

$$S_2(r) = \frac{A^2}{2} \left\{ \frac{1}{a^2} \left[t_{11,1j}^{(1)} - 2t_{21,1j}^{(1)} \left(\frac{a}{r} \right)^3 \right]^2 - \left[t_{11,1j}^{(1)} \frac{r}{a} + t_{21,1j}^{(1)} \left(\frac{a}{r} \right)^2 \right]^2 \right\}. \quad (28)$$

4. Висновки

Розроблено математичний апарат для визначення напруженості електростатичних полів у багаточастинкових наночастинках. Це дає можливість визначити енергію, яка виділяється при дії лазерного випромінювання і може бути використано для лікування онкологічних захворювань.

Література

1. Prashant, K. Jain Au nanoparticles target cancer [Text] / K. J. Prashant, I. H. El-Sayed, M. A. El-Sayed // *Nanoday*. — 2007. — V. 2, № 1. — P. 18–29.
2. Govorono, A. O. Gold nanoparticle ensembles as heaters and actuators: melting and collective plasmon resonances [Text] / A. O. Govorono, Wei Zhang // *Nanoscale Res Lett.* — 2006. — № 1. — P. 84–90.
3. Борен, К. Поглощение и рассеяние света малыми частицами [Текст] / К. Борен, Д. Хафмен. — М.: Мир, 1986. — 664 с.
4. Chatterjee, K. Plasmon resonance shifts in oxide-coated silver nanoparticles [Text] / K. Chatterjee, S. Banerjee, D. Chakravorty // *Phys. Rev.* — 2002. — В. 66. — P. 085421-1 — 085421-7.
5. Лерман, Л. Б. Виникнення додаткових плазмових резонансів у шаруватих малих частинках [Текст] / Л. Б. Лерман // *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології.* — 2009. — Т. 7, № 1. — С. 37–47.
6. Гречко, Л. Г. Поляризованість структурно-неоднорідних кульових частинок [Текст] / Л. Г. Гречко, Л. Б. Лерман, Д. Л. Водоп'янов, С. В. Шостак. — Вісник Київського університету. — Серія: фіз-мат науки. — 2007. — № 1.
7. Гречко, Л. Г. Розсіювання електромагнітного випромінювання на багаточастинковій кулі [Текст] / Л. Г. Гречко, Л. Б. Лерман, Н. Г. Шкода // *Вісник Київського університету.* — Сер. фіз.-мат. — 2004. — № 3. — С. 376–384.
8. Корн, Г. Справочник по математике [Текст] / Т. Корн. — М.: Наука, 1973. — С. 831.

9. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики [Текст] / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. — М.: Наука, 1972. — 355 с.
10. Породько, Л. В. Врахування кінцевої швидкості поширення тепла при лазерному розігріві поверхні твердого тіла [Текст] / Л. В. Породько, Л. Б. Лерман, О. Ю. Семчук // *Хімія, фізика та технологія поверхні.* — 2011. — Т. 2, № 3. — С. 343–346.

ЕЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ В СФЕРИЧЕСКИХ СЛОИСТЫХ НАНОЧАСТИЦАХ

В электростатическом приближении рассмотрено взаимодействие сферических слоистых наночастиц с электромагнитным излучением. С применением трансляционных матриц найдено распределение полей в слоистых шарах. Найдена интенсивность энергии, выделяемой вследствие наличия потерь в слоях. Задачу рассмотрено в условиях радиальной симметрии.

Ключевые слова: наночастицы, радиальная симметрия, трансляционные матрицы, конечные интегральные преобразования.

Породько Лілія Володимирівна, аспірант, відділ теорії наноструктурних систем, Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України, Україна, e-mail: lilphys@mail.ru.

Лерман Леонід Борисович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ теорії наноструктурних систем, Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України, Україна, e-mail: llerman@yandex.ru.

Породько Лілія Владимировна, аспірант, відділ теорії наноструктурних систем, Інститут хімії поверхні ім. А. А. Чуйко НАН України, Україна.

Лерман Леонід Борисович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, відділ теорії наноструктурних систем, Інститут хімії поверхні ім. А. А. Чуйко НАН України, Україна.

Porodko Liliya, Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, e-mail: lilphys@mail.ru. Lerman Leonid, Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, e-mail: llerman@yandex.ru

УДК 523.24:521.1; 523.6

**Черкас Ю. В.,
Коломиец С. В.,
Волощук Ю. И.**

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АСТЕРОИДОВ ПО БОЛЬШОЙ ПОЛУОСИ. LS-МЕТОД

В работе приведена методика спектрального анализа распределения большой полуоси астероидов (данная методика также может быть использованной для анализа других элементов, как астероидов, так и других малых тел Солнечной системы) без построения соответствующих гистограмм численности/вероятности, получения которых является ключевым фактором большинства, если не всех, работ аналогичного направления.

Ключевые слова: спектральный анализ, неравномерный ряд, элементы орбит, астероиды.

1. Введение

На сегодняшний день подавляющее большинство работ, направленных на изучение особенностей распределений орбит малых тел Солнечной системы в пространстве возможных орбит, базируется на построении гистограмм численности (или же вероятности) по выбранному параметру [1–4]. Данный метод интуитив-

но понятен и имеет свои преимущества, позволившие в свое время сделать ряд открытий, например, наличие люков Кирквуда в главном поясе астероидов и других особенностей, вызванных резонансными явлениями и соизмеримостями. Более того, применив простые преобразования (удаление тренда, исключение нестационарных участков), можно получить остаточный ряд, который, согласно некоторым теориям и гипотезам [2–4],

должен содержать периодические составляющие на фоне шумов, что легко проверить, применив к данному ряду хорошо разработанные методы спектрального анализа равномерных рядов [5–9]. Под равномерностью ряда следует понимать то, что отсчеты его значений по изучаемому параметру делаются с одним и тем же шагом.

В данной работе предлагается методика, позволяющая проводить спектральный анализ распределений орбит малых тел Солнечной системы без построений соответствующих гистограмм численности, что является ее принципиальным отличием и, следовательно, ее применение может рассматриваться как «контрольный эксперимент» подтверждающий или опровергающий результаты, полученные с помощью классического метода.

2. Методика и алгоритм анализа распределений орбит классическим методом

В качестве отсчетной точки и эталона для последующего сравнения приведем анализ распределений астероидов, орбиты которых сближаются с орбитой Земли (NEA – Near Earth Asteroids [10]), по большой полуоси классическим методом, который состоит из следующих шагов [1]:

1) Построение соответствующей гистограммы численности. На рис. 1 приведена гистограмма распределения большой полуоси астероидов NEA (10030 орбит попавших в диапазон, ограниченный сверху значением $a_{\max} = 4$ а. е.) для 200 интервалов группирования.

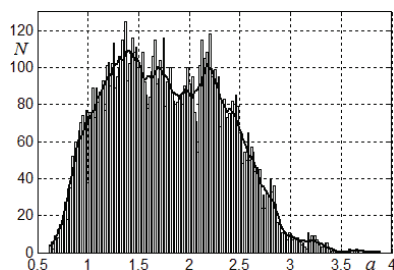


Рис. 1. Гистограмма численности распределения количества N астероидов NEA по большой полуоси a

2) Устранение тренда гистограммы (приведение ряда к стационарному виду) [8]. В качестве метода выделения тренда был использован метод арифметического скользящего среднего с шириной окна равной 9 элементам.

3) Спектральный анализ. Нормированная к единице периодограмма [5–9] этого ряда приведена на рис. 2. Три наибольших компонента спектра находятся на частотах $10,4$ а. е. $^{-1}$, $6,5$ а. е. $^{-1}$ и $8,6$ а. е. $^{-1}$ соответственно.

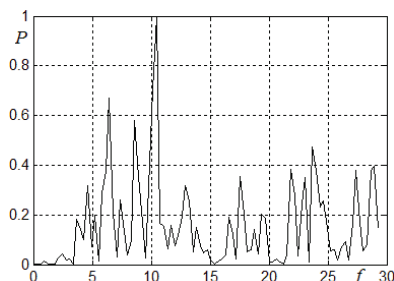


Рис. 2. Периодограмма распределения мощности P в спектре частот f ряда распределения астероидов по большой полуоси после устранения тренда

3. Методика и алгоритм анализа распределений орбит без построения гистограмм

В данной части статьи приведем методику спектрального анализа распределений астероидов NEA по большой полуоси без построения соответствующих гистограмм численности.

Исходная выборка орбит астероидов ранжируется по значению большой полуоси орбиты a . На рис. 3 приведена зависимость значения большой полуоси a от порядкового номера орбиты n в отсортированной выборке NEA. На первый взгляд все точки ложатся на гладкую линию, не имеющую неоднородностей, что обусловлено малым масштабом.

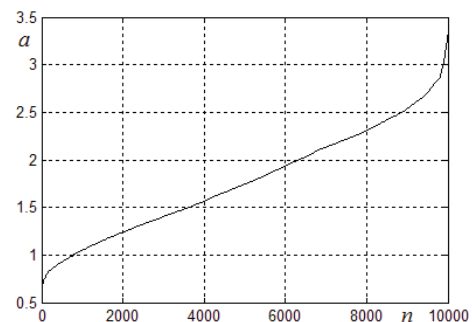


Рис. 3. Зависимость значения большой полуоси орбиты a от порядкового номера орбиты n в ранжированной выборке NEA

Очевидно, что количество астероидов в том или ином интервале Δa пропорционально углу наклона α кривой на рис. 3:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta a}{\Delta n}. \quad (1)$$

Ширину окна анализа по n целесообразно взять неизменной $\Delta n = \text{const}$. Последовательно передвигая данное окно по всему диапазону значений n для каждого интервала вычисляется Δa , который содержит всю информацию по изменению $\operatorname{tg} \alpha$.

На рис. 4 приведена зависимость значений Δa от значения большой полуоси a для шага дифференцирования $\Delta n = 20$. Данный ряд является дискретным с неравномерным шагом по a .

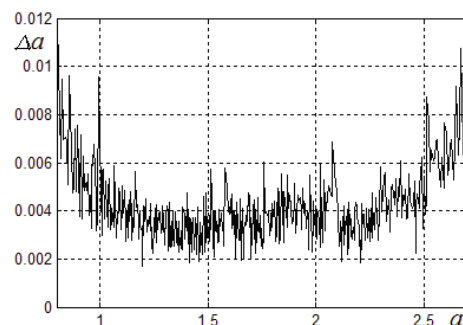


Рис. 4. Зависимость значения дифференциала Δa от большой полуоси a

Применяя метод спектрального анализа неравномерных рядов (был использован метод Ломба нахождения LS-спектра [5]), анализируем спектр ряда, изображенного

на рис. 4, после избавления от тренда (который в данном случае был получен путем сглаживания сплайном) в диапазоне частот $f \in [0; 20]$ а. е.⁻¹ — рис. 5.

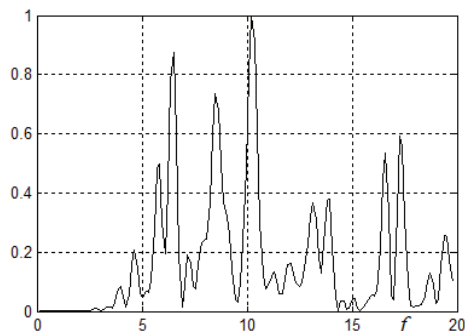


Рис. 5. Спектр частот f ряда дифференциалов Δa после устранения тренда

Три наибольших составляющих найденной оценки спектра находятся на частотах $10,2$ а. е.⁻¹, $6,5$ а. е.⁻¹ и $8,5$ а. е.⁻¹, что практически совпадает со значениями полученными для случая построения гистограмм и может служить доказательством высокой достоверности наличия периодических составляющих в исследуемом распределении астероидов по большой полуоси.

4. Выводы

Метод анализа распределений астероидов по большой полуоси без построения гистограмм численности может рассматриваться как дополнение до классического метода. Множество динамических параметров: количество шагов группирования гистограммы, выбор метода оценивания тренда и его параметров, выбор метода спектрального анализа и др. — так или иначе, сказываются на получаемых результатах, в особенности, если исходные данные являются зашумленными, а интересующий полезный сигнал слабым. В этом случае проведение анализа, основывающегося на принципиально ином подходе получения ряда колеблемости, является своего рода «контрольным экспериментом» подтверждающим или опровергающим полученные ранее результаты.

В случае анализа распределения орбит астероидов NEA по большой полуоси оба метода дали спектры содержащие максимум на частоте $f = 10,4$ а. е.⁻¹, что служит подтверждением высокой достоверности присутствия периодической компоненты на данной частоте.

Литература

1. Черкас, Ю. В. Применение спектрального анализа для поиска периодических составляющих в распределении астероидов по большой полуоси [Текст] / Ю. В. Черкас, Ю. И. Волощук // Прикладная радиоэлектроника: научн.-техн. журнал. — 2012. — Том 11, № 2. — С. 335–341.
2. Quiroga, R. J. Period distributions in pulsating and binary stars [Text] / R. J. Quiroga, J. C. Mello // Astrophysics and Space Science. — 1992. — vol. 193, no. 2. — P. 247–267.
3. Quiroga, R. J. Angular momenta in the Solar System. II [Text] / R. J. Quiroga // Earth, Moon and Planets. — 1984. — Vol. 30, № 2. — P. 102–121.
4. Hu, Zhong-Wey. Distance law and formation of satellite systems [Text] / Hu Zhong-Wey, Chen Zhi-Xiong // Astronomische Nachrichten. — 1987. — 308. — P. 359–362.

5. Теребиж, В. Ю. Анализ временных рядов в астрофизике [Текст] / В. Ю. Теребиж. — М.: Наука. — 1992. — 392 с.
6. Marple, S. L. Digital spectral analysis with applications [Text] / S. L. Marple. — Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. — 1987. — 492 p.
7. Stoica, P. Introduction to Spectral Analysis [Text] / P. Stoica. — Prentice Hall, New Jersey, 1997. — 319 p.
8. Anderson, T. W. The statistical analysis of time series [Text] / T. W. Anderson. — John Wiley & Sons, Inc., 1971. — 704 p.
9. Brillinger, D. R. Time series. Data analysis and theory [Text] / D. R. Brillinger. — Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1975. — 504 p.
10. NASA, Программа исследования околоземных объектов, элементы орбит [Электронный ресурс]. — Режим доступа: \www/ URL: http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem.

СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ АСТЕРОЇДІВ ПО ВЕЛИКІЙ ПІВОСІ. LS-МЕТОД

В роботі приведена методика спектрального аналізу розподілу великої півосі астероїдів (дана методика може також бути використаною для аналізу інших елементів орбіт як астероїдів, так і других малих тіл Сонячної системи) без побудови відповідних гистограм численності/ймовірності, отримання яких є ключовим моментом більшості, якщо не всіх, робіт аналогічного спрямування.

Ключові слова: спектральний аналіз, нерівномірний ряд, елементи орбіт, астероїди.

Черкас Юрій Васильевич, аспірант, кафедра сетей зв'язи, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, e-mail: jura_cherkas@meta.ua.

Коломієць Светлана Владимировна, научний співробітник, лабораторія радіоастрономії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, e-mail: s.kolomiyets@gmail.com.

Волощук Юрій Іванович, доктор технічних наук, професор, кафедра сетей зв'язи, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна, e-mail: ort@kture.kharkov.ua.

Черкас Юрій Васильович, аспірант, кафедра мереж зв'язку, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Коломієць Светлана Володимирівна, науковий співробітник, лабораторія радіоастрономії, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Волощук Юрій Іванович, доктор технічних наук, професор, кафедра мереж зв'язку, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Cherkas Yuriy, Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine, e-mail: jura_cherkas@meta.ua.

Kolomiyets Svitlana, Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine, e-mail: s.kolomiyets@gmail.com.

Voloshchuk Yuriy, Kharkiv National University of Radioelectronics, Ukraine, e-mail: ort@kture.kharkov.ua.