

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Чечурина Леонида Сергеевича на диссертацию Шериха Ахмеда Абделхамида Мохамеда Ахмеда на тему: **«Аналитико-численное исследование хаотической динамики в системах целого и дробного порядка»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Одной из важных инженерных задач управления хаотическими системами является задача синхронизации, в которой необходимо обеспечить синхронное поведение двух взаимосвязанных хаотических систем с одинаковыми или разными хаотическими аттракторами: на основе поведения ведущей системы (master system) необходимо так управлять поведением ведомой системы (slave system), чтобы обеспечить их синхронизацию и робастность к возможному воздействию шумов и возмущений. Для решения задачи синхронизации хаотических систем традиционно применяются методы активного управления, адаптивного управления, синтеза законов скользящего управления и др. При проектировании таких систем синхронизации в расчет необходимо также принимать динамические свойства каждой из хаотических систем, связанные с мультиустойчивостью и числом возможных самовозбуждающихся, а также скрытых аттракторов, сосуществующих в фазовом пространстве.

Диссертация Шериха Ахмеда Абделхамида Мохамеда Ахмеда посвящена исследованию динамики некоторых важных комплекснозначных моделей целого и дробного порядка, а также применению полученных результатов анализа данного класса систем для проектирования систем синхронизации и безопасной передачи данных. Фактически, такие комплекснозначные модели используются для описания и моделирования многих проблем в физике, механике и других дисциплинах. По сравнению с вещественными моделями, комплекснозначные модели, имея более высокую размерность своего фазового пространства, могут обладать и более сложной, гиперхаотической, динамикой.

Автором диссертации разработаны аналитико-численные методы оценки границ глобальной устойчивости и локализации скрытых аттракторов и переходных (transient) хаотических множеств для таких систем. В дальнейшем в диссертации разработаны различные стратегии синхронизации для комплекснозначных систем целого и дробного порядка. Одним из основных и важных в этой части является результат, связанный с достижением синхронизации для систем с мультиустойчивостью и скрытыми аттракторами. В частности, автором реализована улучшенная процедура синхронизации хаотических электронных цепей Чуа. Кроме этого, на основе предложенных стратегий синхронизации разработаны различные схемы защищенной коммуникации, а для проверки устойчивости таких схем используются различные типы маскированных информационных сообщений.

Результаты диссертации были представлены на международных и российских конференциях. Основные результаты изложены диссертантом в 6 статьях в рецензируемых журналах, 4 из них – в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science. Статья по методам синхронизации опубликована в журнале *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* (Q1, IF:3.263). Статья про анализ границ глобальной устойчивости комплекснозначной модели Лоренца подана на рассмотрение

в журнал *Nonlinear Dynamics* (Q1, IF:5.022). Работа выполнена на высоком научном уровне, качественно, демонстрирует прекрасное владение соискателем математическим аппаратом и умение представить результаты для обсуждения в ясной форме. Существенное количество замеченных литературных шероховатостей в русском варианте диссертации вполне объяснимо языковыми трудностями и полностью компенсировано прекрасным англоязычным.

Несмотря на большой объем проделанной работы и общее положительное впечатление представляется возможным задать следующие уточняющие вопросы по содержанию диссертации:

- 1) Для проверки робастности разработанной схемы безопасной передачи данных автор использовал только добавки белого гауссовского шума с различными значениями среднего. Проверялись ли, в качестве возмущений, шумы других цветов и проводились ли оценки границ робастности схемы; например, оценки на значения параметров шума, при которых схема переставала работать?
- 2) Для проверки работоспособности схемы безопасной передачи данных автор использовал изображения в градациях серого. Каковы будут возможные методы шифрования в случае цветных изображений? А также в случае, например, не изображений, а аудиосигналов?

Диссертация Шериха Ахмеда Абделхамида Мохамеда Ахмеда на тему: «Аналитико-численное исследование хаотической динамики в системах целого и дробного порядка» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Шерих Ахмед Абделхамид Мохамед Ахмед заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.



Член диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор Технологического университета Лаппеенранты-Лахти
Почтовый адрес: P.O.Box 20, FI-53851 Lappeenranta, Finland
Электронная почта: Leonid.Chechurin@lut.fi
Телефон: +358 50 4419 193

Чечурин Л.С.

06 июня 2022