

Отзыв
официального оппонента
на диссертацию Емельяновой Анастасии Александровны
«Смешанная динамика в коэволюционных ансамблях
осцилляторов Курамото»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности «1.3.4 - Радиофизика»

Диссертационная работа А.А. Емельяновой посвящена исследованию важных (как с теоретической, так и с прикладной точек зрения) обобщений системы Курамото. Система Курамото является универсальной моделью коллективного поведения в колебательных сетях со слабыми связями. В работе рассматриваются модели Курамото, элементы которых взаимодействуют посредством меняющейся во времени симплексной связи. Подобные системы служат феноменологическими моделями сетей связанных нейронов, функционирующих, например, в коре головного мозга. В диссертации проведено исследование сетей различной размерности с симплексными связями первого и второго порядка. Описано влияние изменения параметров в рассматриваемых системах (расстройка частот, изменения правил адаптации) на динамические режимы сетей. Обнаружены различные типы синхронизации: полная, противофазная, частичная (химеры), описаны механизмы переходы между ними. Полученные результаты имеют приложения к задачам генерации шумоподобных автоколебаний и нейродинамики.

Диссертация включает в себя введение, четыре содержательных раздела, в которых описаны полученные результаты, заключение и приложение с некоторыми деталями численного счета. Во введении отмечена актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость, четко сформулированы выносимые на защиту результаты. В главе 1 изложены результаты исследования модели двух осцилляторов, связанных симплексной связью первого порядка. Установлено, что при наличии малой расстройки собственных частот и при правилах адаптации, близких к обратному правилу Хебба, в системе одновременно существуют хаотический аттрактор и хаотический репеллер, а инвариантные многообразия их седловых траекторий пересекаются, что свидетельствует о наличии в системе третьего типа хаоса - смешанной динамики. Кроме того, в этой главе описана процедура построения генератора, реализующего описанные режимы. Таким

образом, теоретические и численные исследования подтверждены экспериментально.

Вторая глава посвящена исследованию динамики сети осцилляторов, связанных симплексной связью первого порядка. Исследовано совместное влияние параметра коэволюции и силы связи на динамику системы. Продемонстрировано, что, в зависимости от параметров, в сети реализуются синхронный или асинхронный режимы, а также режим частичной синхронизации (химерное состояние), который является промежуточным между ними.

В третьей и четвертой главе исследуются модели осцилляторов, связанных симплексной связью второго порядка. Здесь для модели трех осцилляторов обнаружена смешанная динамика, а в сети таких осцилляторов исследовано совместное влияние параметра адаптации и силы связи на динамику системы. Продемонстрировано, что, в отличие от случая симплексных связей первого порядка, в сети реализуются только два стационарных режима: синхронный или асинхронный.

Среди результатов работы на меня наибольшее впечатление произвело открытие явления смешанной динамики в рассматриваемых моделях. По сути, диссертантом открыт первый известный пример, где обнаружена смешанная динамика в обобщенных моделях Курамото. Более того, в диссертации обнаружен новый тип такого явления. Смешанная динамика обнаружена в необратимой (неревверсивной) системе. Теоретические и численные исследования подтверждены экспериментально. На основе предложенной модели построен генератор необратимой смешанной динамики, воспроизводящий режимы, предсказанные в исследованиях диссертанта.

Что касается замечаний к диссертационной работе, здесь, на мой взгляд, практически не к чему прицепиться. Работа выполнена на высочайшем уровне, а результаты подробно и аккуратно изложены. У меня лишь есть несколько мелких замечаний по оформлению работы:

- Названия глав достаточно громоздки и сходу не позволяют понять, в чем различия между приведенными в них исследованиями.
- Во введении ссылки на большинство работ приведены на русском языке, но некоторые работы (A. Winfree, T. Antonsen, A. Arenas, H. Daido, Y. Maistrenko, E. Ott, A. Pikovsky, H. Sakaguchi, S. Strogatz) приведены на английском языке. При этом на некоторые работы есть

ссылки, а на некоторые нет. Такое изложение несколько портит однородность текста.

- Для пояснения того, что такое n -мерный тетраэдр, на мой взгляд, удобно было бы привести иллюстрирующий рисунок.
- При упоминании смешанной динамики, мне кажется, уместно было бы упомянуть также Л.П. Шильникова. Именно в их совместной работе (1997) с С.В. Гонченко и Д.Тураевым была открыта возможность пересечения аттрактора и репеллера.
- В диссертационной работе приведен первый пример необратимой смешанной динамики. Полагаю, что после первого упоминания необратимости в данном контексте, следовало бы упомянуть, что рассматриваемая система не является нереверсивной (nonreversible). Иначе может показаться, что для рассматриваемых систем не существует обратных им систем.
- В диссертационной работе отдельно отмечена практическая значимость проведенных исследований. Однако, на мой взгляд, теоретическая значимость открытой необратимой смешанной динамики ничуть не меньше, и ее следовало бы отметить.
- В начале каждой из глав присутствует раздел «введение». Мне кажется, достаточно одного общего введения, а для каждой главы это слово можно было бы убрать.
- У работы [55] несколько авторов. Поэтому называть алгоритм расчета показателей Ляпунова в честь первого автора Беннетина некорректно.

Однако все эти замечания чисто стилистические и нисколько не умаляют достоинства проведенного диссертационного исследования. Подводя итог, считаю, что исследования, изложенные в диссертационной работе, вносят существенный вклад как в теорию динамических систем, так и в смежные разделы математики и радиофизики, связанные с исследованиями коллективной динамики. Все результаты по теме диссертации прошли рецензирование и были опубликованы в 19 работах (8 из которых в признанных международных журналах). Сама диссертационная работа выполнена на высоком уровне, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Выражаю свое согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации.

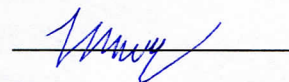
Официальный оппонент:

доктор наук по прикладной математике,
кандидат физико-математических наук,
главный научный сотрудник
лаборатории динамических систем и приложений,
профессор кафедры фундаментальной математики
НИУ ВШЭ

Казakov Алексей Олегович

тел.: +7 (831) 432-78-84

e-mail: kazakovdz@yandex.ru



12.09.2024

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 05.13.18 “Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ”

Адрес места работы:

603155, г. Нижний Новгород, ул. Большая Печерская, 25 / 12

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»



*Подпись Казакова А.О.
закрепена и.о. кандидата наук
Соловьева О.В. Соколов*