

УДК 524.62-32

С. П. Рыбка

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
03680 Киев ГСП, ул. Академика Заболотного 27

Каталог звезд — кандидатов красного сгущения в «Tycho-2»

Представлена методика составления каталога около 61000 местных звезд до предельной величины $K_s = 8.2^m$, которые были выделены как наиболее вероятные кандидаты красного сгущения по приведенным собственным движениям в полосе K_s . Каталог создан в результате обработки комбинированных данных «Tycho-2» и 2MASS, выбранных в интервале звездных показателей цвета $J - K_s$ от 0.5 до 0.8^m. Он включает экваториальные координаты, собственные движения, звездные величины B_T , V_T , J , H , K_s и оценки вероятности того, что звезды являются гигантами из красного сгущения.

КАТАЛОГ ЗІР — КАНДИДАТІВ ЧЕРВОНОГО ЗГУЩЕННЯ В «Tycho-2», Рыбка С. П. — Наведено методіку побудови каталогу 61000 місцевих зірок до граничної величини $K_s = 8.2^m$, які були виділені як найімовірніші кандидати червоного згущення за приведеними власними рухами у смузі K_s . Каталог створено в результаті обробки комбінованих даних «Tycho-2» та 2MASS, вибраних в інтервалі зоряних показників кольору $J - K_s$ від 0.5 до 0.8^m. Він включає екваторіальні координати, власні рухи, зоряні величини B_T , V_T , J , H , K_s та оцінки ймовірності того, що зорі є гігантами із червоного згущення.

A CATALOGUE OF CANDIDATE RED CLUMP STARS IN THE «Tycho-2», by Rybka S. P. — We present the catalogue of about 61000 local stars with limiting magnitude $K_s = 8.2^m$, which were assigned to be the most probable red clump candidates from K_s -band reduced proper motions. The catalogue is compiled as a result of analysis of combined «Tycho-2» and 2MASS data selected in $J - K_s$ interval from 0.5 to 0.8^m. It includes equatorial coordinates, proper motions, B_T , V_T , J , H , K_s magnitudes and red clump probabilities.

ВВЕДЕНИЕ

Для детального изучения строения и кинематики Местной системы звезд возникает необходимость накопления высокоточных данных об ее отдельных однородных подсистемах, состоящих из звезд с одинаковыми физическими характеристиками. В работе [1] обоснован и практически реализован статистический метод выделения местных звезд-гигантов Красного Сгущения.

ния (КС), так называемых Red Clump giants, по «приведенным собственным движениям» в полосе K_s ближнего ИК-диапазона. Звезды из КС можно уверенно отождествить на наблюдаемых диаграммах Герцшпрунга—Рессела, так как они образуют повышенную концентрацию точек вблизи ветви красных гигантов со стороны высоких температур. Эти звезды родственны населению II типа из Горизонтальной Ветви, но обладают по сравнению с ними повышенным содержанием металлов. Предложенный метод разработан на базе комбинированных данных каталогов HIPPARCOS и 2MASS с целью его последующего применения для отбора звезд КС из «Tycho-2». В качестве реализации метода из 9200 звезд списка HIPPARCOS с показателями цвета $J - K_s$ от 0.5 до 0.8^m и полнотой до звездной величины $K_s = 6.2^m$ было выделено более 7000 наиболее вероятных кандидатов в КС. Как показано в работе [1], около 90 % отобранных звезд могут принадлежать подсистеме гигантов КС.

В основе предложенного метода лежит разделение звезд по признаку «приведенные собственные движения в полосе K_s » на две группы с нормальными кривыми распределения, характеризующимися различными параметрами. Оценки параметров находятся методом максимального правдоподобия и используются для вычисления вероятности принадлежности звезд к подсистеме гигантов КС. Ниже аналогичный подход применен к комбинированным данным каталогов «Tycho-2» и 2MASS, в результате чего выделено около 61000 наиболее вероятных кандидатов КС в «Tycho-2». Астрометрический и фотометрический материал для отобранных звезд содержится в каталоге, описание которого изложено ниже.

ВЫДЕЛЕНИЕ ГИГАНТОВ КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ В «TUSHO-2»

Как и в работе [1], методика разделения звезд КС и фона в каталоге «Tycho-2» включала первоначальный отбор звезд с показателями цвета $J - K_s$ от 0.5 до 0.8^m, а затем выделение доминирующих в этом интервале гигантов КС на основании приведенных собственных движений в полосе K_s . Предварительно данные «Tycho-2» были дополнены инфракрасными звездными величинами 2MASS, взятыми из двух каталогов Морской обсерватории США UCAC2 и UCAC2 BSS [6, 7]. Вместе они содержат большинство звезд «Tycho-2», но значительно меньше по объему, чем 2MASS. Использование ближнего ИК-диапазона излучения звезд вместо оптического дает ряд преимуществ. Важнейшими из них являются лучшая концентрация точек на диаграмме Герцшпрунга—Рессела и существенно меньшее влияние межзвездного поглощения.

Кроме указанного выше критерия по показателям цвета, при первоначальном отборе звезд из «Tycho-2» применялись еще некоторые ограничения. Так, исключались звезды с ненадежными данными о собственных движениях и J -, K_s -величинах, а также кратные и переменные объекты при наличии соответствующих признаков. В результате составлено выборку 139605 звезд до предельной величины $K_s \approx 9.5^m$ с полнотой до $K_s = 8.2^m$, для которых имеются точные определения собственных движений и звездных величин J , K_s . Чтобы избежать влияния возможных ошибок наблюдательной селекции, далее использовалась лишь полная до указанной звездной величины выборка порядка 80000 звезд.

Для каждой из них вычислялись приведенные собственные движения H_K в полосе K_s по формуле

$$H_K = K_s + 5lg\mu + 5,$$

где μ — собственное движение.

Параметры распределений кандидатов в Красное Сгущение и звезд фона по приведенным собственным движениям для различных зон галактической широты B

B	N_1	H_{01}	σ_1	N_2	H_{02}	σ_2
$-90^\circ \dots -50^\circ$	5901	3.31^m	1.05^m	1902	5.61^m	0.58^m
$-49^\circ \dots -30^\circ$	8040	3.08	1.02	2185	5.39	0.60
$-29^\circ \dots -15^\circ$	8893	2.97	1.02	2111	5.34	0.63
$-14^\circ \dots 0^\circ$	9345	2.80	1.02	2065	5.15	0.63
$0^\circ \dots +15^\circ$	8705	2.79	1.03	1715	5.22	0.65
$+14^\circ \dots +30^\circ$	7899	2.88	1.03	1966	5.26	0.64
$+29^\circ \dots +50^\circ$	7354	3.08	1.05	2093	5.40	0.60
$+49^\circ \dots +90^\circ$	4773	3.23	1.07	1440	5.60	0.57
Все зоны	60910	—	—	15477	—	—

Примечание. N_1, N_2 — количество звезд КС и фона, H_{01}, H_{02} — центры, а σ_1, σ_2 — стандартные отклонения приведенных собственных движений первого и второго компонентов соответственно

В формуле отсутствует член A_K , учитывающий поглощение в инфракрасной полосе K_s , поскольку его величина достаточно мала. Так, приближенная оценка A_K составляет менее 0.06^m на среднем расстоянии исследуемых звезд 0.5 кпк, если принять поглощение в визуальных лучах $A_V \sim 1^m$ кпк $^{-1}$ [4] в окрестности Солнца, а $A_K = 0.11A_V$.

Предполагая, что приведенные собственные движения распределяются по нормальному закону, в обработку не включались звезды, для которых $H_K > 3\sigma$, где σ — стандартное отклонение H_K . С учетом такого ограничения окончательно сформированная для исследования выборка звезд содержала 76387 объектов, среди которых преобладающее большинство составляют гиганты из КС.

Эта выборка звезд была разделена на восемь групп по галактической широте (см. таблицу), и в каждой из них выделение гигантов КС проводилось отдельно. Тем самым повышалась эффективность отбора, поскольку величины приведенных собственных движений звезд КС и фона зависят от широты. Как и в работе [1], общая функция распределения звезд по H_K в интервале $0.5^m < J - K_s < 0.8^m$ была представлена в виде суммы двух нормальных функций $F_1(H_K)$ и $F_2(H_K)$, характеризующих отдельные распределения звезд КС и фона соответственно. Оценки параметров этих распределений находились методом максимального правдоподобия, а затем на их основе вычислялась вероятность принадлежности звезд к подсистеме гигантов КС. При этом к кандидатам в КС отнесены те, для которых значение вероятности превышало 0.5. В таблице представлены значения параметров распределений кандидатов КС и звезд фона по приведенным собственным движениям для различных зон галактической широты. Видно, что средние значения приведенных собственных движений обоих компонентов увеличиваются, а число входящих в их состав звезд уменьшается с удалением от галактической плоскости, т. е. полученные результаты соответствуют общепринятым. В целом по всем зонам было выделено 60910 кандидатов в КС из «Tuccho-2», что составляет 75 % от числа звезд, отобранных из этого каталога с учетом всех перечисленных выше критериев.

ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОТБОРА КАНДИДАТОВ КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ

Чтобы оценить достоверность проведенного выделения гигантов КС по приведенным собственным движениям, применялись абсолютные звездные величины M_K , определенные на основании тригонометрических параллаксов и звездных величин K_s для тестовой выборки звезд. Эта выборка составлена

из 6914 звезд-кандидатов, имеющих параллаксы в каталоге HIPPARCOS с относительными ошибками менее 30 %. Значения M_K вычислялись без учета поглощения A_K при помощи формулы

$$M_K = K_s + 5 \lg \pi + 5,$$

где π — параллакс. Затем было построено распределение этих звезд по M_K в интервалах 0.1^m .

Идентификация гигантов КС основывалась на анализе полученного распределения. По аналогии со многими исследованиями такого типа звезд функция светимости была аппроксимирована кривой Гаусса с определенными значениями центра и стандартного отклонения. При этом мы предполагали, что в тестовой выборке возможна незначительная примесь других типов звезд, расположенных на крыльях нормального распределения. Для моделирования нормального распределения гигантов КС по M_K использовались следующие значения параметров. В качестве оценки центра принято среднее значение $M_K = -1.61 \pm 0.03^m$, которое получил Алвес [2]. Он калибровал светимость местных звезд из КС при помощи параллаксов HIPPARCOS, измеренных с очень высокой точностью (лучше 10 %). Имеющиеся систематические различия между фотометрическими системами звездных величин K и K_s не могли существенно повлиять на положение принятого центра, поскольку составляют менее 0.02^m [3]. Что касается стандартного отклонения моделируемого распределения звезд КС, то оно равно $\sigma_M \approx 2.17\sigma_\pi/\pi = 0.48^m$, где σ_π/π — средняя относительная точность параллаксов.

Из сравнения наблюдаемой функции светимости тестовых объектов и смоделированной для гигантов КС выяснилось, что к такому типу гигантов можно отнести 5810 звезд, распределенных примерно по нормальному закону в интервале M_K от -3.0 до -0.4^m . Однако средняя абсолютная звездная величина этих звезд составляет -1.41 ± 0.02^m , заметно отличаясь от найденного Алвесом значения для гигантов КС. Возможная причина указанного расхождения — систематические ошибки Лутца—Келкера в абсолютных звездных величинах, определенных по данным о тригонометрических параллаксах. Влияние такого рода ошибок как раз и заключается в том, что наблюдаемые параллаксы дают в среднем заниженные звездные расстояния, а значит заниженные значения светимостей. Чтобы проверить это предположение, оценивалась средняя поправка ΔM_K абсолютных звездных величин за ошибки Лутца—Келкера по формуле [5]:

$$\Delta M_K = c(M_A - M_K),$$

где M_A — истинное значение абсолютных звездных величин, а коэффициент c зависит от внутренней дисперсии M_A и относительной ошибки параллаксов. Формула справедлива, когда функцию светимостей можно описать нормальной кривой со стандартным отклонением менее 2.17^m , что и имеет место в данной работе. При вычислении поправки ΔM_K использовался метод наименьших квадратов, а в качестве истинных значений параметров распределения M_K принимались данные Алвеса, которые практически свободны от ошибок Лутца—Келкера. После учета найденной таким образом поправки среднее значение M_K для предварительно отнесенных к гигантам КС 5810 звезд составило $-1.56^m \pm 0.02^m$, а стандартное отклонение — 0.51^m . Исправленные величины обоих параметров согласуются в пределах ошибок с теми, которые характеризуют функцию светимости гигантов КС, -1.61^m и 0.48^m соответственно. Следовательно, 5810 звезд из 6914 рассматриваемых кандидатов можно уверенно идентифицировать как

гиганты из КС. Отсюда эффективность отбора звезд КС по приведенным собственным движениям составляет около 85 %, что подтверждает выводы [1].

КАТАЛОГ ЗВЕЗД КРАСНОГО СГУЩЕНИЯ

В результате обработки приведенных собственных движений методом максимального правдоподобия составлен каталог 60910 наиболее вероятных кандидатов в КС из «Tycho-2». Он содержит экваториальные координаты и собственные движения в системе ICRS/J2000.0, а также звездные величины B_T и V_T , скопированные из «Tycho-2». Кроме перечисленного, приводятся звездные величины J , H , K_s из 2MASS и значения вероятности того, что звезды являются гигантами из КС. Дополнительно дана информация о номерах звезд в каталогах HIPPARCOS, «Tycho-2» и 2MASS. Точность собственных движений и звездных величин K_s составляет в среднем 1.5 мсд/год и 0.03^m соответственно. Однородность, высокое качество и большой объем полученного материала позволят в дальнейшем уверенно определить и изучить особенности галактического вращения местных гигантов из КС. Каталог будет передан в международный центр CDS в Страсбурге и размещен в базе данных Главной астрономической обсерватории Национальной академии наук Украины.

1. Рыбка С. П. Выделение гигантов красной горизонтальной ветви по приведенным собственным движениям // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 3.—С. 225—230.
2. Alves D. R. K-band calibration of the red clump luminosity // *Astrophys. J.*—2000.—539, N 2.—P. 732—741.
3. Carpenter J. M. Color transformation for the 2MASS second incremental data release // *Astron. J.*—2001.—121, N 5.—P. 2851—2871.
4. Chen B., Vergely J. L., Valette B., et al. Comparison of two different extinction laws with HIPPARCOS observations // *Astron. and Astrophys.*—1998.—336, N 4.—P. 137—149.
5. Oudmaijer R. D., Groenewegen M. A. T., Schrijver H. The Lutz-Kelker bias in trigonometric parallaxes // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1998.—294, N 1.—P. L41—L46.
6. Urban S. E., Zacharias N., Wycoff G. L. The UCAC2 Bright Star Supplement. — Washington: US Naval Observ., 2004. — (ftp: // cdsarc.u-strasbg.fr/pub/cats/1/294).
7. Zacharias N., Urban S. E., Zacharias M. I., et al. The second US Naval observatory CCD astrograph catalog (UCAC2) // *Astron. J.*—2004.—127, N 5.—P. 3043—3059.

Поступила в редакцию 16.05.06