

# АНАЛИЗ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОРБИТ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ. ОКОЛОЗЕМНЫЕ АСТЕРОИДЫ

Черкас Ю. В., Волощук Ю. И., Коломиец С. В.  
Харьковский национальный университет радиозлектроники  
пр-т Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина  
тел. +38 057 7002284, e-mail: jura\_cherkas@meta.ua

**Аннотация** — К настоящему времени получены некоторые эмпирические результаты, согласно которым в распределениях элементов орбит малых тел Солнечной системы присутствует периодическая составляющая. Это может быть, если существуют системы стабильных и нестабильных орбит. Делались попытки теоретически объяснить, что пространство возможных орбит в гравитационных системах планетарного типа является дискретным. Если это так, дискретность должна проявиться в распределениях орбитальной энергии, углового момента и некоторых элементов орбиты. Самый простой способ проверки таких гипотез — это поиск гармонических составляющих на гистограммах численности большой полуоси орбит малых тел Солнечной системы. В качестве малых тел мы выбрали астероиды, орбиты которых сближаются с орбитой Земли.

## I. Введение

Согласно теориям, пытающимся объяснить дискретную структуру распределений орбит в Солнечной системе: чередование мест скопления с областями меньшего присутствия тел в их распределении по большой полуоси должно иметь определенный порядок [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Значение большой полуоси в местах поясов и люков  $a_k$ , должно быть кратно  $a_0$  — минимальному значению соизмеримости (основной гармонике), которым характеризуется данная планетарная система:

$$a_k = k \frac{a_0}{2}, \quad (1)$$

где  $k$  — числа натурального ряда.

Объектом исследования данной работы выбраны астероиды, орбиты которых сближаются с орбитой Земли (NEA — near Earth asteroids). В отличие от астероидов главного пояса, в первом приближении можно считать, что их движение определяется только гравитационным воздействием Солнца, а объем выборки достаточный для проведения необходимого анализа (на момент написания работы более 8000 орбит [7]). Цель работы — провести анализ тонкой структуры распределений орбит NEA на предмет наличия предполагаемой периодичности.

## II. Основная часть

Анализ распределений астероидов по большой полуоси орбиты проводился по гистограммам численности или гистограммам вероятности. Такие гистограммы фактически являются ненормированной и нормированной оценками плотности вероятности. Из распределений астероидов по большой полуоси, нас интересуют лишь относительные колебания значений количества попавших орбит в тот или иной интервал на фоне присутствующего тренда. Оценки тренда были получены аппроксимацией исходного ряда распределений полиномом 9-й степени. Выбор степени полинома не имеет четкого правила и во многом зависит от характера самого тренда [8, 9]. Убрав тренд с гистограмм численности, получен исходный дискретный ряд, который использовался для поиска предполагаемой периодичности.

На момент проведения анализа было известно 8467 орбиты астероидов NEA. Диапазон изменения большой полуоси был ограничен значениями  $a_{\max} = 2.95$  а.е. и  $a_{\min} = 0.84$  а.е. На рисунке 1 приведена гистограмма распределения астероидов NEA по большой полуоси, анализируемый диапазон разбит на 200 интервалов. Сплошной линией показан полиномиальный тренд. После удаления тренда, мы получаем ряд с нулевым средним значением, периододграмма которого приведена на рисунке 2.

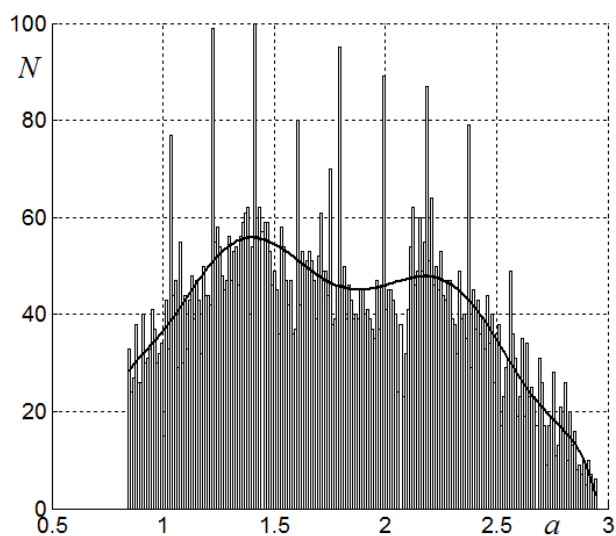


Рис. 1. Гистограмма распределения астероидов NEA по большой полуоси.

Fig. 1. The histogram of a distribution of NEA's semi-major axes

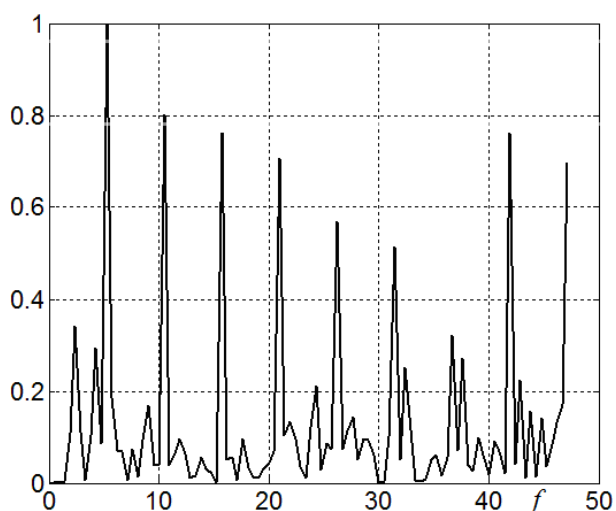


Рис. 2. Нормированная периододграмма ряда, полученного для астероидов NEA.

Fig. 2. A normalized periodogram of the series obtained for NEA asteroids

Как мы видим, на рисунке 2 хорошо распознаются спектральные компоненты на частотах:  $5.3 \text{ a.e.}^{-1}$ ,  $10.5 \text{ a.e.}^{-1}$ ,  $15.8 \text{ a.e.}^{-1}$ ,  $21.5 \text{ a.e.}^{-1}$ ,  $26.2 \text{ a.e.}^{-1}$ ,  $31.4 \text{ a.e.}^{-1}$ . Следует отметить, что указанные частоты образуют ряд, где каждая последующая частота больше предыдущей на значение основной гармоники, которой в данном случае будет  $f = 5.3 \text{ a.e.}^{-1}$ .

Выявление периодических компонент в исходном ряде распределений орбит NEA по большой полуоси было также проведено с использованием параметрических методов спектрального анализа [10]. Методом подбора для анализа была выбрана модель авторегрессии 50-го порядка – AR(50). На рисунке 3 приводится график нормированной спектральной плотности мощности (СПМ), соответствующий данной модели авторегрессии. Из всех проявившихся спектральных составляющих только одна на частоте  $10.6 \text{ a.e.}^{-1}$  совпадает с компонентой на частоте  $10.5 \text{ a.e.}^{-1}$ , которая присутствует на периодограмме этого же ряда, что может свидетельствовать о более высокой достоверности присутствия периодической составляющей на данной частоте в распределениях астероидов NEA по большой полуоси.

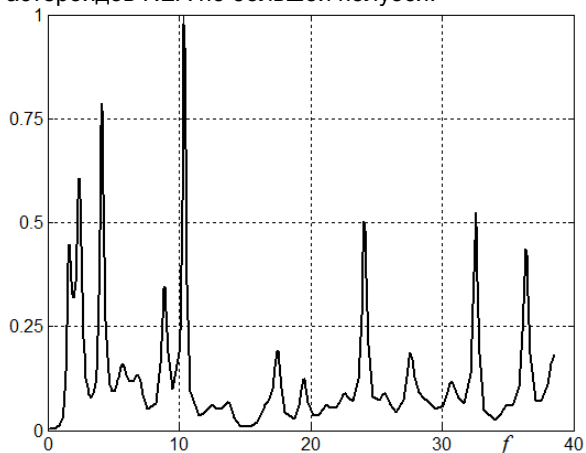


Рис. 3. Нормированная СПМ ряда, полученного для астероидов NEA.

Fig. 3. A normalized PSD of the series obtained for NEA asteroids

### III. Заключение

Как видим, распределения околоземных астероидов по большой полуоси кроме постоянной составляющей содержит компоненты, которые имеют гармоническую природу. Без сомнения, более глубокое понимание данного вопроса требует проведения дальнейших исследований. А именно: анализ других групп малых тел Солнечной системы (метеорных тел, астероидов главного пояса), а также усовершенствования самих методов анализа с учетом особенностей предмета исследования.

### IV. Список литературы

- [1] Гулак Ю. К. Соизмеримости и макроквантовые явления в солнечной системе. I. Проблемы, принципы, модель. – К.: Институт теоретической физики АН УССР, 1986. – 27 с.
- [2] Гулак Ю. К. Соизмеримости и макроквантовые явления в солнечной системе. II. Стабильные механические структуры. – К.: Институт теоретической физики АН УССР, 1986. – 28с.

- [3] Quiroga R. J. Angular momenta in the Solar System. – Earth, Moon and Planets. – 1984. – 30 N2. – P. 102-121.
- [4] Quiroga R. J. Angular momenta in the Solar System. II – Earth, Moon and Planets. – 1984. – 30 N2. – P. 102-121.
- [5] Чечельницкий А. М. О квантовании Солнечной системы. – *Астрономический циркуляр*, 1983, №1257. – с.5-7.
- [6] Hu Zhong-wei, Chen Zhi-xiong, Distance law and formation of satellite systems. - *Astronomische Nachrichten*. – 1987. – 308, p.359-362.
- [7] [http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo\\_elem](http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem)
- [8] Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 755с.
- [9] Терещиж В. Ю. Анализ временных рядов в астрофизике. – М.: Наука, 1992 – 392с.
- [10] Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 584с.

## ANALYSIS OF THE FINE STRUCTURE OF DISTRIBUTIONS OF SOLAR SYSTEM'S SMALL BODIES' ORBITS. NEAR EARTH ASTEROIDS

Cherkas Yu. V., Voloshchuk Yu. I., Kolomiyets S. V.  
*Kharkiv National University of Radioelectronics*  
 14, Lenin Ave., Kharkiv, 61166, Ukraine  
 Ph.: +38 057 7002284, e-mail: jura\_cherkas@meta.ua

**Abstract** — There are theories which state that a space of possible orbits in gravitational systems of planetary type is discrete, so there are systems of stable and unstable orbits. A discrete structure of gravitational systems of planetary type should be evident in distributions of orbital energy, angular momentum and some elements of orbits. The easiest way to test such theories is to look for harmonic components in frequency histograms of semi-major axes.

### I. Introduction

According to such theories, groups of stable and unstable orbits should have semi-major axes that are a product of  $a_0/2$  and natural numbers, where  $a_0$  is a fundamental harmonic. Near Earth asteroids (NEA's) are selected as the object of study of this work. They do not undergo of such strong gravitational influence as asteroids of the main belt. And a sample size is satisfactory for necessary statistical analysis.

### II. Main Part

The analysis of distributions of asteroids semi-major axes was carried out with using frequency histograms or probability histograms. We are interested only in relative fluctuations against a background of a trend. Estimates of the trend were obtained by approximating of the original series of distributions by a polynomial. By removing the trend from the frequency histogram we obtain series with zero average, that series were used for looking for the alleged periodicity. On Fig.2 periodogram of the series is shown. As we can see, the spectral components with frequencies  $5.3 \text{ a.u.}^{-1}$ ,  $10.5 \text{ a.u.}^{-1}$ ,  $15.8 \text{ a.u.}^{-1}$ ,  $21.5 \text{ a.u.}^{-1}$ ,  $26.2 \text{ a.u.}^{-1}$ ,  $31.4 \text{ a.u.}^{-1}$  are well recognizable. Using an auto-regression model we calculated a normalized power spectrum density (PSD) that is shown on Fig.3. The only spectral component  $f \approx 10.5 \text{ a.u.}^{-1}$  is the same on both figures.

### III. Conclusion

As we see, the distribution of near Earth asteroids semi-major axes in addition to the constant component contains some components that have a harmonic nature. To better understanding this question further research is necessary.