

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тюменцева Юрия Владимировича на тему
«Нейросетевое моделирование адаптивных динамических систем»,
представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка
информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Одним из ключевых элементов процессов создания и эксплуатации технических систем различного назначения является формирование математических и компьютерных моделей этих систем и их элементов. По мере роста сложности создаваемых систем растут и требования к их моделям, а также к средствам, привлекаемым для разработки этих моделей. Типичным для создаваемых перспективных систем является высокий уровень сложности моделируемых объектов и процессов, их многомерность, нелинейность и нестационарность, многообразие и сложность функций, реализуемых моделируемым объектом. Обеспечение безопасности эксплуатации таких систем требует рассматривать не только их функционирование в заданных условиях, но и ситуации, когда под воздействием факторов внутреннего и/или внешнего характера система изменяет свойства. Соответственно, возникает проблема оперативного восстановления адекватности модели объекту моделирования, т.е. наделения создаваемой системы и ее модели свойством адаптивности. Традиционные средства математического и компьютерного моделирования, в частности, дифференциальные уравнения, не позволяют решать такого рода проблему. В связи с этим **актуальным** является поиск новых средств моделирования нелинейных управляемых систем, действующих в условиях существенных и разнородных неопределенностей. Наличие моделей подобного рода открывает новые возможности для решения задач управления сложными динамическими системами.

Вариант, альтернативный традиционному подходу, потенциально обеспечивающий возможности решения данной проблемы, основывается на использовании аппарата искусственных нейронных сетей и основанных на них нейросетевых технологий, которые зарекомендовали себя как эффективное средство создания нелинейных моделей, пригодных для использования в условиях неопределенности. Однако традиционные нейросетевые модели интерпретируют рассматриваемую систему как «черный ящик», что существенно ограничивает возможности данного подхода применительно к многомерным системам. В рассматриваемой диссертационной работе предлагается решать эту проблему за счет введения в нейросетевую модель элементов, основанных на знании о моделируемом объекте, что позволяет существенно повысить размерность моделируемых систем. Формирование класса гибридных (полуэмпирических) моделей динамических систем, реализующих этот подход, а также соответствующего комплекса алгоритмов составляет **предмет** рассматриваемой диссертационной работы.

Реализация целей диссертационной работы потребовала решения значительного числа задач. Полученные результаты обладают **научной новизной**, состоящей в том, что разработан подход к гибриднему нейросетевому моделированию динамических систем и основанный на нем класс моделей полуэмпирического типа, объединяющий теоретические знания об объекте моделирования и экспериментальные данные о его поведении; разработано унифицированное структурное описание нейросетевых моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей; разработан композиционный подход к синтезу нейросетевых моделей, основанный на интерпретации такой модели как разложения по обобщенному функциональному базису; разработаны алгоритмы формирования нейросетевых моделей полуэмпирического типа, а также алгоритмы их структурной корректировки и параметрической настройки; разработаны методы и алгоритмы получения обучающих данных для нейросетевых моделей динамических систем; разработан подход к решению

задачи идентификации характеристик динамических систем, представляемых в виде нелинейных функций многих переменных; сформирована типология динамических систем, обеспечивающая единый контекст для решения задач анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик при создании перспективных технических систем различных классов.

Теоретическая ценность результатов, полученных в диссертации, состоит в том, что разработан новый класс математических и компьютерных моделей, позволяющих сочетать знания об объекте моделирования с методами и средствами формирования искусственных нейронных сетей, что дает возможность работать с моделями многомерных систем, а также наделять их свойством адаптивности.

Практическая значимость этих результатов заключается том, что появляется возможность решать задачи анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик для систем с размерностью существенно выше, чем это доступно для традиционных методов, а также позволяет осуществлять оперативную подстройку модели непосредственно в процессе функционирования системы.

В качестве **замечания** по работе следует отметить, что трудности, возникающие при обучении динамических нейросетевых моделей, связаны не только со сложным рельефом функции ошибки сети. Существенное влияние оказывают также потенциально возможная бифуркация динамики сети, а также проблема долговременных зависимостей, которым в работе уделено недостаточное внимание.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки рассматриваемой диссертационной работы, которая, как это следует из представленного автореферата, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор, Тюменцев Юрий Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией
адаптивных методов обработки данных НИИЯФ МГУ

С.А.Доленко

09.11.2016

Доленко Сергей Анатольевич
Заведующий лабораторией адаптивных методов обработки данных Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
Адрес: 119991, Россия, Москва, микрорайон Ленинские Горы, д.1, с.2 (корпус физического факультета), южное крыло.
Рабочий телефон: +7 (495) 939 46 19
Email: dolenko@srd.sinp.msu.ru

Подпись С.А.Доленко удостоверяю
Учёный секретарь НИИЯФ МГУ, профессор



С.И.Страхова