

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человека. Присутствовали на заседании 14 человек.

Председатель: д. физ.-мат. наук, Тучин Валерий Викторович

Ученый секретарь: д. физ.-мат. наук, Генина Элина Алексеевна

Повестка дня

Принятие к защите диссертации Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени», представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2. – Биофизика и 1.3.4 – Радиофизика.

Диссертация выполнена на кафедре динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» (СГУ) и в лаборатории моделирования в нелинейной динамике СФ ФГБУН «Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук» (ИРЭ РАН). Научные руководители: Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии СГУ и Прохоров Михаил Дмитриевич, доктор физ.-мат. наук, г.н.с., профессор РАН, руководитель лаборатории моделирования в нелинейной динамике ИРЭ РАН.

Слушали: председателя комиссии д.ф.-м.н. проф. Москаленко О. И., представившую положительное заключение комиссии в составе членов совета д.ф.-м.н. проф. Скрипаль А. В., д.ф.-м.н., проф. Павлов А. Н., д.ф.-м.н., проф. Безручко Б. П., д.ф.-м.н., проф. Стрелкова Г. И., д.ф.-м.н., проф. Вадивасова Т. Е. по диссертации Курбако Александра Васильевича на тему «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени», представляемого на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2. – Биофизика и 1.3.4 - Радиофизика.

Тема и содержание диссертации соответствуют специальностям 1.5.2 – Биофизика (физико-математические науки) и 1.3.4 – Радиофизика (физико-математические науки).

Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 21 научной работах, из них 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и включенных в международные базы данных «Web of Science», «SCOPUS». Содержание опубликованных работ полностью отражает содержание диссертации. Диссертация удовлетворяет требованиям, изложенным в пунктах 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Согласно результатам проверки, в системе «РУКОНТЕКСТ» процент оригинальности текста составляет 99%, включая 47% цитирования собственных работ автора диссертации.

Постановили (открытым голосованием, единогласно):

1. Принять диссертацию Курбако Александра Васильевича на тему «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2. – Биофизика и 1.3.4 - Радиофизика.

2. Назначить ведущей организацией федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» (г. Ярославль).
3. Назначить официальными оппонентами: Гордлееву Сусанну Юрьевну, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры нейротехнологий института биологии и биомедицины федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород) и Захарова Дениса Геннадьевича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника центра нейроэкономики и когнитивных исследований института когнитивных нейронаук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва).
4. Назначить дату и время защиты на 24.04.2025 г. в 14:00.
5. Разрешить печатать автореферат и провести его рассылку по обязательным адресам, адресам диссертационных советов по специальности диссертации, в адреса организации и специалистов по профилю диссертации.
6. Разместить объявление и автореферат на сайте Минобрнауки РФ.
7. Разместить объявление, автореферат, диссертацию и всю документацию, предусмотренную «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, и Приказом Минобрнауки РФ от 16.04.2014 № 326, на сайте СГУ и в системе ЕГИСМ.

Председатель диссертационного совета
д.ф.-м.н., проф., чл.-корр. РАН



В. В. Тучин

Ученый секретарь диссертационного совета,
д.ф.-м.н., доц.



Э.А. Генина

Заключение

комиссии диссертационного совета 24.2.392.6 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по диссертации Курбако Александра Васильевича «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научным специальностям 1.5.2. – Биофизика и 1.3.4. – Радиофизика.

Курбако Александр Васильевич, аспирант 4 года обучения ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», ассистент кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», младший научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике ФГБУН Саратовского филиала радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Диссертационная работа Курбако Александра Васильевича выполнена на кафедре динамического моделирования и биомедицинской инженерии института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» и в лаборатории моделирования в нелинейной динамике ФГБУН Саратовского филиала радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук. Научные руководители: Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» и Прохоров Михаил Дмитриевич, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры динамического моделирования и биомедицинской инженерии института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», главный научный сотрудник лаборатории моделирования в нелинейной динамике ФГБУН Саратовского филиала радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

Диссертационная работа Курбако А. В. посвящена разработке методов диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени, включая возможность использования единственного сигнала фотоплетизмограммы и созданию методики определения оптимальных параметров этих методов и оценки их возможностей и границ применимости с помощью специализированных математических моделей сигналов электрокардиограммы и фотоплетизмограммы, обеспечивающих соответствие статистических свойств модельных и реальных биологических сигналов.

В диссертационной работе впервые предложен метод генерации модельного сигнала разности мгновенных фаз сигналов фотоплетизмограммы и кардиоинтервалограммы в LF-диапазоне (от 0.05 Гц до 0.15 Гц) произвольной длительности с априорно известными участками их фазовой синхронизации. Необходимая для генерации статистическая информация была получена при анализе ансамбля двухчасовых одновременно зарегистрированных сигналов фотоплетизмограммы и электрокардиограммы 10 здоровых испытуемых без выявленных патологий сердечно-сосудистой системы возрастом от 20 до 34 лет. Модельная реализация разности фаз генерировалась путем сшивки участков синхронного и несинхронного поведения, длительности синхронных, несинхронных участков, величина расстроек мгновенных фаз, а также уровень фазовых шумов которых воспроизводил соответствующие статистические свойства экспериментальных данных.

С помощью разработанного метода генерации модельных разностей фаз формировались модельные реализации мгновенных фазы низкочастотных составляющих сигналов фотоплетизмограммы и кардиоинтервалограммы. С использованием сгенерированных сигналов мгновенных фаз генерировались модельные сигналы фотоплетизмограммы и электрокардиограммы.

Используя предложенный метод моделирования сигналов фотоплетизмограммы и кардиоинтервалограммы с априорно известными участками их фазовой синхронизации в низкочастотной области, были сгенерированы реализации модельных сигналов. С их помощью были определены оптимальные параметры метода диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и оценена диагностическая способность исследуемого метода. В ходе диссертационной работы была предложена модификация метода диагностики синхронизации, повышающая его чувствительность, заключающаяся в отслеживании минимальной длины несинхронных участков и их корректировки для устранения ложно-детектированных коротких несинхронных участков. Модификация позволила повысить чувствительность метода с 0.54 до 0.59 при сохранении специфичности 0.70.

В диссертационной работе предложен метод диагностики участков фазовой синхронизации контуров вегетативного контроля кровообращения, ориентированный на работу в реальном времени. Метод основан на оценке разности между средними значениями соседних окон усреднения сигнала разности мгновенных фаз. Для повышения чувствительности этого метода была предложена его модификация, заключающаяся в отслеживании минимальной длины несинхронных участков и их корректировки для устранения ложно-детектированных несинхронных участков. Проведено сопоставление вычислительной сложности известного метода диагностики фазовой синхронизации и предложенного подхода. Показано, что предложенный метод, допускающий использование в реальном времени, обладает линейной вычислительной сложностью против квадратичной для известного метода при близких значениях чувствительности и специфичности.

Предложены 4 метода выделения последовательности интервалов между сердечными сокращениями — кардиоинтервалограммы из сигнала фотоплетизмограммы, ориентированные на работу в реальном времени. Проведено сопоставление сигналов кардиоинтервалограммы, полученной из электрокардиограммы и из фотоплетизмограммы каждым из сопоставляемых методов. Определены оптимальные параметры предложенных подходов. Рассчитаны значения коэффициента фазовой когерентности между фазой кардиоинтервалограммы, полученной из электрокардиограммы, и фазой, выделенной из фотоплетизмограммы. Для 4 методов выделения кардиоинтервалограмм сопоставлены коэффициенты фазовой когерентности между исходной и выделенной фазами. Показано, что один из подходов дает наилучший результат 0.84 ± 0.20 (среднее \pm стандартное отклонение).

Работоспособность методов сопоставлялась также в ходе расчета суммарного процента фазовой синхронизации с использованием либо двух сигналов электрокардиограммы и фотоплетизмограммы, либо по единственному сигналу фотоплетизмограммы. Средние по ансамблю значения разности между оценками индекса по двум сигналам и по одному сигналу для здоровых испытуемых составляют: 7.34 ± 9.69 для метода 1, 7.05 ± 7.43 для метода 2, 7.69 ± 7.84 для метода 3, 5.83 ± 6.34 для метода 4. Сделан вывод о целесообразности использования четвертого метода для диагностики синхронизации.

В ходе выполнения диссертационной работы был разработан широкополосный цифровой датчик фотоплетизмограммы и аппаратно-программный комплекс для регистрации цифрового сигнала фотоплетизмограммы с разработанного датчика. Частота

дискретизации датчика – 120 Гц, разрядность аналого-цифрового преобразователя датчика – 24 бита, полоса пропускания датчика – 0-30 Гц, напряжение питания датчика – от 2.5 до 3.3 вольт, длина волны излучателя – 940 нм. Датчик и аппаратно-программный комплекс на его основе позволяет оценивать фазовую синхронизацию контуров вегетативной регуляции кровообращения по единственному сигналу фотоплетизмограммы.

Комиссия пришла к выводу, что диссертационная работа содержит решение актуальных задач диагностики фазовой синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени, в том числе по единственному сигналу фотоплетизмограммы, а также определению оптимальных параметров методов диагностики фазовой синхронизации. Работа соответствует специальностям 1.5.2 – Биофизика и 1.3.4 - Радиофизика.

По теме диссертации опубликована 21 печатная работа, из них 5 научных статей в журналах перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованного ВАК, относящихся к категории К1 или приравненных к ней, 16 тезисов докладов на научных российских и международных конференциях. Все журналы, в которых опубликованы научные статьи по тематике диссертации состоят в Белом списке и индексируются в международными наукометрическими системами Web of Science и/или Scopus. Все приведенные в диссертации результаты и выводы опубликованы.

При использовании заимствованных материалов и результатов исследований соискатель аккуратно ссылается на источники заимствований. В диссертации приведен список используемой литературы, а также список основных публикаций автора. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах в диссертации не обнаружено. Согласно результатам проверки, в системе «РУКОНТЕКСТ» процент оригинальности текста составляет 99%, включая 47% цитирования собственных работ автора диссертации.

На основании вышеизложенного комиссия заключает, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», количество публикаций в рецензируемых изданиях достаточно для представления диссертации к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Текст диссертации, представленной в диссертационный совет, идентичен тексту диссертации, размещенной на сайте организации.

Комиссия рекомендует:

1. Принять диссертацию Курбако Александра Васильевича на тему «Анализ синхронизации контуров вегетативной регуляции кровообращения в реальном времени» к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.5.2. – Биофизика и 1.3.4. – Радиофизика в диссертационном совете 24.2.392.06 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».
2. В качестве официальных оппонентов рекомендуются:
Гордлеева Сусанна Юрьевна, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры нейротехнологий института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород).
Захаров Денис Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник центра нейроэкономики и когнитивных исследований института когнитивных нейронаук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва).

3. В качестве ведущей организации рекомендуется:
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Состав комиссии:

Председатель комиссии

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.06
по специальности 1.5.2 – Биофизика)

Москаленко О. И.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.06
по специальности 1.5.2 – Биофизика)

Скрипаль Ан. В.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.06
по специальности 1.5.2 – Биофизика)

Павлов А. Н.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.01
по специальности 1.3.4 – Радиофизика)

Безручко Б. П.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.01
по специальности 1.3.4 – Радиофизика)

Стрелкова Г. И.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.01
по специальности 1.3.4 – Радиофизика)

Вадивасова Т. Е.