

* *
*

УДК 629.783, 521.182

DOI: 10.17223/00213411/64/10/38

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ИССЛЕДОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОКОЛОЗЕМНОГО ОРБИТАЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА*

Д.С. Красавин, А.Г. Александрова, И.В. Томилова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Представлено описание методики исследования динамической структуры околоземного орбитального пространства с использованием технологии машинного обучения. Искусственные нейронные сети применялись для обработки временных рядов, связанных с эволюцией резонансных характеристик, определяющих динамическую структуру области околоземного пространства до 120 тыс. км по большой полуоси. Количество обрабатываемых рядов превысило полмиллиона, и их обработка в ручном режиме потребовала бы больших временных затрат. Приведены результаты применения методики к анализу резонансной структуры выбранной области космического пространства.

Ключевые слова: численное моделирование, динамика ИСЗ, орбитальная эволюция, искусственные нейронные сети, машинное обучение.

Введение

Настоящая статья является продолжением работы [1] по применению методов машинного обучения для исследования динамической структуры околоземного космического пространства (ОКП). В работе [1] средства машинного анализа для изучения резонансной структуры ОКП применялись в несколько упрощенном варианте, поскольку искусственные нейронные сети (ИНС) были способны находить только устойчивые резонансы, а в наших исследованиях важно распознавать и неустойчивые резонансы.

В данной работе мы рассмотрим алгоритм, который позволяет определять резонансы любого типа. Методика, как и ранее, основана на интегрировании уравнений движения с помощью «Численной модели движения систем ИСЗ» [2, 3] и численном определении частот движения околоземных объектов [4, 5] с последующим машинным анализом получаемых временных рядов с помощью искусственных нейронных сетей, но уже по новому алгоритму.

В данной статье мы не приводим методику выявления резонансов, поскольку она неоднократно подробно описывалась в наших работах, например в [4, 5], и ограничимся только пояснением, что для временного ряда, связанного с некоторым критическим аргументом, строится график, который затем визуальным образом оценивается и относится в одну из категорий: «циркуляция», «либрация», «смешанный тип», что соответствует «отсутствию резонанса», «устойчивому резонансу» и «неустойчивому резонансу».

1. Машинное обучение

Машинное обучение позволяет решать задачи, которые сложно формализуются, например задачи классификации или извлечения информации из изображений или временных рядов [6, 7].

Задачу машинного обучения в общем виде можно сформулировать следующим образом [8].

Пусть задано множество объектов (признаковых переменных) X , множество допустимых ответов (целевых переменных) Y и существует некоторая целевая функция $y^*: X \rightarrow Y$. Кроме того, заданы некоторое конечное подмножество объектов $\{x_i\} \in X$ и соответствующие им значения целевой функции $y^* \{y_i = y^*(x_i)\}$. Совокупность соответствующих пар из этих подмножеств $\{(x_i, y_i)\}$ называется *обучающей выборкой*. Задача машинного обучения заключается в нахожде-

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10022).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>