

УДК 520.9

А. В. Сергеев¹, Т. П. Сергеева²

¹Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины
03680 Киев, ул. Заболотного, 27

²Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
03680 Киев, ул. Заболотного, 27

Система быстрого поиска астрономических объектов и событий в архивах астрономических пластинок: основные принципы, цели и задачи

В стеклотеках обсерваторий собран огромный наблюдательный материал, зачастую не обработанный или частично обработанный в соответствии с задачей автора снимка. На пластинках зафиксирована и хранится уникальная информация об астрономических событиях, которая не может быть получена или восстановлена никакими современными наблюдательными средствами, в том числе и космическими аппаратами. Авторами разработана концепция архивирования стеклотек, которая предполагает создание аппаратно-программного комплекса, реализующего эффективное извлечение этой информации. С помощью серийного планшетного сканера и базового пакета программных средств предполагается создать базу данных и архив электронных аналогов пластинок в виде оцифрованных с дискретностью до 20 мкм изображений. Быстрый мониторинг архива электронных аналогов осуществляется с помощью проблемно-ориентированных программных средств. Открытость базового программного обеспечения и стандартное представление цифровых изображений астронегативов позволят в дальнейшем расширять проблемно-ориентированное программное обеспечение для специальных астрономических исследований посредством кооперативных проектов, выполнять транспорт изображений астронегативов по интернету, открывает возможность создания распределенной сети цифровых архивов на базе интернет-технологий.

СИСТЕМА ШВИДКОГО ПОШУКУ АСТРОНОМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ І ПОДІЙ В АРХІВАХ АСТРОНОМІЧНИХ ПЛАТІВОК: ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ, ЦІЛІ І ЗАДАЧІ, Сергєєв А. В., Сергєєва Т. П. — У склотеках обсерваторій зібрано величезний спостережний матеріал, найчастіше не оброблений або частково оброблений відповідно до задачі автора знімка. На платівках зафіксована і зберігається унікальна інформація про астрономічні події, що не може бути отримана або відновлена ніякими сучасними спостережними засобами, у тому числі і космічними апаратами.

ми. Авторами розроблено концепцію архівації склOTEK, що передбачає створення апаратно-програмного комплексу, який реалізує ефективне добування цієї інформації. За допомогою серійного планшетного сканера і базового пакета програмних засобів передбачається створити базу даних і архів електронних аналогів платівок у виді оцифрованих із дискретністю до 20 мкм зображень. Швидкий моніторинг архіву електронних аналогів здійснюється за допомогою проблемно-орієнтованих програмних засобів. Відкритість базового програмного забезпечення і стандартне представлення цифрових зображень астронегативів дозволять надалі розширювати проблемно-орієнтоване програмне забезпечення для спеціальних астрономічних досліджень за допомогою кооперативних проєктів, виконувати транспорт зображень астронегативів по інтернету, надає можливість створення розподіленої мережі цифрових архівів на базі інтернет-технологій.

A SYSTEM FOR A SEARCH OF ASTRONOMICAL OBJECTS AND EVENTS IN ASTRONOMICAL PLATE ARCHIVES: THE MAIN PRINCIPLES, AIMS, AND PURPOSES, by Sergeev A. V., Sergeeva T. P. — Plate archives of astronomical observatories contain huge volumes of observations only partially processed as usual. These observations include the unique information on astronomical objects and events which can not be obtained or restored with the help of other modern facilities, space missions included. We propose a concept of a hardware-software complex which will realise an effective extraction of this information. With the help of a commercial flat-bed scanner and base package of software, it is supposed to create the data base and archive of electronic clones of plates by the way of digitization with a sampling up to 20 microns. A fast monitoring of an archive of electronic clones is performed with the help of problem-oriented software. A modular structure of the system basic software and standard format of the plate image files allow a future development of problem oriented software for special astronomical researches including cooperative projects with observational programs, transporting of plate images through the Internet as well as open the capability for creation a distributed network of digital archives.

ВВЕДЕНИЕ

За сто с лишним лет обсерватории мира накопили около трех миллионов фотопластинок [2], на которых зафиксированы астрономические объекты и события, проявившиеся на наблюдаемом участке неба. Как правило, наблюдения велись с вполне определенной целью, и проводилась лишь выборочная обработка полученных снимков в соответствии с поставленной задачей. В итоге на таких частично обработанных пластинках остались не открытыми и могут быть выявлены другие интересные астрономические события. Кроме того, многие хранящиеся в стеклотеках пластинки в силу различных причин (например, отсутствие необходимых измерительных средств) так и не дождалась анализа астронома-исследователя. Стеклотеки обсерваторий представляют собой, таким образом, хранилище уникальной исторической информации об астрономических событиях, проявлявшихся на небе за период времени более чем сто лет, не восстановимой никакими современными средствами, в том числе космическими обсерваториями или большими телескопами с CCD-приемниками. Эта информация может быть пригодна для решения многих фундаментальных научных задач. Среди них — открытие и переоткрытие астрономических объектов во Вселенной, мониторинг тел Солнечной системы, в частности астероидов, сближающихся с Землей, изучение объектов с переменным блеском, в том числе Новых и

Сверхновых, поиск и исследование оптических источников в направлении гамма-всплесков, информационная поддержка космических проектов и прочие.

Сама по себе фотопластинка — прекрасный носитель информации. Занимая малое пространство, астрономическая пластинка способна зарегистрировать и длительно сохранять до 100 гигабайт информации. Но, с другой стороны, эта информация подвержена риску быть уничтоженной, и вероятность этого со временем увеличивается. Эмульсия пластинки может деформироваться, сама пластинка может быть разбита, социальные или стихийные бедствия могут уничтожить стеклотеки целиком. Угроза потери отдельных пластинок и целых стеклотек поставила перед мировым астрономическим сообществом задачу адекватного переноса информации, содержащейся на пластинках, на современные электронные носители информации, обеспечив ее надежное хранение и удобный доступ к ней широкому кругу пользователей.

СПОСОБЫ ОЦИФРОВКИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ПЛАСТИНОК

До последних лет в мировой практике эта задача решалась, как правило, с применением специально сконструированных автоматических измерительных машин (АИМ) различного класса, стоимость которых превышала сотни тысяч и миллионы долларов. Время сканирования одной пластинки с высокой разрешающей способностью на таких машинах составляет несколько часов, что делает нереальной задачу преобразования в цифровой вид всей информации, содержащейся на пластинках всех обсерваторий мира, в приемлемые сроки. При такой технологии обработки астронегативов объемы информации, получаемой с одной пластинки, достигают своего максимума. Обработка и хранение данных, полученных с десятков и даже сотен тысяч пластинок, составляющих многие коллекции обсерваторий мира, — сложная в техническом и экономическом отношении проблема. Кроме того, измерительных машин такого класса — единицы, а архивов пластинок значительно больше, причем автоматические измерительные машины (вернее — комплексы, включающие в себя, кроме АИМ, специально разработанные управляющие и обрабатывающие компьютеры и другое оборудование) рассчитаны только на стационарное использование в специальных помещениях, поэтому пластинки других обсерваторий приходится транспортировать к местам их установки. Это создает дополнительные технические и организационные трудности и приводит к неизбежным повреждениям пластинок.

В настоящее время есть лишь несколько цифровых обзоров, созданных на основе больших массивов пластинок. Это три версии паломарского обзора (USNO, APS, DSS) и несколько обзорных каталогов, полученных при помощи автоматических измерительных машин АРМ и COSMOS. Но большая часть каталогов, созданных с помощью АИМ, отображают лишь часть содержащейся на пластинках информации, необходимую для решения конкретной задачи. Данные для этих каталогов получались в режиме измерений надпороговой плотности почернения астронегативов путем автоматического выделения и классификации объектов определенного класса. При этом было потеряно много интересных объектов (следы астероидов, комет и т. п.), которые отбрасывались как мусор или дефекты пластинок. Лишь для некоторых задач проводилась полная оцифровка пластинок (режим карты). Поскольку объемы получаемых при этом данных, как правило, превышали необходимые для их архивации экономическо-технические возможности обсерваторий, полученные карты-изображения пласти-

нок после обработки не хранились. Полные цифровые изображения пластинок сохранялись лишь в нескольких специально выполненных проектах (USNO, APS, DSS).

В последнее десятилетие стали появляться альтернативные проекты архивации информации с астрономических пластинок. Один подход основан на разработке компактных, транспортабельных и относительно недорогих сканирующих систем с использованием стандартных устройств: ПЗС-матриц или линеек и высококачественной оптики [4—6]. Другой — на применении коммерческих сканеров, оснащенных устройством для сканирования слайдов [1, 3, 7]. Системы первого типа создавались в расчете на повышение разрешающей способности и позиционной точности по сравнению с коммерческими сканерами. Тем не менее, даже в самой последней разработке [4] не удалось избежать больших систематических ошибок в определении положений. Кроме того, в этих системах пластинка сканируется частями, что создает дополнительные сложности при обработке изображений и значительно удлиняет процесс получения файла изображения пластинки.

В то же время существенный прогресс в производстве промышленных сканеров привел к тому, что по ряду параметров они превзошли многие АИМ. Оптическая разрешающая способность лучших современных образцов сканеров достигает 2 мкм, а динамический диапазон измерения плотности почернения доходит до 4D (сканеры AgfaScan XY-15 и ArtixScan 6000xy). Если просканировать с такой разрешающей способностью пластинку размером 30×30 см, то объем данных полученного файла-изображения составит около одного гигабайта. Для многих коллекций пластинок обсерваторий мира при таком подходе потребуется обеспечить хранение и работу с массивами данных объемом 10^9 — 10^{12} байт. Работа с такими объемами информации требует огромных ресурсов вычислительной техники и времени. Даже применение методов компрессии, дающих сжатие файлов в 40—270 раз, не решает технических проблем хранения, быстрого доступа и обработки оцифрованных изображений. Очевидно, что использование таких параметров при сканировании пластинок не позволит в ближайшем будущем подойти к созданию электронных копий стеклотек. С другой стороны, большинство задач фотографической астрономии не требует сканирования пластинок с высоким пространственным разрешением.

Главная задача сканирования архивов стеклотек, по нашему мнению, заключается в переходе от аналогового представления информации на астронегативе к цифровой форме, оптимальной для обнаружения и фиксации астрономических явлений или объектов на фотопластинке современными техническими средствами с целью последующего исследования различными методами. Для обнаружения и исследования астрономических явлений в архивах стеклотек вполне достаточно разрешения порядка одной угловой секунды. Дальнейшее исследование обнаруженного явления, при необходимости, можно проводить и более детально: с большим пространственным или фотометрическим разрешением, по нескольким пластинкам, с применением космических снимков, современных данных и пр. Отметим, что именно поиск и выявление объектов и событий представляет главную ценность этапа сканирования астронегатива и открывает путь к получению оригинальной информации, зафиксированной в прошлом.

Применение сканирования с дискретностью не выше 20 мкм позволяет значительно снизить объем данных, получаемых с одной пластинки, до сотен и даже нескольких десятков мегабайт (в зависимости от размера пластинки) без существенных потерь астрономической информации и без применения методов компрессии. Это существенно снижает технико-экономические затраты, связанные с получением и хранением цифровых анало-

гов пластинок и значительно упрощает доступ к цифровому архиву пластинок и работу с ним. Следует отметить, что разрешение сканера 20 мкм для пластинок многих телескопов соответствует масштабу в 1–2"/пкл для ССД-приемников, широко принятому в современных астрономических исследованиях. Уменьшение объема файла-изображения пластинки позволит реализовать одновременную обработку нескольких файлов-изображений избранной области неба на обычных персональных компьютерах, что принципиально важно для реализации быстрого обзора архивов с целью поиска астрономических событий, зафиксированных на пластинках.

Пример эффективного применения коммерческого сканера для оцифровки пластинок несколько лет демонстрирует обсерватории ОСА (Франция). Использование сканера «Agfa Horizon plus» с оптическим разрешением 1200 dpi (размер пиксела 20 мкм) и динамическим диапазоном 256 градаций серого позволило коллективу обсерватории выполнить морфологическую классификацию галактик, автоматическое обнаружение Сверхновых, колориметрическое изучение M31 [7].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ПОИСКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СОБЫТИЙ В СТЕКЛОТЕКАХ ОБСЕРВАТОРИЙ

Нами разработана концепция аппаратно-программного комплекса, реализующего эффективное извлечение оригинальной информации, из стеклянных архивов обсерваторий. Предлагаемая система быстрого поиска в архивах стеклотек строится на следующих принципиальных предпосылках:

- технические и программные средства системы сканирования оптимально ориентированы прежде всего на быстрый массовый обзор астронегативов с целью поиска и выявления астрономических событий, не обнаруженных по тем или иным причинам;

- для получения файла-изображения пластинки в одном из принятых форматов используется относительно недорогой коммерческий сканер с оптическим разрешением до 20 мкм на пиксел и персональный компьютер, которые устанавливаются непосредственно в месте хранения пластинок;

- электронный архив пластинок формируется не сплошным сканированием всех пластинок стеклотеки, а путем решения конкретных астрономических задач в соответствии с поступившими запросами;

- система обеспечивает быстрый поиск информации о пластинках в соответствии с заданными критериями, используя базу данных пластинок, в которой содержится вся доступная информация о пластинке, в том числе о наличии отсканированного файла-изображения;

- аппаратно-программные средства системы обеспечивают одновременный доступ к файлам-изображениям всех пластинок нужного участка неба;

- программное обеспечение строится по модульному принципу, открыто для совершенствования, развивается и наращивается в соответствии с решаемыми задачами;

- система использует методы современной информационной технологии для обеспечения удаленного доступа и работы с электронным архивом пластинок.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ПОИСКА АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СОБЫТИЙ В СТЕКЛОТЕКЕ ГЛАВНОЙ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ НАН УКРАИНЫ

В стеклотекке ГАО НАН Украины содержатся пластинки, снятых на протяжении более 50 лет для решения конкретных задач астрометрии,

астрофизики, физики Солнца и планет. Многие из них пригодны для более широкого применения. По нашим оценкам, полученным в результате ревизии стеклотеки, в архиве ГАО насчитывается около 20 тысяч астронегативов, пригодных для поиска новых и переоткрытия недавно обнаруженных малых тел Солнечной системы, в частности, астероидов, сближающихся с Землей, исследования объектов с переменным блеском различного типа, изучения оптических объектов в направлении гамма-всплесков и др.

Исходя из предпосылок, что:

— ГАО НАН Украины располагает оригинальным архивом астронегативов, пригодным по своим параметрам для фундаментальных астрономических исследований по многим современным направлениям;

— при наличии современных каталогов GSC, USNO, HIPPARCOS, «Tycho» и ФОНАК (созданного на основе части коллекции пластинок ГАО) задача определения положений звезд по астрофотографиям стала неактуальной;

— для высокоточных измерений координат и блеска объектов на пластинках целесообразнее использовать иные методы и инструменты, в частности автоматический измерительный комплекс ПАРСЕК, —

основной целью массового сканирования пластинок стеклотеки ГАО НАН Украины мы считаем поиск астрономических объектов и событий. Это предполагает хранение полученных цифровых изображений астронегативов, использование этого архива для широкого спектра исследований, обеспечение удаленного доступа к изображениям и работу с ними, что не исключает применение АИК ПАРСЕК или других измерительных средств для позиционных и фотометрических измерений самих астронегативов или повторного сканирования избранных площадок с высоким пространственным или фотометрическим разрешением, необходимым для решения данной задачи при помощи других средств.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ БЫСТРОГО ПОИСКА

По результатам анализа литературных источников и проведенных исследований было определено, что для построения эффективной системы поиска астрономических объектов и событий, позволяющей обеспечить однозначное отождествление объектов на пластинках из архива ГАО НАНУ и определение их точных фотометрических величин, необходимо следующее аппаратное обеспечение:

- сканер с возможностью оцифровки изображений на слайдах большого формата (до 300×300 мм, оптическим разрешением до 1200 dpi, 20 мкм/пкл, дискретизацией по амплитуде до 4096 градаций серого, 12 бит АЦП);
- сопряженный со сканером IBM-PC-совместимый компьютер с центральным процессором не ниже «Pentium-III» 1 ГГц, ОЗУ — 256 Мб, жестким диском не менее 20 Гб, записывающим устройством для CD-ROM и DVD;
- IBM-PC-совместимый компьютер с центральным процессором не ниже «Pentium-III» 1 ГГц, ОЗУ — 512 Мб, имеющий RAID-массив объемом 100—200 Гб для хранения цифрового архива и астрономических исследований на его основе;
- высокоскоростной канал для выхода в интернет на основе выделенной линии с пропускной способностью не ниже 128 Кбит/с.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

Программное обеспечение системы быстрого поиска астрономических объектов и событий будет иметь трехуровневую модульную структуру. Функции, реализуемые на каждом уровне, и получаемые результаты отображены в таблице.

Открытость базового программного обеспечения и стандартное представление цифровых изображений астронегативов позволят в дальнейшем наращивать и расширять проблемно-ориентированное программное обеспечение для специальных астрономических исследований путем участия в кооперативных программах, выполнять транспорт изображений астронегативов.

Структура программного обеспечения системы быстрого поиска

Процесс	Аппаратно-программные средства	Результаты
---------	--------------------------------	------------

ЭТАП ОЦИФРОВКИ ФОТОПЛАСТИНОК

Сканирование фотопластинок	Сканер + РС + ПО	Цифровые изображения фотопластинок
Предобработка в процессе сканирования	РС + оригинальное ПО	Статистика изображения: средний фон, вариации фона по полю, оценки качества изображения
Архивация изображений и занесение в Базу Данных	РС + ПО	Накопление архива и БД

РАБОТА С ЦИФРОВЫМ АРХИВОМ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФОТОПЛАСТИНОК

Процедуры общего назначения: 1. Поиск площадок по дате. 2. Поиск площадок по объектам или координатам. 3. Поиск ярких объектов для координатных и фотометрических калибровок изображений. 4. Координатная привязка пиксел. 5. Фотометрирование и измерение координат выделенных объектов или областей на площадке. 6. Копирование площадок на носители	РС + оригинальное ПО	Избранные изображения площадок Каталог всех ярких звезд площадки Координатная привязка пиксел. Координаты и оценка фотометрии избранных объектов на площадке. Копирование на носители или транспорт файлов через интернет
Специальные процедуры: 1. Проблемно-ориентированные задачи (поиск площадок по заданным элементам орбиты, мониторинг переменного объекта и др.) 2. Поиск слабых объектов. 3. Поиск и разделение тесных изображений. 4. Поиск и измерение параметров протяженных объектов.	РС + ПО	Список площадок или данные мониторинга. Каталог объектов площадки Каталог тесных изображений площадки. Каталог протяженных объектов

ИНТЕРНЕТ-АРХИВ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФОТОПЛАСТИНОК

Интернет-технологии: 1. Обслуживание удаленного доступа к архиву. 2. Импорт данных для программ постоянного мониторинга по архиву (гамма-всплески, сверхновые, астероиды, кометы и пр.) 3. Обслуживание доступа к данным других цифровых архивов стеклотек	РС + локальная сеть + ПО	Работа удаленных пользователей с архивом. Сопровождение программ постоянного мониторинга. Доступ к внешним базам данных и архивам
---	--------------------------	---

тивов по интернету, открывает возможность создания распределенной сети цифровых архивов на базе интернет-технологий.

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА

Проверка реализуемости этих задач осуществлялась на двух сканерах (формат А4, оптическое разрешение 600 dpi, динамический диапазон 256 градаций серого): «Agfa» в режимах сканирования «на отражение» и «на просвет» и «Mustek» в режиме сканирования «на отражение». С целью оценки обнаружительных способностей сканеров при различных настройках и условиях сканирования, погрешностей координатной системы и погрешностей фотометрирования изображений было проведено сканирование сертифицированной тест-пластины, предназначенной для определения и паспортизации параметров АИК ПАРСЕК. Измерения производились при различных режимах работы сканеров и положениях тест-пластины. Результаты сканирования (визуальная оценка качества получаемых изображений) и измерения расстояний между изображениями на пластине и сравнение с данными, полученными ранее на АИК ПАРСЕК, показали, что наиболее подходящими характеристиками обладает сканер фирмы «Agfa» в режиме сканирования «на просвет».

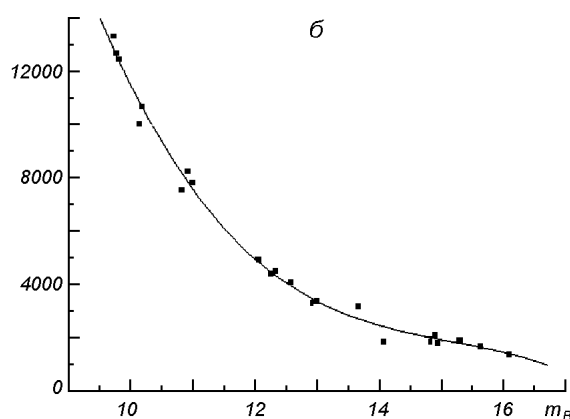
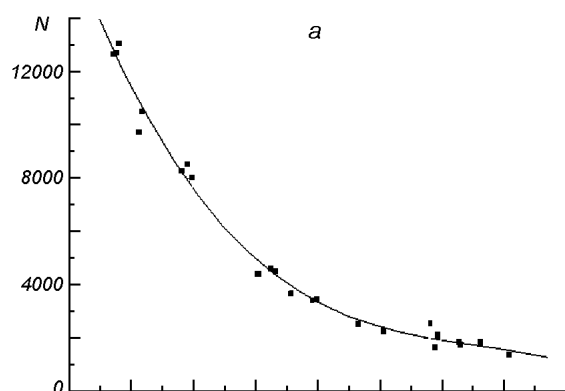
При измерениях тест-пластины в различных положениях было установлено, что есть разница между размерами оптического и механического шага дискредитации (X- и Y-размеры пиксела) и что масштаб пиксела зависит от расстояния между пластинкой и ПЗС-линейкой сканера. Последняя проблема в сканерах более высокого класса решается при помощи системы фокусировки.

Для оценки фотометрических характеристик файлов-изображений астронегативов были отсканированы и обработаны две пластинки из архива, полученные на двойном широкоугольном астрографе ГАО НАН Украины с изображениями звезд фотометрического стандарта в скоплении NGC 6913. По результатам измерений (рисунок) были получены оценки погрешности фотометрирования (СКО ошибки единицы веса при аппроксимации характеристической кривой астронегатива полиномом третьего порядка), которые составили 0.13^m и 0.15^m для этих двух пластинок.

С целью изучения пригодности архива пластинок ГАО НАН Украины для исследования малых тел Солнечной системы был выполнен выборочный анализ стеклотеки ГАО и отобрано несколько сотен астронегативов для поиска и переоткрытия астероидов. Сканирование и обработка шести пластинок, полученных в 1950—1970 гг., выявили следы от нескольких астероидов, в том числе впервые открытых в 1986—1998 гг. В частности, на пластинке № 86а, полученной в августе 1950 г. были найдены следы астероида № 5476 (звездная величина 14.7^m), открытого в 1991 г. Полученный результат подтверждает возможность использования стеклотеки ГАО для решения задачи открытия и переоткрытия астероидов и определения и уточнения элементов их орбит.

БАЗА ДАННЫХ ПЛАСТИНОК

Для эффективного решения сформулированных выше задач поиска астрономических объектов и событий в стеклотекке ГАО необходима база данных пластинок, позволяющая оперативно получать информацию о наличии пластинок нужной области неба и их характеристиках. В настоящее время проводится формирование базы данных около 20 тысяч пластинок ГАО НАН Украины и приведение ее к стандартному виду, принятому для всемирной



Характеристические кривые по результатам фотометрической обработки изображений звезд скопления NGC 6913 с пластинки № 1381, полученной 21/22 августа 1979 г. (а) и № 1366 (б) на двойном широкоугольном астрографе ГАО НАН Украины

базы данных широкоугольных инструментов Wide-Field Plate Database (WFPDB) [9], отображающей крупнейшие архивы обсерваторий мира. Всего в архиве ГАО НАН Украины хранится более 30 тысяч пластинок.

На втором этапе разработки базы данных предусмотрено внесение в нее не только наблюдательных и качественных данных о пластинке, но и ее оцифрованных изображений, создаваемых с помощью сканера, а также всех имеющихся данных об измерениях объектов пластинки и их обработке.

На третьем этапе разработки базы данных предусмотрено создание библиотеки алгоритмов и программ для обработки цифровых и измерительных данных пластинок в режиме динамического запроса с подключением современных звездных каталогов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение сохранности уникальной астрономической информации, содержащейся на фотопластинках возможно путем ее переноса на современные электронные носители информации, что сделает технически возможным доступ к ней широкому кругу пользователей. Эффективным средством оцифровки пластинок может служить серийный планшетный сканер с оптическим разрешением до 1200 dpi и дискретизацией по амплитуде до 4096 градаций серого. Для эффективной работы с архивом полученных файлов-изображений необходима специальная база данных, позволяющая оперативно получать информацию о наличии пластинок нужной области неба и их характеристиках. В настоящее время в ГАО НАН Украины создается база данных 20 тысяч пластинок.

1. Поляков Е. В., Канаева Н. Г., Канаев И. И., Пугач Т. Н. Электронная коллекция изображений из пулковской стеклотеки // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: Тр. четвертой Всероссийской науч. конф. RCDL'2002, Дубна, 15—17 октября 2002 г.: В 2 т. — Дубна: ОИЯИ, 2002.—Т. 1.—С. 251—262.
2. Hudec R. An introduction to the world's large plate archives // Treasure-hunting in astronomical plate archives: Proc. Intern. Workshop, Sonneberg Observatory, March 4—6, 1999 / Eds P. Kroll, C. la Dous, H.-J. Bräuer. — Thun; Frankfurt an Main: Deutsche, 1999.—P. 28—40.
3. Kroll P. Introduction: Technical concepts and solutions // Treasure-hunting in astronomical plate archives: Proc. Intern. Workshop, Sonneberg Observatory, March 4—6, 1999 / Eds P. Kroll, C. la Dous, H.-J. Bräuer. — Thun; Frankfurt an Main: Deutsche, 1999.—P. 41—44.
4. Kroll P., Brunzendorf J. Technical concept and parameters of Sonneberg's plate scanner «HISS» // // Treasure-hunting in astronomical plate archives: Proc. Intern. Workshop, Sonneberg Observatory, March 4—6, 1999 / Eds P. Kroll, C. la Dous, H.-J. Bräuer. — Thun; Frankfurt an Main: Deutsche, 1999.—P. 61—67.
5. Kroll P., Neugebauer P. Brightness determination on photographic plates using a CCD line scanner // Astron. and Astrophys.—1993.—273, N 1.—P. 341—348.
6. Ortiz Gil A., Lopez Garcia A., Martinez Gonzalez J. M., Yershov V. Automatic measurement of images on astrometric plates // Planet. Spase Sci.—1994.—42, N 4.—P. 349—357.
7. Pollas C., Bijaoui A. Digitisation with a scanner machine of the OCA photographic archives // Treasure-hunting in astronomical plate archives: Proc. Intern. Workshop, Sonneberg Observatory, March 4—6, 1999 / Eds P. Kroll, C. la Dous, H.-J. Bräuer. — Thun; Frankfurt an Main: Deutsche, 1999.—P. 51—54.

Поступила в редакцию 24.12.02