

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ

Чурбанова А.В. («Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Лукьянов Г.Н.
(«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург)

Динамические процессы в живом организме имеют нелинейный характер, часто в виде хаотических колебаний [Воронин А. А. и др. Измерительный комплекс для исследования колебательных процессов в человеческом организме //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2010. – Т. 53. – №. 4.]. Ранее были обнаружены свойства синхронизации между дыхательной и кардиосистемами [Ren Y., Zhang J. Increased cardiorespiratory synchronization evoked by a breath controller based on heartbeat detection //Biomedical engineering online. – 2019. – Т. 18. – №. 1. – С. 1-13.]. В докладе рассматриваются процессы синхронизации в живом организме и рассмотрены методы их измерения и моделирования.

Введение.

Процессы жизнедеятельности живого организма имеют свойство синхронизации между собой. Однако, механизм этой синхронизации до конца не изучен. Как правило, преобладают попытки провести аналогию между этими процессами и некоторыми динамическими моделями (Курамото, Ван-дер-Поля и т.д.). К сожалению, очень слабо освещены модели, построенные на основе экспериментальных исследований. Поэтому актуальной задачей является изучения таких свойств на основе экспериментов, базирующихся на измерениях и построении моделей по их результатам, и получения количественных оценок.

Объектами исследований являются динамические нелинейные процессы, протекающие в живых системах, к которым относятся процессы дыхания, сердцебиения и нейронной связи у человека.

Предметом исследования являются результаты измерений процессов, протекающих в нестационарном, хаотическом режиме, и применение для их анализа и их описания нелинейных динамических моделей.

Поэтому основная цель работы - изучить механизм синхронизации. Измерение и моделирование этих процессов позволит не только получить данные о взаимодействии дыхательной и сердечно-сосудистой систем, но и количественно оценить в будущем взаимосвязь этих процессов в зависимости от состояния человека. В частности, для выявления процессов синхронизации и определения по ним состояния здоровья человека.

Основная часть.

Ранние исследования сердечно-сосудистой и дыхательной систем в живом организме показали чёткую взаимосвязь процессов дыхания и сердцебиения, а именно корреляцию частоты воздушных вихрей в носовой полости с частотой R-зубцов сердца.

Для анализа указанных процессов нами создан измерительный комплекс, представляющий собой многоканальный ринологический прибор и кардиограф, функционирующие совместно, под управлением компьютера. Использование этого комплекса дает возможность получать новые данные о характере взаимодействия органов дыхания и сердца. Измерительный комплекс создан для выявления общих закономерностей взаимодействия дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма.

Основными рассмотренными параметрами, необходимыми для выявления особенностей взаимодействия дыхательной и сердечно-сосудистой систем были:

- a) взаимная спектральная плотность мощности (S) для полученных зависимостей;
- b) реконструированный по методу задержек аттрактор в фазовом пространстве;
- c) значения корреляционной размерности и корреляционной энтропии, вычисленные для этого аттрактора для процессов дыхания и сердечной деятельности.

Для моделирования исследуемых процессов можно рассматривать такие модели как:

a) Виртуальная 3D модель, полученная с помощью МРТ для конкретных людей. Выполняются так называемые «виртуальные операции», которые позволяют хирургу перед операцией на живом человеке подобрать оптимальный вариант для предстоящей реальной операции.

b) Производная модель Detached Eddy Simulation (DES-модель). Сохранение всей информации о высокочастотных пульсациях, исследуемых переменных при фильтрации по полю пространства.

c) NARMAX-Модель. Общее описание исследуемых процессов может быть выполнено в сжатом виде хранения диагностических данных.

Выводы.

На основе выполненного анализа литературы и методов исследований получена информация о различных методах измерения и о взаимодействии сердечно-сосудистой и респираторной систем.

В дальнейшем, планируется:

1. Экспериментальное исследование процессов дыхания и сердцебиения, анализ полученных результатов с целью изучения процессов синхронизации.
2. Построение моделей процессов дыхания и сердцебиения.
3. Сравнение экспериментальных результатов процессов дыхания и сердцебиения с результатами по модели.