

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Егорчева Михаила Вячеславовича на тему «Полуэмпирическое нейросетевое моделирование нелинейных динамических систем», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Как это следует из автореферата, **целью** данной работы является распространение полуэмпирического нейросетевого подхода на моделирование управляемых динамических систем в непрерывном времени, а также исследование методов обучения полуэмпирических нейросетевых моделей.

Актуальность исследования обусловлена тем фактом, что на сегодняшний день возможности средств математического и компьютерного моделирования отстают от потребностей таких областей как авиация и ракетно-космическая техника, робототехника, управление сложными производственными процессами и др. Свойства соответствующих технических систем могут изменяться непредсказуемым образом в процессе их эксплуатации, например, в связи с повреждениями конструкций. Номинальные модели таких объектов, не учитывающие указанных изменений, могут приводить к возникновению критических ситуаций, если они используются, например, в составе их систем управления. Одним из возможных способов решения данной проблемы является формирование адаптивных моделей, обладающих способностью перенастраиваться для сохранения адекватности изменившимся свойствам моделируемого объекта. Данным свойством адаптивности обладают модели на основе искусственных нейронных сетей. Однако, в классическом нейросетевом подходе полностью игнорируются имеющиеся теоретические знания об объекте моделирования, что снижает их точность и надежность. Рассматриваемый полуэмпирический нейросетевой подход компенсирует этот недостаток, сохраняя в то же время достаточную гибкость и возможность адаптации. Подобный подход позволяет снизить количество весов сети в сравнении с моделями типа «черный ящик», и повысить их обобщающую способность (их точность на независимой тестовой выборке), и может рассматриваться в качестве способа регуляризации модели путем привнесения априорных теоретических знаний предметной области.

Результаты диссертационной работы обладают **научной новизной** в трех областях исследования.

1. В области математического моделирования: полуэмпирический нейросетевой подход к математическому моделированию управляемых динамических систем распространен на случай непрерывного времени;

2. В области численных методов: предложен алгоритм обучения полуэмпирической нейросетевой модели в непрерывном времени на основе


метода продолжения решения по параметру, а также два алгоритма оценки значений производных функции ошибки и алгоритм планирования эксперимента для идентификации управляемых динамических систем;

3. В области комплексов программ: разработан и зарегистрирован программный комплекс «Нейросетевое полуэмпирическое моделирование управляемого движения летательных аппаратов».

Теоретическая и практическая значимость работы состоят в том, что класс полуэмпирических нейросетевых моделей позволяет уменьшить количество обучаемых весов и время обучения, а также повысить обобщающую способность нейросетевых моделей путем учета априорных теоретических знаний предметной области. Предложенный класс моделей может быть применен к задачам идентификации и последующего управления с прогнозирующей моделью для нелинейных, многомерных и нестационарных управляемых динамических систем. В частности, эти модели могут быть использованы для разработки систем управления движением маневренных беспилотных летательных аппаратов.

В качестве **замечания** к автореферату можно отметить чересчур краткое описание структуры разработанного программного комплекса. Кроме того, некоторые графики в тексте автореферата являются слишком мелкими для подробного изучения.

Данные замечания не снижают общую положительную оценку рассматриваемой диссертационной работы. Как следует из представленного автореферата, работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Егорчев Михаил Вячеславович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Кандидат технических наук,
профессор Высшей школы киберфизических систем и управления
Института компьютерных наук и технологий
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Станкевич Лев Александрович

Адрес: 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая, 29
Тел.: +7(812)297-42-14
E-mail: Stankevich_lev@inbox.ru

