

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гаврилова Андрея Сергеевича «Методы эмпирической реконструкции пространственно распределенных динамических систем и их приложение к изучению климатических процессов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиоп физика.

В диссертации Гаврилова А.С. предложены новые методы исследования сложных пространственно распределенных динамических систем, демонстрирующих хаотическое поведение. Эти методы основаны на построении малопараметрических нелинейных эмпирических моделей по пространственно-временным рядам данных исходной системы. В качестве приложений рассматриваются задачи анализа данных наблюдений поведения климатической системы Земли, полученные с помощью натуральных измерений и традиционного численного моделирования.

В диссертации предложен новый метод эмпирической реконструкции оператора эволюции системы, применимый к пространственно распределенным данным и напрямую учитывающий их автокорреляционные функции и зависимость системы от внешних воздействий. Разработан и реализован новый метод редукции размерности пространственно-временных рядов данных, основанный на поиске нелинейных динамических мод. В том числе, сделано обобщение этого метода на многомерный случай.

Эффективность методов показана с помощью их тестирования на модельных задачах. Далее они применяются для выделения мод изменчивости и построения эмпирических нелинейных моделей на основе данных о температуре поверхности океана (ТПО), полученных как путем натуральных измерений, так и с помощью климатических моделей. Предложенные подходы позволяют выделить основные моды долгопериодной изменчивости ТПО и детектировать наблюдаемые "климатические сдвиги". Получен важный результат, характеризующий климатические изменения динамики Земной системы, и проявляющийся в изменении характера дальних связей Эль-Ниньо Южного Колебания, имеющих линейную структуру в доиндустриальный период и существенно нелинейную структуру в современном климате.

Несомненным достоинством подхода является возможность сравнить реальную климатическую систему и ее аналоги, представленные численными моделями климата, с точки зрения соответствия их нелинейной динамики. Подобное сравнение выполнено в диссертации на примере анализа изменчивости ТПО в модели климата ИВМ РАН. Построенная автором эмпирическая модель индексов Эль-Ниньо Южного Колебания имеет предсказательную силу на временных масштабах от месяца до года и внедрена в оперативный ансамбль прогнозов этого явления.

Представляется, что предложенные автором подходы могут быть обобщены на широкий класс задач гидротермодинамики, помимо климатических исследований. В частности, перспективным направлением их применения может быть тестирование

динамики малоразмерных моделей турбулентных течений, использующих различные замыкания для подсеточной турбулентности.

Основные результаты диссертации отражены в публикациях автора в ведущих тематических журналах. Эти результаты докладывались и обсуждались на международных и российских конференциях. Работа и ее представление выполнены на исключительно высоком научном уровне. Автореферат полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК, и ясно отражает суть выполненного исследования. Считаю, что Гаврилов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – радиофизика.

Ведущий научный сотрудник ИВМ РАН  
Доктор физико-математических наук

Глазунов А.В.

Адрес: 119333, г. Москва, ул.Губкина, д.8, Институт вычислительной математики РАН им. Г.И.Марчука  
e-mail: and.glas@gmail.com  
Тел: +7(905)797-93-96

Я, Глазунов Андрей Васильевич, выражаю согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

Подпись Глазунова А.В. заверяю  
Ученый секретарь ИВМ РАН

Шутяев В.П.

01.10.2019

