

## О Т З Ы В

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 — Радиофизика.

Диссертационная работа А.С. Гаврилова посвящена разработке методов построения стохастических моделей пространственно-распределенных систем по наблюдаемым многомерным временным рядам и приложениям этих методов для анализа процессов в климатической системе Земли. Тематика работы актуальна и практически значима, в частности, в связи с задачами прогноза крупномасштабных климатических процессов. Ее фундаментальное значение обусловлено важностью и универсальностью рассматриваемой обратной задачи динамики. По используемому математическому аппарату и основным идеям диссертационная работа полностью соответствует специальности 01.04.03 – «радиофизика».

Основным средством моделирования в работе служит использование искусственных нейронных сетей для представления как «детерминированной компоненты» модельных уравнений (1), так и интенсивности шумовой составляющей, а также задержанных координат в качестве вектора состояния. В первой главе развивается метод получения такой модели без учета особенностей пространственно-распределенных систем, т.е. без проблем, связанных с высокой размерностью наблюдаемого вектора. При рассмотрении же таких систем используется снижение размерности известным (линейным) методом главных компонент. В следующих главах автором проводятся обобщения метода главных компонент для более гибкого учета возможных нелинейных зависимостей между переменными в различных пространственных точках. При этом автором используется предположение о том, что наблюдаемая в каждой пространственной точке есть функция от небольшого количества скрытых переменных. В главе 2 скрытые переменные названы нелинейными главными компонентами, а упомянутая функция является суммой нелинейных функций одного аргумента (каждой главной компоненты отдельно). Значения этой функции в разных точках составляют нелинейную динамическую моду по терминологии автора. В третьей главе зависимость обобщается, так что наблюдаемая в каждой точке есть функция всех скрытых переменных. Она определяет многомерную нелинейную динамическую моду по терминологии автора.

При решении сложной некорректной обратной задачи, стоящей перед автором, им предложены надежные конструктивные методы подбора структуры нелинейных функций и оценки параметров модели. Проведены интересные приложения как для глобального поля температур земной поверхности (главы 2 и 3), так и для прогноза процессов Эль-Ниньо/Южное колебание в тропическом поясе Земли (глава 4). Весьма интересна попытка




применения низкоразмерной модели (двумерная нелинейная динамическая мода) к анализу данных о поле температур земной поверхности. С одной стороны, как и при применении линейного метода главных компонент, возникают опасения, а не внесет ли такая низкоразмерная модель своих искажений и не даст ли искусственные дальние связи. Для снижения таких эффектов в линейном подходе многие авторы используют «повернутые главные компоненты», что повышает пространственную локализацию. С другой стороны, с чего-то нужно начинать. Так что попытка автора вполне целесообразна, причем интересно, что результаты воспроизводятся при использовании двух вариантов нелинейного анализа (главы 2 и 3) и отличаются от линейного анализа. Это может свидетельствовать об относительной грубости полученных результатов и одновременно их информативности по сравнению с предшественниками. Большим плюсом работы является, конечно, результат приложения развитых методов для прогноза Эль-Ниньо, получивший признание научного сообщества.


В качестве замечаний отмечу, во-первых, что вопрос о возможных искусственно вносимых дальних связях остается. Не вполне ясно, пытался ли автор как-то учесть и снизить подобные эффекты. Во-вторых, автором несколько раз упоминается, что в модели принимаются во внимание причинно-следственные связи, но это никак не комментируется. В силу высокой степени общности этого термина остается совершенно неясным, что имеется в виду под такими связями в данной работе, как их можно было бы не учитывать и насколько это в итоге оказалось важно.

Эти замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Работа грамотно написана, логично организована, результаты убедительно обоснованы. Работа представляет собой научное исследование, выполненное на высоком уровне квалификации, содержащее ряд ценных в научном и практическом плане результатов. Результаты работы очень хорошо опубликованы – 6 статей в авторитетных журналах, в том числе Scientific Reports. Получены четыре свидетельства о регистрации программ.

Можно заключить, что диссертационная работа Гаврилова Андрея Сергеевича полностью удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «радиофизика».

17.10.2019

Ведущий научный сотрудник Саратовского филиала  
Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,  
профессор РАН, д.ф.-м.н.  Смирнов Дмитрий Алексеевич  
Адрес: 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38. Тел.: (8452)39-12-55  
E-mail: smirnovda@yandex.ru

Подпись Смирнова Д.А. заверяю, зам. директора СФирЭ  
им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н.  Селезнев Е.П.

