

УДК 519.635.8

ДИНАМИКА СИСТЕМЫ ИЗ СВЯЗАННЫХ С ЗАДЕРЖКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ НЕЙРОНОВ

Федоров Е.Г. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.ф.-м.н, профессор Попов И.Ю.
(Университет ИТМО)

В данной работе был проведен аналитический и численный анализ аттракторов для системы, состоящей из биологических нейронов. При этом связь между нейронами будет происходить с задержкой. В качестве модели нейрона выбрана модель ФитцХью-Нагумо как модель, которая может воспроизвести множество динамических поведений реального нейрона и при этом являющаяся вычислительно не очень сложной.

Введение. Для биологических нейронов время на передачу импульса между нейронами может отличаться на порядки, среди основных факторов, влияющих на это, можно выделить наличие или отсутствие миелиновой оболочки и длину аксона. Определение типа динамического поведения и управление динамическим поведением сети позволяет определять и предсказывать нежелательные поведения, а также восстанавливать нормальные ритмы функционирования сети. Методы управления поведением для биологических нейронных сетей сейчас уже используются при таких неврологических заболеваниях, как болезнь Паркинсона и эпилепсии, которые связаны с паталогической синхронизацией групп нейронов. В этой работе для системы на основе модели нейрона ФитцХью-Нагумо проведен анализ и классификация возможных аттракторов в зависимости от основных параметров.

Основная часть. В данной работе было проведено несколько взаимосвязанных исследований. Во-первых, это аналитический поиск и анализ устойчивости состояний равновесия в системе. Во-вторых, это аналитический анализ локальных бифуркаций Хопфа в системе, который увязан с изменением устойчивости состояний равновесия в системе. Далее идут численные результаты, которые подтверждают аналитические выкладки, а также позволяют выделить и проследить в системе такие поведения, как: периодические колебания, которые порождаются от состояния равновесия; скрытые периодические колебания; несколько сосуществующих устойчивых колебаний; хаотические аттракторы. При этом ввиду наличия нескольких нейронов в сети могут возникать эффекты синхронизации, то есть периодические колебания могут быть совпадающими по фазе или асинхронными.

Выводы. В итоге было построено и рассмотрено несколько математических моделей для сети из биологических нейронов. В качестве базовой модели нейрона рассмотрена модель ФитцХью-Нагумо. Для этих моделей проведен аналитический и численный анализ, который позволил выделить основные типы динамического поведения. Основными управляемыми параметрами в таких системах является сила связи и скорость передачи импульса или задержка при передаче между нейронами. Таким образом, на основе полученных результатов можно диагностировать нежелательные поведения в системе, а затем путем влияния на силу связи и задержку в передаче можно привести систему в желаемое состояние.

Далее предполагается провести более детальный анализ бифуркаций в системе, а также рассчитать численные характеристики и оценки для хаотических аттракторов в рассматриваемых системах.

Федоров Е.Г. (автор)

Подпись

Попов И.Ю. (научный руководитель)

Подпись