

УДК 004.03

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АТТРАКТОРОВ В МНОГОМЕРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Д. А. ВЕТРОВ

Научный руководитель П. С. ХАРЛАМОВ

Филиал «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

в г. Смоленске

Смоленск, Россия

Многомерные динамические системы в современном мире характеризуются большой размерностью, наличием сложных нелинейных взаимодействий компонентов и непредсказуемым поведением. Анализ таких систем – одна из основных задач в области моделирования сложных динамических процессов. Наиболее важным параметром их анализа является определение аттракторов – инвариативных множеств, к которым, в зависимости от внутреннего состояния и внешней нагрузки, стремится система. Для операционной деятельности критически важным является идентификация устойчивых аттракторов, соответствующих нормальным режимам работы, странных аттракторов и точек бифуркации.

Идентификация аттракторов в многомерных динамических ИТ-системах требует сочетания теоретических подходов из нелинейной динамики и практических методов анализа данных. В начале данные должны собраться в многомерные временные ряды и нормализоваться для приведения к единой шкале измерений. Далее необходимо реконструировать пространство системы, для этого возможно использовать теорему Такенса (1) для формирования m -мерных векторов, отражающих взаимосвязи компонентов во временном ряду:

$$F(t) = [x(t), x(t - \tau), x(t - 2\tau), \dots, x(t - (m - 1)\tau)]. \quad (1)$$

Для низкоразмерных вложений с помощью метода фазовой плоскости строятся фазовые портреты. Устойчивые аттракторы (например, циклы) могут быть видны на такой карте как замкнутые кривые. Иные аттракторы можно найти с использованием показателей Ляпунова, фрактальной размерности или показателя энтропии Колмогорова – Синая. Совокупность представленных методов поможет определить большинство аттракторов системы и идентифицировать их. Точки бифуркации могут определяться с опорой на описанные показатели, их степень изменчивости и варьирования, также на них может указывать критическое замедление системы после определённых событий. После определения точек бифуркации и аттракторов их необходимо связать с состояниями информационной системы в тот момент времени. Это позволяет с высокой степенью точности предсказать наиболее критические состояния многомерной динамической системы и разработать лучшую концепцию дальнейшего её развития.