

УДК 524.62-32

Сравнение положений и собственных движений звезд каталога FONAC с данными каталогов HIPPARCOS и CMC11

А. И. Яценко

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины,
03680, ГСП, Киев-127, Голосиив

Разности положений и собственных движений FONAC – Hic и FONAC – CMC11 разлагались в ряд по ортогональным функциям, зависящим от экваториальных координат и блеска звезд. Средние квадратичные разности FONAC – CMC11 после учета значимых коэффициентов разложения составляют в среднем по обеим координатам $0.24''$ для положений и $0.0050''/\text{год}$ для собственных движений. Аналогичные оценки для разностей FONAC – Hic равны $0.19''$ и $0.0037''/\text{год}$. Принимая во внимание высокую точность каталога HIPPARCOS, последние могут служить характеристикой точности каталога FONAC в случайном отношении.

ПОРІВНЯННЯ ПОЛОЖЕНЬ ТА ВЛАСНИХ РУХІВ ЗІР КАТАЛОГУ FONAC З ДАНИМИ КАТАЛОГІВ HIPPARCOS ТА CMC11, Яценко Я. І. — Різниці положень та власних рухів FONAC – Hic і FONAC – CMC11 розкладались в ряд за ортогональними функціями, що залежать від екваторіальних координат та блиску зір. Середні квадратичні різниці FONAC – CMC11 після врахування значимих коефіцієнтів розкладу складають в середньому для обох координат $0.24''$ в положеннях та $0.0050''/\text{рік}$ для власних рухів. Аналогічні оцінки для різниць (FONAC – Hic) дорівнюють $0.19''$ та $0.0037''/\text{рік}$. Маючи на увазі високу точність каталога HIPPARCOS, останні можуть характеризувати точність каталога FONAC у випадковому відношенні.

COMPARISON OF COORDINATES AND PROPER MOTION OF FONAC STARS WITH HIPPARCOS AND CMC11 DATA, by Yatsenko A. I. — The (FONAC – Hic) and (FONAC – CMC11) differences of coordinates and proper motions were considered as orthogonal functions dependent on equatorial coordinates and magnitude of stars. After the systematic part of the expansions is taken into account the root-mean-square differences (FONAC – CMC11) are, on the average, $0.24''$ in both coordinates for positions and $0.0050''/\text{yr}$ for proper motions. The similar estimate for the differences (FONAC – Hic) are $0.19''$ and $0.0037''/\text{yr}$. In view of the high accuracy of the HIPPARCOS catalogue, the latter quantities may characterize the random errors of the FONAC catalogue.

ВВЕДЕНИЕ

Первая версия каталога FONAC [4] содержит положения на эпоху и равноденствие J2000.0, собственные движения и фотометрические характеристики 2 008 383 звезд астрографического каталога [9] для $\delta = -2$ до $+90^\circ$. Каталог создан на основе измерений и редукции фотопластинок, полученных на двух близких по параметрам двойных широкоугольных астрографах: ДША ($D = 40$ см, $F = 2$ м) Голосиив, 1561 пластинка) и ДША ($D = 40$ см, $F = 3$ м) Китаб, 90 пластинок. Измерения пластинок выполнены на автоматической измерительной машине (АИМ) ПАРСЕК [7]. Для окончательной редукции измерений [1] использован каталог АСТ [10], а для вывода собственных движений в качестве первых эпох взяты данные каталога AC2000 [9]. Оценки B -величин получены по измеренным диаметрам изображений звезд, привязанных к шкале Джонсона по данным каталога Tycho [8]. Дополнительно из каталогов GSC1.1 [5] и USNO A2.0 [6] были выбраны V - и R -величины, использованные после редукции к системе Джонсона для определения показателей цветов $B - V$ и $B - R$.

Наша цель — исследовать систематические и случайные ошибки полученного каталога, используя результаты его сравнения с данными высокоточных астрометрических каталогов Hipparcos (ошибки координат и собственных движений $0.001''$ и $0.001''/\text{год}$ соответственно) [8] и SMC11 (ошибки $0.06''$ и $0.004''/\text{год}$) [3]. После отождествления из каталога Hipparcos было отобрано 41 759, а из каталога SMC11 — 66 783 звезды. Звезды каталога FONAC с грубыми определениями координат не участвовали в сравнении. Для таких объектов в каталоге имеются специальные метки. В основном это тесные двойные или кратные звезды, которые зачастую измерялись АИМ как один объект. Не принимались к рассмотрению также звезды SMC11, для которых не было определений собственных движений звезд или если ошибки этих определений были больше $0.01''/\text{год}$. При сравнении координаты всех каталогов приводились на среднюю эпоху каталога FONAC (1988.19).

МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ И КРАТКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для изучения систематических и случайных составляющих разностей координат и собственных движений звезд в каталогах использовался метод представления их в виде ряда ортогональных функций, зависящих от экваториальных координат и блеска. Метод разработан в Астрономическом вычислительном институте (Гейдельберг) [2]. Если Δ_i — разности положений или собственных движений в двух каталогах, то

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^g Y_j(\alpha_i, \delta_i, m_i) b_j,$$

где α_i, δ_i, m_i — координаты и блеск звезды; b_j — коэффициенты разложения, подлежащие определению; Y_j — ортогональные на множестве точек α_i, δ_i, m_i функции; $i = 1, 2, \dots, N$; N — число общих звезд; g — максимальный порядок разложения. Ортогональные функции Y_j представляют собой произведение полиномов Эрмита $H_p(y(m))$, полиномов Лежандра $L_n(x(\delta))$ и членов ряда Фурье $F_{kl}(\alpha)$:

$$Y_j = R_{\text{пнк}} H_p(y(m)) L_n(x(\delta)) F_{kl}(\alpha).$$

Здесь $R_{\text{пнк}}$ — нормирующий множитель; $y(m) = (m - m_0)/s_m$, m_0 — средняя звездная величина; s_m — дисперсия звездных величин; $x(\delta) = d_0 + d_1 \sin \delta$, d_0, d_1 — постоянные, зависящие от максимального и минимального значе-

Таблица 1. Значимые коэффициенты разложения типа FONAC – Нис и их ошибки

j	p	n	k	l	b _j , 0.001"		b _j , 0.001"/год	
					$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\mu_{\alpha}\cos\delta$	$\Delta\mu_{\delta}$
1	0	0	0	0	-3.9±0.9	-4.0±1.0		0.01±0.02
3	0	0	1	1			-0.07±0.02	
16	1	0	0	0	-2.5±0.9		-0.06±0.02	
17	1	0	1	-1			0.10±0.02	
18	1	0	1	1			0.06±0.02	0.06±0.02
20	1	0	2	1				-0.05±0.02
23	1	1	1	1		-3.0±1.0		
30	1	2	2	1			-0.06±0.02	

ния склонения; $p = 0, 1, 2, \dots$; $n = 0, 1, 2, \dots$; $k = 0, 1, 2, \dots$; $l = 1$ или $l = -1$. В зависимости от индексов l и k функции F_{kl} принимают разные значения:

$$F_{kl} = \begin{cases} 1, & l = 0, k = 0, \\ \cos lk\alpha, & l = 1, -1, k \geq 1, \\ \sin lk\alpha, & l = 1, -1, k \geq 1. \end{cases}$$

При сравнении мы ограничились членами первого порядка, зависящими от блеска и членами второго порядка от координат. При этом максимальное количество членов разложения принималось равным 30.

Значимые при уровне значимости 1 % коэффициенты разложения для разностей (FONAC – Нис) представлены в табл. 1. Из табл. 1 видно, что значимых коэффициентов разложения немного и они очень малы. Это постоянные разности между координатами и собственными движениями ($j = 1$), уравнение блеска ($j = 16, p = 1$) и члены, зависящие как от координат, так и блеска ($j > 16$). Средний квадрат систематических разностей координат для всех звезд сравнения составляет 0.004" по обеим координатам, а для собственных движений — 0.0001"/год. Учет этих систематических различий практически не влияет на величины средних квадратичных разностей координат и собственных движений, которые составляют 0.18" и 0.19" для α и δ соответственно и равны в среднем 0.0037"/год для собственных движений.

В табл. 2 приведены остаточные средние квадратичные разности FONAC – Нис по интервалам звездных величин. При этом считалось, что нет зависимости разностей от звездной величины ($p = 0$). Аналогичные вычисления были проведены для разностей FONAC – СМС11.

Таблица 2. Остаточные средние квадратичные разности координат и годовых собственных движений звезд типа FONAC – Нис

Диапазон звездных величин	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\mu_{\alpha}\cos\delta$, "/год	$\Delta\mu_{\delta}$, "/год	Количество звезд
до 7 ^m	0.22"	0.22"	0.0049	0.0048	1029
7— 8	0.21	0.20	0.0041	0.0041	5003
8— 9	0.19	0.19	0.0036	0.0036	11800
9—10	0.18	0.18	0.0035	0.0034	13973
10—11	0.18	0.18	0.0036	0.0035	7078
11—12	0.19	0.21	0.0041	0.0042	2009
12—13	0.24	0.27	0.0053	0.0054	394
13—14	0.34	0.21	0.0078	0.0066	21
Все звезды	0.18	0.19	0.0037	0.0037	41759

Таблица 3. Значимые коэффициенты разложения разностей типа FONAC – СМС11 и Нис – СМС11

j	p	n	k	l	FONAC – СМС11				Нис – СМС11			
					$b_j, 0.001''$		$b_j, 0.001''/\text{год}$		$b_j, 0.001''$		$b_j, 0.001''/\text{год}$	
					$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\mu_{\alpha}\cos\delta$	$\Delta\mu_{\delta}$	$\Delta\alpha\cos\delta$	$\Delta\delta$	$\Delta\mu_{\alpha}\cos\delta$	$\Delta\mu_{\delta}$
1	0	0	0	0	-1.1	2.0	-0.16	0.30	-4.2	0.7	-0.76	0.04
2	0	0	1	-1		3.2	-0.32	-0.86			-0.31	-0.88
3	0	0	1	1	2.4	-4.6	-0.47	0.47			-0.42	0.56
4	0	0	2	-1			0.05	0.06				
5	0	0	2	1		0.9	0.18					
6	0	1	0	0	4.5	-6.6	-0.14	-0.13	2.0	-1.7	0.21	
7	0	1	1	-1			-0.03				-0.14	
8	0	1	1	1			-0.23				-0.27	
9	0	1	2	-1				-0.11				
10	0	1	2	1	-2.7	-1.3		0.06				
11	0	2	0	0			0.09					
12	0	2	1	-1				0.05				
13	0	2	1	1		1.9		0.05				
14	0	2	2	-1				0.06				
15	0	2	2	1				-0.13				
16	1	0	0	0		9.0	0.50	0.34	3.1	-4.4	0.17	0.06
17	1	0	1	-1			0.07	0.09				
18	1	0	1	1		-4.0		-0.08				
19	1	0	2	-1	4.2		0.08					
20	1	0	2	1			0.14				0.08	
21	1	1	0	0		-9.6	-0.39	-0.19			-0.17	
22	1	1	1	-1		3.1	0.08	-0.05				
23	1	1	1	1	2.4							
24	1	1	2	-1			0.07	-0.07				
25	1	1	2	1				0.08				
26	1	2	0	0		-3.3	0.13				-0.05	
27	1	2	1	-1			-0.08	0.09	1.3			
29	1	2	2	-1				0.07				
30	1	2	2	1				-0.15				

Значимые члены разложения разностей положений и собственных движений звезд этих каталогов приведены в табл. 3. Различия между каталогами здесь проявляются гораздо сильнее. Часть из этих различий объясняются системой самого каталога СМС11, что можно видеть из сравнения 34637 звезд каталога СМС11 с каталогом HIPPARCOS (см. табл. 3). Остальные члены скорее всего относятся к систематическим ошибкам для звезд, которые находятся за пределами звездных величин опорной системы (7—12^m). Это примерно 21000 звезд из всех рассмотренных нами звезд СМС11. Средние квадратичные разности координат и собственных движений FONAC – СМС11 после учета значимых коэффициентов разложения составляют в среднем по обеим координатам 0.24'' для положений и 0.0050''/год для собственных движений. Аналогичные оценки для разностей Нис – СМС11 равны 0.1'' и 0.0037''/год соответственно. Если учесть в средних квадратичных разностях FONAC – СМС11 ошибки самого каталога СМС11, то для оценки точности FONAC получаются те же значения, что и из сравнения с каталогом HIPPARCOS: 0.2'' и 0.004''/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Каталог FONAC получен в системе каталога HIPPARCOS.
2. Случайные ошибки каталога составляют 0.19'' для координат и 0.0037'' в год для собственных движений. Для звезд ярче 7^m и слабее 12^m эти ошибки увеличиваются (см. табл. 2).

3. В полученном нами каталоге имеются незначительные ошибки уравнения блеска в прямом восхождении и собственном движении по этой координате.

1. Яценко А. И. Редукция измерений пластинок программы ФОН по данным каталога АСТ (USNO) // Кинематика и физика небес. тел.—2000.—16, № 1.—С. 67—71.
2. Bien R., Fricke W., Lederle T. Methods for the comparison of star positions to be applied in the construction of the FK5 // Veröff. Astron. Rechen Inst.—1978.—N 29.—P. 23-28.
3. Carlsberg Meridian Catalogue La Palma. Observations of positions of stars and planets: May 1984 to May 1998 (CMC1 - 11). — Copenhagen University Observatory, Royal Greenwich Observatory and Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, 1999.—N 1.11.—CD-ROM distribution.
4. Kislyuk V., Yatsenko A., Ivanov G., et al. The FON Astrogaphic Catalogue (FONAC): Version 1.0 // JOURNEES 1999 “Systemes de reference spatio-temporels” & IX Lohrman—Kolloquium, Dresden, Germany, 13-15 September 1999 / Eds M. Soffel, N. Capitaine. — Paris: Observatoire de Paris, 2000.—P. 61.
5. Lasker B. M., Sturch C. R., McLean B. J., et al. The Guide Star Catalog // Astron. J.—1990.—99, N 6.—P. 2019—2058.
6. Monet D., Bird A., Canzian B., at al. USNO-A 2.0 Version. A Catalog of Astrometric Standards. — US Naval Observatory, 1998.—CD-ROM distribution.
7. Sergeev A. V., Sergeeva T. P., Riabokon A. V. Introduction into experimental operation of four automatic measuring machines PARSEC // Astrophys. and Space Sci.—1991.—177.—P. 329.
8. *The Hipparcos and Tycho Catalogues.* — Noordwijk: ESA publ., 1997.—Vol. 1—17.
9. Urban S. E., Corbin T. E., Wycoff G. L., et al. The AC2000: The Astrogaphic Catalogue on the system defined by the Hipparcos Catalogue // Astron. J.—1998.—115, N 3.—P. 1212—1223.
10. Urban S. E., Corbin T. E., Wycoff G. L. The ACT Reference Catalog // Astron. J.—1998.—115, N 5.—P. 2161—2166.

Поступила в редакцию 21.02.2000