

ОТЗЫВ

научного консультанта В.С. Брусова на диссертационную работу 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)»

Ю.В. Тюменцев окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе в 1971 г. по специальности «Динамика полета и управление летательных аппаратов». В течение ряда лет он занимался проблемами динамики полета и управления самолетов, а также проблемами их автоматизированного проектирования. Кандидатскую диссертацию защитил в 1981 г. по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

С начала 1990-х гг. он включился в исследование проблем информационных технологий, основанных на концепции искусственной нейронной сети, а также проблем применения этих технологий для решения задач анализа движения, синтеза управления и идентификации неизвестных характеристик динамических систем (ДС), прежде всего летательных аппаратов различных классов.

В рамках этих исследований Ю.В. Тюменцевым сформирован новый подход к математическому и компьютерному моделированию динамических систем, обладающих свойством адаптивности. Этот подход позволяет объединить имеющиеся теоретические знания о ДС с экспериментальными данными о ее поведении с тем, чтобы обеспечить решение задач анализа, синтеза и идентификации ДС, возникающих при создании технических систем, в частности, высокоавтоматизированных пилотируемых и роботизированных беспилотных летательных аппаратов, действующих в условиях разнообразных неопределенностей, включая неопределенности, порождаемые неконтролируемыми возмущениями, действующими на ДС; неполное и неточное знание свойств и характеристик ДС и условий, в которых она будет действовать; неопределенности, порождаемые изменением свойств ДС из-за отказов ее оборудования и повреждений в конструкции.

Развиваемый Ю.В. Тюменцевым подход имеет комплексный характер, его реализация потребовала решения целого ряда разноплановых научно-технических задач. В частности, для обеспечения единого контекста для решения упомянутых выше задач, с позиций общей теории систем построена соответствующая типология динамических систем. Разработан нейросетевой подход к обеспечению адаптивности ДС за счет ансамблевой архитектуры используемых нейронных сетей (НС), введения в НС вставочных подсетей и использования инкрементного обучения НС. Разработан новый класс математических и компьютерных моделей

ДС (полуэмпирические НС-модели или модели типа «серый ящик»), представляющих собой НС-модели гибридного типа, обладающие адаптивностью, объединяющие теоретические знания о ДС и экспериментальные данные о ее поведении. Для таких НС-моделей предложено унифицированное структурное описание, композиционный подход к их синтезу, методы и алгоритмы получения обучающих данных, а также алгоритмы параметрической настройки (обучения). Систематизированы имеющиеся результаты в области адаптивного и интеллектуального управления ДС, а также результаты, относящиеся к различным подходам к моделированию таких систем, с акцентом на средства НС-моделирования. Разработан новый подход к решению задачи НС-идентификации характеристик ДС, описываемых нелинейными функциями многих переменных. Работоспособность данного подхода продемонстрирована на примере задачи идентификации коэффициентов аэродинамических сил и моментов ЛА. Проведен обширный цикл вычислительных экспериментов для верификации разработанных полуэмпирических НС-моделей и методов их формирования, сопоставления их с традиционными НС-моделями типа «черный ящик», а также для анализа возможностей НС-моделирования с точки зрения задач адаптивного управления для ЛА различных классов.

Научная новизна диссертационной работы Ю.В. Тюменцева состоит в том, что разработан класс гибридных НС-моделей полуэмпирического типа, объединяющий теоретические знания об объекте моделирования и экспериментальные данные о его поведении; разработан композиционный подход к синтезу статических и динамических НС-моделей, основанный на интерпретации НС-модели как разложения по обобщенному функциональному базису; разработано унифицированное структурное описание НС-моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей; разработаны алгоритмы формирования гибридных НС-моделей полуэмпирического типа, а также алгоритмы их структурной корректировки и параметрической настройки; разработаны методы и алгоритмы получения обучающих данных для НС-моделей динамических систем; для ДС разработан подход к решению задачи идентификации их характеристик как нелинейных функций многих переменных; сформирована типология ДС, обеспечивающая единый контекст для решения задач анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик при создании перспективных технических систем различных классов.

Предложенный в диссертации класс нейросетевых моделей ДС, а также методы синтеза и параметрической настройки таких моделей открывают новые возможности для решения задач управления поведением сложных технических систем, включая их роботизированные варианты, в условиях неопределенности. Полученные результаты могут быть использованы разработчиками перспективных ЛА при формировании алгоритмов адаптивного и интеллек-

туального управления их поведением, а также анализа их поведения и решения задач идентификации характеристик.

Дальнейшее развитие направления исследований, разработанного Ю.В. Тюменцевым, представляется весьма перспективным как с научной, так и с практической точек зрения, особенно применительно к активно исследуемой в последние годы проблеме роботизации летательных аппаратов, с целью существенного повышения их эффективности при решении сложных целевых задач, а также выживаемости в неблагоприятных условиях.

Результаты, полученные Ю.В. Тюменцевым в ходе выполнения диссертационной работы, с достаточной полнотой представлены в монографии, в 86 публикациях (в рецензируемых журналах и сборниках научных трудов, в сборниках тезисов конференций), включая 20 статей в журналах из перечня ВАК РФ, 9 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, 42 публикации в изданиях, индексируемых в РИНЦ. Общий объем публикаций Ю.В. Тюменцева составляет 123 работы. Получаемые результаты обсуждались на 21 международной, 13 всероссийских и 5 отраслевых конференциях. Были получены также 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Получаемые материалы исследований активно используются в учебном процессе МАИ. Изданы два учебных пособия по тематике нейросетевого моделирования, подготовлены и в течение ряда лет читаются курсы лекций по оптимальному и адаптивному управлению, нейросетевым технологиям моделирования для студентов кафедры 106 «Динамика и управление летательных аппаратов» и кафедры 806 «Вычислительная математика и программирование». Работа была поддержана госконтрактами Минобрнауки РФ (№ 14.740.11.0997, 2011–2013 гг.; № 865, 2014–2016 гг.).

Диссертационная работа Тюменцева Ю.В. представляет собой ценный вклад в решение проблем моделирования движения динамических систем, идентификации их характеристик и адаптивного управления ими, является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ. С полной уверенностью считаю, что Юрий Владимирович Тюменцев заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Научный консультант,
доктор технических наук, профессор,
специальность 05.07.09 «Динамика,
баллистика, управление движением
летательных аппаратов»

Подпись Брусова В.С. удостоверяю,
декан факультета «Авиационная
техника» МАИ



В.С. Брусов
А.В. Ефремов

