

## О Т З Ы В

*на автореферат диссертации Егорчева Михаила Вячеславовича «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*

**Актуальность темы.** Традиционным аппаратом математического и компьютерного моделирования динамических систем являются дифференциальные уравнения. Модели, основанные на дифференциальных уравнениях, в сочетании с соответствующими численными методами, широко применяются для осуществления прогноза поведения различных динамических систем. Тем не менее, на практике возникает ряд проблем, которые нельзя решить традиционными методами. Подобная ситуация складывается, когда свойства объекта моделирования, а также среды, в которой он функционирует, не поддаются строгой формализации. Чтобы компенсировать имеющиеся неопределенности, модель должна обладать свойством адаптивности. Данным свойством обладает получивший широкое распространение класс искусственных нейросетевых моделей. Однако, классический нейросетевой подход к моделированию полагается исключительно на экспериментальные данные о поведении системы, при этом игнорируя накопленные теоретические знания предметной области. По этой причине, актуальным является развитие гибридного, полуэмпирического подхода, объединяющего возможности теоретического и эмпирического подходов.

**Научная новизна диссертационной работы.** Полуэмпирический нейросетевой подход к моделированию управляемых динамических систем распространен на случай непрерывного времени, что расширяет границы его применимости, и увеличивает его гибкость по отношению к применению различных численных методов интегрирования. Предложенный алгоритм обучения на основе метода гомотопии с варьируемым горизонтом прогноза, в сочетании с соответствующими алгоритмами оценки значений производных функции ошибки, представляют собой эффективный подход к настройке параметров нейросетевых моделей динамических систем.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.** Предложенный класс полуэмпирических нейросетевых моделей в непрерывном времени, в сочетании с алгоритмом их обучения, позволяют повысить точность теоретических моделей за счет экспериментальных данных о поведении конкретного объекта моделирования.

Также следует отметить, что чисто эмпирические модели в дискретном времени, такие как рекуррентная нейронная сеть Элмана, возлагают на себя не только решение задачи аппроксимации правой части системы обыкновенных дифференциальных уравнений, но и метода их интегрирования, что приводит

к излишнему усложнению подобных моделей. В свою очередь, в рамках полуэмпирического подхода, эти две задачи разделяются, а метод интегрирования может быть явным образом задан. Выбор конкретного метода осуществляется на основании теоретических знаний предметной области, а также методов вычислительной математики, что служит еще одним элементом теоретического знания, привносимого в эмпирическую модель.

Рассмотренный соискателем класс полуэмпирических нейросетевых моделей может быть применен к задачам моделирования и идентификации нелинейных, многомерных и нестационарных динамических систем.

#### **Замечания по автореферату.**

1. В автореферате не представлены данные о времени обучения нейронной сети, а также технические характеристики используемых для этой цели ЭВМ.

2. Учитывая современные подходы к обработке больших данных, было бы целесообразно рассмотреть вопрос распараллеливания вычислений с использованием графических процессоров.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы. В целом, судя по автореферату, диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и 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, доцент,  
заведующий кафедрой «Информатика и программное обеспечение»  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Подвесовский Александр Георгиевич

15 ноября 2018 г.

Адрес: 241035, Центральный Федеральный округ, Брянская область, город  
Брянск, бульвар 50 лет Октября, дом 7  
Тел.: +7(4832)56-09-84  
E-mail: [apodv@tu-bryansk.ru](mailto:apodv@tu-bryansk.ru)

