

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Математико-механический факультет
Кафедра астрономии

Грибанова Марина, Желтова Ксения, Куприянова Анна

Перевод аргументов гармоник в систему
аргументов Бретаньона

Руководитель работы
С. Д. Петров

Санкт-Петербург, 2019 г.

1. Введение

Эта работа посвящена обзору текущей теории прецессии и нутации и созданию новой.

Для начала рассмотрим эти термины отдельно.

Прецессия - периодическое изменение направления земной оси под влиянием притяжения Луны, Солнца и других тел. В результате прецессии земная ось описывает в пространстве конус. Поворот земной оси смещает связанную с Землёй экваториальную систему небесных координат относительно удалённых неподвижных объектов. На небесной сфере ось описывает окружность малого круга небесной сферы с центром в полюсе эклиптики, с угловым радиусом примерно 23,5 градуса. Полный оборот по этой окружности происходит с периодом, составляющим примерно 25 800 лет.

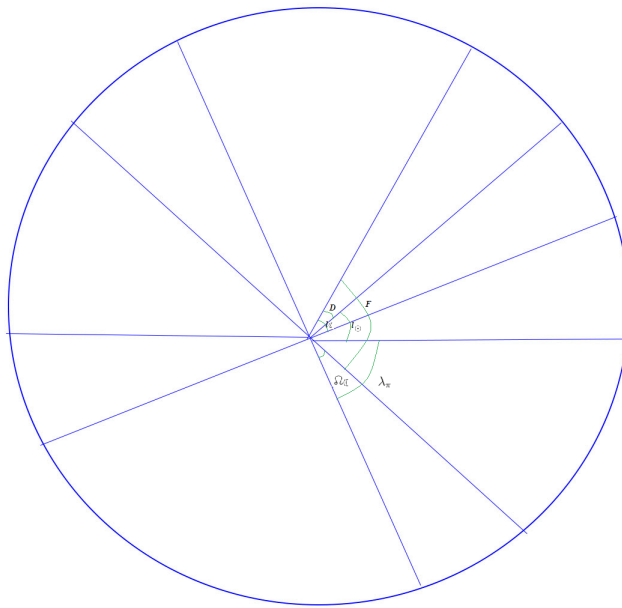
Нутацией называют небольшие колебания земной оси, накладывающиеся на прецессионное движение. Период нутации земной оси равен 18,61 года, и её средняя амплитуда составляет около 17".

2. Аргументы

Опишем состояние теории прецессии и нутации на сегодняшний день. Действует теория нутации IAU2000 и теория прецессии IAU2006. Они позволяют вычислить нутационно-прецессионные величины - углы Эйлера на любой момент времени. IAU nutation theory 2006 представляет собой текстовые файлы с аргументами гармоник. Для вычисления гармоник используют приливные аргументы. В текущей теории нутации используются следующие аргументы: средняя аномалия Луны, средняя аномалия Солнца, F , D , долгота восходящего узла Луны. Недостатком этих аргументов является явное включение аргумента перигелия. Долгота перигея Солнца равна следующему выражению:

$$\lambda_{\pi} = F - l^{\odot} + \Omega_{\zeta}$$

Изменяется эта величина очень медленно: полный период изменений более ста тысяч лет. Очевидно, нет смысла представлять это движение как синусоиду. Проще аппроксимировать линейно или даже константой, то есть исключить из нового набора аргументов. Чтобы различить пару близких гармоник, надо брать второй период наблюдений, а это 200 тысяч лет! Соответственно, различить эту пару гармоник не представляется возможным.



l - средняя аномалия Луны
 l' - средняя аномалия Солнца
 F - средняя элонгация Луны от восходящего узла Луны
 D - средняя элонгация Луны от Солнца
 $\Omega_{\text{☾}}$ - восходящий узел Луны

$\lambda_{\text{☾}}$ - долгота Луны
 $\lambda_{\text{☉}}$ - долгота Солнца
 $\overline{\omega_{\text{☾}}}$ - средний аргумент перигелия лунной орбиты
 $\Omega_{\text{☾}}$ - восходящий узел Луны

(Надо их преобразовать в другую систему координат. Для проверки выполнить обратные преобразования.)

Одному набору новых аргументов могут соответствовать несколько старых.

3. Формулы перевода. Туда и обратно

$$1) \quad l = \lambda_{\text{☾}} - \Omega_{\text{☾}} - \overline{\omega_{\text{☾}}}$$

$$2) \quad l' = \lambda_{\text{☉}} - \Omega_{\text{☾}} - \overline{\omega_{\text{☾}}}$$

- 3) $F = \lambda_{\zeta} - \delta\lambda_{\zeta}$
 4) $D = \lambda_{\zeta} - \lambda_{\odot}$
 1) $\lambda_{\zeta} = F + \delta\lambda_{\zeta}$
 2) $\lambda_{\odot} = D + F + \delta\lambda_{\zeta}$
 3) $\overline{\omega_{\zeta}} = D + F - l'$

4. Forced motion of the Celestial Intermediate Pole (CIP)

$$\begin{aligned}
 X = & 0.01661700'' + 2004.19189800''t - 0.429782900''t^2 - 0.1986183400''t^3 + \\
 & + 0.00000757800''t^4 + 0.000005928500''t^5 + \\
 & + \sum_i [(a_{s,0})_i \sin(ARGUMENT) + (a_{c,0})_i \cos(ARGUMENT)] + \\
 & + \sum_i t [(a_{s,1})_i \sin(ARGUMENT) + t(a_{c,1})_i \cos(ARGUMENT)] + \\
 & + \sum_i [(a_{s,2})_i t^2 \sin(ARGUMENT) + (a_{c,2})_i t^2 \cos(ARGUMENT)] + \dots
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y = & 0.00695100'' - 0.02589600''t - 22.407274700''t^2 + 0.0019005900''t^3 \\
 & + 0.00111252600''t^4 + 0.000000135800''t^5 + \\
 & + \sum_i [(b_{c,0})_i \cos(ARGUMENT) + (b_{s,0})_i \sin(ARGUMENT)] + \\
 & + \sum_i [(b_{c,1})_i t \cos(ARGUMENT) + (b_{s,1})_i t \sin(ARGUMENT)] + \\
 & + \sum_i [(b_{c,2})_i t^2 \cos(ARGUMENT) + (b_{s,2})_i t^2 \sin(ARGUMENT)] + \dots
 \end{aligned}$$

5. Выражения для фундаментальных аргументов нутации

$$F1 \equiv l = 134.96340251^\circ + 1717915923.217800''t + 31.879200''t^2 + 0.05163500''t^3 - 0.0002447000''t^4$$

$$F2 \equiv l' = 357.52910918^\circ + 129596581.048100''t - 0.553200''t^2 + 0.00013600''t^3 - 0.0000114900''t^4$$

$$F3 \equiv F = L - \Omega = 93.27209062^\circ + 1739527262.847800''t - 12.751200''t^2 - 0.00103700''t^3 + 0.0000041700''t^4$$

$$F4 \equiv D = 297.85019547^\circ + 1602961601.209000''t - 6.370600''t^2 + 0.00659300''t^3 - 0.0000316900''t^4$$

$$F5 \equiv \delta = 125.04455501^\circ - 6962890.543100''t + 7.472200''t^2 + 0.00770200''t^3 - 0.0000593900''t^4$$

Суммирование по всем строчкам файла.

L здесь средняя долгота Луны.

t измеряется в юлианских веках. $t = (\text{TT} - 2000 \text{ January } 1\text{d } 12\text{h TT}) \text{ in days} / 36525$.