

Введение

Группа Венгрии представляет собой популяцию астероидов, которая занимает самую внутреннюю, ближайшую к Земле, область главного пояса астероидов. Астероиды этой группы вращаются на средних расстояниях 1.8 а.е. - 2.0 а.е. от Солнца. Их орбиты характеризуются большими наклонами, от 10° до 30° , и эксцентриситетами менее 0.2. Среди астероидов этой группы нет очень крупных. Название всей группе дает астероид с наименьшим порядковым номером (434) Hungaria.

Этот астероид также даёт название большому семейству, существование которого в настоящее время не подлежит сомнению. Семейства астероидов являются результатом катастрофического столкновения и разрушения астероидов. Первоначально орбиты фрагментов, возникших при столкновении, были близки, но под действием планетных возмущений претерпели заметные изменения.

Высказывались предположения о существовании второго семейства в области больших наклонов, но долгое время в этой области обнаруживались только небольшие концентрации астероидов. В настоящий момент, благодаря возросшему числу открытых астероидов, отождествление второго семейства стало возможным.

Для поиска семейств используются, так называемые, собственные элементы, которые вычисляются путём исключения из оскулирующих элементов долгопериодических возмущений. Как правило, для этого достаточно исключить вековые возмущения: классические [1] и Лидова-Козаи [2, 3]. Под действием этих возмущений эксцентриситеты и наклоны орбит испытывают периодические колебания.

Исключение классических вековых возмущений

Распределения оскулирующих элементов наклон – долгота восходящего узла (i, Ω) и эксцентриситет – долгота перигелия (e, ω) на рис.1 хорошо показывают характер действия классических вековых возмущений [1].

Как было показано в работе Т. Виноградовой [4] исключить классические вековые возмущения из оскулирующих элементов можно с помощью формулы преобразования координат, если известны вынужденные элементы, которые являются характеристиками наблюдаемых синусообразных кривых.

Для группы Венгрии эти элементы могут быть вычислены методом наименьших квадратов. В результате были вычислены следующие вынужденные (forced) элементы:

$$i_f = 3.13^\circ \pm 0.02^\circ, \Omega_f = 115.6^\circ \pm 0.3^\circ, e_f = 0.0202 \pm 0.0004, \omega_f = 47.91^\circ \pm 1.01^\circ.$$

На левой панели рис.1 уже просматриваются два семейства: нижнее принадлежит астероиду (434) Hungaria, а верхнее, немногочисленное, – астероиду (3854) George. Но в пространстве оскулирующих элементов эти семейства невозможно разделить. После исключения вынужденных элементов наблюдаемые синусообразные кривые превращаются в горизонтальные полосы. При этом становится возможным разделение семейств по наклонам.

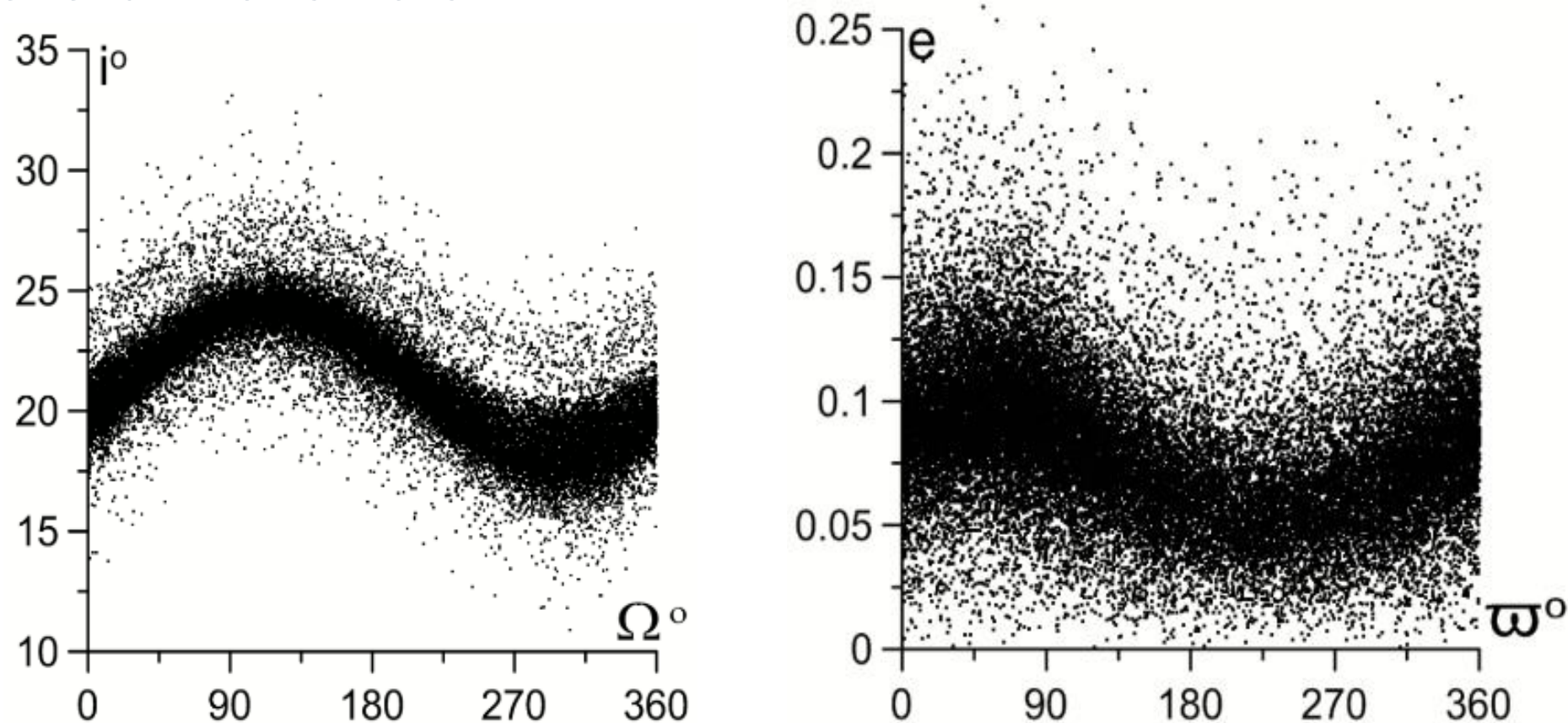


Рис.1. Изменение наклонов и эксцентриситетов орбит астероидов группы Венгрии под действием классических вековых возмущений.

Исключение возмущения Лидова-Козаи

После исключения классических вековых возмущений на распределении полученных элементов в зависимости от аргумента перигелия ω_1 проявляется возмущение Лидова-Козаи. На рис.2, где показано распределение (e_1, ω_1) можно видеть, как изменяются под действием этого возмущения эксцентриситеты орбит. Возмущение Лидова-Козаи может быть исключено так же, как и классические возмущения.

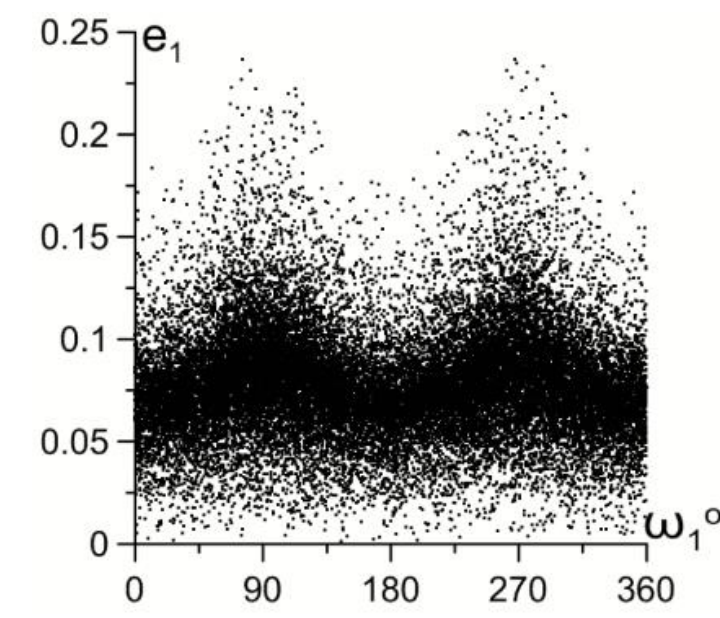


Рис.2. Изменение эксцентриситетов орбит астероидов группы Венгрии под действием возмущения Лидова-Козаи.

Семейства астероидов в пространстве собственных элементов

После исключения вековых возмущений, в пространстве собственных элементов (a, e_p, i_p), семейства астероидов становятся хорошо различимы. На рис.3 приведено распределение полученных собственных элементов (a, i_p) для группы Венгрии.

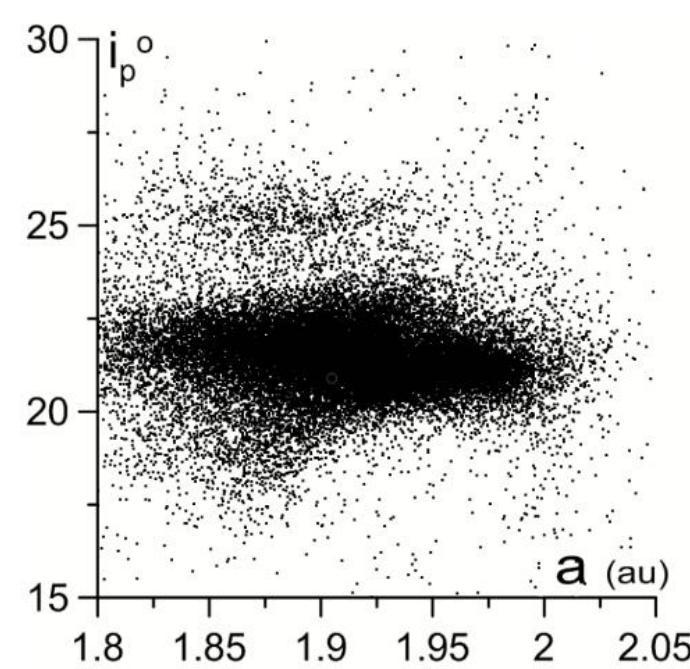


Рис.3. Два семейства астероидов в группе Венгрии на распределении собственных элементов (a, i_p): большое семейство (434) Hungaria и относительно немногочисленное семейство (3854) George в области высоких наклонов около 25° .

Идентификация семейства (3854) George

Идентификация семейств основывается на поиске плотных скоплений точек в трёхмерном пространстве собственных элементов (a, e_p, i_p). Используемый в данной работе метод описан в работе Т. Виноградовой [4], он является аналогом иерархического кластерного анализа.

В результате, кроме семейства (434) Hungaria, включающего в настоящее время около 25 тыс. астероидов таксономического типа E, было отождествлено семейство (3854) George, содержащее около 400 членов. Таксономический тип главного астероида (3854) George не установлен, но предположительно семейство состоит из S астероидов.

На рис.4 приведено распределение членов этого семейства на плоскости большая полуось – абсолютная звёздная величина (a, H). Симметричное V-образное распределение астероидов относительно положения главного астероида является подтверждением правильности отождествления.

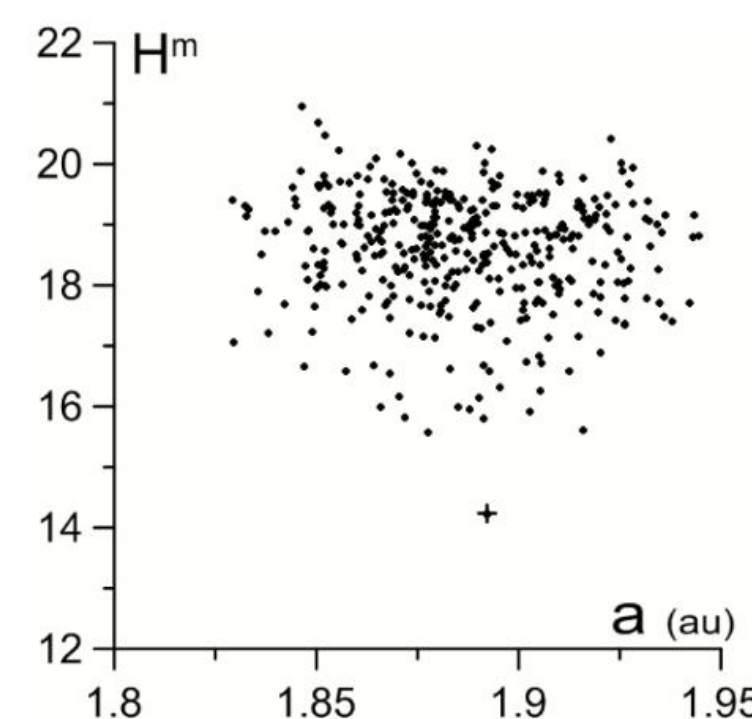


Рис.4. Симметричное V – образное распределение членов семейства (3854) George на плоскости (a, H). Крестиком показано положение главного астероида.

Литература

1. Brouwer D., van Woerkom A. J. J. The secular variations of the orbital elements of the principal planets // Astron. Papers Amer. Ephem. — 1950.
2. Лидов М. Л. Эволюция орбит искусственных спутников под воздействием гравитационных возмущений внешних тел // Искусственные спутники Земли, 1961, Т. 8, С. 5.
3. Kozai Y. Secular perturbations of asteroids with high inclination and eccentricity// AJ, 1962, Vol. 67, P. 591.
4. Vinogradova T.A. Empirical method of proper elements calculation and identification of asteroid families // MNRAS — 2019 — V. 484 — P. 3755