АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2023, том 100, № 6, с. 512–516

КАТАЛОГ РАЗРЕШЕННЫХ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ДВОЙНЫХ: РАЗРАБОТКА И ОПИСАНИЕ

© 2023 г. Д. Б. Зелеке[1,2], П. В. Пахомова[3], С. Б. Тессема[1], С. Х. Негу[1], О. Ю. Малков[3,*]

[1] *Институт космических исследований, Обсерватория Энтото, Аддис Абеба, Эфиопия*

[2] *Университет Аддис Абебы, Аддис Абеба, Эфиопия*

[3] *Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия*

*****E-mail: malkov@inasan.ru*

Поступила в редакцию 13.02.2023 г.
После доработки 27.03.2023 г.
Принята к публикации 27.03.2023 г.

Разрешенные спектроскопические двойные – уникальные объекты среди других типов двойных. Они предоставляют единственную (помимо тригонометрических параллаксов) возможность определять с высокой точностью расстояния до объектов – важнейшую характеристику в астрономии. Двойные системы этого типа малочисленны, однако исчерпывающего каталога до сих пор не существует. Авторами разработана пилотная версия нового каталога разрешенных спектроскопических двойных. В нем собрана информация об элементах орбит, массах компонентов, параллаксах и других параметрах для 107 звезд. Таким образом, каталог представляет собой наиболее обширный список разрешенных спектроскопических двойных, известных на данный момент. Проведен предварительный анализ распределений звездных параметров объектов каталога, а также сравнение тригонометрических параллаксов из Gaia DR3 с орбитальными. Статья частично основана на докладе, представленном на конференции “Современная звездная астрономия-2022”, прошедшей в Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ им. М.В. Ломоносова 8–10 ноября 2022 г.

Ключевые слова: спектроскопические двойные звезды, визуальные двойные звезды, каталоги

DOI: 10.31857/S0004629923050110, **EDN:** YXGAUT

1. ВВЕДЕНИЕ

Разрешенными спектроскопическими двойными (resolved spectroscopic binaries, RSB) называют тип двойных систем, решения орбит для которых получены двумя методами: визуально и спектроскопически. Спектроскопическая двойная, будучи разрешенной визуально, представляет собой незаменимую возможность напрямую определять (а не оценивать) параллаксы и массы звезд. Такие объекты сравнительно немногочисленны, на данный момент их известно не более двух сотен. Исчерпывающего каталога разрешенных спектроскопических двойных на сегодняшний день не существует, однако попытки его создания предпринимались. В частности, в работе [1] собрано 40 систем такого типа с известными орбитальными элементами, массами компонентов, блеском и спектральной классификацией. За последующие годы было обнаружено и накоплено значительное количество RSB, представленных, в основном, в разрозненных публикациях.

Целью данной работы является создание каталога, содержащего наиболее полную информацию обо всех разрешенных спектроскопических двойных, известных на данный момент. В следующих разделах представлено описание предварительной версии каталога.

2. СТРУКТУРА КАТАЛОГА

В каталоге собрано 107 разрешенных спектроскопических двойных из различных источников.

Большинство объектов и данные о них взяты из работ [1] и [2], содержащих списки из 40 и 69 систем соответственно. Эти списки существенно перекрываются между собой, и в таких случаях в каталог включались более свежие данные. Кроме того, использовались работы [3–6], а также ряд других публикаций, каждая из которых содержит детальное исследование одной двойной системы. Помимо данных из перечисленных выше публикаций, в каталог включены параллаксы и блеск из Gaia DR3 [7], а также некоторая информация из базы данных SIMBAD.

Каталог содержит следующие параметры и группы параметров:

- идентификаторы;
- экваториальные координаты (α, δ);

Таблица 1. Орбитальные и физические параметры для пяти объектов каталога разрешенных спектроскопических двойных

HD	HIP	Name	Period, year	T, JD	e
6980	5438	V* AI Phe	$0.06732964 \pm 0.00000006$	243248.603 ± 0.004	0.1872 ± 0.0001
16739	12623	* 12 Per	0.90620 ± 0.00001	2449112.965	0.663 ± 0.002
18955	14157	V* IR Eri	0.1186046 ± 0.0000004	2451487.5005 ± 0.0079	0.7594 ± 0.0010
195987	101382		0.1569384 ± 0.0000003	2456627.3786 ± 0.0075	0.30514 ± 0.00025
214222	111528	ADS 16098	22.3 ± 0.1	2454317.38 ± 35.42	0.3617 ± 0.013

HD	ω, °	Ω, °	i, °	a, mas	a, AU
6980	110.36 ± 0.03	13.31 ± 0.23	91.32 ± 0.39	1.315 ± 0.005	0.2227 ± 0.0008
16739	89.9 ± 0.3	49.3 ± 0.6	127.0 ± 0.8	53.1 ± 0.7	
18955	174.69 ± 0.17	19.141 ± 0.082	92.24 ± 0.18	5.81 ± 0.03	
195987	357.195 ± 0.064	334.96 ± 0.07	99.364 ± 0.080	15.378 ± 0.027	
214222	144.216 ± 2.2				10.28172 ± 0.16102

HD	γ, км/с	K_1, км/с	K_2 км/с	M_1, $M_\odot$	M_2, $M_\odot$	Sp Type
6980	-2.111 ± 0.004	51.166 ± 0.008	49.118 ± 0.007	1.1941 ± 0.0007	1.2438 ± 0.0007	G3V
16739				1.340 ± 0.042	1.18 ± 0.04	F9V
18955		54.31 ± 0.29	60.45 ± 0.34	0.982 ± 0.010	0.8819 ± 0.0089	K0V
195987		28.8519 ± 0.0077	36.697 ± 0.025	0.842 ± 0.001	0.66201 ± 0.00076	G9V
214222				1.117 ± 0.077	1.060 ± 0.065	G1V

HD	B, mag	V, mag	G, mag	J, mag	H, mag	ϖ_{orb}, mas	ϖ_{trig}, mas	Ref.
6980	9.26	8.6	8.430471	7.301	6.935	5.905 ± 0.024	5.9069 ± 0.0191	[3]
16739	5.51	4.92	4.721669	3.97	3.69	41.7 ± 0.9	41.7962 ± 0.2956	[1]
18955	9.3	8.45	8.228626	7.011	6.629	19.557 ± 0.078	19.446 ± 0.052	[5]
195987	7.89		6.831616	5.474	5.081	46.131 ± 0.084	45.7485 ± 0.2012	[6]
214222	8.77	8.19	8.054345	7.018	6.715	14.0638 ± 0.2336	14.2345 ± 0.3196	[2]

Примечание. mas (milli arc second) – угловая миллисекунда дуги.

- орбитальные параметры (P, T_0, a, i, e, ω, Ω);
- спектроскопические параметры (γ, K_1, K_2, $a_{1,2}\sin i$, $M_{1,2}\sin^3 i$);
- массы и/или их комбинации (M_1, M_2, q, $M_1 + M_2$);
- параллаксы (орбитальные, тригонометрические);
- спектральная классификация;
- блеск в полосах B, V, J, H, K, G.

В качестве примера приведена часть таблицы (см. табл. 1), состоящая из пяти строк каталога. В ней представлены не все параметры звезд каталога, а только те, что обладают наибольшей информативностью. В дальнейшем формат каталога будет модифицироваться.

3. АНАЛИЗ ДАННЫХ

Более трети двойных систем каталога обладает периодами менее 5 лет (рис. 1, левая панель). Максимальное значение периода среди объектов каталога составляет $P = 318$ лет. Можно говорить о том, что по значениям орбитальных элементов звезды каталога распределены равномерно, в частности, по значениям эксцентриситетов e (рис. 1, правая панель).

На рис. 2 приведена зависимость "период-эксцентриситет" для двойных систем, вошедших в каталог. Область избегания в левом верхнем углу графика (отсутствие эксцентричных короткопериодических орбит) – следствие циркуляризации тесных систем. Но обращает на себя внимание и область избегания в правом нижнем углу графика (отсутствие круговых долгопериодических орбит). Очевидно, это проявление эффекта селекции: только если периастр находится достаточно близко к фокусу, скорость движения компонента

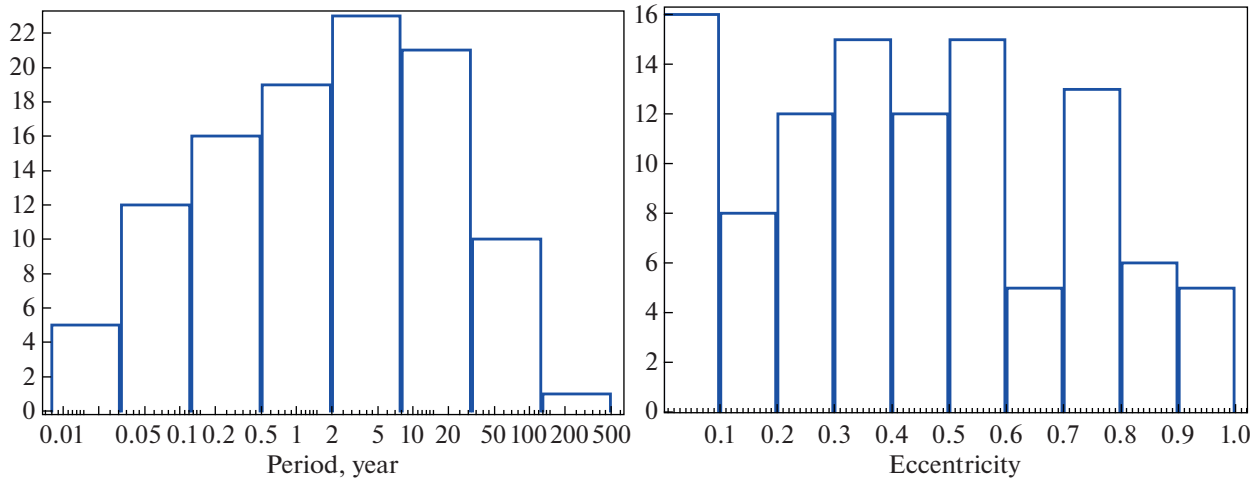


Рис. 1. Распределение звезд каталога по значениям периода (в годах, слева) и эксцентриситета (справа).

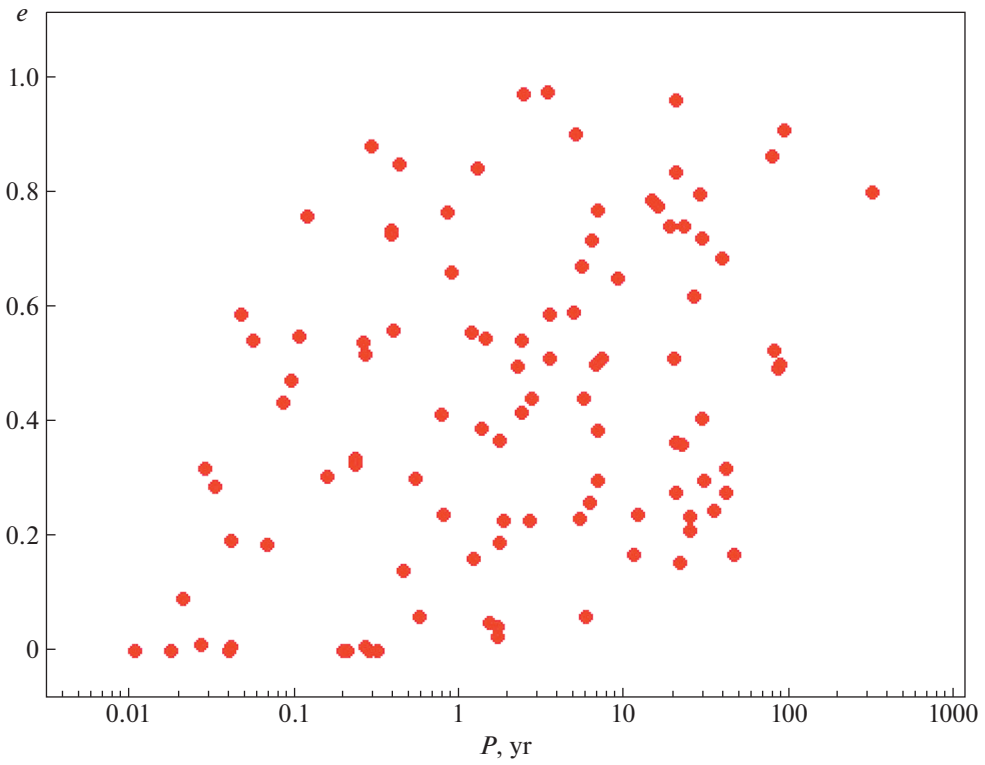


Рис. 2. Зависимость “период-эксцентриситет” для разрешенных спектроскопических двойных.

в периастре значительно отличается от средней и становится достаточно высокой, чтобы это движение было обнаружено по смещению линий в спектре. В круговых долгопериодических орбитах скорость постоянна и невысока, и система не имеет шансов быть обнаруженной спектроскопически.

Комбинация параметров, определяемых из кривой лучевых скоростей, и угла наклона орбиты, определяемого из визуальных наблюдений, позволяет также вычислять массы компонентов. Распределение каталогизированных систем по массам компонентов представлено на рис. 3.

Проведено сравнение значений тригонометрических параллаксов из Gaia DR3 с орбитальными параллаксами для проверки их соответствия друг другу. На рис. 4 видно, что для более далеких объектов каталога эти несоответствия минималь-

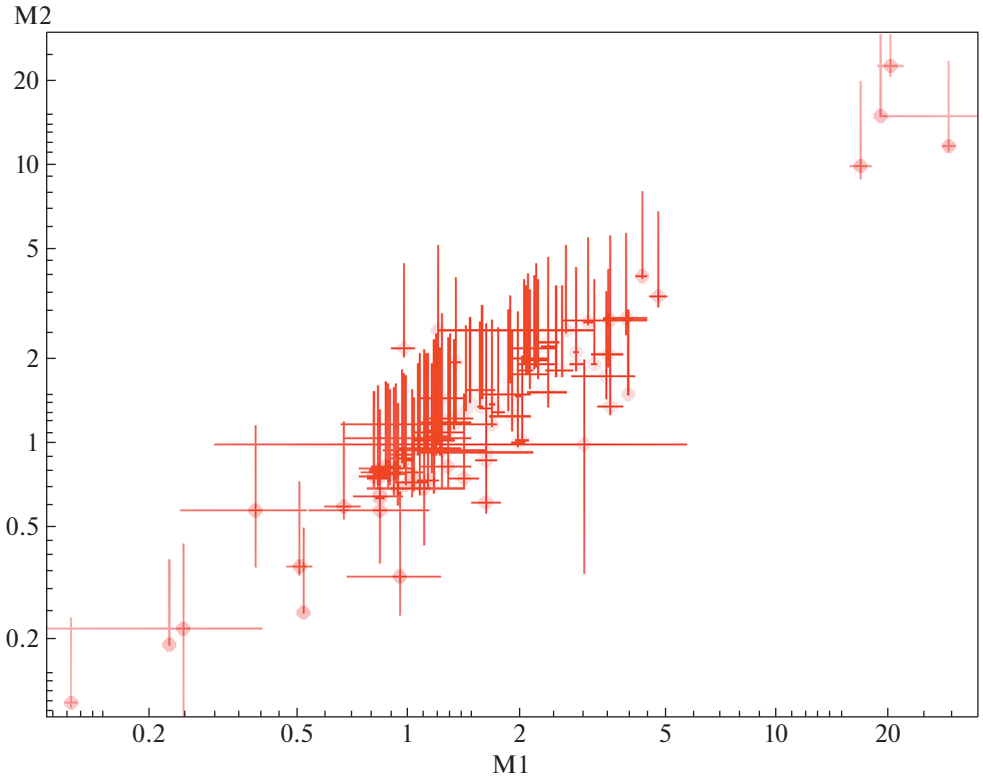


Рис. 3. Массы компонентов разрешенных спектроскопических двойных, в массах Солнца.

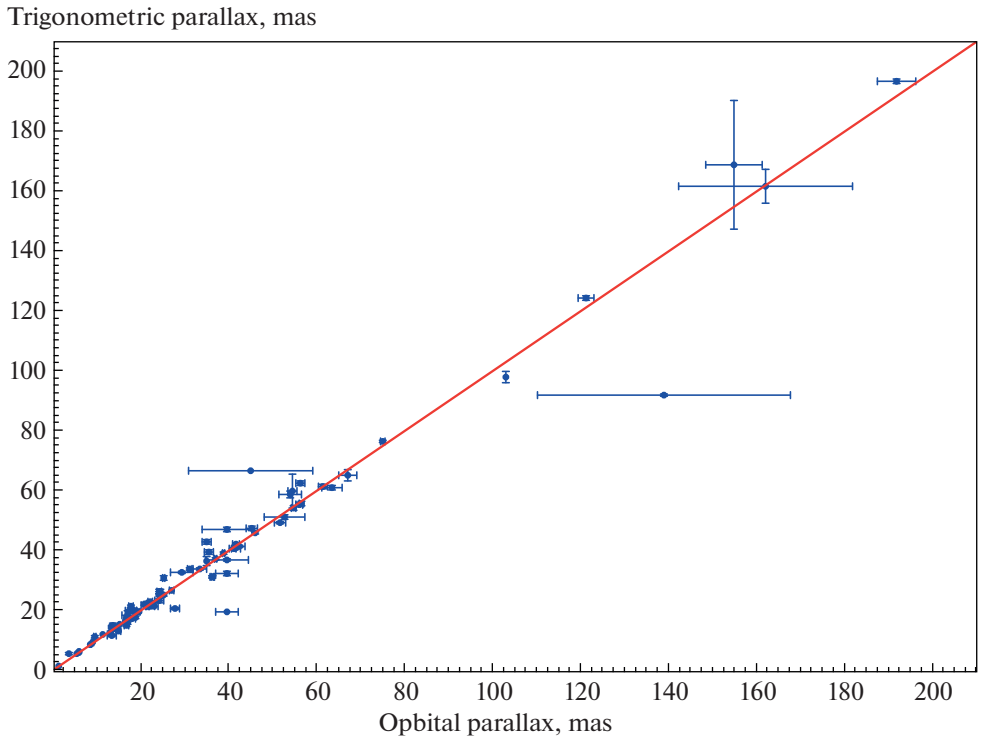


Рис. 4. Соотношение между тригонометрическими параллаксами объектов каталога из Gaia DR3 и орбитальными параллаксами.

ны. Это объясняется невозможностью для Gaia определять двойственность на больших расстояниях и, соответственно, высокой точностью определения параллаксов. Для близких звезд отклонения от линейной зависимости в большинстве своем коррелируют с масштабом ошибок, вызванных орбитальным движением. Кроме того, можно видеть, что в ряде случаев точность определения орбитального параллакса сравнима с тригонометрическим или даже превосходит его. Отметим также, что для одной из каталогизированных звезд (GJ 65) опубликован только наземный тригонометрический параллакс, а для еще одной (HD 172865) тригонометрический параллакс неизвестен.

В данном разделе приведены некоторые из распределений и зависимостей параметров объектов каталога, полученных в ходе предварительного анализа.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана пилотная версия нового каталога разрешенных спектроскопических двойных. Собрана информация об элементах орбит, массах компонентов, орбитальных параллаксах и других параметрах для 107 звезд. Каталог содержит наиболее обширный список разрешенных спектроскопических двойных систем, известных на данный момент (предположительно, около 75% от общего числа объектов данного типа). Проведен предварительный анализ распределений параметров объектов каталога. Проведено сравнение параллаксов Gaia DR3 с орбитальными.

В дальнейшем планируются пополнение каталога новыми объектами и добавление недостающей информации об уже имеющихся объектах, а также проведение более детального статистического анализа данных.

БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использовались данные из архива Gaia DR3 и из базы данных SIMBAD.

Авторы выражают благодарность анонимному рецензенту за ценные замечания, которые помогли улучшить статью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *D. Pourbaix*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. **145**, 215 (2000).
2. *L. Piccotti, J. Á. Docobo, R. Carini, V. S. Tamazian, E. Brocato, M. Andrade, and P. P. Campo*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **492**, 2709 (2020).
3. *A. Gallenne, G. Pietrzyński, D. Graczyk, B. Pilecki, et al.*, Astron. and Astrophys. **632**, id. A31 (2019), arXiv:1910.03393 [astro-ph.SR].
4. *J. B. Le Bouquin, H. Sana, E. Gosset, M. De Becker, et al.*, Astron. and Astrophys. **601**, id. A34 (2017), arXiv:1608.03525 [astro-ph.SR].
5. *J. L. Halbwachs, H. M. J. Boffin, J. B. Le Bouquin, F. Kiefer, et al.*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **455**, 3303 (2016), arXiv:1510.07412 [astro-ph.SR].
6. *F. Kiefer, J. L. Halbwachs, Y. Lebreton, C. Soubiran, et al.*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **474**, 731 (2018), arXiv:1710.09604 [astro-ph.SR].
7. Gaia Collaboration, VizieR Online Data Catalog: I/355 (2022).