борьбы с переобучением модели.

Литература

1. Дементий Ю. А., Шорников Е. В. Машинное обучение для интервальной оценки параметров объекта // Современные тенденции развития цифровых систем релейной защиты и автоматики: материалы науч.-техн. конф. молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО-2021». Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2021. С. 153–157.
2. Дементий Ю. А., Петряшин А. Е., Петряшин И. Е. Анализ применимости классических алгоритмов ml в практических задачах энергетики // Современные тенденции развития цифро-