

Р. А. Саакян

Функция распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент

Знание функции распределения двойных звезд по разностям звездных величин компонент может объяснить некоторые вопросы космогонии двойных систем.

Ряд авторов рассматривал вопросы космогонии двойных звезд, пользуясь данными относительно функции распределения визуально двойных по Δm .

Мы думаем, что не меньшую роль может играть знание функции распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент. Поэтому мы попытаемся получить эту функцию. Но надо отметить, что данные наблюдений тесных двойных сильно искажены избирательностью наблюдений. Следовательно при выводе функции распределения этих звезд надо учесть избирательность наблюдений.

Как известно тесные двойные, главным образом, наблюдаются в качестве затменных переменных и спектроскопических двойных. В данной статье мы используем данные касающиеся затменных переменных, учитывая, что для этих звезд имеются формулы, с помощью которых можно учитывать избирательность наблюдений.

По Грамацкому [1] вероятность, что данная тесная двойная звезда может оказаться затменной, выражается формулой:

$$p = \frac{r_1 + r_2}{a}, \quad (1)$$

где r_1 и r_2 — радиусы компонент, a — расстояние между компонентами.

Вероятность открытия затменной переменной при сравнении одной пары пластинок выражается приблизительно формулой [2]:

$$W = 2D(1-2D) \frac{(0,73A)^2}{1+(0,73A)^2} f(m), \quad (2)$$

где D — отношение продолжительности общего затмения к периоду, A — амплитуда, $f(m) = 1 - 0,062m$.

Как увидим ниже, если нам известно наблюденное распределение затменных переменных по значениям амплитуды изменения звезд-

ных величин, или по разностям звездных величин компонент, то пользуясь формулами (1) и (2), мы можем получить функцию распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент.

§ 1. Функции распределения тесных двойных по Δm компонент, полученная с помощью функции распределения затменных переменных по амплитуде звездных величин

По каталогу Казанской Обсерватории [7] обнаруженные затменные переменные дают следующее наблюдаемое распределение по амплитудам звездных величин (таблица 1).

Таблица 1

A	2 ^m .1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	
N	16	73	142	148	153	133	88	63	51	48	
A	0 ^m .1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1
N	41	18	25	23	20	10	6	6	4	3	1

Согласно [2] число тесных двойных определяется из соотношения

$$n(A) = \frac{N}{Wp} \quad (3)$$

Показано [3], что нет корреляции между A и D и между A и p . Следовательно из [3] имеем:

$$n(A) = CN \frac{1 + (0,73A)^2}{(0,73A)^2} \quad (3')$$

По таблице 1 и формуле (3') получим таблицу 2.

Таблица 2

A	0 ^m .1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	2.1	3.1	3.9	4.1
Cn	20	8	6	3.6	2.5	1.7	0.9	0.6	0.3	0.06	0.015	0.005

Функцию распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент обозначим через $F(\Delta m)$, тогда легко видеть, что она определяется из интегрального уравнения:

$$n(A)dA = C \int_{\Delta m(i=90^\circ)}^{\infty} F(\Delta m) \sin i \, di \, d\Delta m \quad (4)$$

В самом деле, число тесных двойных, имеющих i (угол между лучем зрения и плоскостью орбиты) в интервале $(i, i+di)$, будет пропорционально $\sin i \, di$, а из них число тесных двойных, имеющих Δm в интервале $(\Delta m, \Delta m+d\Delta m)$ будет с $F(\Delta m) \sin i \, di \, d\Delta m$. В уравнении (4) амплитуда A зависит от Δm и i и каждому значению dA при данном Δm соответствует свое значение di , которое определяется из приведенной ниже формулы (10).

Нижний предел интеграла определяется из формулы (6) при фотометрической фазе $\alpha=1$, что дает

$$\Delta M = 2,5 \lg (10^{0,4A} - 1).$$

Величина $\sin i \, di$ определяется из следующих двух формул [4], [5].

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left(\frac{r_1^2}{r_2^2} \varphi_1 + \varphi_2 - \frac{r_1 \Delta}{r_2^2} \sin \varphi_1 \right), \quad (5)$$

$$A = 2,5 \lg \frac{1 + 10^{0,4\Delta M}}{1 + 10^{0,4\Delta M}(1-\alpha)}, \quad (6)$$

где

$$r_1^2 = r_1^2 + \Delta^2 - 2r_1 \Delta \cos \varphi_1, \quad r_2^2 = r_2^2 + \Delta^2 - 2r_2 \Delta \cos \varphi_2,$$

Δ — проекция расстояния между компонентами на небесной сфере. При $r_1=r_2$ и при соединении компонент, из формулы (5), получим:

$$\alpha = \frac{2}{\pi} \left[\arccos \frac{\cos i}{p} - \frac{\cos i}{p} \sqrt{1 - \frac{\cos^2 i}{p^2}} \right]. \quad (7)$$

Здесь учтено, что, при соединении компонент, $\Delta = a \cos i$.

По формуле (7) составлена таблица 3.

Таблица 3

$\frac{\cos i}{p}$	1	0,87	0,7	0,5	0,35	0,1	0,05	0,02	0,009	0,0
$\frac{\pi}{2} \alpha$	0,00	0,076	0,29	0,61	0,91	1,37	1,45	1,52	1,56	1,57

Из этой таблицы нетрудно заключить, что приблизительно

$$\alpha = \frac{2}{\pi} \left(1,57 - 1,6 \frac{\cos i}{p} \right). \quad (8)$$

Пользуясь этим приближенным выражением для α и (6), получим

$$\frac{2}{\pi} \left[1,57 - 1,6 \frac{\cos i}{p} \right] = [1 + 10^{-0,4\Delta M}] [1 - 10^{-0,4A}], \quad (9)$$

откуда:

$$\sin i \, di = C_1 [1 + 10^{-0,4\Delta M}] 10^{-0,4A} dA, \quad (10)$$

где C_1 — постоянная.

Из (4) и (10) находим:

$$n(A) 10^{0,4A} = C_1 \int_{\Delta M(1-0,97)}^{\infty} (1 + 10^{-0,4\Delta M}) F(\Delta M) d\Delta M, \quad (11)$$

откуда:

$$F(\Delta M) = \frac{C}{1 + 10^{-0,4\Delta M}} \frac{\partial}{\partial \Delta M} [n(A) 10^{0,4A}]. \quad (12)$$

Функцию $n(A)$, заданную в виде таблицы 2, можно представить одной из следующих двух интерполяционных формул.

$$n(A) = K_1 \cdot 25 \cdot 10^{-A}, \quad (13)$$

$$n(A) = K_2 \cdot 26 \cdot 10^{-1,2A}. \quad (14)$$

В таблице 4 даются значения $n(A)$, вычисленные по этим формулам. Эти значения можно сравнить с таблицей 2.

Таблица 4

A	$0^m.1$	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2,1
$25 \cdot 10^{-A}$	20	12,5	7,5	5	3	2	1,25	0,75	0,2
$26 \cdot 10^{-1,2A}$	20	11,4	6,5	3,8	2,2	1,3	—	0,42	—

Из (12) пользуясь (13) или (14) получим два варианта решения:

$$F_1(\Delta m) = C_2 \frac{10^{0,8\Delta m}}{(1 + 10^{0,4\Delta m})^{3,5}}; \quad (15)$$

или

$$F_2(\Delta m) = C_2^1 \frac{10^{0,8\Delta m}}{(1 + 10^{0,4\Delta m})^4}. \quad (16)$$

Относительные значения F , вычисленные по формулам (15) и (16), приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Δm	$0^m.0$	0,2	0,3	1	2	5	10
c $F_1(\Delta m)$	0,09	0,12	0,09	0,08	0,04	0,001	0,0001
c $F_2(\Delta m)$	0,06	—	—	0,04	0,014	0,0001	10^{-8}

Конечно значениям функции F , полученным для $\Delta m > 5^m$, не нужно придавать большого значения, но ясно, что в действительности число таких пар в Галактике относительно мало. В самом деле число пар, у которых Δm велико и спутники являются гигантами, мало, а те пары, у которых обе компоненты карлики, обычно не имеют больших значений Δm .

§ 2. Функция распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент, полученная непосредственно из наблюдений Δm

На основании значений светимостей главных компонент L_1 , приведенных в каталоге Казанской обсерватории [7] для части, затменных переменных по формуле

$$\Delta m = 2,5 \lg \frac{L_1}{1 - L_1} \quad (17)$$

были вычислены значения Δm .

Полученное „наблюденное“ распределение звезд по Δm дается в таблице 6.

Таблица 6

Δ_m	0 ^m .0-1.0	1.01-2.00	2.01-3.00	3.01-4.00	4.01-5.00	>5
$N(\Delta_m)$	133	80	65	25	7	1

Пользуясь этими данными и правилами теории вероятностей можно определить искомую функцию из уравнения:

$$N(\Delta_m) d\Delta_m = CF(\Delta_m) \int_0^{90^\circ} \sin i p w di d\Delta_m, \quad (18)$$

где $CF(\Delta_m) \sin i di w p d\Delta_m$ — число обнаруженных затменных переменных, имеющих i и Δ_m в интервалах $(i, i+di)$, $(\Delta_m, d\Delta_m+\Delta_m)$ соответственно.

Из (9) получим:

$$\sin i di = C(1+10^{0,4\Delta_m}) 10^{-0,4A} dA. \quad (19)$$

Подставив значение $\sin i di$ из (19) в (18) находим:

$$N(\Delta_m) = CF(\Delta_m) (1+10^{-0,4\Delta_m}) \int_0^{A_{\max}} p w 10^{-0,4A} dA, \quad (20)$$

где верхний предел интеграла определяется из уравнения

$$A_{\max} = 2,5 \lg(1+10^{0,4\Delta_m}). \quad (21)$$

Учитывая, что нет корреляции между A и D и между A и p из (20), имеем:

$$N(\Delta_m) = C_3 F(\Delta_m) (1+10^{-0,4\Delta_m}) \int_0^{A_{\max}} 10^{-0,4A} \frac{(0,73A)^2 dA}{1+(0,73A)^2} \quad (22)$$

В формуле (22) выражение $\frac{(0,73A)^2}{1+(0,73A)^2}$ можно заменить выражением $2(1-10^{-0,68A})$, тогда из (22) находим:

$$F(\Delta_m) = \frac{C_3^2 N(\Delta_m)}{(1+10^{-0,4\Delta_m}) [2(1+10^{0,4\Delta_m})^{-1,2} - 2,5(1+10^{0,4\Delta_m})^{-1} + 0,5]} \quad (23)$$

По формуле (23) и по таблице 6 для функции распределения тесных двойных по разностям звездных величин компонент составлена таблица 7.

Таблица 7

Δ_m	0 ^m .0	1	2	3	4
$c F(\Delta_m)$	555	230	153	60	15

По [6] визуально-двойные звезды спектральных типов B , A и F дают следующую функцию распределения по Δ_m .

Таблица 8

Δm	0 ^m .0—1.00	1.01—2.00	2.01—3.00	3.01—4.00	4.01—5.00	5.01—6.00	6.01—7.00
$n(\Delta m)$	2272	877	581	480	341	203	94

Таблицы 5 и 7 показывают, что функция распределения тесных двойных звезд по разностям звездных величин компонент — убывающая.

Как видно из таблиц 5 и 8 затменные переменные и вообще тесные двойные, при $\Delta m \leq 5^m$ дают почти такую же функцию распределения по Δm , что и визуально-двойные, но при $\Delta m > 5^m$ эти функции резко отличаются. Из этих данных видно, что вообще компоненты тесных двойных отличаются друг от друга по яркости меньше, чем визуально-двойные. Это явление можно, по-видимому, объяснить тем, что у тесных двойных из массивной компоненты в менее массивную непрерывно перетекает материя, вследствие чего разница между массами, а следовательно и светимостями компонент, постоянно уменьшается.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
АН Армянской ССР

Поступило 15 XII 1958

Ռ. Ա. Սահակյան

ՆԵՂ ԿՐԿՆԱԿԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆ ԸՍՏ ՆՐԱՆՑ ԿՈՍՄՈՆԵՆՏՆԵՐԻ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Կրկնակի աստղերի բաշխման ֆունկցիան, ըստ նրանց կոմպոնենտների աստղաչին մեծությունների աստղաբաշխումների, կարող է բացատրել կրկնակի աստղերի կոմպոնենտների որոշ հարցեր: Մի շարք հեղինակների կողմից այդ ֆունկցիան ստացված է վիզուալ կրկնակի աստղերի համար: Այս աստղին փորձն է, որ մենք կատարում ենք այն ստանալու սեղմ կրկնակի աստղերի համար:

Սեղմ կրկնակի աստղերի վերոհիշյալ ֆունկցիան, հավանականությունների տեսության հիման վրա, հաշվի առնելով դիտողական ընտրողականությունը, ստացված է Կազանի աստղագիտության կատարողի տվյալներից:

Ստացված ֆունկցիան բնականորեն տեսքով նման է վիզուալ կրկնակի աստղերի նախ ֆունկցիալին, միայն այն տարբերությամբ, որ արգումենտի մեծ արժեքների համար ֆունկցիան ավելի արագ է նվազում, քան այդ տեղի ունի վիզուալ կրկնակի աստղերի մոտ:

Այդ ֆունկցիան նվազող է:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Gramatzki H. I. A. N. 233, 105, 1928.
2. Саакян Р. А. Сообщения Бюраканской Обсерватории, вып. X, 1952.
3. Саакян Р. А. Сообщения Бюраканской Обсерватории, вып. XXIV, 1958.
4. Мартынов Д. Я. Переменные звезды. Т. II. М.—Л., 1939.
5. Цеселич В. П. и другие. Переменные звезды. Т. III, М.—Л., 1947.
6. Саакян Р. А. ДАН АрмССР, т. XIX, 5, 1954.
7. Бюллетень Ас. Обс. имени В. Н. Энгельгарда, 28, 1952.