



ул. Кантемировская д. 8, Санкт-Петербург,
Россия, 197342 Тел. (812) 295-50-69,
Факс (812) 542-18-49

www.inteltech.ru E-mail: intelteh@inteltech.ru
ОКПО 07503490, ОГРН 1027801525608,
ИНН/КПП 7802030605/781401001

15.11.2016 № ПРМЧ-5/405

На № _____ от _____

У Т В Е Р Ж Д А Ю
Первый заместитель
генерального директора
ПАО «Интелтех»
по научной работе,
кандидат военных наук

И.А. Кулешов

2016 г.

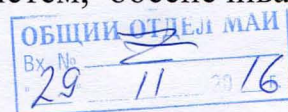


ОТЗЫВ

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)»

Широкое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛ) и возрастание требований к автономности их функционирования привело к необходимости глубокой проработки вопросов управления полетом БПЛ, особенно при возникновении особых ситуаций, связанных отказами оборудования и повреждениями конструкции. Нештатные ситуации могут приводить к непредсказуемым изменениям динамических свойств планера или двигательной установки летательного аппарата. В пилотируемой авиации в подобных случаях обычно вмешивается человек, оказывающие супервизорное воздействие на систему управления, в то время как для обеспечения живучести БПЛ необходимо реализовать возможность автоматической адаптации системы управления к нештатным воздействиям. Наличие неопределенности в значениях параметров модели БПЛ и в характере воздействия внешней среды существенно усложняет задачу создания автономной системы управления. Проблема адаптации имеет общий характер. Не смотря на существующие достижения в развитии теории, вопросы адаптивного управления многомерными сложными нелинейными многомерными динамическими объектами в условиях неопределенности до сих пор являются весьма актуальными.

Для решения данной проблемы требуется создание новых средств моделирования сложных нелинейных управляемых систем, обеспечивающих



адаптивность моделей для оперативного восстановления их адекватности при изменениях в свойствах моделируемой системы.

Предметом исследования диссертационной работы являются модели многомерных нелинейных динамических систем летательных аппаратов и адаптивные законы управления бортовых комплексов, обеспечивающие заданные показатели качества системы управления полетом.

В качестве основного инструмента, обеспечивающего решение этой проблемы, используется нейросетевая технология, зарекомендовавшая себя как эффективное средство решения многомерных нелинейных задач, в том числе и в условиях неопределенности. Автором концептуально предложен класс нейросетевых моделей гибридного типа («серый ящик»), основанных на использовании не только экспериментальных данных о поведении системы (как это имеет место для традиционных нейросетевых решений), но и теоретических знаний о моделируемой системе, заданных в форме дифференциальных уравнений.

Целью диссертационной работы является формирование нейросетевого подхода к математическому и компьютерному моделированию адаптивных динамических систем, позволяющего объединить имеющиеся теоретические знания о динамической системе с экспериментальными данными об ее поведении.

Получаемые в итоге полуэмпирические модели обеспечивают высокую точность решения задач анализа поведения систем, а также задач идентификации их характеристик, что недоступно для моделей типа «черный ящик».

В результате решения поставленных задач получен **ряд новых научных результатов**, в числе которых:

- класс гибридных полуэмпирических нейросетевых моделей динамических систем, объединяющий теоретические знания об объекте моделирования и экспериментальные данные о его поведении;
- унифицированное структурное описание нейросетевых моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей;
- композиционный подход к синтезу статических и динамических нейросетевых моделей, основанный на интерпретации таких моделей как разложений по обобщенному функциональному базису;
- алгоритмы формирования полуэмпирических нейросетевых моделей, а также алгоритмы их структурной корректировки и параметрической настройки;
- методы и алгоритмы получения обучающих данных для нейросетевых моделей динамических систем;

- подход к решению задачи идентификации характеристик динамических систем как нелинейных функций многих переменных;
- типология динамических систем, обеспечивающая единый контекст для решения задач анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик при создании перспективных технических систем различных классов.

Основным агрегирующим результатом является разработка комплекса методов и средств, обеспечивающих решение задач адаптивного отказоустойчивого управления нелинейными динамическими системами.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что разработанный в диссертации класс полуэмпирических нейросетевых моделей динамических систем, вместе с методами их формирования, открывает новые возможности управления поведением сложных технических систем в условиях неопределенности. Полученные результаты могут быть использованы разработчиками перспективных систем для синтеза алгоритмов управления их поведением, а также для анализа их поведения и решения задач идентификации характеристик.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, показавшим хорошее совпадение с теоретическими выводами.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Для построения структуры нейросетевой модели предлагается использовать порождающий подход, основанный на иерархическом представлении линейной функции в виде линейной комбинации базисных функций. Из автореферата не ясно как осуществить выбор набора базисных функций и реализовать процедуру последовательной декомпозиции?
2. В принятой процедуре структурного синтеза на основе порождающего подхода, структура модульной нейронной сети зависит от выбора базисных функций, что не позволяет стратифицировать нейросетевую модель по уровням параметрического и структурного представлений. Невозможность стратификации нивелирует ценность структурного описания нейросетевой модели.
3. Обучающий набор для нейросетевых моделей предлагается формировать на основе гармонических тестовых возмущающих сигналов. В автореферате не раскрыто, почему такое решение является оптимальным по информативности в задаче обучения?
4. В автореферате не раскрыт механизм сегментации обучающего набора и редукции процедуры обучения к последовательности задач на подмножествах обучающего набора.

Перечисленные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые научно обоснованные

результаты, имеющие важную теоретическую и прикладную значимость. Полученные результаты решают научно-техническую проблему создания комплекса методов и средств, обеспечивающих решение задач адаптивного отказоустойчивого управления нелинейными динамическими системами летательных аппаратов, имеющую важное хозяйственное значение.

Как можно судить по представленному автореферату, диссертационная работа полностью отвечает критериям раздела II «Положения о присуждении учёных степеней» № 842 от 24.09.2013 г. предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, 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)».

Главный научный сотрудник
ПАО «Интелтех», доктор технических
наук, профессор кафедры автоматики
и процессов управления Санкт-
Петербургского государственного
электротехнического университета
«ЛЭТИ»



Дорогов Александр Юрьевич

Публичное акционерное общество «Информационные телекоммуникационные технологии (ПАО «ИНТЕЛТЕХ»)
197342, Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8
Телефон: +7 (812) 295-50-69
Факс: +7 (812) 542-18-49
Официальный сайт: <http://inteltech.ru/>
E-mail: intelteh@inteltech.ru