

УДК 521.95:524.6-34

Н. В. Харченко

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

Сводный каталог астрономических данных 2.5 млн звезд всего неба

Сводный каталог более 2.5 млн звезд всего неба с предельной величиной $V \approx 14^m$ составлен в результате объединения списков звезд и звездных данных из современных массовых высокоточных каталогов, созданных на основании космических (каталоги семейства HIPPARCOS — «Tycho») и наземных (PPM, CMC11) наблюдений и их редукиции к стандартным системам. Основной массив данных в сводном каталоге составляют экваториальные координаты (J2000, эпоха 1991.25), собственные движения в системе HIPPARCOS и исправленные за влияние атмосферы звездные B , V -величины в системе Джонсона. Для части звезд указаны тригонометрические параллаксы, спектральные классы в системе МК или HD, признаки кратности и переменности блеска. Сделан обзор высокоточных массовых каталогов звездных данных.

ЗВЕДЕНИЙ КАТАЛОГ АСТРОНОМІЧНИХ ДАНИХ 2.5 МЛН ЗІРОК ВСЬОГО НЕБА, Харченко Н. В. — Зведений каталог понад 2.5 млн зірок всього неба з граничною величиною $V \approx 14^m$ побудовано в результаті об'єднання списків зірок і зоряних даних з сучасних масових високоточних каталогів, складених на основі космічних (каталоги сімейства HIPPARCOS — «Tycho») і наземних (PPM, CMC11) спостережень та їхньої редукиції до стандартних систем. Основний масив даних в зведеному каталозі складають екваторіальні координати (J2000, епоха 1991.25), власні рухи в системі HIPPARCOS і виправлені за вплив атмосфери зоряні B , V -величини в системі Джонсона. Для частини зірок вказані тригонометричні паралакси, спектральні класи в системі МК чи HD, ознаки кратності та змінності блиску. Зроблено огляд високоточних масових каталогів зоряних даних.

ALL-SKY COMPILED CATALOGUE OF 2.5 MILLION STARS, by Kharченко N. V. — The all-sky Compiled Catalogue of more than 2.5 million stars with the limiting magnitude $V \approx 14^m$ was created as a result of combining of star lists from present-day large high-precision catalogues of space (HIPPARCOS — Tycho family catalogues) and ground-based (PPM, CMC11) observations and reducing them to the standard systems of corresponding stellar data. The main stellar data presented in the Compiled Catalogue are

the equatorial coordinates (J2000, epoch 1991.25), proper motions in the HIPPARCOS system and space B, V stellar magnitudes in the Johnson system. Trigonometric parallaxes, spectral classes in the MK or HD system, multiplicity and variability flags are also given for some stars. A review of the high-precision large catalogues is also provided.

ВВЕДЕНИЕ

Звезды являются основными объектами населения Галактики, и звездно-статистические методы широко применяются для ее исследования. Поэтому появление новых массовых каталогов звездных данных позволяет точнее и детальнее изучать Галактику и ее составляющие и тем самым поднять на более высокий уровень исследование звездных систем. В последнее десятилетие произошел резкий количественный и качественный скачок в создании каталогов позиционных, кинематических и фотометрических звездных данных. Появились массовые каталоги, в некоторой степени подводящие итог почти вековых наземных наблюдений, которые были выполнены различными методами на практически всех обсерваториях мира (PPM [2, 16, 17]) или с помощью одного автоматизированного меридианного круга Карлсбергской обсерватории (CMC11 [3]). После завершения космической миссии HIPPARCOS создано несколько каталогов, составленных непосредственно по результатам проекта HIPPARCOS [22] и сопутствующего ему проекта «Tycho» («Tycho-1» [22]), а также с привлечением более ранних данных из Астрографического Каталога: АСТ RC [23], TRC [9] и «Tycho-2» [7].

В результате список звезд, для которых определены высокоточные экваториальные координаты, собственные движения в практически инерциальной системе и внеатмосферные звездные величины в близкой к B, V -системе превышает 2.5 млн. Очень важно и то, что в космических наблюдениях реализована однородность астрометрических и фотометрических систем по всему небу, что было проблематично при создании каталогов на основании наземных наблюдений. Повышение разрешающей силы телескопов, вывод их за пределы атмосферы, улучшение качества приемников излучения и методов редукции, кроме прочего, уточняют статус звезд в смысле кратности и переменности, которые отражают не только реальные явления, но и качество наблюдений и их обработки.

Все упомянутые каталоги включают разнообразные звездные данные, которые закладывают прочную наблюдательную основу как для закрепления системы небесных координат, так и для звездно-статистических исследований Галактики и ее составляющих. При выполнении этих работ ключевыми являлись несколько факторов: высокая точность звездных данных; определенность и однородность соответствующих систем по всему небу; полнота каталога до некоторой звездной величины.

Однако перечисленные каталоги лишь в ограниченной степени соответствуют этим условиям. Так, хотя собственные движения и приводились в стандартные системы (FK5 или HIPPARCOS), тем не менее из-за различных методов редукцииотягощены, возможно, не только случайными, но и остаточными систематическими ошибками в разных каталогах. Только небольшое количество звезд обеспечено звездными величинами в системе B, V Джонсона, для остальных, включая и внеатмосферные, необходимо провести соответствующие редукции. Наконец, ни один из каталогов не может считаться полным в перекрываемом им диапазоне звездных величин. Списки звезд, которые содержатся во всех этих каталогах, неполны по разным причинам: из-за селекции, предварительно заложенной программой наблюдений или входным каталогом; конечного порога чувствительности

приемников излучения; увеличения разрешения ярких и близких на небе звезд и др. Все это ограничивает возможности полноценного использования содержащегося в отдельных каталогах информационного потенциала.

Поэтому в настоящее время весьма актуальными являются сведение и редукция всех звездных данных для всего списка звезд, содержащихся в современных массовых каталогах, в единый каталог. Такой сводный каталог (СК) составлен нами, и его характеристики описываются в настоящей работе.

ИСТОЧНИКИ ЗВЕЗДНЫХ ДАННЫХ

HIPPARCOS и «Tycho-1». Космическая миссия Европейского космического агентства, включавшая два проекта: HIPPARCOS и «Tycho», — выполнялась в период 1989.85—1993.21 и завершилась созданием высокоточных каталогов самосогласованных по всему небу звездных данных. Система HIPPARCOS с большой точностью ($0.0006''$ для координат и $0.00025''/\text{год}$ для собственных движений) привязана к опорной системе ICRS (International Celestial Reference System), для конструкции которой использованы оптические и радионаблюдения в площадках с внегалактическими источниками и радиозвездами, и которая является практически инерциальной. В соответствии с резолюцией XXIII Генеральной ассамблеи МАС, каталог HIPPARCOS принят как основная реализация на небе системы ICRS в оптическом диапазоне длин волн.

Наблюдения выполнялись по программам, которые задавались предварительно составленными входными каталогами. Программа наблюдений проекта HIPPARCOS [19] составлена на основании более 220 предложений астрономов всего мира таким образом, чтобы включить максимально возможное количество звезд и тел Солнечной системы с целью последующего решения большого круга разнообразных задач астрономии. Из этих предложений создана база данных для около 220000 звезд, из которых около 120000 звезд до $V \approx 12^m$ с полнотой до $V \approx 7^m$ отобрано во входной каталог HIPPARCOS [20]. Входной каталог проекта «Tycho» содержит более 3.1 млн звезд с $V < 12.1^m$, входящих в GSC (Guide Star Catalogue [12]) и в базу данных HIPPARCOS, с добавлением избранных тел Солнечной системы. Входной каталог «Tycho» в основном полон до указанной звездной величины, за исключением областей неба с большой скученностью звезд или с яркими туманностями, где в GSC нет звезд из-за «crowding-эффекта» на Шмидтовских пластинках, по результатам измерений которых создан GSC.

Каталоги экваториальных координат, собственных движений, тригонометрических параллаксов и звездных величин HIPPARCOS (основной и дополнительный, который включает более 22 600 компонентов кратных систем) и «Tycho-1» содержат 0.13 млн избранных звезд и 1 млн звезд соответственно и являются непосредственным результатом обработки наблюдений, проведенных во время космической миссии. В этих каталогах наземные данные или задавали опорную систему, или же включены в виде дополнительных (V ,-величины, показатели цвета $(B - V)_J$, результаты спектральной классификации в системах МК или HD, лучевые скорости, сведения о кратности и переменности блеска звезд и др.). Дополнительные наземные данные являются результатами поиска в базе SIMBAD Центра астрономических данных в Страсбурге или выполнения специальных программ, наблюдения по которым проводились на многих обсерваториях мира перед началом космической миссии.

Наблюдения HIPPARCOS выполнялись в режиме многократного сканирования неба (количество наблюдений каждой звезды в среднем составило

110), тем самым проведен астрометрический и фотометрический мониторинг звезд в течении 3.36 лет. В каталоге HIPPARCOS достигнута беспрецедентная точность астрометрических данных порядка $0.001''$ для экваториальных координат $(\alpha, \delta)_{J2000}$, и тригонометрических параллаксов π , и $0.001''/\text{год}$ для компонентов собственных движений $\mu_\alpha \cos \delta$, μ_δ ; возможные систематические региональные ошибки составляют меньше $0.0001''$. Для почти 50 000 звезд параллаксы, а следовательно и расстояния, определены с погрешностью 20 %.

Компоненты кратных систем разделены, если в них взаимное расстояние звезд больше $0.1\text{--}0.15''$ или разность звездных величин не превышает 4^m . Кроме флажков, указывающих на кратность, в каталоге HIPPARCOS приводятся некоторые характеристики кратных систем, а дополнительно к файлу основного каталога даны несколько дополнительных, образующих MSA (Multiple Systems Annex).

Для увеличения астрометрической точности телескоп HIPPARCOS регистрировал поток излучения в широком оптическом диапазоне длин волн $\lambda\lambda = 340\text{--}850$ нм. Редукция фотометрических данных проведена относительно 22 000 стандартных звезд постоянного блеска с высокоточными наземными B , V -величинами (часть из них была отброшена, так как по наблюдениям HIPPARCOS они оказались переменными). Хотя полученные звездные величины H_r не могут быть корректно редуцированы в B - или V -системы, но их точность в случайном отношении очень высока: $0.003\text{--}0.05^m$ для отдельного наблюдения и $0.0004\text{--}0.007^m$ для среднего значения H_r на интервале $2\text{--}12^m$.

Такая точность в сочетании с большим количеством наблюдений каждой звезды позволила успешно реализовать ту часть программы HIPPARCOS, которая касалась переменных звезд. Из около 12 000 наблюдавшихся переменных 8 237 открыты по полученным данным, для почти 3000 периодических переменных (открыто 970) построены кривые блеска. Кроме флажков, указывающих на переменность звезд, в каталоге HIPPARCOS приводится разброс фотометрических отсчетов, по которому можно судить о непостоянстве блеска звезд на протяжении миссии.

В рамках программы HIPPARCOS выполнен проект «Tycho» [21], основной целью которого было определение высокоточных внеатмосферных звездных B , V -величин в однородной по всему небу фотометрической системе. Для этого в телескоп HIPPARCOS была вмонтирована система «star mapper», в которой поток излучения от звезд разделялся на два, и после прохождения через фильтры B ($\lambda_{\text{эф}} = 430$ нм, $\Delta\lambda = 90$ нм), V ($\lambda_{\text{эф}} = 530$ нм, $\Delta\lambda = 100$ нм), регистрировался двумя фотоумножителями. Регистрация времени прохождения объекта через решетку давала возможность определить координаты существенно большего количества звезд, чем это делал основной телескоп HIPPARCOS, хотя и с меньшей точностью.

Наблюдения были проведены для большинства из включенных во входной каталог «Tycho» объектов, но первоначально обработка выполнена для немногим более 1 млн звезд (каталог «Tycho-1»), для которых было получено достаточное количество равномерно распределенных по всему периоду времени наблюдений (в среднем 130 на 1 звезду) для определения астрометрических параметров: положений, собственных движений и тригонометрических параллаксов. Астрометрическая калибровка проводилась относительно звезд HIPPARCOS, тем самым система ISRC реализована с ошибкой лучше $0.001''$. Точность астрометрических данных в «Tycho-1» ниже, чем в HIPPARCOS, но тем не менее, в нем содержится несколько десятков тысяч звезд с ошибками определения этих данных лучше $0.007''$,

причем около 34 000 звезд, из которых 23 000 нет в каталоге HIPPARCOS, имеют оценки параллаксов с точностью 33 %.

Порог разделения близких на небе объектов составил $2''$. При обработке наблюдений проводилось исследование на кратность, и полученные результаты помечены флажками.

Для редукиции фотометрических наблюдений «Tycho» предварительно были отобраны 29000 стандартных звезд, из которых 13 600 звезд с высокоточными постоянными наземными и внеатмосферными величинами послужили окончательными стандартами. В силу различных причин точная редукиция фотометрических наблюдений «Tycho» в систему B, V Джонсона оказалась невозможной, и по этим наблюдениям определены звездные величины B_T, V_T в системе «Tycho» с ошибкой порядка 0.01^m для звезд с $V < 9^m$ и 0.1^m для более слабых звезд.

Фотометрические отсчеты исследовались на переменность, и кроме соответствующих флажков, в каталоге «Tycho-1» приводится разброс фотометрических отсчетов.

ACT RC и TRC. Точность собственных движений в «Tycho-1», особенно для слабых звезд, невысока, в том числе и из-за маленькой разности эпох (около 3.4 лет), и для ее увеличения нужны положения на более ранние эпохи наблюдений. Таковыми являются наблюдения, полученные в первой половине прошлого века в рамках международного фотографического проекта Carte du Ciel, непосредственным результатом которого стал Астрографический каталог (AK). В последние годы реализовано несколько проектов по созданию высокоточных каталогов собственных движений, в которых эти данные определены из сравнения положений звезд из АК и позиционных результатов проекта «Tycho». Тем самым существенно увеличивалась разность эпох и, как следствие, — точность собственных движений.

Наиболее известные из них каталоги ACT RC и TRC включают по почти 1 млн звезд списка «Tycho-1», отождествленных в АК, для которого были проведены новые редукиции к системе HIPPARCOS. Результатом первой из этих редукиций стал каталог AC 2000 [11], содержащий усредненные по всем пластинкам координаты, которые, в свою очередь, были переведены в систему HIPPARCOS через промежуточную систему FK5 с помощью каталога ACRS [10]. В ACT RC собственные движения были определены из непосредственного сравнения координат в «Tycho-1» и AC 2000 [24]. При составлении TRC была создана новая версия АК [1] в системе HIPPARCOS по трехступенчатой схеме редукиции, однако собственные движения определялись из сравнения индивидуальных положений на каждой пластинке АК и в «Tycho-1». Примененные обеими группами авторов методы редукиции положений АК были различны, как и схемы идентификации звезд. Это привело к тому, что стандартное уклонение разностей между компонентами собственных движений в каталогах ACT RC и TRC составляет около $0.00265''/\text{год}$. Фотометрические и некоторые другие данные в обоих каталогах скопированы из «Tycho-1».

«Tycho-2». В «Tycho-1» включено более 1 млн звезд, хотя наблюдения были получены почти для, по крайней мере, втрое большего количества звезд. Недавно создан каталог «Tycho-2», для чего проведена новая редукиция всех $3 \cdot 10^8$ наблюдений прибора «star mapper» проекта Tycho, включая и те, которые не перекрывали всего временного интервала наблюдений во время космической миссии. Суммирование накопленных для каждой звезды фотонов позволило определить позиционные и фотометрические характеристики звезд более слабых, чем в «Tycho-1» и в его входном каталоге. Поэтому одним из необходимых шагов при создании каталога «Tycho-2» было составление нового входного каталога TIC-2 [8] до $V \approx 12.5^m$, в

котором координаты соответствуют положению звезд на эпоху наблюдений «Tycho» с точностью не хуже, чем $2''$. Для этого использованы каталоги, включающие собственные движения звезд (HIPPARCOS, «Tycho-1», STARNET [15]), или позволяющие определить эти данные из взаимного сравнения координат (GSC 1.2 [18], USNO-A1.0 [14]).

Каталог «Tycho-2» дает экваториальные координаты в системе HIPPARCOS и B_T -, V_T -величины более 2.5 млн звезд. Точность этих данных составляет $0.007''$ и 0.013^m для звезд с $V < 9^m$ и на порядок хуже в среднем для всех звезд. Собственные движения в «Tycho-2» вычислены из сравнения полученных экваториальных координат с 7.7 млн наземных данных из 143 меридианных и фотографических (включая АК) каталогов со средней по каталогу точностью $0.0025''/\text{год}$ и с привязкой к инерциальной системе лучше, чем $0.0025''/\text{год}$. Дополнительные по отношению к списку «Tycho-1» звезды — это в основном слабые звезды, а также компоненты кратных звезд, для которых достигнуто разделение до $0.8''$. Приведен флажок, указывающий на результат проверки кратности. В «Tycho-2» нет около 18700 звезд из списков HIPPARCOS и «Tycho-1»; звезд, координаты которых в TIC-2 не точны из-за ошибок в исходных каталогах; слабых звезд из областей неба с большой скученностью.

Каталоги СМС11 и РРМ. Неполнота списков каталогов семейства HIPPARCOS—«Tycho» по указанным выше причинам может быть в некоторой степени преодолена привлечением массовых каталогов, которые созданы в последнее время на основании наземных наблюдений.

СМС11 — сводный каталог всех наблюдений, проведенных в 1984—1998 гг. на Карлсбергском автоматическом меридианном круге в обсерватории Ла Пальма. Каталог включает 0.16 млн избранных звезд до $V < 15.4^m$ и $\delta > -40^\circ$ для астрометрических и звездно-статистических программ. Каждая звезда наблюдалась в среднем в шесть разных ночей. Хотя этот каталог по своему определению не соответствует требованию полноты, но в нем содержится около 40000 звезд, в основном слабых и переменных, которых нет в других каталогах. Экваториальные координаты (их погрешность в зените составляет $0.06''$) редуцированы в систему ISRC. Собственные движения определены из сравнения координат с данными из каталога РРМ и АК с ошибкой в среднем 0.003 — $0.004''/\text{год}$. Звездные величины (их ошибки составляют в среднем 0.03 — 0.05^m) определены из фотометрических отсчетов, редуцированных в систему V с помощью наблюдавшихся в каждую ночь 50—200 фотоэлектрическим стандартов. Для многих звезд указаны HD спектральные классы, а переменные звезды помечены.

При создании каталога РРМ было использовано более 2.35 млн значений координат 0.47 млн звезд на всем небе из различных каталогов, созданных методами меридианной и фотографической фотометрии, включая и АК. Одной из целей, которую преследовали авторы РРМ, и которую они в значительной степени достигли, была создание максимально полного списка звезд до некоторой звездной величины. Собственное движение каждой звезды было определено из изменения ее координат со временем методом наименьших квадратов. Большое количество использованных каталогов, которые перекрывают большой интервал наблюдательных эпох, позволило достигнуть достаточно высокой точности собственных движений: $(3.5$ — $5) \cdot 0.001''/\text{год}$ [10]. Звездные величины для более 90 % звезд были скопированы из AGK3 [5] (m_{pg}), FK5 [6] и CPC-2 [25] (m_{pv}), поэтому на северном небе ($\delta \leq -2.5^\circ$) они даны в основном в фотографической, на южном — в фотовизуальной системах. Звездные величины в указанных каталогах были определены методами фотографической фотометрии, поэто-

му, как показало сравнение с фотоэлектрическими данными [10], их точность невысока (около 0.2^m). В PPM отмечены компоненты кратных звезд, и для большинства звезд даны спектральные HD-классы.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ СВОДНОГО КАТАЛОГА

Методика составления СК определялась требованиями, которые предъявляются к каталогам для звездно-статистических исследований:

- максимально достижимая полнота звездных данных и звезд как по звездной величине, так и по небу;
- однородность астрометрической и фотометрической систем по всему небу и их привязка к стандартным системам;
- минимизация ошибок.

Список звезд. Перед составлением СК в данной работе были сделаны новые версии нескольких списков звезд. Список звезд каталога HIPPARCOS состоит из двух частей: основной (файл `hip_main.dat`) и дополнительной (файл `h_dm_com.dat`). Последняя содержит компоненты кратных систем, некоторые из которых включены в основную часть. Те компоненты кратных систем, которых нет в основной части, были к ней добавлены; тем самым список звезд HIPPARCOS увеличился на 11 377 и составил 129 322 звезд. Из каталога «Tycho-1» исключены около 6300 звезд, данные для которых были определены только по наблюдениям основного телескопа HIPPARCOS. В каталог SMC11 около 3600 звезд внесено дважды, поэтому для них проведено средневзвешенное усреднение звездных данных.

Затем было проведено взаимное отождествление всех семи перечисленных выше каталогов с использованием координатного (основного) и фотометрического (вспомогательного) критериев, зависящих от точности соответствующих данных. Эпохи наблюдений звезд во всех, за исключением PPM, каталогах не сильно отличаются, но чтобы уменьшить влияние собственных движений, все экваториальные координаты предварительно переводились на среднюю эпоху наблюдений HIPPARCOS 1991.25. Единый список включает 2 501 977 звезд, для которых собственное движение и звездная величина хотя бы в одной полосе имеется хотя бы в одном каталоге.

В табл. 1 приведена статистика звезд в использованных при составлении СК каталогах, в том числе и количество звезд в СК, которые содержатся только в одном соответствующем каталоге (последняя графа). Видно, что половину звезд с μ дает «Tycho-2», но вклад в дополнение списка СК других каталогов не мал, особенно SMC11, а в областях неба с большой плотностью звезд — и PPM. В третьей графе указаны представленные

Таблица 1. Статистика звезд и звездных данных в каталогах

Каталог	Количество звезд	Фотометрическая система	Количество звезд с известными значениями μ	Количество звезд с μ только в этом каталоге
HIPPARCOS*	142 806	$B(J_B), V(J_V)$	129 332	2 789
«Tycho-1»	1 058 332	$B_T(1_B), V_T(1_V)$	1 035 699	3 876
ACT RC	988 758	—	988 758	140
TRC	990 182	—	990 182	7
«Tycho-2»	2 539 913	$B_T(2_B), V_T(2_V)$	2 430 468	1 371 216
SMC11	177 182	$V_I(3_V)$	155 608	37 803
PPM	468 586	$m_{pg}(3_B), m_{pv}(3_V)$	468 586	7 878

* Учтены оба файла HIPPARCOS: `hip_main.dat` и `h_dm_com.dat`.

ные в каталогах фотометрические системы и, в скобках, обозначения тех рядов звездных величин, которые использованы ниже при составлении СК.

Экваториальные координаты. Экваториальные координаты звезд и ошибки их определения взяты из каталогов HIPPARCOS, «Tycho-2», «Tycho-1», SMC11, PPM в соответствии с указанным приоритетом. Экваториальные координаты даны на равноденствие J2000.0 и на среднюю эпоху наблюдений HIPPARCOS 1991.25.

B, V-величины в системе Джонсона. Исходные каталоги содержат звездные величины, лишь приблизительно соответствующие B -, V -величинам в системе Джонсона. Для редукции этих данных в стандартную систему, составлены выборки звездных величин J_B, J_V по результатам наземной фотометрии для 20 000 не заподозренных в переменности звезд, для которых фотометрические характеристики определены с ошибкой $\epsilon_m < 0.005V$. Ряды звездных величин из других каталогов обозначены так, как указано в скобках в 3-й графе табл. 1. Ряд 3_V представляет V -величины из каталога SMC11, а для отсутствующих в SMC11 звезд — величины m_{PV} из каталога PPM.

Звездные величины в системе «Tycho» нельзя непосредственно редуцировать в систему Джонсона, так как связь между системами нелинейна. Опубликованные в [21] формулы редукции

$$v_J = V_T - 0.090(B - V)_T, \quad (1)$$

$$(b - v)_J = 0.850(B - V)_T \quad (2)$$

позволяют получить лишь приближенные величины b_J, v_J , для корректного перевода которых в B, V в соответствии с [21] требуются сведения о классах светимости звезд, что далеко не всегда доступно. В данной работе эти поправки определены в зависимости от показателей цвета $(B - V)_T$ из сравнения J_B, J_V и $1_B, 1_V$. Из рис. 1, на котором приведены результаты

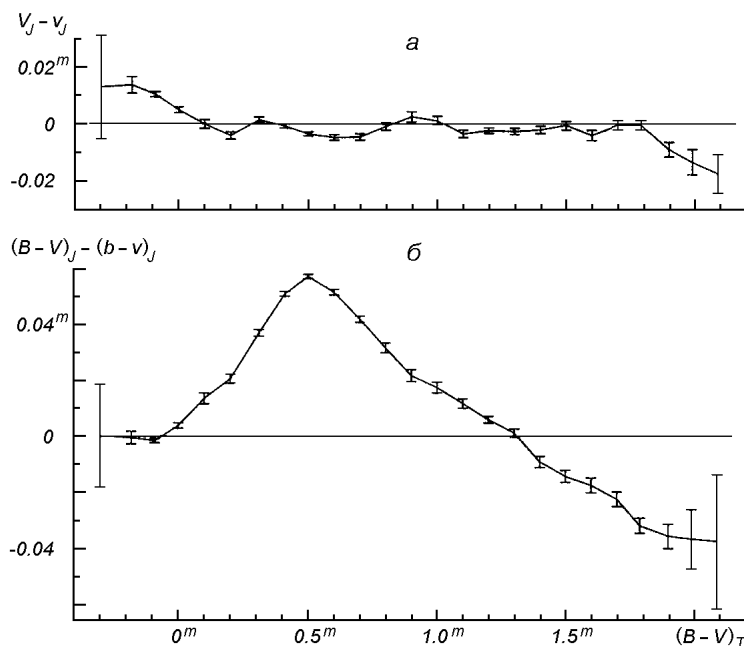


Рис. 1. Разности фотометрических характеристик в системе Джонсона (а) и редуцированных по формулам (1), (2) (б) в зависимости от показателя цвета $(B - V)_T$

этого сравнения, видно, что уравнение (1) достаточно хорошо редуцирует V_T в стандартную систему, за исключением голубых и красных звезд. Разность же показателей цвета в системе Джонсона и вычисленного по формуле (2) $(b - v)_J$ достигает 0.06^m для звезд с $(B - V)_T \approx 0.5^m$, а смещение этих звезд относительно красных составляет 0.1^m , что на порядок превосходит среднюю квадратичную ошибку (СКО) определения этих данных по наблюдениям «Tycho».

Для рядов 3_V и 3_B нелинейностей в связи с системой Джонсона не обнаружено, в первом случае по причине отсутствия особенностей в визуальной области спектров звезд, во втором — из-за больших ошибок величин m_{pg} , которые замывают эффекты нелинейности.

После исправления $1_B, 1_V, 2_B, 2_V$ в соответствии с уравнениями (1), (2) и представленными на рис. 1 результатами, проведено сравнение всех фотометрических данных с J_B, J_V с использованием линейных уравнений связи, учитывающих ошибку шкалы M_m и сдвиг нуля-пункта δm :

$$m^j - m^j = M_m(m - 7.0) + \delta m, \quad (3)$$

где $j = 1, 2, 3$; m обозначает B или V -величины. Для сравнения выбраны звезды во всем диапазоне звездных величин, удовлетворяющие условиям: $m^j - m^j < 1^m$, $\epsilon_m^{1,2} < 0.1^m$, $\epsilon_m^3 < 0.2^m$. Системы уравнений вида (3) решались методом наименьших квадратов с применением критерия 3σ . Результаты решения, включая СКО единицы веса ϵ_m , приведены в табл. 2. С помощью поправок из табл. 2 звездные величины из всех исходных каталогов приведены в систему Джонсона.

Средние квадратичные ошибки звездных величин для каждой звезды взяты из исходных каталогов, кроме СМС11 и РРМ, где эти данные не приведены. Для СМС11 они вычислялись в соответствии с количеством наблюдений каждой звезды и формулами для единичного наблюдения, опубликованных в [3]:

$$\epsilon_V = 0.045^m \sec^{1/2} z, \quad \epsilon_V = 0.03^m + \exp(0.4V - 8.8), \quad (4)$$

где z — зенитное расстояние. Для звездных величин из каталога РРМ принято $\epsilon_m = 0.02m$, что дает для слабых звезд значение ошибки 0.2^m , как было определено в [10].

Сводные значения B, V и их ошибки вычислены как средневзвешенные значения. Вес звездной величины каждой звезды определен на основании значения соответствующих ошибок в исходных каталогах. Данные из набора 3_B (величины m_{pg} из РРМ) использовались для звезд, которые содержались только в этом каталоге.

В СК для 2 465 120 и 2 501 247 звезд даны B - и V -величины соответственно; для 2 464 390 звезд есть обе величины, т. е. можно определить значения $B - V$.

Таблица 2. Результаты приведения звездных величин из различных каталогов в систему Джонсона

Ряд данных	Количество звезд	ϵ_m	M_m	δm
1_B	25652	0.039^m	$+0.0046 \pm 0.0002$	-0.0115 ± 0.0004^m
1_V	20174	0.030	$+0.0018 \pm 0.0001$	-0.0086 ± 0.0003
2_B	25904	0.041	$+0.0016 \pm 0.0002$	-0.0063 ± 0.0004
2_V	20665	0.031	-0.0008 ± 0.0001	-0.0056 ± 0.0003
3_B	23259	0.262	$+0.0210 \pm 0.0015$	$+0.0366 \pm 0.0025$
3_V	19190	0.177	$+0.0031 \pm 0.0009$	-0.0599 ± 0.0015

Собственные движения. Редукция собственных движений из других каталогов в систему HIPPARCOS с последующим усреднением их для общих звезд, обеспечивает однородность собственных движений по всему небу и их высокую точность.

Для вычисления сводных собственных движений прежде всего необходимо выявить и исключить в каждом из каталогов систематические ошибки этих данных, основными из которых являются несовпадение нуль-пунктов, остаточное вращение относительно инерциальной системы координат и ошибки типа уравнения блеска. Для этого применяются различные методы, в частности сравнение собственных движений с независимыми данными. Этому условию отвечают только два каталога: HIPPARCOS и «Tycho-1». Во всех же остальных случаях привлекались различными методами редуцированные в систему HIPPARCOS данные АК и/или «Tycho». Хотя авторы соответствующих редукиций стремились к наиболее точной реализации системы HIPPARCOS, но полностью избежать систематических ошибок не удается.

Сравнение собственных движений для общих звезд из отдельных j -х каталогов (μ_x^j, μ_y^j) и из HIPPARCOS (μ_x^H, μ_y^H) для определения поправок постоянной прецессии $\Delta k, \Delta n$, ошибок уравнения блеска M_μ и несовпадения нуль-пунктов $\delta\mu$ проведено в соответствии с уравнениями

$$\mu_x^H - \mu_x^j = \Delta k \cos \delta + \Delta n \sin \alpha \sin \delta + M_{\mu_x}(V - 7.0) + \delta\mu_x, \quad (5)$$

$$\mu_y^H - \mu_y^j = \Delta n \cos \alpha + M_{\mu_y}(V - 7.0) + \delta\mu_y. \quad (6)$$

Для сравнения во всех каталогах были выбраны звезды списка HIPPARCOS во всем диапазоне звездных величин V , при $[(\mu_x^H - \mu_x^j)^2 + (\mu_y^H - \mu_y^j)^2]^{1/2} < 0.01''/\text{год}$, СКО определения собственных движений $\varepsilon_\mu^H < 0.005''/\text{год}$ и $\varepsilon_\mu^j < 0.01''/\text{год}$. Соответствующие системы уравнений решались методом наименьших квадратов с применением критерия 3σ . Результаты решения, включая СКО единицы веса ε_μ , приведены в табл. 3: уравнений вида (5) в первой строке, вида (6) — во второй.

Из табл. 3 видно, что для каталогов семейства HIPPARCOS — «Tycho» значения всех поправок если и значимы, то не выходят за указанные авторами пределы точности привязки к системе HIPPARCOS, за исключением «Tycho-1» с его невысокой точностью собственных движений. Для каталогов SMC11 и PPM эти поправки больше, давая в сумме до 0.001—0.002''/год. С помощью этих поправок собственные движения из всех

Таблица 3. Результаты сравнения собственных движений звезд из различных каталогов и HIPPARCOS

Каталог	Количество звезд	ε_μ^j , 0.001''/год	Δk , 0.001''/год	Δn , 0.001''/год	M_μ , 0.001''/(год·ш)	$\delta\mu$, 0.001''/год
«Tycho-1»	42 246	3.9	+0.54±0.08	+0.22±0.04	+0.05±0.02	-0.40±0.06
	42 246	3.7		-0.11±0.03	+0.00±0.02	-0.02±0.02
ACTRC	97 995	2.8	-0.04±0.04	-0.02±0.02	+0.10±0.01	-0.01±0.03
	97 826	2.6		+0.02±0.01	+0.03±0.01	-0.04±0.01
TRC	102 289	2.6	+0.02±0.04	+0.00±0.02	-0.04±0.03	+0.01±0.01
	102 202	2.5		+0.01±0.01	+0.02±0.01	-0.03±0.01
«Tycho-2»	110 716	1.6	+0.12±0.02	-0.01±0.01	+0.03±0.01	-0.13±0.02
	110 761	1.6		+0.02±0.01	+0.03±0.01	-0.05±0.01
SMC11	50 134	3.4	-0.68±0.08	+0.68±0.04	+0.20±0.01	-0.37±0.07
	50 164	3.5		+0.69±0.02	+0.10±0.01	-0.13±0.02
PPM	88 458	4.0	-0.42±0.06	+1.02±0.03	+0.22±0.01	-0.13±0.05
	88 458	4.0		+0.47±0.02	+0.15±0.01	+0.12±0.02

каталогов приведены в систему HIPPARCOS. Сводные собственные движения и их ошибки вычислены как средневзвешенные величины. Вес каждого из компонентов собственного движения каждой звезды определен на основании значения соответствующих ошибок в исходных каталогах.

Проверка наличия ошибок уравнения блеска регионального характера в сводных собственных движениях проведена с помощью звезд — членов рассеянных скоплений, собственные движения которых не должны зависеть от звездной величины. В СК представлено около 300 рассеянных скоплений из наиболее полного каталога [13]. Из этого числа отобрано 38 скоплений, равномерно распределенных по небу (диапазон α , δ составляет $1.3...21.9^h$, $-67...+63^\circ$ соответственно), для которых в СК содержится не менее 10 (в среднем 40) наиболее вероятных членов, самые яркие из которых имеют величины $V < 7^m$. Такие члены скоплений выбраны при условиях: $P(\mu) > 61\%$, т. е. распределены в пределах 1σ от среднего движения скопления; $\varepsilon_\mu < 0.004''/\text{год}$; на диаграмме цвет—величина расположены в области главной последовательности. Здесь $P(\mu)$ — вероятность принадлежности к скоплению, вычисленная по собственным движениям [11]. В окрестностях этих 38 скоплений с радиусами до 1.5° выбрано 1 580 наиболее вероятных членов, по которым для каждого скопления определялось уравнение блеска M_μ^c как зависимость собственных движений от звездной величины. Не было выявлено никаких значимых зависимостей $M_{\mu_x}^c$ и $M_{\mu_y}^c$ от экваториальных координат. В среднем по всем скоплениям получены пренебрежимо малые значения: $M_{\mu_x}^c = (+0.04 \pm 0.04) \cdot 0.001''/(\text{год} \cdot m)$ и $M_{\mu_y}^c = (-0.04 \pm 0.04) \cdot 0.001''/(\text{год} \cdot m)$, поэтому дополнительных поправок за уравнение блеска в собственные движения СК не вносилось.

Тригонометрические параллаксы. Тригонометрические параллаксы звезд имеются в двух каталогах: HIPPARCOS и «Tycho-1». В результате сравнения параллаксов π для общих 7800 звезд с $\varepsilon_\pi < 0.005''$ и $\pi/\varepsilon_\pi > 5$ не найдено значимых различий между системами этих данных. Поэтому параллаксы и их ошибки в СК вычислены как средневзвешенные величины по данным каталогов HIPPARCOS и «Tycho-1». Вес параллакса каждой звезды определен на основании значения его ошибки в исходных каталогах. При таком способе вычисления параллаксы с большими ошибками, которых много в «Tycho-1», практически не влияют на средневзвешенные значения π . Если параллакс дан только в одном каталоге, то это значение вместе с ошибкой скопировано в СК.

В СК 62 867 звезд имеют параллаксы на 20-процентном уровне точности ($\pi/\varepsilon_\pi > 5$).

Спектральные классы. Результаты спектральной классификации содержатся в нескольких каталогах. В каталоге HIPPARCOS для 115 184 звезд приведены спектральные классы в системах МК и/или HD, которые, в свою очередь, были взяты из базы SIMBAD Центра астрономических данных в Страсбурге. Спектральные классы в системе HD даны в наземных каталогах RPM и SMC11 для 343 783 и 101 089 звезд соответственно. Эти данные скопированы в СК, тем самым 364 966 звезд СК обеспечены спектральными классами в системах МК или HD.

Признаки переменности и кратности звезд. Признаки переменности звезд из исходных каталогов, скопированные в СК, приведены в табл. 4. Некоторое представление о переменности звезд можно получить из значений СКО, но в каталогах HIPPARCOS (байты 290—294) и «Tycho-1» (байты 274—278) содержатся еще и разбросы звездных величин H_p и V_T , которые внесены в СК в соответствии с указанным приоритетом.

Таблица 4. Включенные в СК признаки переменности и кратности звезд

При- знак	Каталог, № байта	Обозначение	Пояснение
v1	«Tycho-1», 292 (переменность из GCVS)	G	Звезда содержится в ОКПЗ ¹⁾
		N	Звезда содержится в КЗПЗ ²⁾
v2	«Tycho-1», 294 (переменность из «Tycho»)	пробел	Звезда не содержится в этих каталогах
		U	Видимая переменность, возможно из-за кратности
		V	Явное свидетельство известной переменности
v3	HIPPARCOS, 322	W	Ожидаемая переменность
		C	Переменность блеска не обнаружена
		D	Переменность, вызванная кратностью
		M	Возможная микропеременность < 0.3 ^m
		P	Периодическая переменная
		R	Показатель цвета ($V-I$) исправлен после анализа пере- менности
v4	SMC11	U	Переменность, не попадающая в другие категории
		V	Переменная звезда
d1	«Tycho-2», 202 (тип решения)	Y или I	Величина V не измерена, а взята из другого источника
		X или R	Известно лишь, что $V > 12^m$, в SMC11 $V > 12^m$
		пробел	Обычная обработка, близкая звезда вычтена
d2	«Tycho-2», 152	D	Обработка двойной звезды, найдены 2 звезды
		P	Обработка фотоцентра, близкая звезда не вычтена
d3	HIPPARCOS-с ³⁾ , 41	A ... Z	Идентификатор компонента кратной звезды
d4	«Tycho-1», 296 (кратность из анализа данных «Tycho»)	A ... Z	Идентификатор компонента кратной звезды
		D	Кратность явно заметна
		R	Кратность слабо заметна
		S	Кратность ожидается
		Y	Кратность не найдена из анализа данных
d5	HIPPARCOS, 347 (флажок, указыва- ющий на крат- ность)	Z	Анализ данных на кратность не проводился
		C ⁴⁾	В MSA — решение для компонентов
		G	В MSA — параметры ускорения
		O	В MSA — орбитальное решение
		V	В MSA — смещения, индуцированные переменностью
d6	PPM	X	В MSA — стохастическое решение
		D	Двойная звезда

Примечания.

¹⁾ОКПЗ — Общий каталог переменных звезд;²⁾КЗПЗ — Каталог заподозренных в переменности звезд.³⁾Файл h_dm_com.dat из MSA;⁴⁾Некоторые из звезд с таким флажком были в основной части каталога HIPPARCOS., остальные добавлены из файла h_dm_com.dat;

В СК скопированы все признаки кратности звезд, которые имеются в исходных каталогах; они указаны во второй части табл. 4.

НУМЕРАЦИЯ ЗВЕЗД В СК

В СК звезды пронумерованы от 1 до 2 501 977 в соответствии с порядком их расположения в файлах, порядок которых, в свою очередь, соответствует табл. 5. В СК включены также номера по каталогам HIPPARCOS, HD, DM (BD, CrD или CD).

СОДЕРЖАНИЕ И СВОЙСТВА ЗВЕЗДНЫХ ДАННЫХ В СК

СК в соответствии со склонением звезд разделен на 30 файлов, характеристики которых даны в табл. 5. В каждом файле звезды расположены в порядке возрастания прямого восхождения на эпоху 1991.25.

Таблица 5. Характеристики файлов, составляющих СК

Файл	Интервал склонений	Количество звезд	Файл	Интервал склонений	Количество звезд
ccp70.dat	$\delta \geq 70^\circ$	66 363	ccm00.dat	$-05^\circ < \delta \leq -00^\circ$	78 912
ccp65.dat	$70^\circ > \delta \geq 65^\circ$	33 983	ccm05.dat	$-10^\circ < \delta \leq -05^\circ$	80 109
ccp60.dat	$65^\circ > \delta \geq 60^\circ$	53 771	ccm10.dat	$-15^\circ < \delta \leq -10^\circ$	84 142
ccp55.dat	$60^\circ > \delta \geq 55^\circ$	71 394	ccm15.dat	$-20^\circ < \delta \leq -15^\circ$	92 036
ccp50.dat	$55^\circ > \delta \geq 50^\circ$	70 957	ccm20.dat	$-25^\circ < \delta \leq -20^\circ$	96 430
ccp45.dat	$50^\circ > \delta \geq 45^\circ$	75 767	ccm25.dat	$-30^\circ < \delta \leq -25^\circ$	97 134
ccp40.dat	$45^\circ > \delta \geq 40^\circ$	80 734	ccm30.dat	$-35^\circ < \delta \leq -30^\circ$	97 264
ccp35.dat	$40^\circ > \delta \geq 35^\circ$	95 077	ccm35.dat	$-40^\circ < \delta \leq -35^\circ$	94 151
ccp30.dat	$35^\circ > \delta \geq 30^\circ$	99 016	ccm40.dat	$-45^\circ < \delta \leq -40^\circ$	97 810
ccp25.dat	$30^\circ > \delta \geq 25^\circ$	92 121	ccm45.dat	$-50^\circ < \delta \leq -45^\circ$	98 216
ccp20.dat	$25^\circ > \delta \geq 20^\circ$	89 789	ccm50.dat	$-55^\circ < \delta \leq -50^\circ$	95 662
ccp15.dat	$20^\circ > \delta \geq 15^\circ$	83 858	ccm55.dat	$-60^\circ < \delta \leq -55^\circ$	94 846
ccp10.dat	$15^\circ > \delta \geq 10^\circ$	87 180	ccm60.dat	$-65^\circ < \delta \leq -60^\circ$	80 669
ccp05.dat	$10^\circ > \delta \geq 05^\circ$	92 853	ccm65.dat	$-70^\circ < \delta \leq -65^\circ$	57 295
ccp00.dat	$05^\circ > \delta \geq 00^\circ$	92 212	ccm70.dat	$\delta \leq -70^\circ$	72 217

Таблица 6. Формат машинно-читаемой версии СК

Байты	Формат	Идентификатор	Единица измерения	Пояснение
1—12	F12.9	α	ч	Прямое восхождение J2000, эпоха 1991.25
14—25	F12.8	δ	град	Склонение J2000, эпоха 1991.25
27—30	I4	ε_α	0.0001"	СКО прямого восхождения
32—35	I4	ε_δ	0.0001"	СКО склонения
37—42	I6	π	0.00001"	Тригонометрический параллакс ¹⁾
44—48	I5	ε_π	0.00001"	СКО параллакса ²⁾
50—56	I7	$\mu_{\alpha \cos \delta}$	0.00001"/год	Собственное движение по $\alpha \cos \delta$
58—64	I7	μ_δ	0.00001"/год	Собственное движение по δ
66—70	I5	$\varepsilon_{\mu_{\alpha \cos \delta}}$	0.00001"/год	СКО собственного движения по $\alpha \cos \delta$
72—76	I5	ε_{μ_δ}	0.00001"/год	СКО собственного движения по δ
78—82	I5	B	0.001 ^m	Звездная величина B в системе Джонсона ²⁾
84—88	I5	V	0.001 ^m	Звездная величина V в системе Джонсона ²⁾
90—93	I4	ε_B	0.001 ^m	СКО звездной величины B ³⁾
95—98	I4	ε_V	0.001 ^m	СКО звездной величины V ³⁾
100—103	I4	S_V	0.001 ^m	Разброс звездной величины ³⁾
105	A1	v1	—	Признак переменности из «Tycho-1» ⁴⁾
106	A1	v2	—	Признак переменности из «Tycho-1» ⁴⁾
107	A1	v3	—	Признак переменности из HIPPARCOS ⁴⁾
108	A1	v4	—	Признак переменности из CMC11 ⁴⁾
109	A1	d1	—	Признак кратности из «Tycho-2» ⁴⁾
110	A1	d2	—	Признак кратности из «Tycho-2» ⁴⁾
111	A1	d3	—	Признак кратности из HIPPARCOS-c ⁴⁾
112	A1	d4	—	Признак кратности из «Tycho-1» ⁴⁾
113	A1	d5	—	Признак кратности из HIPPARCOS ⁴⁾
114	A1	d6	—	Признак кратности из PPM ⁴⁾
116—127	A12	S_p	—	Спектральный класс МК или HD ⁴⁾
129—132	I4	$N1_{T2}$	—	Номер TYC1 из «Tycho-2» ⁵⁾
133—137	I5	$N2_{T2}$	—	Номер TYC2 из «Tycho-2» ⁵⁾
138	I1	$N3_{T2}$	—	Номер TYC3 из «Tycho-2» ⁵⁾
140—145	I6	N_{HIP}	—	Номер HIPPARCOS ⁵⁾
147—152	I6	N_{HD}	—	Номер HD ⁵⁾
154—161	I8	N_{DM}	—	Номер DM ⁵⁾
163—169	I7	$N_{СК}$	—	Номер по каталогу СК

Примечания.

¹⁾ При отсутствии данных равно 999999

²⁾ При отсутствии данных равно 99999

³⁾ При отсутствии данных равно 9999

⁴⁾ При отсутствии данных поле заполнено пробелами

⁵⁾ При отсутствии данных равно 0

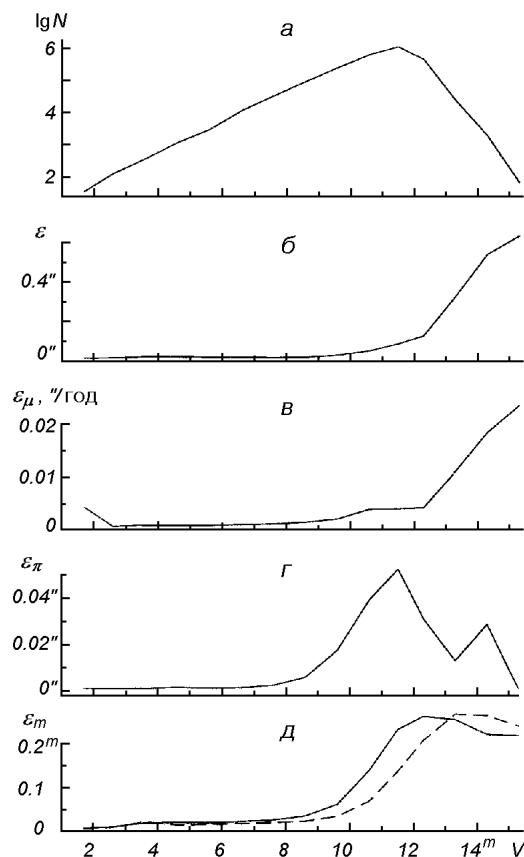


Рис. 2. Зависимость от звездной величины V количества звезд СК (а); СКО экваториальных координат (б), СКО собственных движений (в), СКО тригонометрических параллаксов, для которых $\pi/\varepsilon_\pi > 1$ (г), СКО звездных величин B (штриховая линия) и V (сплошная линия) (д)

Звездные данные, которые содержатся в СК, перечислены в табл. 6, где приводится формат машинно-читаемой версии СК.

На рис. 2 показаны численность звезд в СК и изменение СКО определения экваториальных координат, собственных движений, тригонометрических параллаксов и звездных величин B , V в зависимости от величины V .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СК представляет результат объединения списков звезд, состава звездных данных и их редукции к стандартным системам всех современных высокоточных массовых каталогов: HIPPARCOS (основной и дополнительный), «Tycho-1», ACT RC, TRC, «Tycho-2», PPM и CMC11. Для каждой из 2 501 977 звезд в СК даны экваториальные координаты (J2000, эпоха 1991.25), собственные движения в системе HIPPARCOS и внеатмосферные звездные величины B , V в системе Джонсона. Для части звезд указаны тригонометрические параллаксы, спектральные классы в системах МК или HD, признаки кратности и переменности блеска.

Учитывая полноту охвата каталога (все небо), глубину обзора (до $V = 14^m$), однородность и высокую точность содержащихся в нем звездных данных, можно утверждать, что СК делает возможным поднять исследования Галактики и ее составляющих на качественно новый уровень, который недоступен при работах с отдельными каталогами и/или в избранных площадках из-за различных эффектов селекции, неоднородности систем звездных данных, систематических ошибок регионального характера. Прежде всего это относится к объектам, для изучения которых требуются максимально полные выборки звезд, расположенных на большой области или по всему небу, и для которых определяющим фактором является отбор членов по кинематическому (как основному) и фотометрическому критериям: близкие звездные скопления, ассоциации, области звездообразования, дисковые составляющие Галактики. В настоящее время выполняется цикл работ по исследованию этих объектов с применением данных СК.

СК сдан в Банк данных ГАО НАНУ и доступен по адресу:

ftp://ftp.mao.kiev.ua/pub/astro/cc_nkhar/

1. Куимов К. В., Кузьмин А. В., Нестеров В. В. Новые астрометрические каталоги. — М.: ГАИШ МГУ, 1998.—CD-ROM-версия.
2. Bastian U., Rüser S., Yagudin L., et al. PPM Star Catalogue. Positions and proper motions of 197 179 stars south of -2.5° declination for equinox and epoch J2000.0 (PPM). — Heidelberg: Spectrum Akademischer Verlag, 1993.—Vol. 3, 4.
3. Carlsberg Meridian Catalogue La Palma. N 1—11. Observations of positions of stars and planets: May 1984 to May 1998 (CMC11). — Copenhagen University Observatory, Royal Greenwich Observatory and Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, 1999.—CD-ROM distribution.
4. Corbin T. E., Urban S. E. Astrographic Catalogue Reference Stars. — Washington: U. S. Naval Observatory, 1991.
5. Dieckvoss W., Heckmann O., Kox H., et al. Star catalogue of positions and proper motions north -2.5 declination. — Hamburg-Bergedorf: Bad Godelsberg, 1975.—Vol. 1—8.
6. Fricke W., Schwan H., Lederle T. Fifth Fundamental Catalogue (FK5). — Veröff. Astron. Rechen-Institut, Heidelberg.—1988, N 32.
7. Hog E., Fabricius C., Makarov V. V., et al. The Tycho-2 Catalogue: Positions, proper motions and two-color photometry of the 2.5 million brightest stars (Tycho-2). — Copenhagen, 2000.—CD-ROM distribution.
8. Hog E., Fabricius C., Makarov V. V., et al. Construction and verification of the Tycho-2 Catalogue // Astron. and Astrophys.—2000.—357, N 2.—P. 367—386.
9. Hog E., Kuzmin A., Bastian U., et al. The Tycho Reference Catalogue (TRC) // Astron. and Astrophys.—1998.—335, N 3.—P. L65—L68.
10. Kharchenko N., Molotaj O., Pakulyak L., Telnyuk-Adamchuk V. Investigation of PPM catalogue accuracy // Astron. Nachr.—1995.—316, N 6.—P. 401—410.
11. Kharchenko N., Schilbach E. Schmidt plate survey in the Galactic centre direction. I. Investigation of open clusters in the Sagittarius-Carina spiral arm // Astron. Nachr.—1995.—316, N 2.—P. 91—104.
12. Lasker B. M., Sturch C. S., McLean B. J., et al. The Guide Star Catalog // Astron. J.—1990.—99, N 6.—P. 2019—2058.
13. Lynga G. Lund catalogue of open clusters, Fifth edition. — CDS de Strasbourg, 1987.
14. Monet D., Bird A., Canzian B., et al. USNO-A 1.0 Version. A Catalog of Astrometric Standards. — US Naval Observatory, 1998.—CD-ROM distribution.
15. Rüser S. An updated GSC as astrometric reference for minor planet observation // Dynamics, Ephemerides and Astrometry of the Solar System: IAU Symp. 172 / Eds S. Ferraz-Mello, B. Morando, J.-E. Arlot. — Dordrecht: Kluwer, 1996.—P. 481—482.
16. Rüser S., Bastian U. PPM Star Catalogue. Positions and proper motions of 181 731 stars north of -2.5° declination for equinox and epoch J2000.0 (PPM). — Heidelberg: Spectrum Akademischer Verlag, 1991.—Vol. 1, 2.
17. Rüser S., Bastian U., Kuzmin A. The 90 000 stars supplement to PPM (PPM) // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1994.—105, N 2.—P. 301—303.
18. Rüser S., Morrison J., Bucciarelli B., et al. Contents, test results, and data availability for GSC 1.2 // New Horizons from Multi-Wavelength Sky Surveys: IAU Symp. 179 / Eds B. McLean, D. Golombek, J. Hayes, H. Payne. — Dordrecht: Kluwer, 1998.—P. 420—421.
19. The Hipparcos mission.—ESA SP-1111, 1989.—Vol. 1—3.
20. The Hipparcos Input Catalogue. — Noordwijk: ESA SP-1136, 1992.—Vol. 1—5.
21. The Hipparcos and Tycho Catalogues. — Noordwijk: ESA SP-1200, 1997.—Vol. 1—4.
22. The Hipparcos and Tycho Catalogues (Hipparcos), (Tycho-1). — Noordwijk: ESA SP-1200, 1997.—Vol. 17.
23. Urban S. E., Corbin T. E., Wycoff G. L. The ACT Reference Catalog (ACT RC) // Astron. J.—1998.—115, N 5.—P. 2161—2166.
24. Urban S. E., Corbin T. E., Wycoff G. L., et al. The Astrographic Catalogue on the system defined by Hipparcos Catalogue // Astron. J.—1998.—115, N 3.—P. 1212—1223.
25. Zacharias N., de Vegt C., Nicholson W., Penston M. CPC-2 — The Second Cape Photographic Catalogue // Astron. and Astrophys.—1992.—254, N 1/2.—P. 397—421.

Поступила в редакцию 19.07.01