

УДК 52.14+520.823+524.352

**А. С. Харин¹, В. Н. Андрук¹, С. Барташюте², Г. З. Бутенко³,
И. П. Веденичева¹, А. В. Переход¹, А. В. Сергеев³**

¹ Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
03680 ГСП, Киев, ул. Академика Заболотного 27
E-mail: andruk@tao.kiev.ua

² Астрономическая обсерватория Вильнюсского университета
LT-03100, Литва, Вильнюс-9, ул. Чюрлиониса 29

³ Международный центр астрономических и медико-экологических исследований
03680 ГСП, Киев, ул. Академика Заболотного 31

UVR ПЗС-фотометрия звезд для пяти областей неба с инфракрасными двойниками радиисточников

С целью уверенного отождествления внегалактических радиисточников с яркими инфракрасными объектами и объектами оптического диапазона на 2-м телескопе (пик Терскол, Северный Кавказ, Россия) выполнены пробные ПЗС-наблюдения в U-, V-, R-полосах системы Джонсона для пяти участков неба: ICRS 1254+571, ICRS 1345+125, ICRS 1641+399, ICRS 1732+389, ICRS 1807+698. Для полей 8.5'×8.5' получены U-, V-, R-величины и координаты объектов до $V \approx 23^m$. Экваториальные координаты α и δ объектов определены в системе каталога USNO-A2.0, выполнено их отождествление относительно каталога 2MASS. Кратко описан метод обработки ПЗС-кадров, который реализован в пакете MIDAS/ROMAFOT на базе нового способа учета плоского поля.

UVR ПЗС-ФОТОМЕТРІЯ ЗІРОК ДЛЯ П'ЯТИ ОБЛАСТЕЙ НЕБА З ІНФРАЧЕРВОНИМИ ДВІЙНИКАМИ РАДІОДЖЕРЕЛ, Харін А. С., Андрук В. М., Барташюте С., Бутенко Г. З., Веденичева І. П., Переход О. В., Сергеев О. В. — З метою впевненого ототожнення позагалактичних радіоджерел з яскравими інфрачервоними об'єктами та об'єктами оптичного діапазону на 2-м телескопі (пік Терскол, Північний Кавказ, Росія) виконані пробні ПЗС-спостереження в U-, V-, R-смугах системи Джонсона для п'яти ділянок неба: ICRS 1254+571, ICRS 1345+125, ICRS 1641+399, ICRS 1732+389, ICRS 1807+698. Для полів 8.5'×8.5' отримано U-, V-, R-величини і координати об'єктів до $V \approx 23^m$. Екваторіальні координати α та δ об'єктів визначені в системі каталога USNO-A2.0, виконано їхнє ототожнення відносно каталога 2MASS. Коротко описано метод обробки ПЗС-кадрів, який реалізовано в пакеті MIDAS/ROMAFOT на базі нового способу врахування плоского поля.

UVR CCD PHOTOMETRY OF STARS IN FIVE SKY FIELDS WITH MATCHED IR/RADIO SOURCES, by Kharin A. S., Andruk V. N., Bar-

tasiute S., Butenko G. Z., Vedenicheva I. P., Perekhod A. V., Sergeev A. V. — To make reliable associations of extragalactic radio sources with bright infrared objects and objects at optical wavelengths, we carried out test CCD observations in the Johnson U-, V-, R-filters for five sky fields, containing the sources ICRS 1254+571, ICRS 1345+125, ICRS 1641+399, ICRS 1732+389, and ICRS 1807+698 with the 2-m telescope of the Terskol Peak Observatory (the Northern Caucasus, Russia). For these 8.5'×8.5' fields, we obtained U-, V-, R-magnitudes and positions of objects down to $V \approx 23^m$. Their equatorial coordinates α and δ were determined in the USNO-A2.0 catalogue system. The objects within the fields were identified by position coincidence with stars and infrared sources of the 2MASS catalogue. The procedures for reducing CCD images within the program package MIDAS/ROMAFOT, which incorporate a new method for removing flat field, are briefly described.

В рамках данной работы были выполнены наземные ПЗС-наблюдения в оптической области спектра семи областей неба, пять из них — это области с внегалактическими источниками в радио- и инфракрасном диапазонах. Список этих источников приводится в работе [4]. Список включает 31 источник из ICRF, вошедших в каталог IRAS PSC [7]. Задачей наших исследований является как проверка выполненных отождествлений, так и получение в системе UVR Джонсона фотометрических характеристик для ярких инфракрасных двойников радиоисточников.

НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения в трех полосах UVR системы Джонсона выполнены 24/25 марта 2004 г. в фокусе Кассегрена 2-м телескопа Международного центра астрономических и медико-экологических исследований (пик Терскол, Россия). Наблюдения проведены с помощью ПЗС-камеры «Photometrics SE200», установленной в системе двухканального фокального редуктора [10]. Размер рабочего поля матрицы — 562×512 пкл (1 пкл = 1.0052" ± ± 0.0005"). Полоса U реализована с фильтром DUG11 ($\lambda_0 = 338$ нм, $\Delta\lambda = 75$ нм, $\tau_{\max} = 0.828$), полоса V — с фильтром V ($\lambda_0 = 531$ нм, $\Delta\lambda = 102$ нм, $\tau_{\max} = 0.920$), полоса R — с фильтром GUNN R ($\lambda_0 = 680$ нм, $\Delta\lambda = 111$ нм, $\tau_{\max} = 0.948$).

Для контроля экстинкции земной атмосферы и перехода от инструментальной шкалы звездных величин u , v , r в систему звездных величин системы Джонсона U, V, R также наблюдались две области неба с фотоэлектрическими стандартами МЕГА 84, МЕГА 96 [5]. Характеристика наблюдательного материала дана в табл. 1, где приводятся момент начала наблюдений UT, экспозиция Δt , часовой угол T , воздушная масса X , предельная звездная величина V_{\lim} , количество N_R объектов в кадре в R-полосе.

РЕДУКЦИЯ ПЗС-НАБЛЮДЕНИЙ

Исходный необработанный ПЗС-кадр $S(i, j)$ содержит информацию об отдельных объектах и фоновую засветку. Для получения неискаженной фотометрической шкалы звездных величин для объектов по всему полю кадра необходимо иметь вспомогательный кадр плоского поля $F(i, j)$. Нормированный ПЗС-кадр плоского поля $\langle F(i, j) \rangle$ позволяет преобразовать необработанный кадр $S(i, j)$ с изображением звездного поля таким образом, что в последнем будет отсутствовать фотометрическая ошибка поля. Фото-

Таблица 1. Данные о ПЗС-наблюдениях 24/25 марта 2004 г. для областей неба с внегалактическими инфракрасными двойниками радиоисточников

Область неба	UT	Δt , с	T, ч	X	Полоса	V_{lim}	N_R
МЕГА 84	22 ^h 24 ^m 54 ^s	20	1.57	1.06	U	19.2 ^m	33
	22 19 44	3	1.49	1.06	V		
	22 22 10	3	1.53	1.06	R		
МЕГА 96	22 03 03	20	0.65	1.17	U	19.6	62
	01 49 29	40	4.36	2.21	U		
	21 54 21	5	0.50	1.16	V		
	01 46 10	5	4.30	2.16	V		
	21 59 35	5	0.59	1.16	R		
ICRS 1254+571	01 43 11	5	4.26	2.16	R	23.3	335
	23 10 47	10	1.33	1.05	U		
	23 11 44	300	1.34	1.06	U		
	23 31 31	10	1.67	1.07	V		
	23 32 32	240	1.69	1.07	V		
	23 37 14	120	1.77	1.08	V		
	23 39 55	60	1.81	1.08	V		
	23 19 21	10	1.47	1.06	R		
	23 20 19	240	1.49	1.06	R		
	23 25 27	120	1.57	1.07	R		
ICRS 1345+125	23 28 25	60	1.62	1.07	R	23.1	492
	22 54 21	10	1.20	1.21	U		
	22 55 15	300	1.21	1.22	U		
	22 39 04	10	0.94	1.20	V		
	22 40 04	240	0.96	1.20	V		
ICRS 1641+399	22 47 06	10	1.07	1.21	R	23.2	604
	22 48 13	240	1.09	1.21	R		
	00 02 14	10	-1.66	1.06	U		
	00 03 07	300	-1.65	1.06	U		
	23 48 17	10	-1.83	1.07	V		
ICRS 1732+389	23 49 23	240	-1.81	1.07	V	22.1	523
	23 55 19	10	-1.71	1.06	R		
	23 56 10	240	-1.70	1.06	R		
	00 24 07	10	-2.15	1.10	U		
	00 25 04	300	-2.13	1.10	U		
ICRS 1807+698	00 14 56	10	-2.30	1.11	V	22.8	533
	00 16 07	240	-2.28	1.11	V		
	00 31 46	10	-2.02	1.09	R		
	00 32 39	240	-2.00	1.09	R		
	01 15 25	10	-1.83	1.15	U		
	01 16 09	300	-1.82	1.15	U		
	01 21 52	300	-1.73	1.15	U		
	01 08 27	10	-1.95	1.16	V		
	01 09 26	240	-1.93	1.16	V		
	01 28 47	10	-1.61	1.15	R		
01 29 38	240	-1.60	1.15	R			

метрическая ошибка поля обусловлена главным образом виньетированием оптикой и неравномерностью чувствительности рабочего поля матрицы. Преобразованный ПЗС-кадр, свободный от фотометрической ошибки поля, называется ПЗС-кадром научных данных звездного поля $I(i, j)$. Для получения кадра $I(i, j)$ из кадра $S(i, j)$ посредством деления последнего на нормированный кадр плоского поля $\langle F(i, j) \rangle$ необходимо еще иметь ПЗС-кадры соответствующих экспозиций для темнового тока $D_S(i, j)$ и $D_F(i, j)$. Под кадром темнового тока подразумеваем кадр, исправленный за электронное смещение. В общем случае кадры темнового тока $D_S(i, j)$ и $D_F(i, j)$ имеют разные экспозиции. Итак, процедура получения кадра $I(i, j)$ записывается в виде

$$I(i, j) = \{S(i, j) - D_S(i, j)\} / \langle F(i, j) - D_F(i, j) \rangle, \quad (1)$$

где элементы матрицы имеют текущий номер i и j , а нормированный кадр $\langle F(i, j) - D_F(i, j) \rangle$ получен после деления разности кадров $F(i, j) - D_F(i, j)$ на среднее значение этой разности [9]. На практике (как правило) кадры плоского поля $F(i, j)$ получают путем коротких экспозиций раннего утреннего или сумеречного неба, т. е. кадры плоского поля $F(i, j)$ и кадры звездных полей $S(i, j)$ экспонируются отдельно и при разных условиях. В кадре $S(i, j)$ в виде зарегистрированного полезного сигнала есть две составляющие — сигнал от объектов (собственно искомое значение $I(i, j)$) и засветка от ночного неба (ослабленный аналог $F(i, j)$). Если каким-то способом из необработанного ПЗС-кадра звездного поля удалить все зарегистрированные объекты выше принятого уровня шума, то таким образом будет выделена пространственная огибающая собственного плоского поля $F_S(i, j)$. Из этого следует, что кадр изображения звездного поля $S(i, j)$ и кадр плоского поля $F_S(i, j)$ экспонировались при одинаковых физических условиях. Более того, для обязательной операции компенсации аддитивной добавки в виде темнового тока время экспозиций для кадров $D_S(i, j)$ и $D_F(i, j)$ будет одинаковым, т. е. $D_S(i, j) = D_F(i, j)$. Значит, для получения кадра $I(i, j)$ из необработанного кадра $S(i, j)$ достаточно иметь только один вспомогательный кадр темнового тока $D_S(i, j)$. Время экспонирования кадров $S(i, j)$ и $D_S(i, j)$ должно быть одинаковым. Процедуру получения кадра $I(i, j)$ согласно формуле (1) назовем традиционным, или первым способом, а аналогичную процедуру без использования отдельно экспонированного кадра плоского поля назовем вторым способом:

$$I(i, j) = \{S(i, j) - D_S(i, j)\} / \langle F_S(i, j) - D_S(i, j) \rangle. \quad (2)$$

В операционной среде LINUX/MIDAS/ROMAFOT созданы программы (типа MIDAS procedures) циклической обработки конечного количества (указанного оператором) последовательно нумерованных ПЗС-файлов в формате FITS.

ОБРАБОТКА ПЗС-КАДРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗВЕЗДНЫХ ПОЛЕЙ В MIDAS/ROMAFOT. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДВУХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПЗС-КАДРОВ

В программной среде MIDAS созданы два разных типа программ обработки ПЗС-кадров изображений звездных полей с целью определения прямоугольных координат X , Y и фотометрических величин объектов. Первый тип — это обработка кадров стандартным способом согласно формуле (1). Программно реализован итерационный метод удаления объектов и выделения пространственной огибающей собственного плоского поля $F_S(i, j)$ из необработанного кадра $S(i, j)$, т. е. способ на основе формулы (2). Более подробно второй способ изложен в работе [6]. Для некоторых типов ПЗС-приемников, как в нашем случае, перед выполнением операций вида (1) или (2) необходимо (и возможно) сделать операцию реставрации переэкспонированных ярких объектов или даже целых участков ПЗС-кадра. По определенному признаку программа находит такие объекты и делает их фотометрическую реставрацию.

На рис. 1, а показано трехмерное изображение участка ПЗС-кадра (размер 60×60 пкл) с центральным сечением для яркой звезды, для которой характерно явление небольшого вертикального блюминга и провала с центральным подъемом. После выполнения некоторых процедур в программной среде MIDAS фотометрический разрез звезды имеет плоскую вершину (рис. 1, б). На последнем этапе реставрации (рис. 1, в) в плоскую

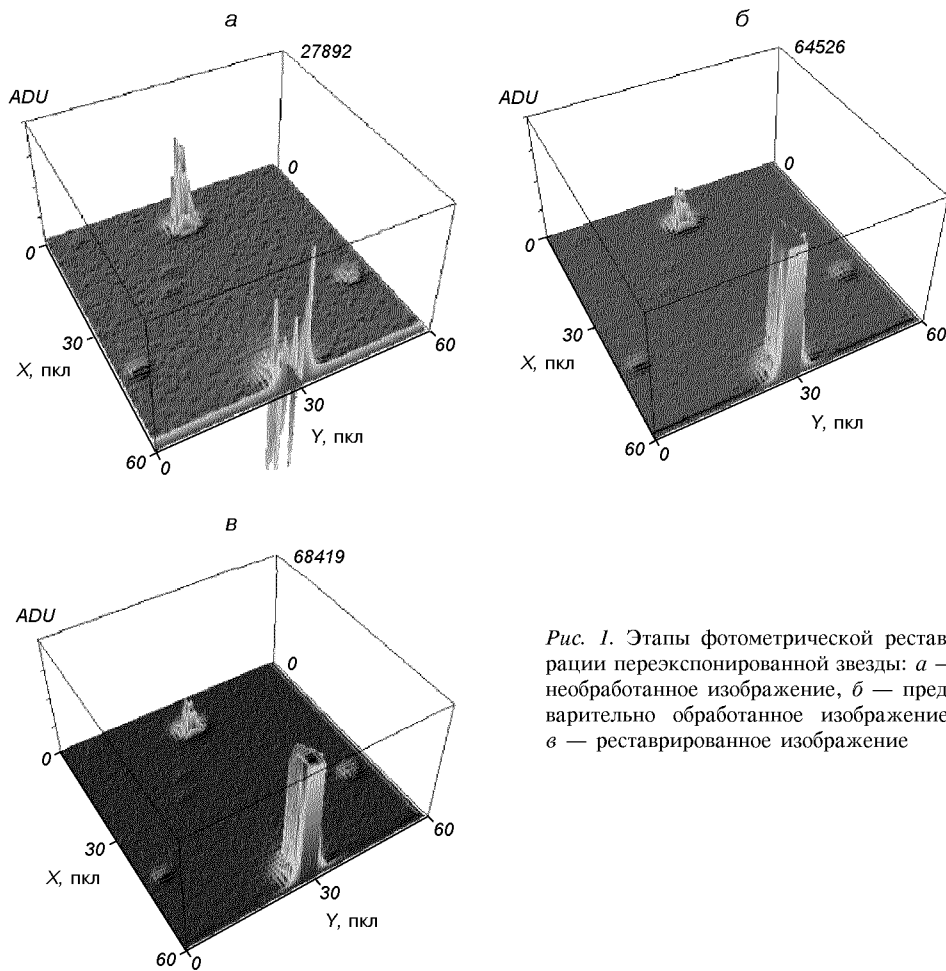


Рис. 1. Этапы фотометрической реставрации переэкспонированной звезды: *a* — необработанное изображение, *б* — предварительно обработанное изображение, *в* — реставрированное изображение

вершину (которая может иметь произвольную форму от круговой до эллипсоидальной по причине явления блюминга) вносится дополнительная фотометрическая добавка с центральносимметричным распределением интенсивности. Величина этой добавки, пропорциональная площади плоской вершины (а значит, и яркости звезды), связана с разрядностью считывающего устройства ПЗС-приемника и установлена эмпирически. Отметим, что точность фотометрической реставрации для переэкспонированных объектов без (или с малым явлением) блюминга не хуже $\pm 0.1^m$. После выполнения операций вида (1) или (2) дефектные и горячие пиксели с кадра $I(i, j)$ удаляются путем использования медианной фильтрации с окном фильтрации 3×3 пкл. Следующий шаг — операция обычного сглаживания с окном фильтрации 3×3 пкл. В дальнейшем с полученным файлом можно выполнять операции из программного пакета ROMAFOT. В результате последовательного выполнения над ПЗС-кадром (с изображением звездного поля) ряда операций типа SKY/ROMAFOT, SEARCH/ROMAFOT, GROUP/ROMAFOT, FIT/ROMAFOT и REGISTER/ROMAFOT будет получена таблица, которая содержит данные о зарегистрированных объектах, в частности прямоугольные координаты X и Y в системе координат матрицы, фотометрические величины в инструментальной системе, значения интенсивности в центре и полная ширина на половине максимальной интенсив-

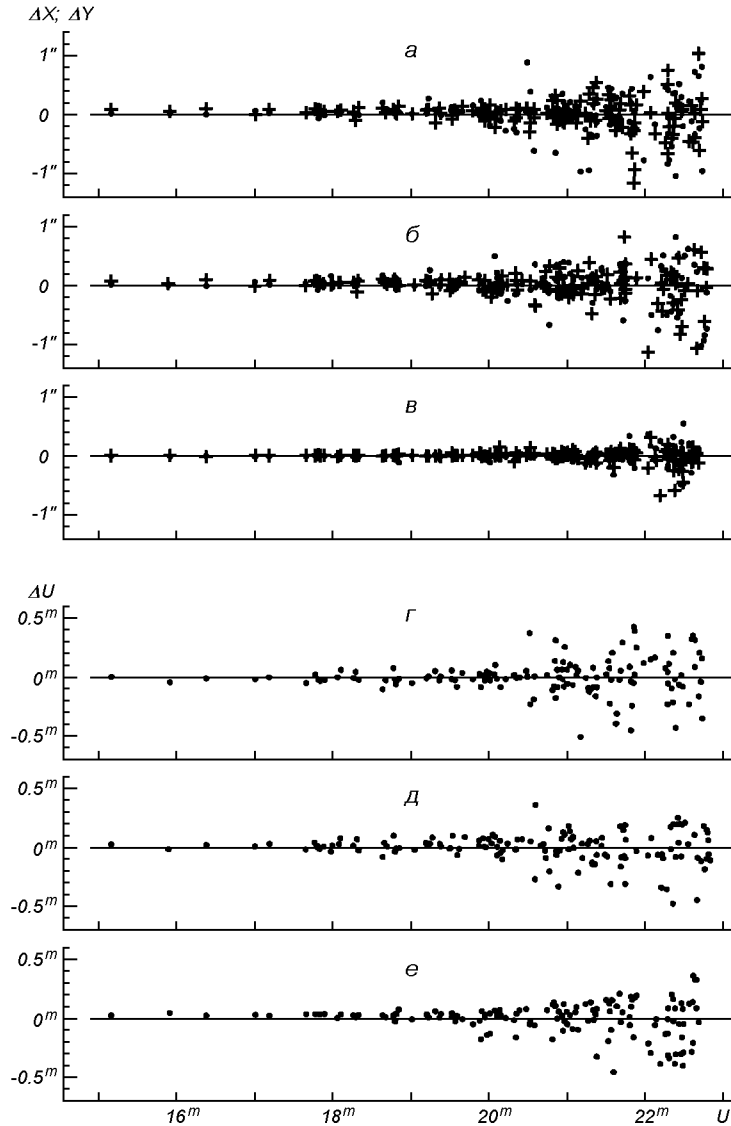


Рис. 2. Разности координат ΔX (точки), ΔY (крестики) и блеска ΔU на двух кадрах, обработанных методом (1) (фрагменты *а* и *г*, стандартные отклонения $0.214''$ и 0.109^m соответственно) и методом (2) (фрагменты *б* и *д*, стандартные отклонения $0.188''$ и 0.09^m). Фрагмент *в* представляет собой разность фрагментов *а* и *б* (стандартное отклонение $0.084''$), фрагмент *е* — разность *г* и *д* (стандартное отклонение 0.101^m)

ности (функция FWHM) для двумерного гауссовского распределения интенсивности изображения звезды.

Сравнительную точность двух разных способов обработки изображений звездных полей продемонстрируем применительно к двум ПЗС-кадрам, экспонированным по 300 с в U -полосе для области неба ICRS 1807+698. На рис. 2, *а*, *г* приведены разности координат ΔX (точки), ΔY (крестики) и звездных величин ΔU , полученные вычитанием данных для двух разных кадров, обработанных по формуле (1) (стандартные отклонения $0.214''$ и 0.109^m соответственно), а на рисунке *б*, *д* — аналогичные разности для

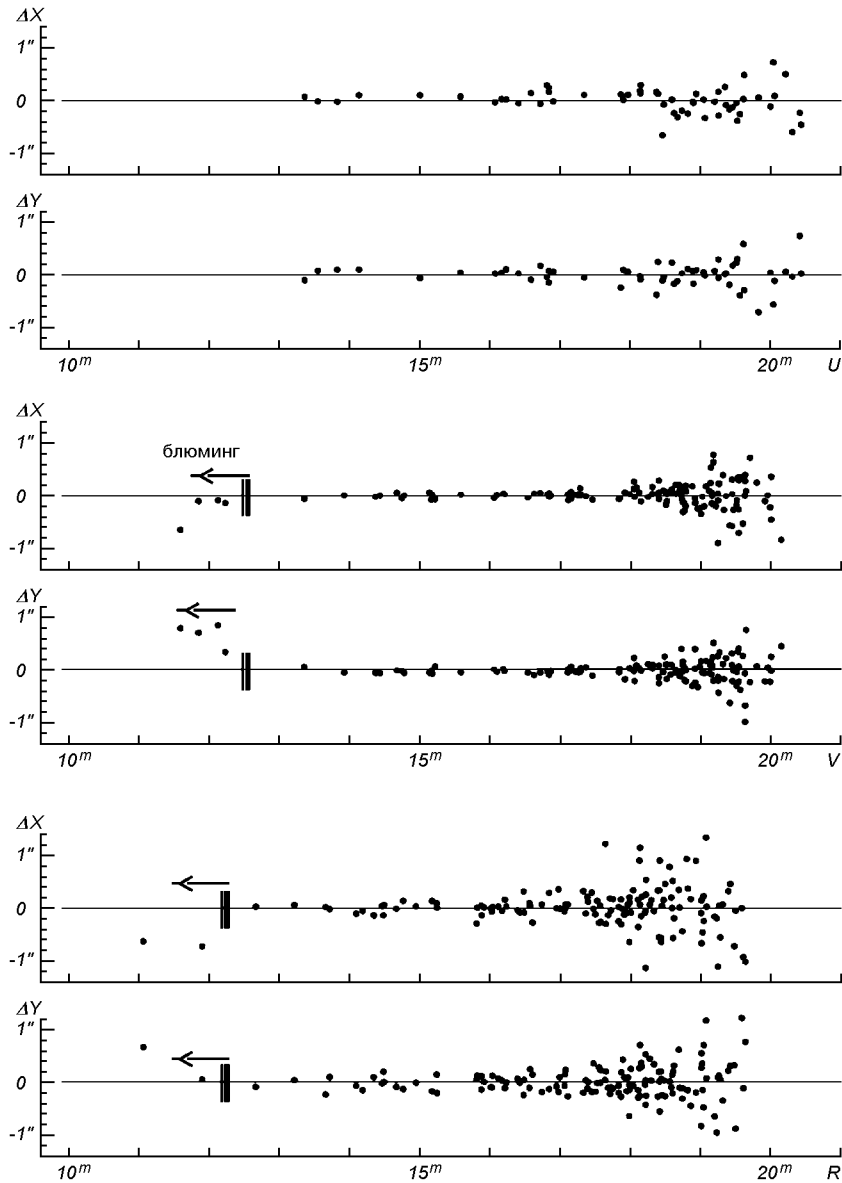


Рис. 3. Разности ΔX , ΔY для разных значений звездных величин U , V и R , полученные вычитанием данных обработанных кадров с длинной экспозицией из данных кадров с короткой экспозицией. Стандартные отклонения для объектов ярче U , $V = 18^m$ и $R = 17^m$ составляют 46, 51, 32, 30, 55 и 66 мсд* соответственно

формулы (2) (стандартные отклонения $0.188''$ и 0.09^m). На рис. 2, *в*, *е* приводятся разности прямоугольных координат и звездных величин, полученных методом (2) и методом (1) (разность фрагментов *а* и *б*, стандартное отклонение $0.084''$, а также *г* и *д*, стандартное отклонение 0.101^m). Можно сделать вывод, что астрометрическая и фотометрическая точность обоих методов практически одинакова. Отметим, что результаты, излагаемые далее, получены вторым способом.

* 1 мсд — 1 миллисекунда дуги

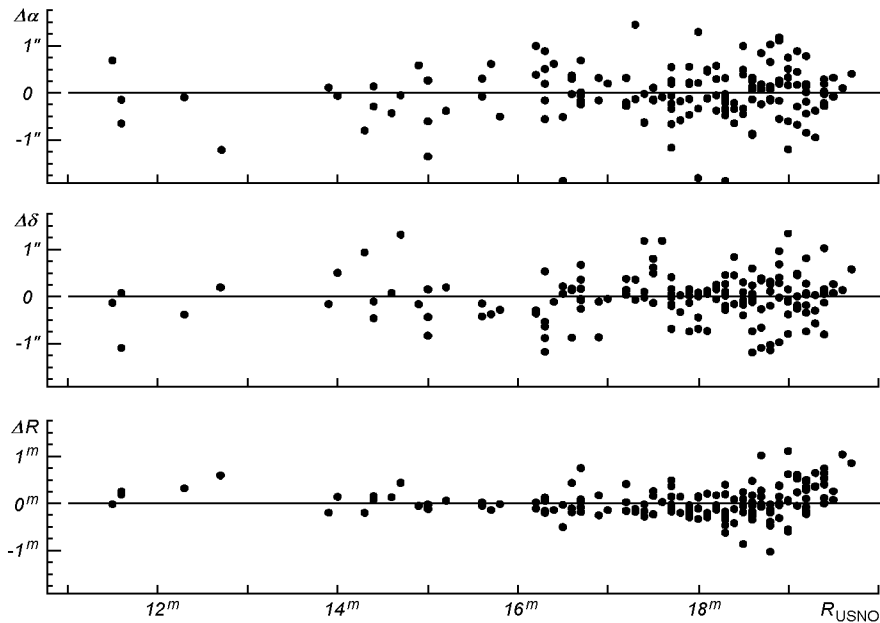


Рис. 4. Остаточные разности экваториальных координат $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ и блеска ΔR для общих звезд на ПЗС-кадрах и в каталоге USNO-A2.0

КООРДИНАТЫ И БЛЕСК ОБЪЕКТОВ

Для определения экваториальных координат в качестве опорного каталога был использован каталог USNO-A2.0 [11]. Тангенциальные координаты ξ_i и η_i опорных звезд определялись из решения методом наименьших квадратов систем уравнений

$$\begin{aligned} \xi_i &= a_1 X_i + b_1 Y_i + c_1 + d_1 X_i^2 + e_1 X_i Y_i + f_1 Y_i^2, \\ \eta_i &= a_2 X_i + b_2 Y_i + c_2 + d_2 X_i^2 + e_2 X_i Y_i + f_2 Y_i^2, \end{aligned} \quad (3)$$

где X_i , Y_i — прямоугольные координаты звезды. Количество N опорных звезд в поле $8.5' \times 8.5'$ составляло 80, а средние значения средних квадратичных ошибок (СКО) решения редуцированных уравнений (3) равны $0.4''$ и обусловлены большей частью ошибками каталога USNO-A2.0. Ошибки определения координат и звездных величин рассмотрим на примере редукиции для области неба ICRS 1732+389. Согласно табл. 1 для этой области были получены снимки с короткой (10 с) и длинной (300, 240 и 240 с) экспозициями для соответствующих полос U , V и R системы Джонсона.

На рис. 3 показаны разности ΔX , ΔY прямоугольных координат для разных значений звездных величин U , V и R . Значения ΔX , ΔY получены вычитанием координат на обработанных кадрах с длинной экспозицией и кадрах с короткой экспозицией. Указана погрешность определения координат для объектов, ярче предельно зарегистрированных на 2.5^m , отделены ярчайшие объекты с блюмингом.

На рис. 4 дано распределение остаточных разностей экваториальных координат $\Delta\alpha$, $\Delta\delta$ для общих звезд на ПЗС-кадрах и звезд каталога USNO-A2.0, а также разности ΔR инструментальных звездных R -величин и значений R_{USNO} из каталога USNO-A2.0. Отсутствие фотометрической ошиб-

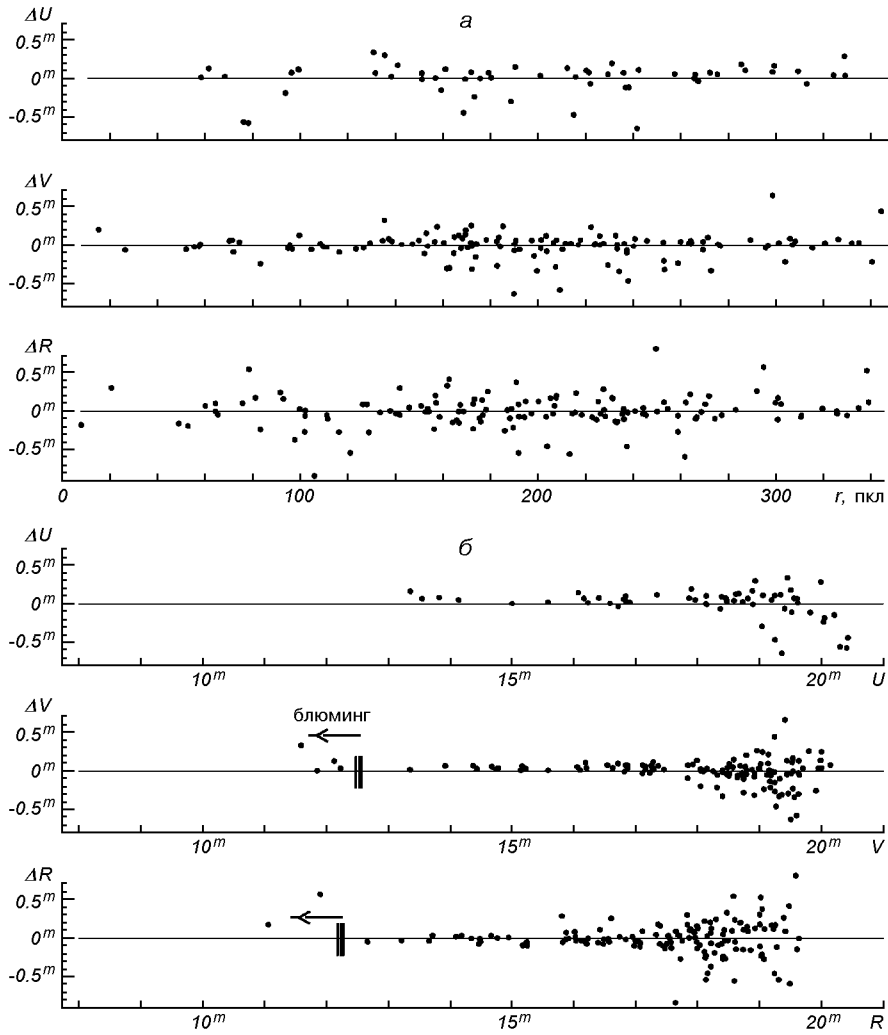


Рис. 5. Изменения разностей звездных величин ΔU , ΔV и ΔR для кадров с длинной и короткой экспозициями в зависимости от: *а* — расстояния r от центров кадров (стандартные отклонения 0.143^m , 0.112^m и 0.136^m соответственно), *б* — значений блеска U , V и R , зарегистрированных с экспозицией 10 с (стандартные отклонения для объектов ярче U , $V = 18^m$ и $R = 17^m$ составляют 0.028^m , 0.023^m и 0.034^m соответственно)

ки поля видно из рис. 5, *а*, где разности звездных величин ΔU , ΔV и ΔR для кадров с длинной и короткой экспозициями представлены в зависимости от расстояния r от центров кадров. Линейность шкалы инструментальной системы ROMAFOТ проверялась сравнением фотометрических величин звезд, полученных при разных экспозициях для какой-либо полосы системы Джонсона. На рис. 5, *б* те же разности даны в зависимости от значений блеска U , V и R , зарегистрированных с экспозицией 10 с. Стандартное отклонение одного определения звездной величины для объектов, ярче предельно зарегистрированных на 2.5^m , составляет ± 0.02 — 0.03^m . Диапазон линейности составляет 9^m при значениях фона от неба, не превышающих несколько тысяч единиц ADU.

ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАТАЛОГА

Как видно из табл. 1, ПЗС-кадры для пяти областей неба с инфракрасными двойниками радиоисточников и кадры с фотоэлектрическими U -, V -, R -стандартами двух областей неба программы МЕГА получены в узком интервале воздушных масс $X = 1.05...1.22$. Поэтому оказалось возможным при редукции использовать средние значения коэффициентов экстинкции для астропункта наблюдений [1]: $k_U = 0.447^m$, $k_V = 0.158^m$, $k_R = 0.106^m$. Редукция инструментальной фотометрической системы в систему Джонсона описана в работе [2]. Согласование ноль-пунктов шкалы звездных величин инструментальной фотометрической системы со шкалой звездных величин системы Джонсона для U -, V - и R -полос выполнено по звезде № 549 ($U = 11.890^m \pm 0.018^m$, $V = 9.942^m \pm 0.008^m$, $R = 9.198^m \pm 0.008^m$) из каталога [5]. Ввиду ограниченного количества фотоэлектрических стандартов, которые попали в рабочее поле ПЗС-матрицы, окончательная линейная редукция инструментальных значений $u - v$, $v - r$ в систему $U - V$, $V - R$ выполнена по трем звездам из указанного каталога (№№ 549, 550, 745).

На рис. 6 приведена диаграмма цвет — величина ($V - R$) — V для звезд (и галактик) поля в окрестностях пяти радиоисточников по данным наших наблюдений. Непрерывная линия соответствует главной последовательности, смещенной на 11^m , т. е. $V = V_{\Gamma\Pi} + 11^m$.

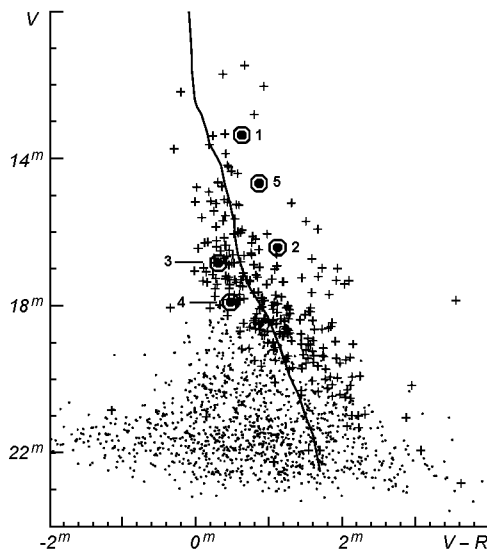


Рис. 6. Диаграмма цвет — величина ($V - R$) — V для пяти полей с ИК-двойниками радиоисточников. Нумерованные кружки — объекты-кандидаты на внегалактические ИК-источники (см. табл. 2), крестики — объекты, вошедшие в каталог 2MASS. Непрерывная линия — главная последовательность, смещенная на 11^m ($V = V_{\Gamma\Pi} + 11^m$)

На рис. 7 показаны двухцветные диаграммы ($U - V$) — ($V - R$) и ($U - V$) — ($V - K$). Инфракрасные величины K взяты из каталога 2MASS [8]. Кружками выделены пять объектов-кандидатов на внегалактические инфракрасные источники (табл. 2), а крестиками обозначены объекты, вошедшие в каталог 2MASS. Для контроля на рис. 7 нанесены линии начальных последовательностей для звезд Ia, III и V классов светимости [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом работы является каталог U -, V -, R -величин в системе Джонсона, который получен для 1574 объектов до $V \approx 23^m$ для пяти областей неба с инфракрасными двойниками радиоисточников; размер карт

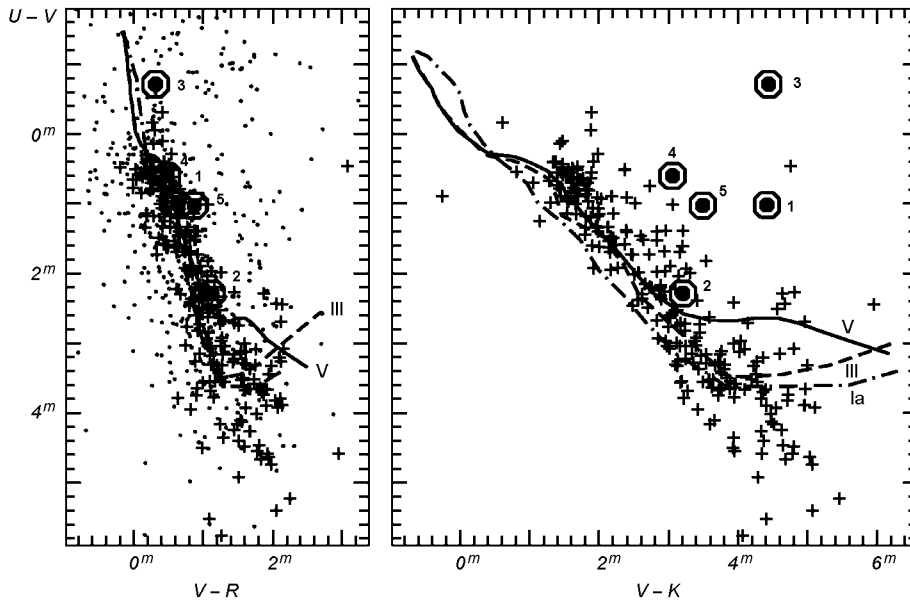


Рис. 7. Двухцветные диаграммы $(U - V) - (V - R)$ и $(U - V) - (V - K)$. Обозначения см. на рис. 6. Нанесены линии начальных последовательностей для звезд Ia, III и V классов светимости

Таблица 2. Экваториальные координаты и блеск объектов-кандидатов на внегалактические инфракрасные источники из списка [4]

№	Объект	Наблюдения на 2-м телескопе					Каталог 2MASS		
		α_{2000}	δ_{2000}	U	V	R	J	H	K
1	ICRS 1254+571	$12^h 56^m$ 14.260^s	$56^\circ 52'$ $25.44''$	14.389^m	13.368^m	12.734^m	11.426^m	10.087^m	8.951^m
2	ICRS 1345+125	$13^h 47^m$ 33.491^s	$12^\circ 17'$ $24.11''$	18.709	16.423	15.302	14.933	14.191	13.216
3	ICRS 1641+399	$16^h 42^m$ 58.824^s	$39^\circ 48'$ $37.04''$	16.127	16.841	16.529	14.255	13.304	12.398
4	ICRS 1732+389	$17^h 34^m$ 20.610^s	$38^\circ 57'$ $51.45''$	18.505	17.904	17.424	16.954	15.871	14.847
5	ICRS 1807+698	$18^h 06^m$ 50.724^s	$69^\circ 49'$ $28.12''$	15.703	14.677	13.808	12.640	11.833	11.185

$8.5' \times 8.5'$. Экваториальные координаты всех объектов определены в системе каталога USNO-A2.0. Получен список оптических объектов — кандидатов на инфракрасные двойники радиисточников. В табл. 2 приведен список объектов ICRS, которые наблюдались 24/25 марта 2004 г. в трех полосах системы UVR Джонсона. Инфракрасные величины J , H , K для этих объектов взяты из каталога 2MASS [8]. На рис. 8 представлены карты областей неба в R -полосе с инфракрасными двойниками радиисточников (обозначены крестами): ICRS 1254+571, ICRS 1345+125, ICRS 1641+399, ICRS 1732+389 и ICRS 1807+698.

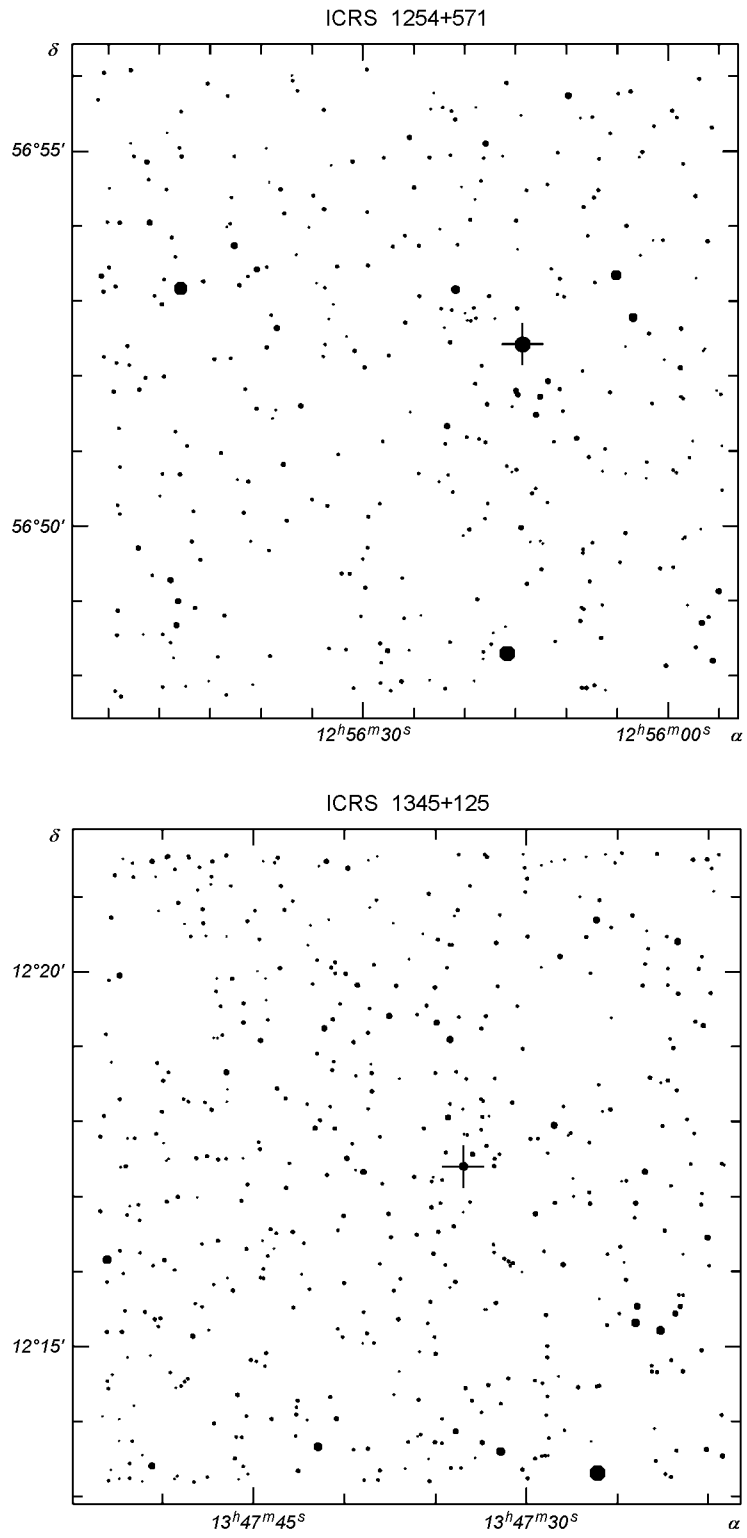


Рис. 8. Карты областей неба с ИК-двойниками радиоисточников (обозначены крестами):
 a — ICRS 1254+571, ICRS 1345+125

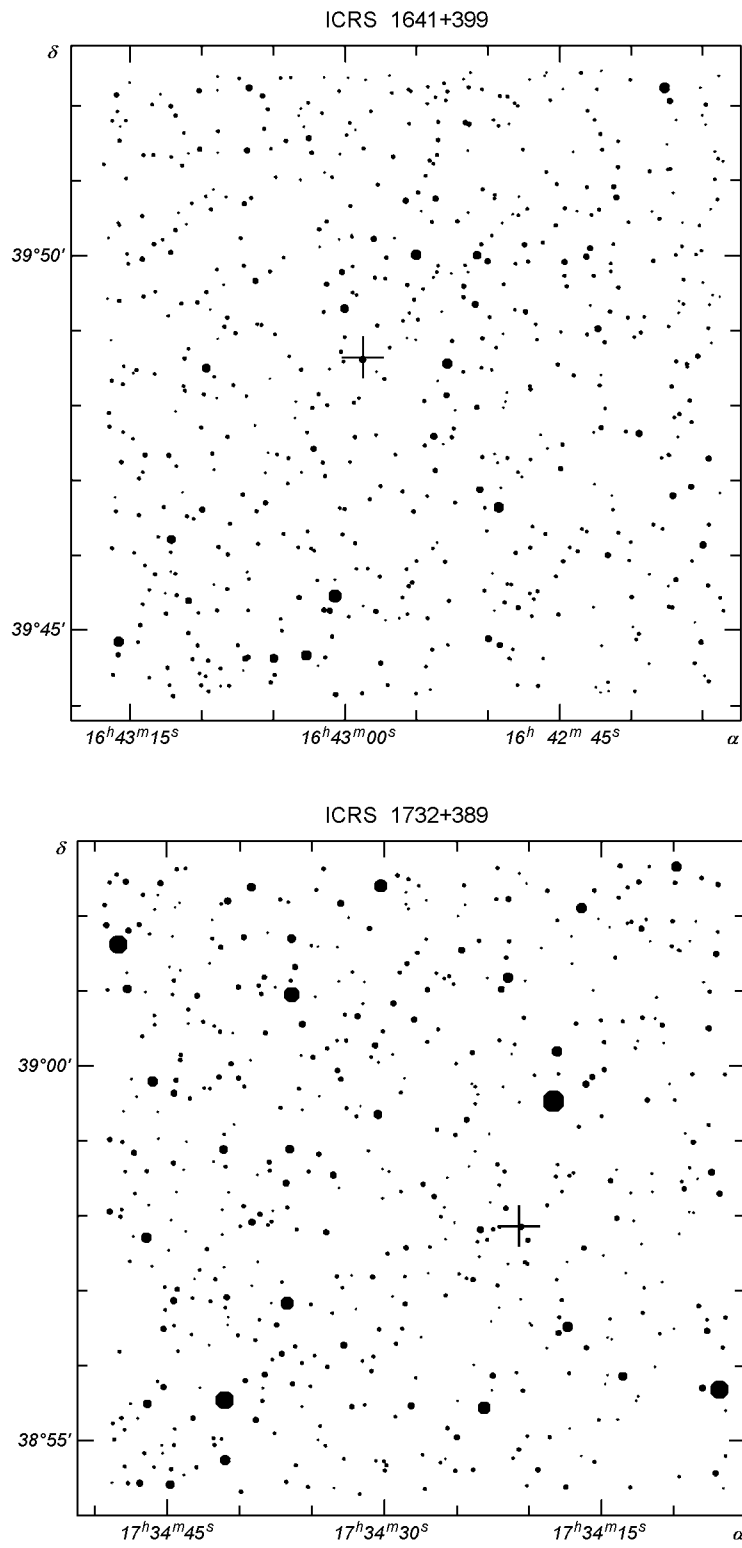


Рис. 8. (продолжение): б — ICRS 1641+399, ICRS 1732+389

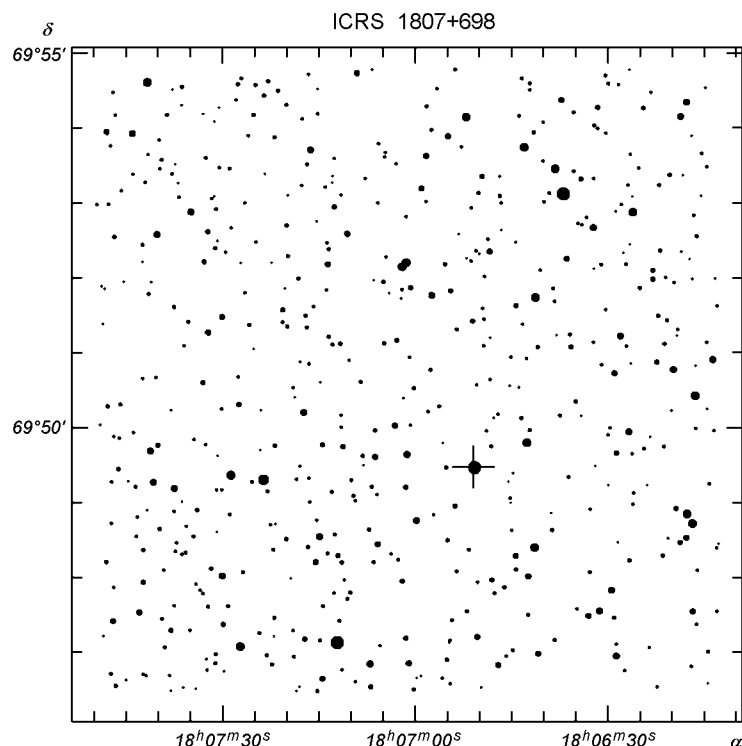


Рис. 8. (окончание): α — ICRS 1807+698

Обработка ПЗС-кадров выполнена в системе LINUX программным пакетом MIDAS/ROMAFOT на базе нового способа исключения плоского поля, предложенного в работе [6].

Каталог U -, V - и R -звездных величин 1574 объектов для полей размером $8.5' \times 8.5'$ в окрестностях пяти инфракрасных двойников радиоисточников можно найти на веб-странице ГАО НАН Украины: <http://www.mao.kiev.ua/ast/5ICRS.htm>.

Работа выполнена при частичном финансировании Государственным фондом фундаментальных исследований Украины, проект 2.7/17. В этой работе были использованы данные из Обзора всего неба на $\lambda = 2$ мкм, который является совместным проектом Массачусетского университета и Центра обработки и анализа инфракрасных данных (основанном НАСА и Национальным научным фондом США) при Калифорнийском технологическом институте.

1. Андрук В. Н. Фотометрическая служба вблизи главного меридиана Галактики: наблюдения и создание каталога фотометрических стандартов звездных величин и цветов в системе $UBVR$ // Кинематика и физика небес. тел.—1996.—12, № 4.—С. 60—74.
2. Андрук В. Н., Бутенко Г. З. Исследование фотометрической системы 2-м телескопа на пике Терскол // Кинематика и физика небес. тел.—2006.—22, № 3.—С. 231—240.
3. Страйжис В. Л. Многоцветная фотометрия звезд. — Вильнюс: Мокслас, 1977.—312 с.
4. Харин А. С., Кумкова И. И., Веденичева И. П. Программа астрометрических наблюдений в инфракрасном диапазоне для улучшения связи оптической (HIPPARCOS) и радио (ICRF) координатных систем // Сб. тр. Первой укр. конф. по перспективным космиче-

- ским исследованиям (8—10 октября 2001, Киев). — Киев, 2001.—С. 78—82.
5. *Andruk V., Kharchenko N., Schilbach E., Scholz R.-D.* Photometric survey near the Main Galactic Meridian: 1. Photoelectric stellar magnitudes and colours in the *UBVR* system // *Astron. Nachr.*—1995.—**316**, N 4.—P. 225—248.
 6. *Andruk V. M., Vid'machenko A. P., Ivashchenko Yu. M.* Processing of CCD images of star fields without the frame of a flat field using new software in program shell of MIDAS/ROMAFOT // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.*—2005.—N 5.—P. 544—550.
 7. *Beichman C. A., Neugebauer G., Habing H. J., et al.* Astronomical satellite (IRAS). Catalogs and atlases. — NASA, 1987.—Vol. 1. Explanatory Supplement.—RP-1190.
 8. *Cutri R. M., Skrutskie M. F., Van Dyk S., et al.* 2MASS all sky catalog of point sources // *The IRSA 2MASS all-sky point sources catalog.* — NASA, IPAC / California Institute of Technology, 2003.
 9. *ESO-MIDAS users guide.* — Garching, 1994.—Vol. A, B, C.
 10. *Jokers K., Gredner T., Bonev T., et al.* Exploration of solar system with the two-channel focal reducer at the 2m-RCC telescope of Peak Terskol observatory // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.*—2000.—N 3.—P. 13—18.
 11. *Monet D., Bird A., Canzian B., et al.* A Catalog of astrometric standards USNO-A V2.0. — Flagstaff, US Naval Observatory, 1998.—CD-ROM distribution. Catalog.

Поступила в редакцию 08.11.06