



ISSN 0002-3469

**ГУЗОРИШҶОИ
АКАДЕМИЯИ ИЛМҶОИ
ҶУМҶУРИИ ТОҶИКИСТОН**

**ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**REPORTS
OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

2018 г.

Том 61, №2

ДУШАНБЕ

УДК 521.95

Академик АН Республики Таджикистан Ф.Рахими,
А.Ш.Мулло-Абдолов^{*}, член-корреспондент АН Республики Таджикистан Г.И.Кохирова^{*},
Е.В.Рельке^{**}, К.Х.Йулдошев^{***}, Ю.И.Процюк^{****}, В.Н.Андрук^{*****}

**ИССЛЕДОВАНИЕ СКАНЕРА «MICROTEC SCANMAKER 1000XL PLUS» ДЛЯ
СОЗДАНИЯ КАТАЛОГА ДУШАНБИНСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА «ФОН»**

*Президиум АН Республики Таджикистан,
*Институт астрофизики АН Республики Таджикистан,
**Обсерватория Вальтер Хомани, Германия,
***Астрономический институт им. Улугбека АН Республики Узбекистан,
****Научно-исследовательский институт
«Николаевская астрономическая обсерватория», Украина,
*****Главная астрономическая обсерватория НАН Украины*

С помощью сканера "Microtek ScanMaker 1000XL Plus" планируется оцифровать около 1600 пластинок, полученных по проекту ФОН в Институте астрофизики АН Республики Таджикистан. Данная работа выполнена с целью детального исследования параметров сканера и оценки точности метода обработки фотопластинок. Для оценки точности сканера на основе программ в среде LINUX/MIDAS/ROMAFOT обработаны шесть последовательных сканов одной фотопластины и для астрометрических и фотометрических ошибок получены, соответственно, следующие значения $\sigma_{xy} = \pm 0.054$ пк и $\sigma_m = \pm 0.020^m$. Астрометрическая точность обработки звёздного поля в системе каталога Тусхо-2 составляет $\sigma_{\text{об}} = \pm 0.13''$. Найденные характеристики являются вполне пригодными для оцифровки фотоматериалов.

Ключевые слова: сканер, фотопластинка, координаты, каталог, ошибка, точность.

Фотографический обзор Северного неба – проект ФОН

Проект фотографического обзора Северного неба (ФОН) был предложен в 1976 г. сотрудниками ГАО АН УССР [1] и связан с неудовлетворительным состоянием фотографической астрометрии в то время. В результате неточностей в определении собственных движений звезд системы координат, которые были построены в прошлом, существенно нарушились. Поэтому возникла необходимость создания однородной системы координат, которая будет достаточной для решения современных проблем астрометрии, астрономии и космологии.

Одним из благоприятных факторов в разработке проекта послужило то, что в 70-е годы прошлого века многие астрономические обсерватории бывшего СССР были оснащены однотипными широкоугольными астрографами фирмы Карл Цейсс (Йена) с апертурой 40 см и фокусными расстоянием 2 или 3 метра. Участвующие в проекте ФОН обсерватории (Голосеево (Украина), Звенигород,

Адрес для корреспонденции: Мулло-Абдолов Азиз Шерзодович, 734042, Республика Таджикистан, г. Душанбе, ул. Бухоро, 22, Институт астрофизики АН РТ. E-mail: aziz.sherzod@gmail.com

Зеленчук (Россия), Абастумани (Грузия), Китаб (Узбекистан) и ГисАО (Таджикистан)) были поделены на четыре группы. Северное небо должно было быть сфотографировано четыре раза с перекрытием. Наблюдения проводились с экспозицией, длительность которой обеспечивала получение пригодных для измерений изображений звёзд до 16-17 звёздной величины. Такое распределение работы между обсерваториями давало преимущество проекту ФОН по сравнению с зонными наблюдениями, а именно, каждая звезда будет сфотографирована, по меньшей мере, четыре раза различными телескопами с разных мест, что очень важно для устранения систематических ошибок в будущем каталоге.

Реализации проекта ФОН в Таджикистане

Гиссарская астрономическая обсерватория (ГисАО) Института астрофизики АН РТ также участвовала в осуществлении проекта ФОН. Регулярные наблюдения начались в 1985 г. и продолжались до 1992 г. В наблюдениях принимали участие Гамбург О.Е., Рельке Е.В., Цыганкова М.И., Мулло-Абдолов А.Ш., Киселев Н.Н. В общей сложности было отснято 1578 фотографических пластинок. В течение этого периода был создан астрометрический стандарт в созвездии Лебеда, разработаны и применены алгоритмы редукации фотографических пластинок проекта ФОН [2,3].

К сожалению, из-за известной обстановки 90-х годов прошлого столетия наблюдения по проекту ФОН прекратились. Однако, благодаря сотрудникам института все фотографические пластинки и картотека проекта ФОН сохранены в хорошем состоянии.

Отметим, что, кроме материалов ФОН, в институте имеется обширный фотоархив астрономических наблюдений. Фототека из 70 тысяч снимков, полученных при систематическом фотографировании неба ("Служба неба") в течение многих лет, служит для поиска и исследования переменных звезд, в том числе новых и сверхновых звезд, для изучения изменения блеска квазаров и т. д. На базе "Службы неба" были открыты две новые звезды и более ста переменных звезд.

Современные технологии позволяют провести обработку архивных наблюдений на совершенно новом уровне и обеспечивают дальнейшее безопасное хранение информации, которая содержится сейчас на стеклянных фотопластинках. Благодаря поддержке Академии наук РТ, институт приобрел профессиональный сканер, позволяющий сканировать на просвет фотопластинки размером 30 x 30 см. С помощью этого сканера планируется выполнить оцифровку фотографического материала проекта ФОН, обработать изображения и создать Душанбинский каталог проекта ФОН с точными положениями звезд, галактик и др. объектов.

Поставленная задача решается совместно с коллегами из Астрономического института им. Улугбека АН Узбекистана, Главной астрономической обсерватории НАН Украины, Научно-исследовательского института "Николаевская астрономическая обсерватория" (Украина) и обсерватории Вальтер Хоманн (Германия). Первый этап в этой задаче – исследование астрометрических и фотометрических характеристик сканера, эти результаты приводятся в данной статье.

Ошибки сканера Microtek ScanMaker 1000XL Plus

Для исследования сканера Microtek ScanMaker 1000XL Plus использована апробированная методика, разработанная в серии работ [4-6]. Подробное описание программного обеспечения для обработки оцифрованных изображений имеется в [7,8]. Для оценки астрометрических и фотометрических

ошибок сканера было обработано шесть последовательных сканов пластинки №1150 с изображением скопления Плеяд, которая была сфотографирована с двумя экспозициями – 1 и 27 минут. Сканирование выполнено с пространственным разрешением 1200 dpi [9].

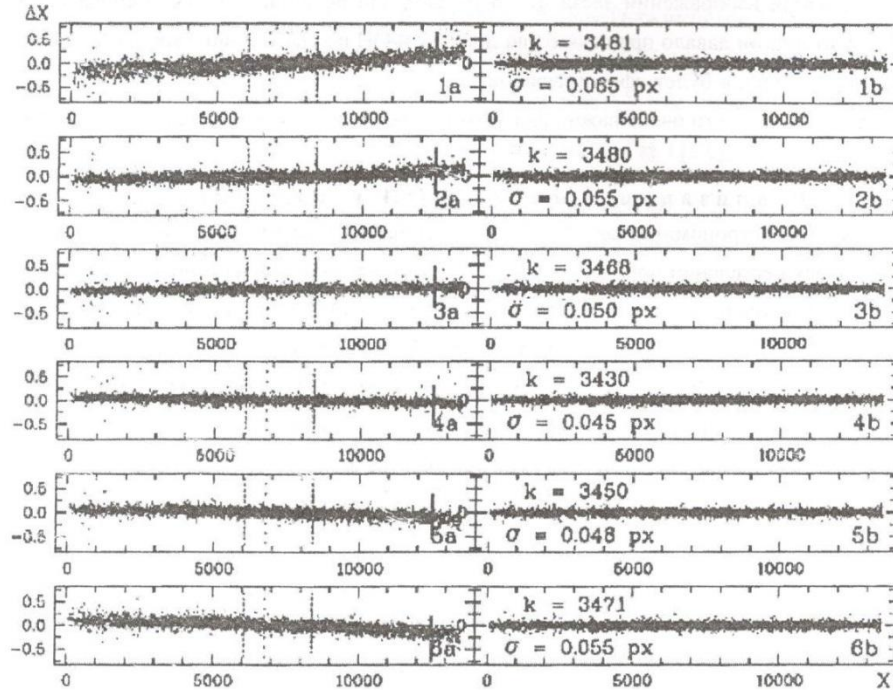
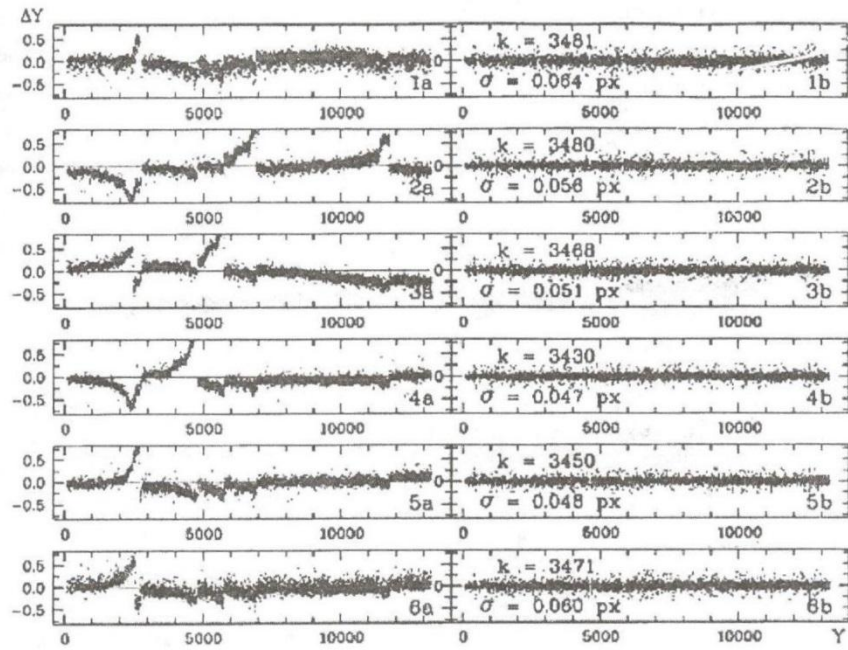
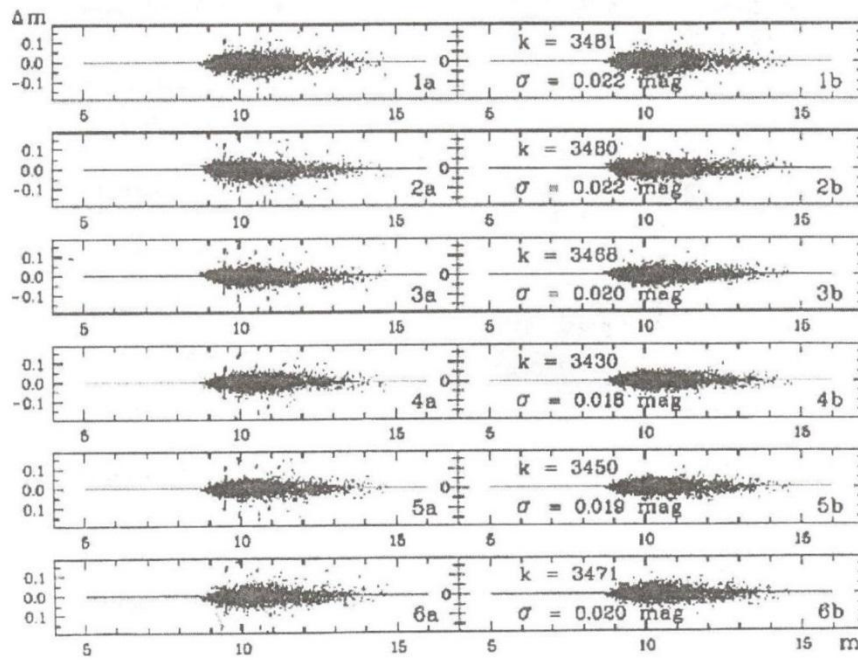


Рис.1. Ход разностей шести последовательных сканов относительно среднего скана для координаты X.

Вычисления для всех зарегистрированных на пластинке ярких объектов (примерно 3450 шт.) выполнены следующим образом. Были получены усредненные по шести сканам характеристики объектов – прямоугольные координаты X, Y и инструментальные звёздные величины m.

На рис. 1 слева представлены графики поведения разности шести последовательных сканов относительно среднего скана для координаты X (1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a). Полученные значения разностей после коррекции за систематические ошибки на этом рисунке приведены справа (1b, 2b, 3b, 4b, 5b, 6b). Значения стандартных отклонений одной разности координат для всех шести сканов указаны на оси Y. Аналогичные графики поведения разностей и их характеристики для координаты Y и инструментальных звёздных величин m представлены на рис. 2 и 3.

Рис.2. Ход разностей шести последовательных сканов относительно среднего скана для координаты Y .Рис.3. Ход разностей шести последовательных сканов относительно среднего скана для инструментальной звёздной величины m .

Астрометрические разности для координаты Y имеют значительные скачкообразные колебания, что, вероятно, связано с неравномерностью движения каретки, на которой установлена ПЗС-линейка. Результаты, приведенные на рис. 1-3, получены для звезд, блеск которых в полосе B ярче 13.5^m . Для прямоугольных координат ошибки σ_{xy} одного определения разностей составляют от 0.045 до 0.065 пикселей, а ошибки определения инструментальных звездных величин не превышают значения $\sigma_m=0.022^m$.

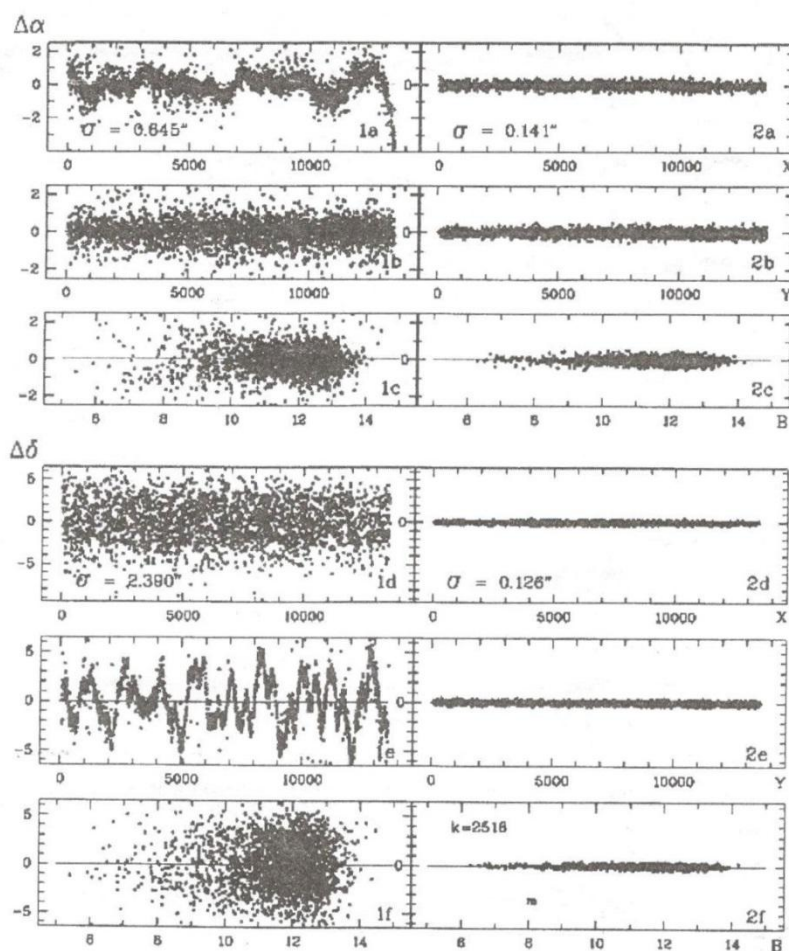


Рис.4. Панели слева: поведение систематических ошибок сканера (1a, 1b, 1d, 1e) и уравнение блеска (1e, 1f) до коррекции, справа – после внесения коррекции.

Отметим, что при переходе в систему экваториальных координат нужно учесть масштабный множитель, равный 2.2, а при переходе в систему звездных величин Джонсона необходимо учесть масштабный множитель близкий к 1.5, обусловленный контрастностью фотоэмульсии.

Таким образом, планшетный сканер Microtek ScanMaker 1000XL Plus совместно с разработанным программным обеспечением позволяет оцифровывать и обрабатывать фотопластинки. При этом ожидается получение координат и звездных величин объектов с яркостью до 13.5^m с внутренней

ошибкой не хуже 0.15 угловых сек. и 0.04 звёздной величины. Согласно исследованиям фотопластинок размером 30x30 см, отсканированных с разрешением 1200 dpi, для предельно слабых объектов ($B=16^m-17.5^m$) результаты будут примерно в два раза хуже.

На рис. 4 на шести панелях слева показан ход систематических ошибок сканера (1a, 1b, 1d, 1e) и поведение уравнения блеска (1c, 1f) до коррекции за систематические ошибки сканера, справа – значения ошибок редукции после исключения систематических ошибок сканера, уравнения блеска и аберрации оптики телескопа.

На рис. 5 показано распределение звезд каталога Tycho-2 по полю пластинки № 1150 (слева) и характеристическая кривая фотопластинки в системе звёздных B -величин каталога Tycho-2 (справа).

Результаты оценки точности оцифровки фотопластинок ГисАО показывают соответствие ошибок к требованиям по точности астрометрической и фотометрической обработки изображений и, следовательно, возможность применения сканера для создания электронного архива фотографических наблюдений проекта ФОН, выполненных в Таджикистане.

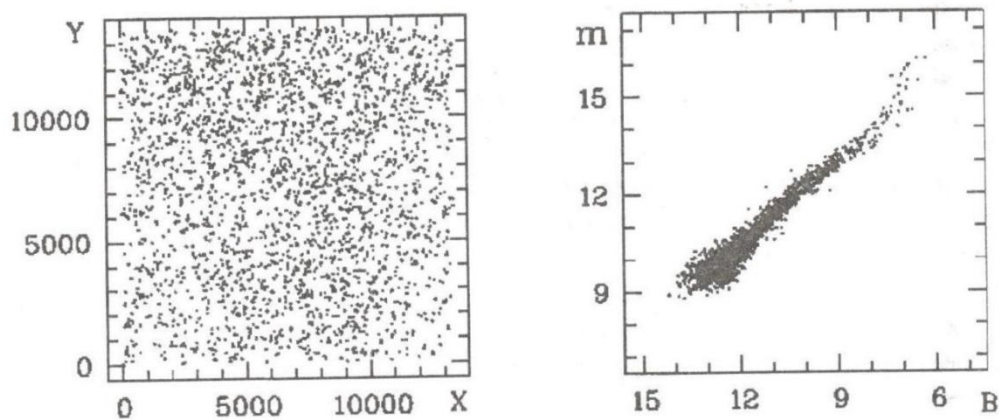


Рис.5. Распределение звезд каталога Tycho-2 по полю пластинки №1150 (слева) и характеристическая кривая фотопластинки в системе каталога Tycho-2 (справа).

Заключение

Результаты исследования астрометрических и фотометрических характеристик обработки фотографических пластинок, оцифрованных с помощью сканера Microtek ScanMaker 1000XL Plus, позволяют сделать следующее заключение. В пределах точности для фотографических пластинок сканер является вполне пригодным для выполнения астрометрических и фотометрических работ в наземной астрономии [10-14]. С его помощью появилась реальная возможность создания Каталога звёзд Северного неба Душанбинской части проекта ФОН [15]. Ошибки одного измерения составляют 0.10-0.15 угловых сек. для экваториальных координат и 0.04 звёздной величины для B -величин звёзд.

Поступило 04.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колчинский И.Г., Онегина А.Б. План фотографирования неба на широкоугольных астрографах. – Астромет. и астрофиз., 1977, вып.33, с.11-16.
2. Кислюк В.С., Рельке Е.В. Создание астрометрического стандарта в области созвездия Лебедя. – Кинем. и физ. небес. тел, 1992, т.8, №2, с.56-64.
3. Рельке Е.В. Астрометрическая редукция с двумя системами опорных звезд на снимках широкоугольных и длиннофокусных астрографов. – Бюлл. ИА АН РТ, 1993, №81, с.32-35.
4. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Kazantseva L.V. et al. Metod for Evaluating the Astrometric and Photometric Characteristics of Commercial Scanners in their Application for the Scientific Purpose. – Odessa Astron. Publ., 2014, vol.27, №1, pp.61-62.
5. Муминов М.М., Каххаров Б.Б., Йулдошев К.Х. и др. Астрометрия тестовых пластинок, оцифрованных сканером Epson Expression 10000XL в Астрономическом институте АН РУз. – Известия ГАО в Пулкове, 2013, №220, с.517-521.
6. Andruk V.N., Pakuliak L.K., Golovnya V.V. et al. Catalogue of star positions and B-magnitudes in 60th declination zone based on UkrVO Joint Digital Archive. – 2015, preprint, arxiv.org/abs/1512.05535.
7. Andruk V.M., Pakuliak L.K., Golovnia V.V. et al. Star Photometry on Digitized Astronegatives. – Science and Innovation, 2017, vol.13(1), pp.15-23.
8. Protsyuk Yu.I., Andruk V.N., Kazantseva L.V. Software for Processing of Digitized Astronegatives from Archives and Databases of Virtual Observatory. – Odessa Astron. Publ., 2014, vol.27, №1, pp.59-60.
9. Protsyuk Yu.I., Kovylianska O.E., Protsyuk S.V. et al. Results of Processing of Astronegatives with Commercial Scanner. – Odessa Astron. Publ., 2014, №1, p.63.
10. Pakuliak L.K., Andruk V.M., Golovnia V.V. et al. FON: From Start to Finish. – Odessa Astron. Publ., 2016, vol.29, №1, pp.132-135.
11. Relke E., Protsyuk Yu.I., Andruk V.M. et al. The Compiled Catalogue of Photoelectric UBVR Stellar Magnitudes in the TYCHO2 System. – Odessa Astron. Publ., 2015, vol.28, №2, pp.211-212.
12. Андрук В.Н., Головня В.В., Иванов Г.А. и др. Каталог экваториальных координат и В-величин звезд околополюсной области программы ФОН. – Кинем. и физ. небес. тел, 2016, т.32, №1, с.56-69.
13. Андрук В.Н., Пакуляк Л.К., Головня В.В. и др. Каталог экваториальных координат и В-величин звезд программы ФОН. – Кинем. и физ. небес. тел, 2016, т.32, №5, с.75-80.
14. Йулдошев К.Х., Эгамбердиев Ш.А., Муминов М.М. и др. Каталог экваториальных координат и В-величин звезд Китабской части программы ФОН. – Кинем. и физ. небес. тел, 2017, т.33, №5, с.75-80.
15. Mullo-Abdolov A., Kokhirova G., Relke E. et al. Investigation of the Microtek ScanMaker 1000 XL Plus scanner of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. – 2017, Odessa Astron. Publ., vol.30, pp.186-189.