

УДК 52.14+520.823+524.352

**В. М. Андрук<sup>1</sup>, В. М. Решетник<sup>2</sup>, Я. О. Романюк<sup>1</sup>,  
В. В. Клецонок<sup>3</sup>, І. В. Хатько<sup>3</sup>, А. І. Яценко<sup>1</sup>, В. С. Самойлов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України  
вул. Академіка Заболотного 27, Київ, 03680  
andruk@mao.kiev.ua, romanyuk@mao.kiev.ua

<sup>2</sup>Київський Національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська 64, Київ, 010601  
klev@observ.univ.kiev.ua

<sup>3</sup>Астрономічна обсерваторія  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
вул. Обсерваторна 3, Київ-53, 04053

<sup>4</sup>«Астроприлад», вул. Академіка Заболотного 31, Київ, 03680

## Дослідження фотометричної системи київського інтернет-телескопа

*Для дослідження фотометричної системи київського інтернет-телескопа виконано ПЗС-спостереження в BVRI-смугах ділянки неба у скупченні M67 (NGC 2682). Система реєстрації сигналу включає телескоп Celestron CGE-1400, редуктор фокуса Celestron #94175, автоматичну турель з набором UBVR-фільтрів та ПЗС-камеру Rolera MGі. Робоче поле системи складає 10.62 10.62 . Обробку ПЗС-кадрів виконано в пакеті MIDAS/ROMAFOT. Визначено коефіцієнти редукції інструментальної фотометричної системи відносно системи BVRI Джонсона. Отримане значення модуля відстані до скупчення M67  $V - M_V = 9.63^m$  не суперечить даним інших досліджень. Середні квадратичні похибки одного визначення зоряної величини для різних смуг складають 0.02—0.12<sup>m</sup>. Похибки визначення екваторіальних координат в системі каталога TYCHO-2 складають 0.1 .*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КИЕВСКОГО ИНТЕРНЕТ-ТЕЛЕСКОПА**, Андрук В. Н., Решетник В. Н., Романюк Я. О., Клецонок В. В., Хатько И. В., Яценко А. И., Самойлов В. С. — Для исследования фотометрической системы киевского интернет-телескопа выполнены ПЗС-наблюдения в BVRI-фильтрах области неба в скоплении M67 (NGC 2682). Система регистрации сигнала

включает телескоп Celestron CGE-1400, редуктор фокуса Celestron #94175, автоматическую турель с набором UBVRI-фильтров и ПЗС-камеру Rolera MGі. Рабочее поле системы составляет 10.62 10.62 . Обработка ПЗС-кадров выполнена в пакете MIDAS/ROMAFOT. Определены коэффициенты редукции инструментальной фотометрической системы относительно системы BVRI Джонсона. Полученные значения модуля расстояния до скопления M67  $V - M_V = 9.63^m$  не противоречат данным других исследований. Средние квадратичные ошибки одного определения звездной величины для разных полос составляют 0.02—0.12<sup>m</sup>. Ошибки определения экваториальных координат в системе каталога TYCHO-2 составляют 0.1 .

*THE STUDY OF THE PHOTOMETRIC SYSTEM OF KYIV INTERNET TELESCOPE, by Andruk V. N., Reshetnyk V. M., Romaniuk Ya. O., Kleshchonok V. V., Khatko I. V., Yatsenko A. I., SamoiloV V. S. — Some series of CCD observations are performed in BVRI filters for the M67 (NGC 2682) cluster to examine the photometric system of the Kyiv internet telescope. The registration system includes the telescope Celestron CGE-1400, Celestron f/6.3 Reducer/Corrector (#94175), automatic turret with a set of UBVRI filters and CCD camera Rolera MGі. The field of view for the system is 10.62 by 10.62 . Frame processing is executed with the use of the MIDAS/ROMAFOT package. Reduction coefficients of the instrumental photometric system are determined relative to BVRI system. Our results of observation processing agree with the results of other researchers at to the distance module for the M67 cluster and give  $V - M_V = 9.63^m$ . The rms errors for one determination of stellar magnitude for different wavebands lie in the range 0.02—0.12<sup>m</sup>. The errors for determining the equatorial coordinates in the TYCHO-2 catalogue system are 0.1 .*

**Вступ.** У 2008 р. був введений в дослідну експлуатацію автоматизований київський інтернет-телескоп (КІТ), встановлений в Головній астрономічній обсерваторії НАН України (  $\alpha = 2^h 01^m 59.2^s$ ,  $\delta = 50^\circ 21' 51''$  ) на рівні п'ятого поверху на даху лабораторного корпусу [4]. Це інструмент, який базується на сучасному підході до астрономічних спостережень. Для типових задач, як-от отримання позиційних та фотометричних даних про задалегідь відомі об'єкти, можна доручити телескопу виконання програми спостережень в автоматичному режимі. У користувача за допомогою Web-інтерфейсу є можливість дистанційно ставити завдання телескопу і забирати отримані результати.

Система реєстрації сигналу включає телескоп Celestron CGE-1400, редуктор фокуса Celestron #94175, автоматичну турель з набором UBVRI-фільтрів та ПЗС-камеру Rolera MGі. Розмір робочого поля з фокальним редуктором Celestron #94175 складає 10.62 10.62

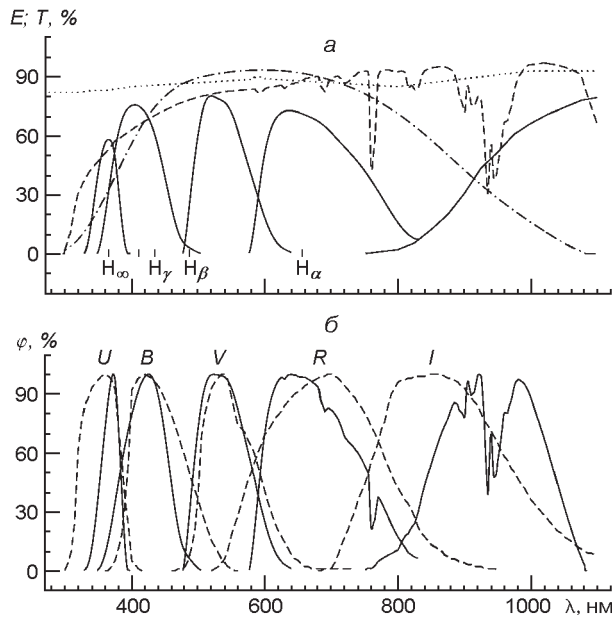


Рис. 1. Вгорі — криві чутливості ПЗЗ-матриці (штрихпунктирна лінія), пропускання атмосфери (штрихи), відбивання дзеркала (точки) і пропускання фільтрів (неперервні лінії). Внизу — криві реакції UBVR-системи Джонсона (штрихи) і досліджуваної системи (неперервні лінії)

Таблиця 1. Криві реакції реєстраційної апаратури інтернет-телескопа

Смуга	Фільтр	max, нм	сф, нм для зорі спектрального класу						f <sub>1/2</sub> , нм	(max), %
			B0	A0	F0	G0	K0	M0		
U	УФС 6(2.6) + СЗС 21(2.4)	372	366	369	369	369	371	372	30	9.5
B	СЗС 22(2.5) + ПС 11(2.5)	425	416	420	422	424	427	433	70	28.5
V	ЖС 17 (1.5) + СЗС 21(3.5)	523	534	536	538	539	541	547	90	51.9
R	КС 10(1.5) + СЗС 26(3.5)	640	662	667	669	672	675	679	161	51.5
I	ІКС 1(2.0) + КС 19(3.0)	925	903	907	908	909	910	910	169	13.8

(512 512 пкл), тобто 1.245 /пкл. Матриця охолоджується до температури 25 С. Криву чутливості E( ) ПЗЗ-матриці Rolera MGі та іншу інформацію, а також нормовані до одиниці криві реакції ( ) інструментальної системи відносно кривих реакції UBVR-системи Джонсона показано на рис. 1 [5, 18]. Складові частини фільтрів та фізичні характеристики кривих реакції інструментальної системи подано в табл. 1.

Використаний у камері Rolera MGі сучасний ПЗЗ-приймач має електронне підсилення, завдяки якому можлива його робота не тільки у режимі зичайної ПЗЗ-матриці, але й у режимі низького рівня освітлення (low light level CCD). На рівнях сигналу до 30 фот/с на 1 пкл такий приймач має дуже низький шум зчитування (доля електрона) при

низькому темновому струмі (до 0.5 ел/с) з піксела. Коефіцієнт електронного підсилення камери складає від 1 до 1000. Для порівняння з іншими матрицями дослідження були виконані для коефіцієнта підсилення 1. Що стосується оптимального значення коефіцієнта електронного підсилення для слабкого сигналу, то за результатами наших досліджень він складає приблизно 733 за критерієм середньої квадратичної похибки для зір з відношенням сигнал/шум понад 10. Ця похибка дуже мало змінюється ( $< 10\%$ ) у широких межах коефіцієнта від 200 до 850.

Практичне використання результатів спостережень потребує вивчення можливостей та дослідження характеристик КІТ, що дозволило б порівнювати результати з аналогічними даними, отриманими на інших телескопах. Для тестування інструментальної фотометричної системи і встановлення коефіцієнтів редуції в *BVRI*-систему Джонсона були виконані спостереження скупчення М67. Скупчення лежить на відстані порядку 1 кпк від Сонця у напрямку слабкого почервоніння, воно добре досліджене і часто використовується для загального калібрування *UBVRI*-вимірювань з використанням ПЗЗ-камер. Нашою метою є попередня оцінка можливостей і фотометричних характеристик світлоприймальної апаратури, що встановлена на телескопі.

**Спостереження.** Для дослідження фотометричної системи реструвальної апаратури телескопа Celestron CGE-1400 ( $D/F = 1/6.3$ ) у смугах *BVRI* Джонсона 17 лютого 2009 р. виконано спеціальні спостереження скупчення М67 ( $\alpha_{2000} = 8^h 51^m 23.3^s$ ,  $\delta_{2000} = 11\ 49\ 02$ ). У табл. 2

Таблиця 2. Журнал спостережень скупчення М67 (NGC 2682)

Смуга	UT	$t$ , год	$T$ , год	$M(z)$
<i>B</i>	20 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	7.939	-0.919	1.3079
<i>B</i>	20 03 01	7.945	-0.913	1.3075
<i>B</i>	20 03 20	7.950	-0.908	1.3071
<i>B</i>	20 03 40	7.956	-0.902	1.3068
<i>B</i>	20 04 00	7.972	-0.886	1.3057
<i>V</i>	20 11 58	8.095	-0.764	1.2985
<i>V</i>	20 12 18	8.100	-0.758	1.2982
<i>V</i>	20 12 38	8.106	-0.752	1.2979
<i>V</i>	20 12 58	8.112	-0.747	1.2976
<i>V</i>	20 13 58	8.117	-0.741	1.2973
<i>R</i>	20 16 12	8.166	-0.693	1.2948
<i>R</i>	20 16 32	8.171	-0.687	1.2945
<i>R</i>	20 16 52	8.177	-0.681	1.2942
<i>R</i>	20 17 12	8.182	-0.676	1.2940
<i>R</i>	20 17 32	8.188	-0.671	1.2937
<i>I</i>	20 21 14	8.250	-0.609	1.2909
<i>I</i>	20 21 34	8.255	-0.603	1.2907
<i>I</i>	20 21 53	8.261	-0.598	1.2904
<i>I</i>	20 22 13	8.266	-0.592	1.2902
<i>I</i>	20 22 33	8.272	-0.587	1.2900

наведено журнал спостережень скупчення М67, де для ПЗЗ-кадрів вказано момент спостережень  $UT$ , місцевий зоряний час  $t$ , часовий кут  $T$  та повітряна маса  $M(z)$ .

**Обробка ПЗЗ-кадрів зображень зоряних полів.** Обробка 20 ПЗЗ-кадрів (по 5 кадрів для кожної  $B$ -,  $V$ -,  $R$ -,  $I$ -смуги) для знаходження коефіцієнтів редукції інструментальної системи у систему Джонсона а також характеристик точності матеріалу спостережень виконана в програмному середовищі MIDAS/ROMAFOT, яке дозволяє отримувати прямокутні координати  $X$  і  $Y$  у системі координат матриці, фотометричні величини в інструментальній системі тощо [12]. В даній роботі для фотометричної процедури корекції за плоске поле автори скористались способом знаходження індивідуального плоского поля для кожного ПЗЗ-кадра. Програмно реалізовано ітераційний метод видалення об'єктів (зірок) та побудова і виділення просторової обвідної власного плоского поля із необробленого кадра. Обґрунтованість такого підходу викладено в роботах [1—3, 6, 7].

**Координати і зоряні величини об'єктів.** Спочатку були визначені екваторіальні координати і зоряні величини зареєстрованих на ПЗЗ-кадрах об'єктів. Для визначення тангенціальних координат опорних зір було використано каталог ГУСНО-2. Сталі редукції вимірних координат до тангенціальних знаходились з розв'язку методом найменших квадратів систем рівнянь

$$\begin{matrix} i & a_1 X_i & b_1 Y_i & c_1 & d_1 X_i^2 & e_1 X_i Y_i & f_1 Y_i^2, \\ i & a_2 X_i & b_2 Y_i & c_2 & d_2 X_i^2 & e_2 X_i Y_i & f_2 Y_i^2, \end{matrix} \quad (1)$$

де  $i = 1, 2, \dots, N$  — кількість опорних зірок. Для отриманих зображень  $N = 22$ , а середні значення середніх квадратичних похибок (СКП) з розв'язку редукційних рівнянь виду (1) близькі до 0.1. Похибки визначення координат та зоряних величин розглянемо для кадрів, експонованих у  $V$ -смугі. Отримані дані усереднено по п'яти окремо оброблених кадрах.

На рис. 2 показано хід різниць  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  між вимірними та каталожними координатами та різниць  $\Delta V$  між визначеними (без корекції за колір зірок) та каталожними зоряними величинами для зірок каталогу ГУСНО-2. Вказані різниці подано відносно прямокутних координат  $X$  та  $Y$ , зоряних величин  $V$  і показників кольору  $B - V$  в системі каталогу ГУСНО-2 або в системі Джонсона [11, 14]. Загальна кількість визначень опорних зірок в полі кадра близька до 50, стандартна похибка фотометрії складає  $\sigma_V = 0.073^m$ .

На рис. 3 показано залежність стандартних похибок  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$ ,  $\sigma_V$  визначення екваторіальних координат і зоряних величин  $V$  від величини  $V_J$  системи Джонсона. Похибки отримано за різницею індивідуальних значень на п'яти кадрах відносно відповідних середніх значень.

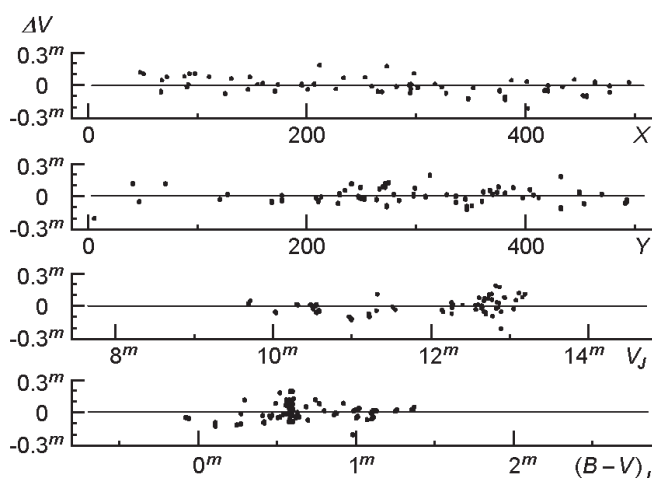


Рис. 2. Хід фотометричних різниць  $V$  між визначеними (без корекції за колір зірок) та каталожними зоряними величинами для каталогу ГУСНО-2. Різниця подано відносно прямокутних координат  $X$  та  $Y$ , зоряних величин  $V_J$  і показників кольору  $(B - V)_J$

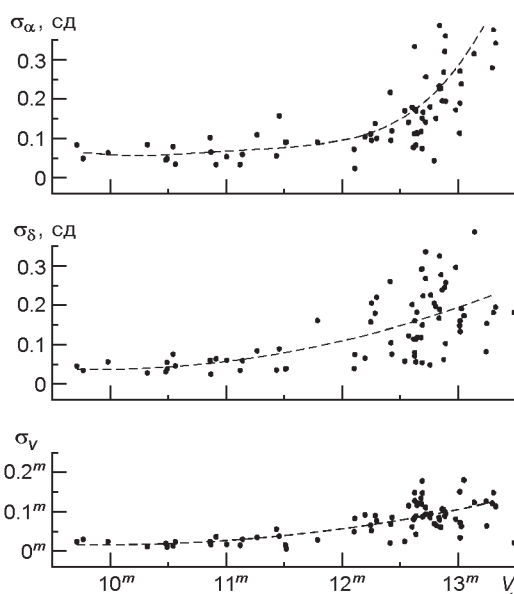


Рис. 3. Стандартні похибки екваторіальних координат і зоряних величин для кадрів у смузі  $V$

**Фотометрична система.** Основною метою роботи є визначення коефіцієнтів редукції інструментальної фотометричної системи в систему  $BVR_I$  Джонсона. ПЗЗ-кадри отримано у вузькому інтервалі повітряних мас  $M(z) = 1.290 \dots 1.308$ . При редукціях використовувались середні значення коефіцієнтів екстинкції для обсерваторії в с. Лісники [9]:  $k_U = 0.85^m$ ,  $k_B = 0.46^m$ ,  $k_V = 0.24^m$ ,  $k_R = 0.12^m$ , а також типове для рівнинних обсерваторій значення  $k_I = 0.08^m$ . Погодження нуль-пунктів шкали зоряних величин інструментальної фотометричної системи відносно шкали зоряних величин системи Джонсона для смуги  $V$  та показників кольору  $B - V$ ,  $V - R$ ,  $V - I$  виконано по 6—20 спільних зірках з каталогів [11, 14]. Обробка всіх двадцяти ПЗЗ-кадрів, отриманих з

експозицією 20 с, виконана після приведення даних спостережень до експозиції 1 с. Після виправлення інструментальних значень  $b, v, r, i$  та  $b, v, r, i$  за екстинкцію зв'язок фотометричної системи ІТ з  $BVR^J I^J$ -системою Джонсона та  $R^C I^C$ -системою Козінса визначався із виразів

$$\begin{array}{l}
 B \quad A_1(b \quad v) \quad D_1 \quad C_1 b = \frac{0.139(b \quad v)}{0.018} \quad \frac{15.650}{0.031} \quad b, \quad B \quad 0.053^m, \\
 V \quad A_2(b \quad v) \quad D_2 \quad C_2 v = \frac{0.082(b \quad v)}{0.011} \quad \frac{16.383}{0.018} \quad v, \quad V \quad 0.030^m, \\
 V \quad A_2(v \quad r) \quad D_2 \quad C_2 v = \frac{0.133(v \quad r)}{0.026} \quad \frac{16.268}{0.009} \quad v, \quad V \quad 0.037^m, \\
 R_J \quad A_3(v \quad r) \quad D_3 \quad C_3 r = \frac{0.130(v \quad r)}{0.034} \quad \frac{15.934}{0.012} \quad r, \quad R \quad 0.055^m, \\
 R_C \quad A_3(v \quad r) \quad D_3 \quad C_3 r = \frac{0.167(v \quad r)}{0.031} \quad \frac{16.018}{0.010} \quad r, \quad R \quad 0.078^m, \\
 I_J \quad A_4(v \quad i) \quad D_4 \quad C_4 i = \frac{0.006(v \quad i)}{0.037} \quad \frac{12.983}{0.076} \quad i, \quad I \quad 0.056^m, \\
 I_C \quad A_4(v \quad i) \quad D_4 \quad C_4 i = \frac{0.197(v \quad i)}{0.016} \quad \frac{13.660}{0.032} \quad i, \quad I \quad 0.026^m, \\
 I_J \quad A_5(r \quad i) \quad D_5 \quad C_5 i = \frac{0.007(r \quad i)}{0.076} \quad \frac{12.979}{0.182} \quad i, \quad I \quad 0.056^m, \\
 I_C \quad A_5(r \quad i) \quad D_5 \quad C_5 i = \frac{0.411(r \quad i)}{0.023} \quad \frac{14.252}{0.055} \quad i, \quad I \quad 0.018^m,
 \end{array} \tag{2}$$

$$\begin{array}{l}
 (B \quad V) \quad A_{12}(b \quad v) \quad D_{12} = \frac{0.943(b \quad v)}{0.018} \quad \frac{0.733}{0.030} \quad B \quad V \quad 0.052^m, \\
 (V \quad R)_J \quad A_{23}(v \quad r) \quad D_{23} = \frac{0.985(v \quad r)}{0.053} \quad \frac{0.328}{0.019} \quad V \quad R \quad 0.077^m, \\
 (V \quad R)_C \quad A_{23}(v \quad r) \quad D_{23} = \frac{0.680(v \quad r)}{0.033} \quad \frac{0.203}{0.010} \quad V \quad R \quad 0.047^m, \\
 (V \quad I)_J \quad A_{24}(v \quad i) \quad D_{24} = \frac{0.970(v \quad i)}{0.048} \quad \frac{3.166}{0.098} \quad V \quad I \quad 0.072^m, \\
 (V \quad I)_C \quad A_{24}(v \quad i) \quad D_{24} = \frac{0.749(v \quad i)}{0.020} \quad \frac{2.431}{0.040} \quad V \quad I \quad 0.033^m, \\
 (R \quad I)_J \quad A_{34}(r \quad i) \quad D_{34} = \frac{0.910(r \quad i)}{0.042} \quad \frac{2.658}{0.100} \quad R \quad I \quad 0.031^m, \\
 (R \quad I)_C \quad A_{34}(r \quad i) \quad D_{34} = \frac{0.725(r \quad i)}{0.038} \quad \frac{2.178}{0.055} \quad R \quad I \quad 0.030^m.
 \end{array} \tag{3}$$

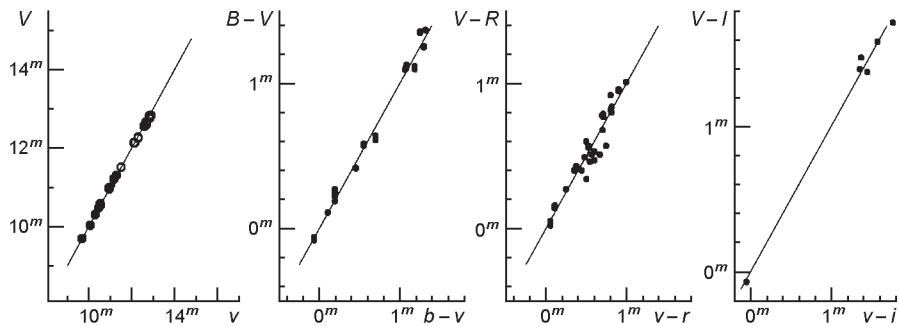


Рис. 4. Зв'язок фотометричних величин інструментальної системи  $bvri$  з системою  $BVRI$  Джонсона. Для смуги  $V$  точки і кружки відповідають першому і другому рівнянню системи (2)



Тут прийнято, що  $C_i = C_i = 1.000$ . Зв'язок фотометричних систем, отриманий із рівнянь (2) і (3), показано на рис. 4.

Зворотний зв'язок  $BVR^J I^J$ -системи Джонсона та  $R^C I^C$ -системи Козінса із інструментальною фотометричною системою визначався із системи формул

$$\begin{aligned}
 b_1(B \ V) &_1 \quad b_1 B = 0.137(B \ V) \quad 15.553 \ B, \quad b_1 \quad 0.052^m, \\
 v_2(B \ V) &_2 \quad v_2 V = 0.088(B \ V) \quad 16.319 \ V, \quad v_2 \quad 0.029^m, \\
 v_J_3(V \ R_J) &_3 \quad v_J V = 0.096(V \ R_J) \quad 16.287 \ V, \quad v_J \quad 0.050^m, \\
 v_C_3(V \ R_C) &_3 \quad v_C V = 0.091(V \ R_C) \quad 16.212 \ V, \quad v_C \quad 0.078^m, \\
 r_J_4(V \ R_J) &_4 \quad r_J R_J = 0.159(V \ R_J) \quad 15.992 \ R_J, \quad r_J \quad 0.043^m, \\
 r_C_4(V \ R_C) &_4 \quad r_C R_C = 0.224(V \ R_C) \quad 15.975 \ R_C, \quad r_C \quad 0.046^m, \\
 i_J_5(V \ I_J) &_5 \quad i_J I_J = 0.013(V \ I_J) \quad 13.013 \ I_J, \quad i_J \quad 0.055^m, \\
 i_C_5(V \ I_C) &_5 \quad i_C I_C = 0.258(V \ I_C) \quad 13.026 \ I_C, \quad i_C \quad 0.034^m, \\
 i_J_6(R \ I_J) &_6 \quad i_J I_J = 0.020(R \ I_J) \quad 13.005 \ I_J, \quad i_J \quad 0.056^m, \\
 i_C_6(R \ I_C) &_6 \quad i_C I_C = 0.548(R \ I_C) \quad 13.025 \ I_C, \quad i_C \quad 0.034^m,
 \end{aligned} \tag{4}$$

Тут прийнято, що  $i_i = i_i = 1.000$  ( $i = 1 \dots 6$ ).

На практиці бувають корисними рівняння для визначення нуль-пунктів інструментальної системи, що не враховують кольори зірок:

$$\begin{aligned}
 B \ c_1 b \ d_1 \quad b & \quad 15.429, \quad B \quad 0.089^m, \\
 V \ c_2 v \ d_2 \quad v & \quad 16.252, \quad V \quad 0.052^m, \\
 R_J \ c_3 r \ d_3 \quad r & \quad 15.902, \quad R \quad 0.059^m, \\
 R_C \ c_3 r \ d_3 \quad r & \quad 16.055, \quad R \quad 0.061^m, \\
 I_J \ c_4 r \ d_4 \quad i & \quad 12.996, \quad I \quad 0.050^m, \\
 I_C \ c_4 r \ d_4 \quad i & \quad 13.279, \quad I \quad 0.118^m,
 \end{aligned} \tag{5}$$

Значення коефіцієнтів  $c_i$  і  $d_i$  прийнято рівними одиниці. Власне рис. 3 зроблено на основі даних рівнянь виду (5) для смуги  $V$ .

**Точність абсолютних фотометричних визначень.** Шкалу зоряних величин, отриману на основі рівнянь виду (2), було поширено на всі зірки, що були зареєстровані на кадрах. При однаковій експозиції 20 с і різній ефективній чутливості (добуток  $(\max) f_{1/2}$ ) на кадрах у смугах  $B, V, R, I$  було зареєстровано по 15, 73, 103, 15 зірок відповідно. Отримані значення  $V, B \ V, V \ R, V \ I$  для зареєстрованих зірок ми порівняли з іншими аналогічними даними. На рис. 5 по осі ординат приведено дані для восьми каталогів ( $I - 8$ ) і наші дані (вісь абсцис).



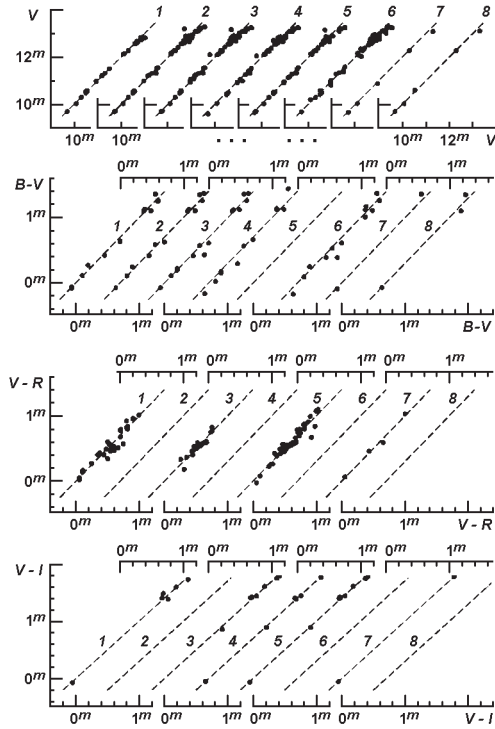


Рис. 5. Порівняння зоряних величин і показників кольору, отриманих нами (осі абсцис), і відповідних даних з різних каталогів: 1 — [14], 2 — [11] (фотоелектричні величини), 3 — [13], 4 — [19], 5 — [17] (ПЗЗ-величини), 6 — [8] (фотографічні величини), 7 — [16], 8 — [10] (компільовані величини)

Таблиця 3. Середні квадратичні різниці між нашими та каталожними значеннями зоряних величин і показників кольору

Номер каталогу	$n_B$	$n_V$	$n_R$	$n_I$	$B$	$V$	$R$	$I$	$B-V$	$V-R$	$V-I$
1	15	69	20	8	0.050 <sup>m</sup>	0.086 <sup>m</sup>	0.113 <sup>m</sup>	0.045 <sup>m</sup>	0.079 <sup>m</sup>	0.099 <sup>m</sup>	0.052 <sup>m</sup>
2	12	64	—	6	0.109	0.082	—	0.099	0.062	—	0.031
3	—	56	61	9	—	0.078	0.091	0.096	—	0.067	0.042
4	13	61	—	—	0.049	0.108	—	—	0.088	—	—
5	2	5	4	2	—	0.068	0.103	—	—	0.068	—
6	3	5	—	—	0.103	0.080	—	—	0.125	—	—
7	19	35	33	6	0.057	0.037	0.048	0.048	0.054	0.074	0.072
8	13	60	—	—	0.051	0.081	—	—	0.053	—	—

Каталоги 1, 2; 3—5; 6; 7, 8 — це відповідно каталоги, що містять фотоелектричні, ПЗЗ, фотографічні і компільовані зоряні величини. Кожен графік зміщено по осі абсцис на  $2^m$  для зоряних величин і на  $0.7^m$  для показників кольору. Відмітимо також, що всі дані для  $V$  та  $B-V$  подано в оригіналі, а дані каталогів 3—8 для  $V-R$  та  $V-I$  подано після виключення постійної складової систематичних відхилень. Це пов'язано з тим, що у деяких роботах значення  $R$ ,  $I$  приведено не в системі Джонсона, а у системі Козінса або в інших системах (4, 5). Середні квадратичні різниці між нашими та каталожними даними наведено в табл. 3.

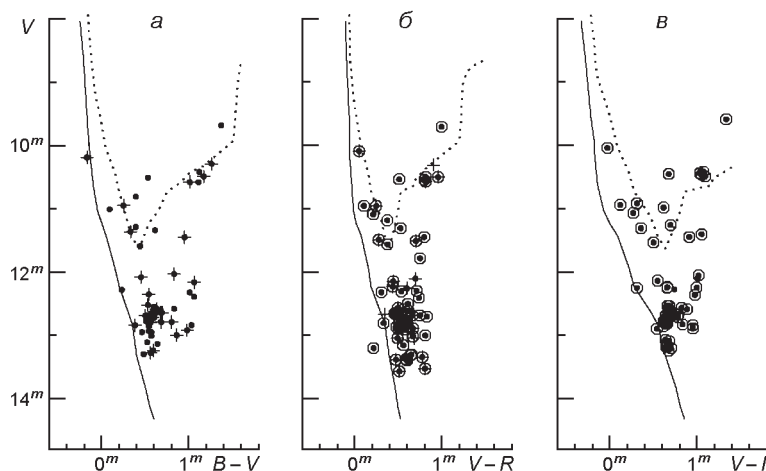


Рис. 6. Діаграми «показник кольору — величина» за нашими даними (б) та даними робіт [8] (а) і [19] (в). На діаграмах а і в хрестиками і кружками відповідно позначено зірки, які з ймовірністю понад 50 % є членами скупчення

В роботах [8, 19] крім фотометричних величин наводяться оцінки ймовірності належності зірок до членів скупчення М67. Для спільних зірок наших даних і каталогів [8, 19] на рис. 6 приведено три діаграми «показник кольору — величина». Діаграма а відповідає каталогу [8], в — каталогу [19], б — наші дані, отримані згідно з рівняннями (2). На діаграмах а і в хрестиками і кружками відповідно позначено зірки, які з ймовірністю понад 50 % є членами скупчення. Дані про початкову головну послідовність (лінія нульового віку) взято з роботи [5], а наші дослідження не суперечать модулю відстані  $V - M_V = 9.63^m$  [15]. Цей факт автори розглядають як додаткове свідчення достовірності даних про досліджувану інструментальну систему.

**Висновки.** В роботі визначено фотометричну систему для автоматизованого київського інтернет-телескопа, встановленого в ГАО НАН України. Обробку ПЗЗ-кадрів виконано у пакеті MIDAS/ROMAFOT на базі нового способу фотометричної корекції за плоске поле. Дані опрацьованих спостережень і фотометричних редукцій не суперечать результатам інших досліджень стосовно модуля відстані до скупчення М67:  $V - M_V = 9.63^m$ . Середні квадратичні похибки одного визначення зоряної величини для різних смуг складають 0.02—0.12<sup>m</sup>. Похибки визначення екваторіальних координат в системі каталогу ГУСНО-2 складають 0.1 .

1. Андрук В., Барташюте С., Бутенко Г. та ін. ПЗЗ-фотометрія у Вільнюській системі в області скупчення IC4665 в Андрушівській АО // Изучение объектов околоземного пространства и малых тел Солнечной системы: Междунар. науч. конф. — Николаев: Атолл, 2007.—С. 252—264.
2. Андрук В., Бутенко Г., Свачій Л. ПЗЗ-фотометрія в UBVR-системі в ділянці скупчення NGC 6913 // Журн. фіз. досліджень.—2008.—12, № 1.—С. 1903-1—1903-4.

3. 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.
4. Романюк Я. О., Клецонок В. В., Данилевський В. О. та ін. Автоматизований кийвський Інтернет-телескоп // Наука та інновації.—2010.—№ 2.—С. 17—28.
5. Страйжис В. Л. Многоцветная фотометрия звезд. — Вильнюс: Мокслас, 1977.—312 с.
6. Харин А. С., Андрук В. Н., Барташюте С. и др. UVR ПЗС-фотометрия звезд для пяти областей неба с инфракрасными двойниками радиисточников // Кинематика и физика небес. тел.—2007.—**23**, № 4.—С. 207—221.
7. Andruk V. M., Vid'machenko A. P., Ivashchenko Yu. M. Processing of CCD frames of 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.
8. Frolov V. N., Ananyevskaya J. K. Photometry and proper motions of stars in the open cluster M67. — Moscow, 1981.
9. Kleshchonok V. V., Pogoreltsev M. T., Andruk V. M., Lukyanyk I. V. The photometrical system and positional accuracy of the CCD camera ST7 of Lisnyki observational station // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.—2005.—N 5.—P. 413—416.
10. Lasker B. M., Russel J. N., Jenkner H. The Guide Star Photometric Catalog. Version 1.1—ACT. — The Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., 1996.
11. Mermilliod J. C. Homogeneous means in the UBV system. — Institut d'Astronomie, Universite de Lausanne, 1991.
12. MIDAS users guide. — Garching: Europ. South. Observ., 1994.—Vol. A, B, C.
13. Montgomery K. A., Marshall L. A., Jones K. A. CCD photometry of open cluster M67 // Astron. J.—1993.—**106**.—P. 181.
14. Morel M., Magnenat P. UBVRJIKLMNH photoelectrical catalogue // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1978.—**34**.—P. 477—478.
15. Pasquini I., Biazzo K., Bonifacio P., et al. Solar twins in M67 // Astron. and Astrophys.—2008.—**489**, N 2.—P. 677—684.
16. Skiff B. A. UBVR photometry of faint field stars // Lovel Observatory. — 2007.
17. Taylor B. J., Joner M. D., Jeffery E. D. VRI photometry and theta values in open clusters // Astrophys. J.—2008.—**176**.—P. 262—275.
18. Vid'machenko A. P., Andruk V. M., Samoylov V. S., et al. Realization of Vilnius UPXYZVS photometric system for AltaU42 CCD camera at the MAO NAS of Ukraine // Kinematics and Physics of Celestial Bodies. Suppl.—2005.—N 5.—P. 551—556.
19. Yadav R. K. S., Bedin L. R., Piotto G. BVI photometry and proper motions in M67 // Astron. and Astrophys.—2008.—**484**.—P. 609—620.

Надійшла до редакції 24.12.09