Использование современных численных и аналитических эфемеридов Луны

Загидуллин А. А.[1], Усанин В. С.[1], Петрова Н. К.[2], Нефедьев Ю. А.[1], Андреев А. О.[1]

[1]КФУ
[2]КГЭУ

Эл. почта: arhtur.zagidullin@yandex.ru

Изучение физических процессов, связанных с либрационными колебаниями естественных спутников планет солнечной системы является сложной и многопараметрической задачей. Это происходит по той причине, что на орбитально-вращательное движение спутников оказывают влияние все близколежащие небесные тела. Очевидно, таким влияниям подвержена и динамика Луны. В настоящее время исследования нашего естественного спутника проводятся на основе анализа разнородных данных, получаемых из гравиметрических, сейсмических, спутниковых наблюдений, а также лазерной локации Луны. В результате такого подхода точность определения параметров орбитально-вращательного движения Луны повысилась на один-два порядка по сравнению с концом XX-го столетия. Одними из самых точных, постоянно развивающихся динамических теорий Луны являются численные эфемериды серии DE, разрабатываемые в JPL NASA. Они учитывают множество тонких эффектов в динамике Луны и построены с использованием данных последних спутниковых измерений гравитационного поля Луны. В 2011 году Рамбо и Вильямс построили полуэмпирическую теорию физической либрации Луны, основанную на сравнении численной эфемериды DE421 с данными многолетней лазерной локации и последующего спектрального анализа остаточных разностей [1]. Результаты этой работы представлены в виде аналитических рядов, описывающих не только главную проблему теории физической либрации Луны (ФЛЛ), но и возмущения от планет, а самое главное – параметры свободных либраций упругой Луны. Недавняя переобработка данных лазерной локации Луны китайскими исследователями [2] с использованием эфемериды DE430 позволила значительно уточнить параметры свободных либраций. На сегодняшний день данные полуэмпирические ряды ФЛЛ предоставлены для использования учёным во всем мире.

В нашей работе были выполнены исследования полуэмпирической теории ФЛЛ и разработан пакет программ, позволяющих получать значения углов физической либрации на заданный момент времени и приведения их к стандартной системе координат.

Также была проанализирована задача трансформации классических параметров либрации в эйлеровых углах в самолётные углы. Последние использовались при разработке авторской численной теории ФЛЛ.

В результате выполненной авторами статьи работы появилась возможность получать компоненты физической либрации как в углах Эйлера, так в самолетных углах. Анализ остаточных разностей при сравнении с данными Рамбо и Вильямса показывает достаточно хорошую точность полученных нами параметров.

Исследование проводится в рамках федеральной Программы повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета и поддержано грантом РФФИ 15-02-01638-а

Список литературы

1. Rambaux N., Williams J.G., The Moon's physical librations and determination of their free modes, Celest. Mech. Dyn. Astr. 109, 85– 100, 2011;
2. Yang Y.-Z., Li J.-L., Ping J.-S., Hanada H., Determination of the free lunar libration modes from ephemeris DE430, Research in Astronomy and Astrophysics, Volume 17, Issue 12, Number article 127, 2017.

Анализ глобальной цифровой модели Земли, выполненный с использованием методов фрактальной геометрии и гармонического разложения по сферическим функциям

Демин С. А.[1], Андреев А. О.[1], Демина Н. Ю.[1], Нефедьев Ю. А.[1]

[1]КФУ

Эл. почта: serge_demin@mail.ru

В ходе осуществления космических миссий по исследованию Солнечной системы был собран значительный объем данных о геофизике планет и их морфологических свойствах, которые могут быть изучены при помощи методов фрактального анализа [1]. Настоящая работа направлена на исследование цифровой модели Земли *GDEM* (Global Digital Elevation Model), построенной на основе данных измерений *ASTER* (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) [2, 3]. Космический радиометр теплового излучения и отражения установлен на платформе космического аппарата *Terra* (NASA). Исследование выполнялось с использованием многопараметрического гармонического анализа и методов фрактальной геометрии. Следует отметить, что самоподобие и масштабная инвариантность исследуемых объектов методами фрактального анализа позволяют качественно описать структуру поверхности небесных тел [4]. Многопараметрический гармонический анализ и разложения по сферическим функциям использовались при построении модели физической поверхности Земли на основе данных *GDEM*. В настоящей работе получены значения фрактальных размерностей поверхности Земли, которая имеет неоднородную структуру. Фрактальные размерности определены