

0.1. Воробьева Д.А., Клименко А.И. Анализ параметрической чувствительности моделей динамических систем на основе данных численного моделирования

В настоящее время современная математическая биология повсеместно использует параметрические модели биологических систем, в частности системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), а также модели динамических систем, описанных в других формализмах. Параметрами являются численные значения величин, таких как коэффициенты ОДУ, отражающие определённые свойства моделируемой системы и влияющие на решения модели.

В литературе предлагаются несколько методов исследования параметрической чувствительности. Среди них стоит отметить как традиционные подходы, использующие частные производные по параметрам для выявления коэффициентов чувствительности (например, [1]), метод продолжения по параметру, так и методы для исследования параметрической чувствительности агентных моделей. Проблема данных методов заключается в том, что они применимы лишь для узких классов моделей, для которых указанные методы и были разработаны.

Данная работа посвящена разработке метода исследования параметрической чувствительности моделей динамических систем на основе данных численного моделирования. Основное отличие предложенного в данной работе метода от уже имеющихся способов исследования параметрической чувствительности заключается в том, что он является универсальным, он не привязан к какому-то определённому типу моделей, что позволяет ему покрывать широкий класс задач математической биологии и других сфер, активно использующих математическое моделирование динамических систем.

Разработанный метод основан на композиции алгоритма динамического сжатия временной шкалы (DTW-алгоритма [2]) и метода главных координат (РСоА [3]). Такой способ позволяет получить качественную визуализацию результатов множества решений математической модели, благодаря чему можно оценить чувствительность решений модели к различным её параметрам как визуально, так и формально, посчитав корреляции главных координат с параметрами модели. Кроме того, разработанный метод позволяет получать интерпретации осей с помощью корреляционного анализа главных координат с предполагаемыми характеристиками решений.

В качестве примера в работе использовалась модель Лотки-Вольтерры [4] - модель взаимодействия двух популяций типа «хищник - жертва». Она имеет параметры a, b, c, d - коэффициенты, отражающие взаимодействия между популяциями и внутренние свойства отдельных популяций. С помощью создан-

ного метода было выявлено, к изменению каких из параметров рассматриваемая модель оказалась более чувствительна.

Разработанный метод может применяться для исследования параметрической устойчивости в моделях различных динамических систем. Учёт большего числа характеристик решений позволит расширить класс рассматриваемых кривых решений. В перспективе подход, реализованный в данном методе, может быть применён также для анализа устойчивости решений относительно начальных данных для моделей, описанных в неклассических, в том числе дискретных, формализмах.

Научный руководитель — к.б.н. Клименко А. И.

Список литературы

- [1] ШАРАФУТДИНОВ Р.Ф., ДАВЛЕТШИН Ф.Ф. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПЛАСТЕ С ТРЕЩИНОЙ ГИДРОРАЗРЫВА. // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2021. С. 207-208.
- [2] GIORGINO T. Computing and Visualizing Dynamic Time Warping Alignments in R: The dtw Package. // Journal of Statistical Software. 2009. Vol. 31.
- [3] GROTH D. Principal components analysis // Methods Mol. Biol. 2013. Vol. 930. N. May. P. 527-547.
- [4] WANGERSKY P. LOTKA-VOLTERRA POPULATION MODELS // Annual Reviews Inc. 1978. P. 189-218.