

УДК 524.31.01/08

НЕТОЧНОСТИ В СПЕКТРАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗВЕЗД КАТАЛОГА *Tycho-2 Spectral Type*

© 2008 г. А. С. Цветков, А. В. Попов, А. А. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный университет

Поступила в редакцию 03.05.2007 г.

Произведено сравнение спектральных и тригонометрических параллаксов общих звезд каталогов *Tycho-2 Spectral Type* и *Hipparcos*. В результате этого сравнения выяснилось, что для подавляющего большинства звезд оценки расстояний до них обоими методами дают очень близкие результаты. Однако имеется небольшая часть звезд, для которых оценки расстояния различаются значительно. Именно эти звезды составляют предмет нашего исследования. Удалось найти причины этих различий.

Ключевые слова: звезды — свойства, классификация, фундаментальная астрономия, астрометрия, спектральная классификация, звездные каталоги, *Tycho-2*, *Hipparcos*.

PACS numbers : 95.80.+p, 97.10.Vm, 97.10.Ri

Key words:

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в звездно-астрономических исследованиях широко применяется высокоточный каталог положений и собственных движений 2.5 млн. звезд *Tycho-2* (Хёг и др., 2000). Методика его построения заключалась в использовании 167 наземных каталогов XX (и даже XIX) века в качестве первой эпохи и наблюдений спутника *Hipparcos* в качестве второй. Однако, в отличие от каталога *Hipparcos* (Перриман, ESA, 1997), в каталоге *Tycho-2* нет данных о параллаксах звезд.

Каталог *Tycho-2 Spectral Type* (Райт и др., 2003) представляет собой компиляцию данных каталога *Tycho-2* с данными нескольких каталогов спектральных классов звезд: *Michigan Catalogs* (Хоук, Коули, 1975), *Catalog of Stellar Spectra Classified in the Morgan-Keenan System* (Яшек и др., 1964), *MK Classification Extension* (Кеннеди, 1983), *FK5* (части I (Фрикке и др., 1988) и II (Фрикке и др., 1991)) и *PRM catalogs* (Рёзер, Бастиан, 1993). Каталог содержит спектральную классификацию для 351 863 звезд каталога *Tycho-2*, причем для 165 039 звезд известен класс светимости.

Это обстоятельство позволяет вычислить для этих звезд спектральные параллаксы. Так как у каталогов *Tycho-2 Spectral Type* и *Hipparcos* есть около 107 тыс. общих звезд (Попов и др., 2007), то существует возможность провести сравнение результатов определения параллакса спектральным методом с тригонометрическим параллаксом.

В ходе предварительных исследований (Смирнов, 2006) выяснилось, что хотя для большинства звезд оценки спектральных параллаксов в целом не сильно отличаются от тригонометрических параллаксов *Hipparcos*, найден целый ряд объектов, у которых значения этих параметров сильно расходятся.

ВЫБОРКА ОБЩИХ ЗВЕЗД

Для проведения работы был составлен список общих звезд каталогов *Hipparcos* и *Tycho-2 Spectral Type* с учетом нескольких критериев отбора.

1. Расстояние по данным *Hipparcos* должно быть менее 400 пк, так как для звезд с большим расстоянием относительная ошибка его определения превышает 50%.

Таблица 1. Табличные значения показателя цвета $B-V$ и абсолютной звездной величины M для звезд I, III и V классов светимости

SP	I		III		V	
	M	$B-V$	M	$B-V$	M	$B-V$
O5	—	—	—	—	-5.6	-0.33
O9	-6.5	-0.27	-5.7	-0.31	-4.5	-0.31
B0	-6.5	-0.23	-5.0	-0.30	-4.0	-0.30
B5	-6.2	-0.10	-2.3	-0.16	-1.2	-0.17
A0	-6.3	-0.01	-0.4	0.00	0.6	-0.02
A5	-6.6	0.09	0.3	0.15	1.9	0.15
F0	-6.6	0.17	0.8	0.27	2.7	0.30
F5	-6.6	0.32	1.2	0.45	3.5	0.44
G0	-6.4	0.76	0.9	0.65	4.4	0.58
G5	-6.2	1.02	0.9	0.84	5.1	0.68
K0	-6.0	1.25	0.7	1.03	5.9	0.81
K5	-5.8	1.60	-0.2	1.45	7.3	1.15
M0	-5.6	1.67	-0.4	1.57	8.8	1.40
M5	-5.6	1.80	-0.3	1.80	12.3	1.64

2. В Tycho-2 Spectral Type должна присутствовать фотометрическая информация и полная двумерная спектральная классификация, включая спектральный класс, подкласс и класс светимости. Мы ограничились рассмотрением только тех звезд, которым в каталоге Tycho-2 Spectral Type назначен III или V класс светимости, так как астрофизические характеристики таких звезд хорошо известны (Бинни, Меррифилд, 1998), а большинство объектов рассматриваемых каталогов принадлежит именно этим классам светимости.

3. Мы исключили из рассмотрения те звезды, для которых в каталоге Hipparcos установлен флаг кратности, чтобы избежать сложностей с отождествлением фотометрических характеристик каждого компонента. Таких звезд оказалось 15 049.

В итоге был составлен список из 35 856 звезд, на основе которого мы проводили сравнение спектральных параллаксов с тригонометрическими.

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПАРАЛЛАКСОВ

Расстояние до звезд оценивалось по формулам (Михалас, Бинни, 1981)

$$E_{B-V} = (B - V)_{\text{vis}} - (B - V)_{\text{tab}}, \quad (1)$$

$$R = 3.30 + 0.28(B - V)_{\text{tab}} + 0.04E_{B-V},$$

$$A_V = RE_{B-V},$$

$$\lg r_{\text{sp}} = 0.2(V_{\text{vis}} - M_{\text{tab}} - A_V + 5),$$

где E_{B-V} — избыток цвета; R — коэффициент, зависящий от покраснения света, распределения энергии в звездном спектре; A_V — полное поглощение света, точность определения этой величины составляет примерно 0^m15 и напрямую зависит от ошибки определения $(B - V)_{\text{tab}}$; r_{sp} — оценка расстояния до звезды в пк; V_{vis} , $(B - V)_{\text{vis}}$ — наблюдаемая звездная величина и показатель цвета звезды; V_{tab} , $(B - V)_{\text{tab}}$ — табличная абсолютная звездная величина и показатель цвета для звезды данного спектрального класса (Бинни, Меррифилд, 1998; Ален, 2000). В табл. 1 представлены данные, на основе которых проводились наши исследования. Следует учесть, что точность величины M_{tab} составляет около 0^m5 , что приводит к относительной ошибке определения спектрального параллакса 25% (Арену и др., 1992).

Следует отметить, что у значительной части звезд встречались отрицательные значения A_V , что противоречит физической сути эффекта межзвездного поглощения. Это может объясняться ошибочным спектральным классом, приписанным звезде, а также приблизительным характером принятой модели поглощения. Распределение величины A_V приведено на рис. 1. В наших вычислениях межзвездное поглощение учитывалось только тогда, когда его величина была больше 0. Существуют более точные модели поглощения (Арену и др., 1992), но для близких звезд различие между ними не существенно.

Величина V_{vis} , $(B - V)_{\text{vis}}$ вычислялись путем перевода величин B_T , V_T , в систему Джонсона—Моргана (ESA, 1997):

$$\begin{aligned} V_J &= V_T - 0.090(B - V)_T, \\ (B - V)_J &= 0.850(B - V)_T. \end{aligned} \quad (2)$$

Считается, что эти редукции не достаточно точны. В работе Харченко (2001) показано, что приведенные значения отличаются от истинных и ошибка приведения $(B - V)_T$ к системе Джонсона может достигать 0^m06 в районе $(B - V)_T \sim 0^m5$, а в отдельных областях даже 0^m1 . Однако это приведет к ошибке определяемого расстояния около 10%.

СРАВНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ И ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАЛЛАКСОВ

Различие расстояний, определяемых разными методами для звезд спектрального класса G, проиллюстрировано рис. 2 (для других спектральных классов, рисунки имеют схожий вид). Во всех рассуждениях в качестве меры расстояния используется $\lg r$, где r выражено в парсеках. На диаграмме

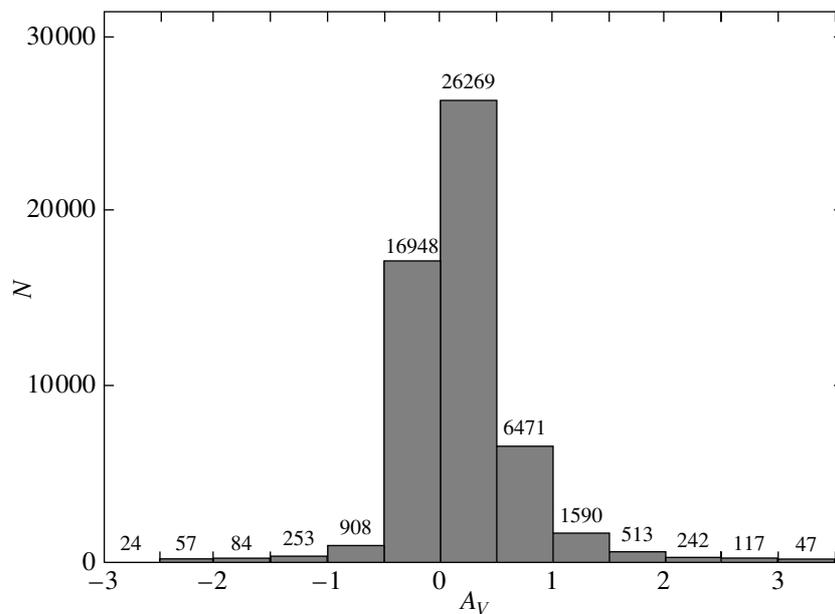


Рис. 1. Распределение величины A_V .

каждая звезда представляется одной точкой, по оси X отложен $\lg r$, определенный тригонометрическим методом, а по оси Y — спектральным методом.

Изучение диаграмм для звезд различных спектральных классов позволяет сделать три вывода.

1. С увеличением расстояния расхождение растет в случайном отношении. Очевидно, что это явление — следствие случайных ошибок параллакса в каталоге Hipparcos.

2. Наблюдается систематическое занижение расстояния, полученного спектральным способом, по сравнению с расстоянием, определенным по тригонометрическому параллаксу, для звезд главной последовательности и обратная картина для звезд-гигантов. Причина этого может крыться в систематических ошибках параллакса в каталоге Hipparcos. Обсуждение этого выходит за рамки нашей статьи.

3. Существуют звезды со значительными различиями в оценке расстояния, именно они и будут предметом нашего внимания.

ПРИЧИНЫ БОЛЬШИХ РАЗЛИЧИЙ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО И СПЕКТРАЛЬНОГО ПАРАЛЛАКСОВ

В качестве меры различия оценок расстояний, определенных по тригонометрическому и спектральному параллаксам, мы будем использовать разность логарифмов расстояний

$$\Delta \lg r = \lg r_{tr} - \lg r_{sp}. \quad (3)$$

Распределение величины $\Delta \lg r$ для всех исследуемых звезд приведено на рис. 3. Мы рассмотрим

причины, по которым у 164 звезды с $|\Delta \lg r| > 1$ оценки расстояний различаются на порядок. Детальный анализ этого списка этих звезд (табл. 2) показал, что в нем находятся:

а) 22 звезды с большим собственным движением, для которых вполне возможна ошибка идентификации в старых каталогах (например, такая ошибка явно произошла со звездой HIP 87946, которой приписан спектральный класс звезды Барнарда, находящейся рядом);

б) 13 переменных звезд, определение спектральных параллакса которых сопряжено с трудностями;

в) 11 двойных и кратных звезд или звезд, входящих в скопления, которые считались в Tycho-2 Spectral Type одиночными;

г) 8 звезд, у которых наблюдается и парадоксальное сочетание показателя цвета $B-V$ с назначенным спектральным классом; оказалось, что у этих звезд спектральный класс в базе SIMBAD резко отличается от приведенного в каталоге, включая “углеродную” звезду HIP 116519 редкого класса CII;

д) 29 звезд поздних спектральных классов, для которых в базе SIMBAD указан другой класс светимости.

Остальные 79 звезд из нашего списка относятся к поздним спектральным классам, а анализ строк табл. 2 позволяет сделать предположение, что у таких звезд неверно определен класс светимости. Например, звезда может иметь назначенный класс K2 V с аномально большим показателем цвета

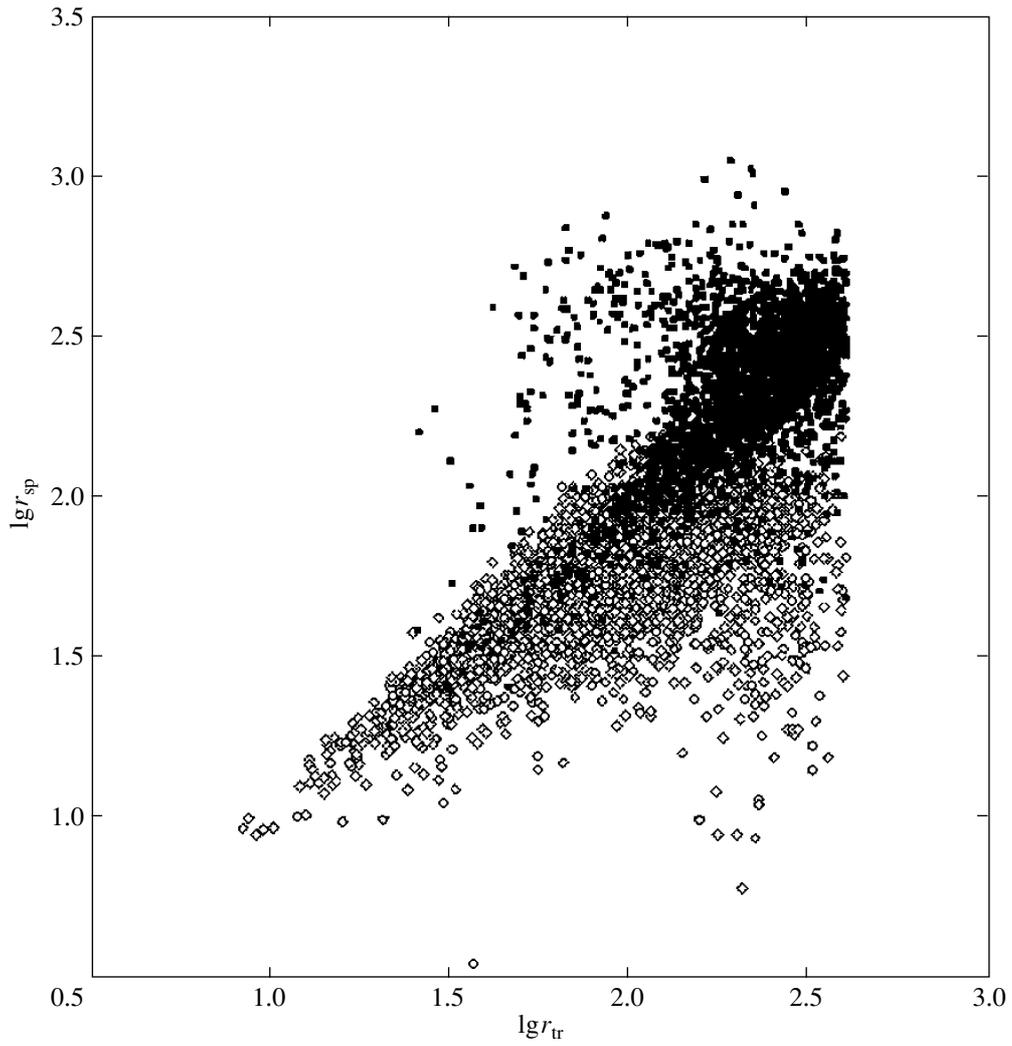


Рис. 2. Различие расстояний, определяемых разными методами для звезд классов светимости V (светлые кружки) и III (темные квадраты) для спектрального класса G.

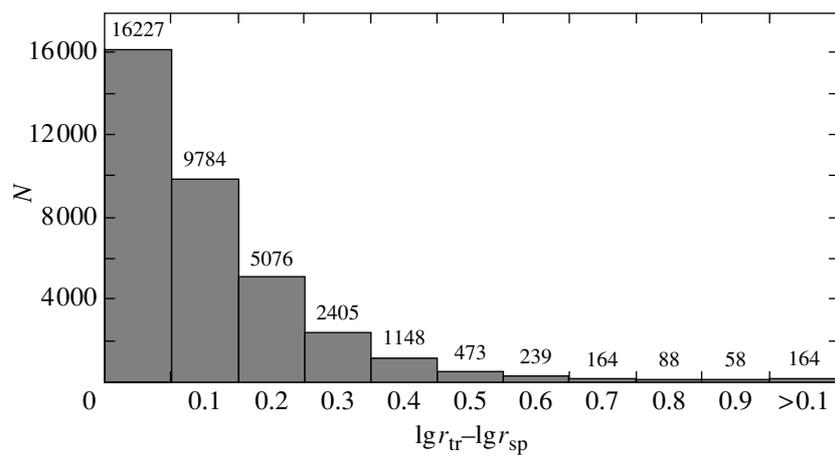


Рис. 3. Распределение звезд по различию модуля логарифмов определяемых расстояний $\Delta \lg r = \lg r_{tr} - \lg r_{sp}$.

Таблица 2. Звезды с $|\Delta \lg r| > 1$, их исправленные спектральные классы и логарифм расстояния, полученные методом спектрального параллакса

HIP	$\lg r_{tr}$	$\lg r_{sp}$	$B-V$	m	SP	Note	$S_{p_{new}}$	Notes _{sp}	$\lg r_{new}$
1042	2.53	1.30	1.09	7.80	F2 V		F2 I	S	
1409	2.14	0.46	0.03	7.88	M3 V		A2 V	S	2.62
2618	2.54	1.54	1.18	9.49	G3 V	V	K0	s	
3719	2.36	1.06	1.07	6.93	G7 V		K0 III	S	2.21
4003	1.77	2.89	0.91	9.93	K2 III	H	K4 V	S	1.69
4649	2.32	0.78	1.49	7.51	K4 V		K4 III	L	2.42
4920	2.57	1.25	1.40	9.49	K2 V		K2 III	L	2.65
5017	2.50	0.90	1.50	8.18	K4 V		K5 III	sL	2.64
5930	2.53	0.77	1.56	7.71	K2 V		K2 III	L	2.17
7400	2.08	1.02	0.98	6.70	K1 V	D			
7614	2.56	1.07	1.34	8.41	K5 V		K5 III	L	2.72
7738	2.38	1.35	1.16	9.10	K3 V		K3 III	L	2.77
8213	2.46	1.26	1.11	8.00	G5 V	M			
8400	2.59	1.44	0.99	8.62	G8 V		G8 III	L	2.52
8725	2.47	3.55	0.12	9.40	O8 V				
9084	2.55	1.19	1.35	8.73	G8 V		G8 III	L	2.27
9161	2.35	0.94	1.48	8.00	G8 V		G8 III	L	2.02
9481	2.37	0.68	1.62	7.53	K5 V	V			
9799	2.26	1.07	1.16	7.54	K0 V		K0 III	S	2.27
10 877	2.40	1.33	1.21	9.15	K2 V		K2 III	L	2.73
11 190	2.33	1.26	1.21	8.67	K0 V		K0 III	L	2.46
12 053	2.40	1.28	1.07	8.25	K0 V		K0 III	L	2.48
12 059	2.36	1.04	1.21	7.29	G5 V		G5 III	L	2.00
13 338	2.37	1.26	1.14	8.43	K0 V		K0 III	L	2.46
13 799	2.29	1.03	1.44	8.43	K0 V		K0 III	L	2.24
15 578	1.65	2.93	1.14	9.93	K3 III	H	K3/K4 IV	S	
15 742	2.37	1.35	1.11	8.42	G5 V		G5 III	L	2.31
17 454	2.51	1.44	1.15	9.35	K0 V		K0 III	L	2.64
17 706	1.75	2.99	0.90	10.24	K3 III	H			
17 736	1.66	2.91	0.92	9.84	K3 III	H			
20 487	2.35	1.35	1.09	8.75	K1 V		K1 III	L	2.62
20 651	2.33	0.87	1.55	8.23	K4 V		K4 III	L	2.51
20 756	2.24	0.64	1.50	6.85	K5 V		K5 III	L	2.37
21 344	2.34	1.32	1.15	8.22	G2 V		K0	sL	2.41
21 583	2.25	0.95	1.20	6.96	G8 V		G8 III	L	2.03
21 988	1.35	2.64	0.90	8.00	K5 III		K5 V	l	1.13

Таблица 2. Продолжение

HIP	$\lg r_{tr}$	$\lg r_{sp}$	$B-V$	m	SP	Note	Sp_{new}	Notes _{Sp}	$\lg r_{new}$
22 253	1.80	3.00	1.22	10.58	K2 III		K2 V	I	1.61
22 271	1.66	3.24	0.77	10.85	K7 III	C			
24 454	1.42	2.91	1.09	10.04	K2 III	H			
28 485	2.37	1.26	0.89	6.98	G3 V		G5 III	sL	2.18
28 711	2.12	3.65	0.33	10.96	O9 V				
29 009	2.50	0.75	1.56	7.65	K3 V	D	K3/K4 V	S	
29 458	2.55	1.14	1.39	8.92	K2 V		K2 III	L	2.54
29 986	2.29	0.99	1.49	8.42	K0 V		K0 III	L	2.20
32 431	2.51	1.15	0.81	6.51	G8 V		G8 III	L	2.14
33 545	2.51	1.13	1.35	7.04	A8 V		K0	S	0.82
33 856	2.57	1.39	1.78	3.47	K4 III	V	M1.5 Iab:	S	
35 203	1.78	2.84	0.81	9.85	K1 III		K1/K2 IV	S	
36 655	2.45	3.59	0.15	9.47	B0 III		B2	s	3.08
38 421	2.25	3.39	-0.17	11.71	B8 V				3.45
38 646	1.68	2.72	0.79	9.38	G8 III	H	K0 IV	S	
38 716	2.53	3.71	0.16	10.65	O9 V	C	B0 V	S	
38 913	2.54	0.91	1.39	7.79	K5 V		K7 III	sL	2.73
39 543	2.55	1.13	1.28	8.41	K2 V		K2/K3 V	sL	2.52
41 511	2.56	1.54	1.03	9.40	K0 V		K0 III	L	2.74
41 698	2.51	0.94	1.53	8.51	K3 V		K3 III	L	2.47
42 486	2.58	1.54	0.82	8.30	G5 V		G5 III	L	2.48
42 919	1.63	2.64	0.83	8.92	K0 III	V	K0 V	S	1.59
43 771	1.49	2.63	1.00	8.67	K2 III		K2/K3 V	sL	1.39
44 816	2.25	1.17	1.73	2.20	K4 III	V	K4 Ib-II	S	
46 360	1.68	2.79	0.93	9.47	K2 III	H	K2III:	S	
47 256	2.59	0.93	1.50	8.30	K3 V		K3 III	L	2.45
48 184	2.30	0.95	1.31	6.87	G0 V		K5 III	sL	2.52
51 510	1.70	2.82	0.98	9.75	K1 III	H	K1/K2 III:	S	
53 383	1.65	3.10	1.04	10.09	M0 III	H	K5 III:	S	
53 719	1.57	2.60	0.86	8.62	K1 III	H	K1/K2 IV	S	
56 135	2.48	0.75	1.26	6.31	K0 V	V	K2 III CN?	S	
57 257	2.55	0.73	1.46	7.13	K2 V		K4 III	S	2.37
59 035	2.55	0.71	1.42	6.90	K2 V		K2/K3 III	sL	2.12
59 414	2.46	1.44	0.80	7.51	G2 V	C			
59 979	2.52	1.38	0.96	8.20	G8 V		K0 III	sL	2.55
60 122	2.20	0.21	1.65	5.30	K4 V		M0 III	S	2.08
61 487	2.51	0.64	1.62	7.32	K4 V		K5 III	S	2.38

Таблица 2. Продолжение

HIP	lg r_{tr}	lg r_{sp}	$B-V$	m	SP	Note	Sp _{new}	Notes _{sp}	lg r_{new}
61 801	1.78	2.80	0.85	9.63	K1 III	H	K1: III:	S	
61 818	2.41	0.73	1.43	7.04	K2 V		K4 III	S	2.37
61 887	2.43	0.78	1.56	7.80	K4 V		K4 III	L	2.43
62 271	2.34	1.08	1.28	8.24	K3 V		K3 III CN?	sL	2.59
62 386	2.46	0.76	1.57	7.73	K3 V		K3 III	L	2.28
63 214	2.51	1.22	1.37	8.99	G8 V		G8 III	L	2.31
63 804	2.44	1.28	0.97	7.71	G8 V		G8 III	L	2.36
64 048	1.38	2.81	1.23	9.30	K3 III		K3 V	l	1.34
64 956	2.46	1.21	1.12	8.19	K1 V	V			
65 359	1.97	2.97	0.97	10.36	K2 III		K2 V	l	1.75
65 469	1.59	2.94	1.08	10.00	K3 III		K3 V	l	1.59
65 485	1.69	2.74	0.75	9.33	K1 III		K1 V	l	1.64
65 500	1.56	2.98	1.53	11.10	K3 III	H			
66 478	2.47	1.28	1.06	7.94	G6 V		G6 III	L	2.27
66 840	1.38	2.91	1.26	9.82	K3 III	H	K5	s	
67 171	1.87	2.97	0.83	10.11	K3 III				1.68
69 640	2.34	3.65	0.07	9.97	B1 III		B1 V:	sL	3.39
69 668	1.83	2.84	0.83	9.99	G8 III	H	G8III/IV	S	
69 787	1.80	3.14	1.18	10.50	K5 III		K5 V	l	1.61
70 017	1.91	2.95	0.89	10.23	K2 III		K2 V	l	1.77
70 142	1.63	2.68	0.88	8.87	K2 III	V	K2 V	S	1.52
72 520	2.43	1.42	0.98	8.47	G8 V			L	2.50
72 645	2.44	1.41	0.93	8.25	G8 V			L	2.49
73 308	2.59	1.13	1.32	8.59	K2 V		K2 III CN	sL	2.53
73 367	2.40	1.21	1.44	9.32	K0 V		K0 III:	sL	2.42
73 686	1.66	3.02	1.35	9.92	K5 III	H			
74 666	1.55	0.55	0.94	3.46	G0 V	V	G8 III	S	1.52
77 764	2.42	3.62	-0.04	10.34	B3 III		B8	s	3.07
78 874	2.23	1.18	1.12	7.94	K0 V		G5 III	sL	2.20
80 693	2.11	0.35	1.50	5.40	K3 V		K4 III	S	1.99
80 708	1.96	0.62	1.43	6.47	K3 V		K5 III	sL	2.35
81 020	2.52	1.05	1.81	10.18	K5 V		K5 III	L	2.80
81 176	1.75	2.82	0.87	9.71	K1 III		K1 V	l	1.70
83 195	1.65	2.89	0.90	9.74	K3 III	H			
83 689	2.35	1.15	0.93	7.09	K0 V		K0 III	L	2.28
84 996	2.41	0.87	1.56	8.11	K0 V	D			
85 355	2.56	1.52	1.53	4.33	K2 III	V	K3 Iab:	S	

Таблица 2. Продолжение

HIP	$\lg r_{tr}$	$\lg r_{sp}$	$B-V$	m	SP	Note	Sp _{new}	Notes _{Sp}	$\lg r_{new}$
86 778	2.52	1.30	1.23	8.66	G5 V		G5 III	L	2.26
87 083	1.67	2.69	0.82	9.06	K1 III	D			
87 092	1.69	2.82	0.86	9.60	K2 III	H			
87 464	1.49	3.05	1.20	10.04	K5 III	H	K5 V	S	1.50
87 540	1.92	0.82	1.12	6.18	K1 V		K1 III:	S	2.10
87 946	2.57	0.66	0.30	10.58	M5 V	B	A2 V	S	2.69
88 256	2.55	0.72	1.80	8.47	K3 V		K3/K4 III:	sL	2.25
88 671	2.19	1.00	0.98	6.36	G8 V		G8 IIp	S	2.07
88 869	2.59	1.58	0.91	8.84	G5 V		G5 III	L	2.53
89 069	2.54	1.45	1.11	9.23	K0 V		K0 III	L	2.65
90 055	1.63	2.79	0.92	9.43	K2 III		K2/K3 V:	sL	1.60
91 587	1.86	2.87	0.81	9.96	K1 III		K3 V	S	1.77
93 417	2.55	0.50	1.73	7.10	K3 V		K4 II-III	S	2.15
96 022	2.26	1.09	1.41	8.75	K2 V		K2/K3 III	sL	2.49
96 204	2.42	-0.79	1.50	6.46	M8 V	V			
96 509	2.56	1.04	1.54	8.99	K2 V		K2 III	L	2.45
97 093	1.82	2.86	0.94	9.91	K1 III		K1 V:	sL	1.70
97 449	1.85	2.85	0.87	9.90	K1 III	D	K1/K2 IV	S	
97 962	1.91	3.00	-0.20	10.21	B9 V	M			
98 011	2.24	1.09	1.01	6.98	G9 V		G9 III	L	2.22
98 082	2.48	1.35	1.19	9.04	K0 V		K0 III	L	2.55
98 209	2.40	1.19	0.88	6.78	G5 V		G8 III	S	2.23
98 746	2.50	0.92	1.45	8.20	K8 V		K8 III	L	2.71
99 011	2.45	1.28	1.17	8.45	G8 V	V	G9Vp	S	
99 092	2.48	1.36	1.04	8.54	K0 V		K0 III	L	2.56
99 278	2.58	0.90	1.41	7.83	K5 V		K5 III	L	2.61
99 482	2.57	1.19	1.13	8.10	K1 V		G5 III	sL	2.23
99 780	2.40	1.39	0.98	8.12	G5 V		G5 V	L	2.34
100 346	2.55	0.90	1.63	7.92	F9 V		F9 Vw		
101 194	2.38	0.96	1.60	8.85	K3 V		K3 III:	sL	2.48
101 865	2.45	1.33	0.97	7.77	G5 V		G5 III	L	2.28
102 667	2.47	1.08	1.44	8.79	K2 V		K2 III	L	2.48
104 860	2.58	0.69	1.61	7.52	K2 V	D	K5	s	
105 000	2.26	1.25	0.86	7.00	G5 V		G5 III:	sL	2.21
105 243	1.81	2.94	1.11	10.17	K2 III	H	K2	S	
105 546	1.80	2.84	0.80	9.69	K2 III	H	K2 III:	S	
106 743	1.82	2.83	0.94	9.83	K0 III	H	K0/K1 III:	S	

Таблица 2. Окончание

HIP	$\lg r_{tr}$	$\lg r_{sp}$	$B-V$	m	SP	Note	Sp_{new}	$Notes_p$	$\lg r_{new}$
106 797	2.46	1.19	1.56	9.80	K2 V		K2/K3 III:	sL	2.59
109 897	2.60	1.47	0.95	8.75	K0 V		K0 III	L	2.61
110 025	2.39	3.43	0.24	9.97	B2 III		B2 V:	sL	3.12
110 115	1.83	2.90	0.92	10.02	K2 III		K3 V	S	1.71
110 127	1.73	2.94	0.95	10.19	K2 III		K2 IV	S	1.73
110 204	2.59	0.50	1.70	6.94	K2 V		K2 III	L	1.91
111 254	2.31	0.78	1.55	7.06	G0 V		K2 III	sL	2.05
111 295	2.37	0.83	1.38	7.33	K3 V		K2 III	sL	2.23
111 371	2.49	1.47	0.79	7.88	G6 V		G6 III	L	2.40
112 049	1.63	2.78	0.99	9.38	K2 III		K2 V	l	1.54
114 483	2.50	0.81	1.48	7.59	K2 V		K2 III	L	2.21
114 817	2.33	1.20	1.18	8.40	K2 V	V			
115 008	2.32	1.24	1.06	8.03	K0 V		K0 III	L	2.44
115 218	2.46	0.39	1.71	6.40	K1 V		M2 III	S	2.35
116 519	1.69	2.74	0.84	9.34	K1 III		K1 V	l	1.64
117 245	2.37	-0.76	2.78	5.01	F8 V	N	CII ?	s	
117 736	1.55	2.86	1.15	9.58	K3 III	H	K0	s	

Примечание. HIP — номер звезды по каталогу Hipparcos; $\lg r_{tr}$ — \lg расстояния, полученного по тригонометрическому параллаксу; $\lg r_{sp}$ — \lg расстояния, полученного по спектральному параллаксу; $B-V$ — показатель цвета по каталогу Tycho-2 Spectral Type; m — видимая звездная величина по каталогу Tycho-2 Spectral Type; Sp — спектральный класс по каталогу Tycho-2 Spectral Type; Note — примечание: V — переменная звезда; H — звезда с большим собственным движением; D — двойная звезда; M — кратная звезда; C — звезда наблюдается на фоне скопления; N — углеродная звезда; B — звезда ошибочно ассоциирована со звездой Барнарда. Sp_{new} — предлагаемый спектральный класс; $Notes_p$ — примечание к полю Sp_{new} ; S — использован спектральный класс и класс светимости из базы SIMBAD; s — использован только спектральный класс из базы SIMBAD (класс светимости отсутствует или проигнорирован); L — назначен класс светимости III; l — назначен класс светимости V; sL — комбинация флагов s и L. $\lg r_{new}$ — \lg расстояния, вычисленный на основе Sp_{new}

1.48 (HIP 114483), что явно указывает на наличие значительного поглощения. Действительно, по данным Hipparcos эта звезда находится на расстоянии 215 пк, а не 15 пк, как это следует из спектрального параллакса. Это означает, что данная звезда — скорее всего, красный гигант. Имеются ошибки и в обратную сторону, например звезда HIP 112049. Известно, что определение класса светимости является сложным и тонким моментом в классификации звездных спектров (Мерин, Монстенсинос, 2000; Яшек, Яшек, 1990), поэтому можно ожидать большого числа ошибок в этой области. На это указывают и более поздние по отношению к мичиганским каталогам определения классов светимости, приведенные в базе SIMBAD.

Детальный анализ тригонометрического параллакса, видимой звездной величины и показателя цвета позволил предложить корректировку класса светимости для ряда звезд. Предлагаемые измене-

ния класса светимости, а также значения логарифма расстояния, вычисленные на основе исправленного спектрального класса, отражены в табл. 2.

Исправить спектральную классификацию удалось для 141 звезд, при этом:

1. 44 звездам назначен спектральный класс, включая класс светимости, из базы SIMBAD;
2. для 7 звезд в SIMBAD есть только спектральный класс без класса светимости;
3. для 26 звезд задан новый спектральный класс, в соответствии с данными SIMBAD, и назначен класс светимости III;
4. 11 звездам нами назначен V класс светимости вместо III;
5. 53 звездам присвоен III класс светимости, вместо V.

Предлагаемые исправления позволили определить новый спектральный параллакс для 117 звезд

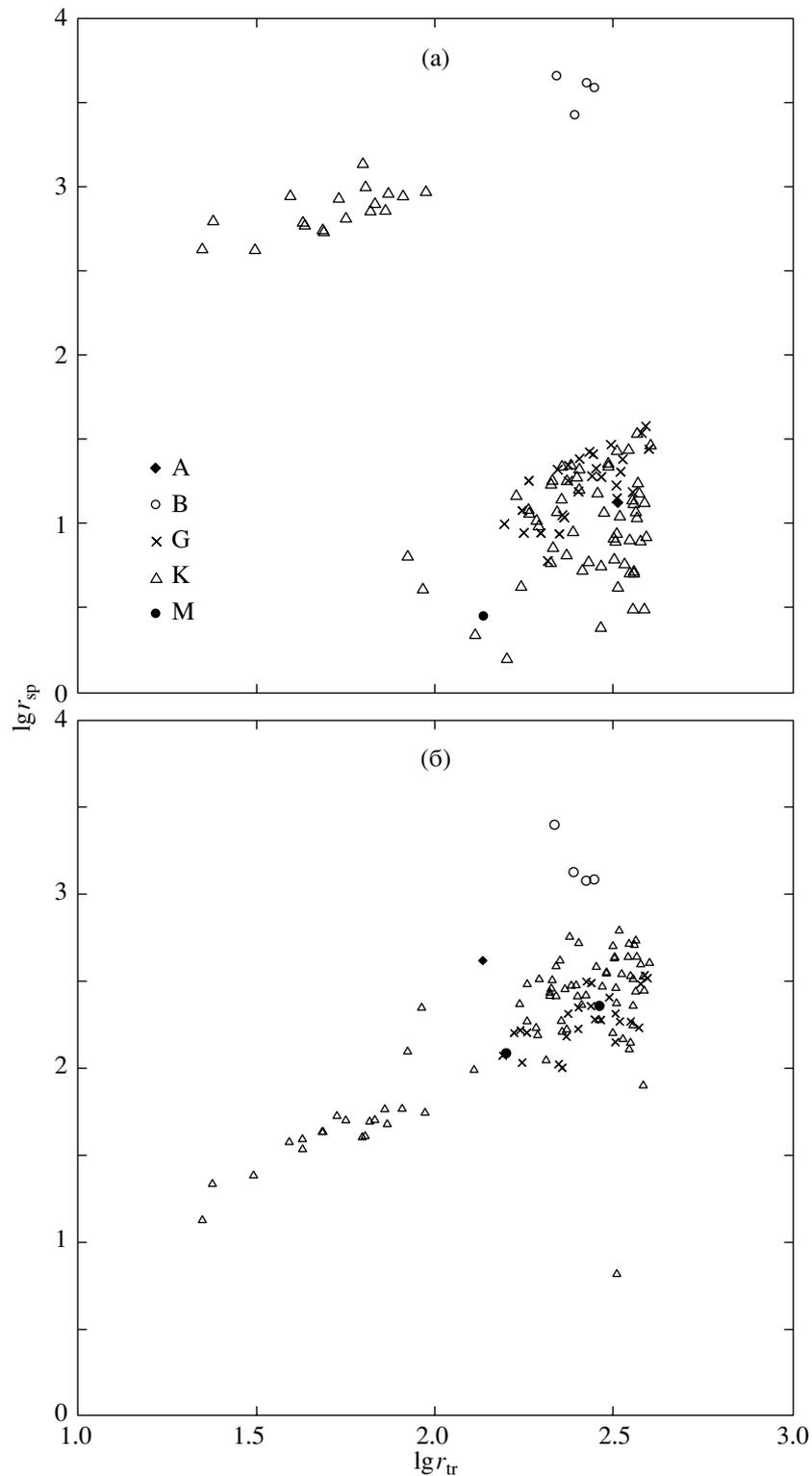


Рис. 4. Диаграмма сравнения логарифмов расстояний 117 звезд, определяемых методом спектрального параллакса, и тригонометрических расстояний до (а) и после (б) корректировки спектрального класса.

из рассматриваемого списка. Изменение спектрального класса привело к весьма значительному уменьшению различия $\lg r_{sp}$ и $\lg r_{tr}$ для всех

рассматриваемых звезд. Если первоначальное среднее значение величины $|\Delta \lg r|$ для этой группы звезд с оставяло 1.32 ± 0.19 , то после коррекции

спектрального класса оно стало всего 0.19 ± 0.22 . Диаграмма сравнений логарифмов расстояний, определенных методом спектрального параллакса, и тригонометрических расстояний до и после корректировки спектрального класса представлена на рис. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнение спектральных параллаксов с тригонометрическими представляет мощный метод исследования, который позволяет выявить не только грубые ошибки идентификации звезд, а также проинформировать об уточнении спектрального класса звезды.

Несмотря на наличие звезд с большими различиями тригонометрических и спектральных параллаксов, следует сказать, что около 90% звезд имеют $|\Delta \lg r| < 0.2$. Звезды с различием оценок расстояний более чем на порядок составляют менее 0.5% от общего количества исследуемых объектов. Это означает, что в статистических, звездно-кинематических исследованиях можно смело рекомендовать спектральный метод оценки расстояния. При работе же с индивидуальными звездами следует подходить к спектральному параллаксу более тщательно, исключив возможность различных ошибок, действие которых рассматривалось в этой статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллен (C.W. Allen and Arthur N. Cox), *Allen's Astrophysical Quantities* (Berlin: Springer-Verlag NY, Heidelberg, 2000).
2. Арену и др. (F. Arenou, M. Grenon, and A. Gomez), *Astron. Astrophys.* **258** (1992).
3. Бинни, Меррифилд (J. Binney and M. Merrifield), *Galactic Astronomy* (Princeton: Princeton Univ. Press, 1998).
4. Кеннеди (P.M. Kennedy), *MK Classification Extension* (Australia: Mt. Stromlo & Siding Spring Observ., 1983).
5. Мерин, Монстенсинос (B. Merin and B. Monsternsinos), *ASP Conf. Ser.* **219**, 399 (2000).
6. Михалас, Бинни (D. Mihalas and J. Binney), *Galactic Astronomy: Structure and Kinematics* (W. H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 1981).
7. Попов А.В., Цветков А.С., Вестн. С.-Петербург. ун-та, Сер. 1, с. 116 (2006).
8. Перриман, ESA (M. Perryman, ESA), *The HIPPARCOS and TYCHO catalogues* (Noordwijk, Netherlands: ESA Publ. Divis., ESA SP-1200, 1997).
9. Райт и др. (C.O. Wright, M.P. Egan, K.E. Kraemer, and S.D. Price), *Astron. J.* **125**, 359 (2003).
10. Рёзер, Бастиан (S. Roeser and U. Bastian), *Bull. Inf. Cent. Donnees Astron. Strasbourg* **42**, 11 (1993).
11. Смирнов А.А., Труды 35-й Международной студенческой конференции "Физика Космоса" (Екатеринбург: Изд. Уральского ун-та, 2006), с. 230.
12. Фрикке и др. (W. Fricke, H. Schwan, T. Lederle, et al.), *Fifth Fundamental Catalogue (FK5). Part 1: The Basic Fundamental Stars* (Veröff. Astron. Rechen-Institut, Heidelberg, Verlag G. Braun, Karlsruhe, №32, 1988).
13. Фрикке и др. (W. Fricke, et al.), *Fifth Fundamental Catalogue. Part 2: The FK5 Extension — New Fundamental Stars* (Veröff. Astron. Rechen-Institut, Heidelberg, Verlag G. Braun, Karlsruhe, № 33, 1991).
14. Харченко (N.V. Kharchenko), *Kinem. Phys. Celest. Bodies* **17**, 409 (2001).
15. Хёг и др. (E. Høg, C. Fabricius, V.V. Makarov, et al.), *Astron. Astrophys.* **355**, L27 (2000).
16. Хоук, Коули (N. Houk and A.P. Cowley), *Michigan Catalogue of Two-dimensional Spectral Types for the HD star* (Ann Arbor: Univ. Michigan, Department of Astronomy, 1975).
17. Яшек и др. (C. Jaschek, H. Conde, and A.C. de Sierra), *Catalogue of Stellar Spectra Classified in the Morgan-Keenan System* (Ser. Astron., La Plata: Observ. Astron. de la Universidad de la Plata, 1964).
18. Яшек, Яшек (C. Jaschek and M. Jaschek), *The Classification of Stars* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990).