

ЭЛЕКТРОННАЯ КОЛЛЕКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИЗ ПУЛКОВСКОЙ СТЕКЛОТЕКИ

Поляков Е.В., Канаева Н.Г., Канаев И.И., Пугач Т.Н.
Главная астрономическая (Пулковская) обсерватория РАН, 196140,
С.-Петербург, Пулковское шоссе 65, ГАО РАН
poliakow@rol.ru

Доклад посвящен проблеме цифрового копирования и сохранения изображений из Пулковской коллекции фотопластинок. Всего в Пулковской обсерватории хранится более 50 тысяч астронегативов. Первые из них датированы 1893 годом. С течением времени повышается риск разрушения фотоэмульсии. Начиная с 1996 года, в обсерватории проводится работа по оцифровке и записи изображений пластинок на электронные носители информации.

Создана база данных ЭКЗИП - Электронная Коллекция Звездных Изображений Пулкова. В нее записываются как полное, так и извлеченное (отдельными площадками) изображения пластинки. Пластинка как целое сканируется на фотосканере с относительно грубым оптическим разрешением 600-2400 dpi. Матрицы с отдельными изображениями снимаются на измерительном комплексе "Фантазия" с высоким (6000-25400 точек на дюйм) разрешением. БД ЭКЗИП позволяет принимать и хранить любые данные матричной структуры, в том числе, кадры ПЗС-наблюдений. В состав матобеспечения ЭКЗИП входят системы визуализации, обработки и манипулирования изображениями, а также программы позиционных и фотометрических измерений. К настоящему времени оцифровано и записано в БД ЭКЗИП 40 % полных и 10 % экстрагированных изображений от общего объема материала.

Проект выполняется при финансовой поддержке Министерства науки РФ, грант 01-54 «Координатно-измерительная астрографическая машина "Фантазия"».

DIGITAL COPY OF THE PULKOVO PLATE COLLECTION

Kanaev I., Kanaeva N., Poliakow E., Pugatch T.
Central (Pulkovo) astronomical observatory RAS, Saint-Petersburg, Russia
e-mail: poliakow@rol.ru

Report is devoted to a problem of saving of the Pulkovo plate collection. In total more than 50 thousand astronegatives are stored in the observatory. First of them are dated back to 1893. A risk of emulsion corrupting raises with current

of time. Since 1996 the operation on digitization and record of the images of plates on electronic media (HDD, CD) are carried out in the observatory.

The database ECSIP - Electronic Collection of the Star Images of the Pulkovo is created. There are recorded in it both complete, and extracted (separate areas) images of astronegatives. The plates as a whole are scanned on the photoscanner with rather rough optical resolution 600-2400 dpi. The matrixes with the separate images are digitized on the precision measuring machine "Fantasy" with high (6000-25400 dpi) resolution. The DB ECSIP allows to accept and to store different types of data of a matrix structure, including, CCD-frames. Structure of the ECSIP's software includes systems of visualization, processing and manipulation by the images, and also programs for position and photometric measurements. To the present time more than 40 % completed and 10 % extracted images from its total amount are digitized and recorded in DB ECSIP.

The project is fulfilled at financial support by the Ministry of Science of Russian Federation, grant 01-54 "The coordinate-measuring astrographic machine "Fantasy".

Введение

Можно утверждать, что ныне подавляющий объем получаемых знаний поступает непосредственно в сферу высокоорганизованного управления информацией. И эти новые знания, новые данные оказываются отчуждены от данных, накопленных и упорядоченных в докомпьютерную эпоху, в силу различия "пользовательских интерфейсов" прежнего и нынешнего. Для большинства научных направлений такой разрыв информационного поля неприемлем. Восстановление связи времен осуществляется путем конверсии старых данных в новую среду. По-видимому, наиболее развитым в этой области направлением на сегодня является создание электронных библиотек (ЭБ) - перенос текстового отображения человеческой мысли в компьютерную среду, благодаря чему тексты становятся доступны не только интеллекту человека, расцветшему на органической основе - мозге, но и нарождающемуся интеллекту на кристаллическом носителе. Одной из причин, способствовавших прогрессу в области текстовых ЭБ, явилась компактность кодированной текстовой информации. Появление дешевой памяти больших объемов позволило расширить содержание ЭБ, дополнив их цифровыми копиями оригиналов, а также приступить к созданию электронных коллекций других видов информации, например, фотографии.

Одна из таких коллекций - Электронная Коллекция Звездных Изображений Пулковской стеклотеки (ЭКЗИП) - формируется в Пулковской обсерватории.

Пулковская стеклотека

Пулковская стеклотека представляет собой хранилище стеклянных астронегативов, полученных за последние 120 лет (с 1883 года) на различных инструментах обсерватории. Всего собрано около пятидесяти тысяч фотопластинок, но лишь девятьсот из них относятся к первой половине указанного периода: основная часть (более четырех тысяч пластинок) довоенной коллекции погибла вместе с Обсерваторией, оказавшейся на переднем крае обороны Ленинграда, часть пластинок, что успели вывезти в город, утрачена во время блокады.

В настоящее время в стеклотеке собраны фотопластинки, полученные:

- на Пулковском нормальном астрографе (размер пластинок 160×160 мм², масштаб 59".56/мм) по программам: малые планеты, большие планеты, шаровые и рассеянные скопления, планетарные туманности, площадки с галактиками, двойные и кратные системы звезд, яркие звезды, новые и сверхновые звезды, кометы, площадки Каптейна, Каталог геодезических звезд (КГЗ), Фотографический каталог слабых звезд (ФКСЗ) за период с 1893 по 2001 годы общим числом 18200,
- на 26-дюймовом рефракторе (размер пластинок 130×180 мм², масштаб 19".81/мм) по программам: двойные звезды, параллаксы за период 1956-2001 годы в количестве более 21 тысячи,
- на Астрографе короткофокусном двойном (АКД, размер пластинок 130×180 мм², масштаб 300"/мм) по программам: большие планеты, яркие звезды, новые звезды, кометы, рассеянные скопления, звезды Фундаментального каталога FK-4 за период 1953-1985 годы в количестве двух тысяч,
- на Полярной трубе А.А.Михайлова (размер пластинок 200×200 мм², масштаб 34"/мм) для области Северного Полюса диаметром 1°50' за период 1961-1980, всего 700 пластинок,
- на Экспедиционном астрографе (размер пластинок 180×180 мм², масштаб 91"/мм) по программе Пулковского фотографического каталога южного неба ФОКАТ, а также Каталог геодезических звезд (КГЗ) северного неба - всего около 6 тысяч пластинок (1960-70 годы).

СУБД "Стеклотека", разработанная в конце 1980-х годов и модернизированная в последующие годы [1-3], создавалась для обеспечения доступа к астронегативам, выдачи их информационных портретов, формирования серий - наборов пластинок, удовлетворяющих заданным параметрам для решения конкретных задач. Система состоит из двух компонентов - собственно СУБД и пакета эфемеридных программ, совместное использование которых позволяет обслуживать широкий круг астрономических запросов. Записи в БД, содержащие исчерпывающую информацию о пластинках, состоят из 28-ми ключей. Состав записей позволяет пополнять стеклотеку, располагая пластинки в хранилище в произвольном по-

рядке и в дальнейшем сводя их движение к минимуму. Эфемеридное обеспечение применяется, например, для отыскания в стеклотечке пластинок со случайно зафиксированными на них среди прочих изображениями "блуждающих" объектов - планет, малых планет и др.

В настоящее время система адаптируется к новым условиям - работе с цифровыми копиями пластинок в среде ЭКЗИП.

ЭКЗИП

Основную функцию любого архива можно определить как транспорт информации во времени. Так, архив астронегативов перенес из позапрошлого века в наше время изображения звездного неба, каким оно было в момент наблюдения. И чем продолжительнее оказывается разность эпох, тем выше ценность этих пластинок, но их состояние, особенно довоенных, постепенно ухудшается, эмульсионный слой негативов деградирует. Поэтому задача сохранения старых пластинок актуальна в Обсерватории уже не первое десятилетие. Попытки фотокопирования показали его непригодность для целей астрометрии из-за искажений изображения, тогда как копирование на электронные носители, выполняемое на высокоточных измерительных комплексах, дало положительные результаты. Важным фактором является отсутствие искажений и ошибок в процессе дальнейшего копирования оцифрованных изображений в электронной среде. Другим важнейшим последствием смены фотоносителя на электронный является совершенное изменение уровня оперативности: время доступа к информации с недель, дней, часов сокращается до секунд. Созданием ЭКЗИП достигались две цели: сохранение уникальных данных фотографических наблюдений и перевод их в разряд доступных и управляемых.

В силу архивного характера БД, т.е. перспективы незначительных изменений ее состава и содержания, была принята индексная иерархическая структура базы. Основная функция данной СУБД – извлечение информации. Операции редактирования, замены, перемещения изображений выполняются в файлах данных непосредственно при переписи изображений с фотоносителя, и, по мере достижения этими файлами заданного объема, они копируются на носители долговременного хранения, на которых перечисленные операции, как правило, не определены.

Несколько подробнее о физической структуре файлов экстрагированных изображений. Файлы большого объема - 600-650 Мб - содержат по несколько тысяч матриц с экстрагированными изображениями. Размеры матриц пропорциональны размерам записанных в них изображений. Матрицы вместе с метаданными (атрибутами изображений) последовательно размещаются в файле изображений без пропусков. ЭКЗИП допускает запись в файл смеси изображений, оцифрованных на различных устройствах: полных изображений пластинок, оцифрованных на сканере; экстрагиро-

ванных - полученных на АИК "Фантазия"; ПЗС-кадров снятых непосредственно на телескопах; а также синтезированных изображений, например, кадров компьютерных фильмов. Атрибуты содержат полную информацию об изображении, из этих же данных формируется иерархия индексных файлов, обеспечивающих оперативность доступа к информации. Записанные в файл изображений атрибуты являются резервом на случай восстановления утраченных индексных файлов. Обращение к БД возможно из прикладных задач или при работе пользователя с нею в диалоговом режиме.

Ретроспектива

Появившиеся в 1970-е годы прецизионные сканирующие установки уже позволяли оцифровывать изображения отдельных объектов, но обсуждаемую проблему в целом не решали, поскольку еще не существовало накопительных устройств необходимого объема. Первые попытки сохранения изображений звезд на магнитных носителях были предприняты в Пулковской обсерватории в середине 1980-х годов после ввода в эксплуатацию подобной установки - измерительной машины "Фантазия" с фантастическими по тем временам техническими характеристиками (см. таблицу). На существовавшие в то время сменные накопители с объемом памяти 27 Мб помещалось 800-1000 экстрагированных изображений (снятых отдельными площадками с разрешением 4×4 микрона = 6350 bpi), что приблизительно соответствовало среднему числу звезд на пластинке. Тогда же были проведены опыты по астрометрической обработке пластинок с использованием цифровых изображений звезд. Параллельно разрабатывалась СУБД "Стеклотека" - электронный каталог фотонегативов, хранящихся в стеклотехнике материальной. В начале 1990-х годов были выполнены пробные оцифровки полных изображений пластинок (разрешение 300 bpi, ручной сканер) для распознавания всех звезд на пластинке и получения предварительного списка их координат, используемых в дальнейшем машиной "Фантазия" при съемке экстрагированных изображений. Так постепенно прорабатывались компоненты и сложилась концепция комплекса данных, метаданных и сервисов будущей электронной коллекции ЭКЗИП (рис. 1).

В последнее время основное внимание уделяется конвертированию изображений в цифровую форму, выполняемому на сканерах и машине "Фантазия", и пополнению БД "Стеклотека" путем извлечения данных из архивных журналов наблюдений. Разрабатываются также новые алгоритмы распознавания и измерения изображений звезд, усовершенствуется технология астрометрической обработки цифровых образов пластинок.

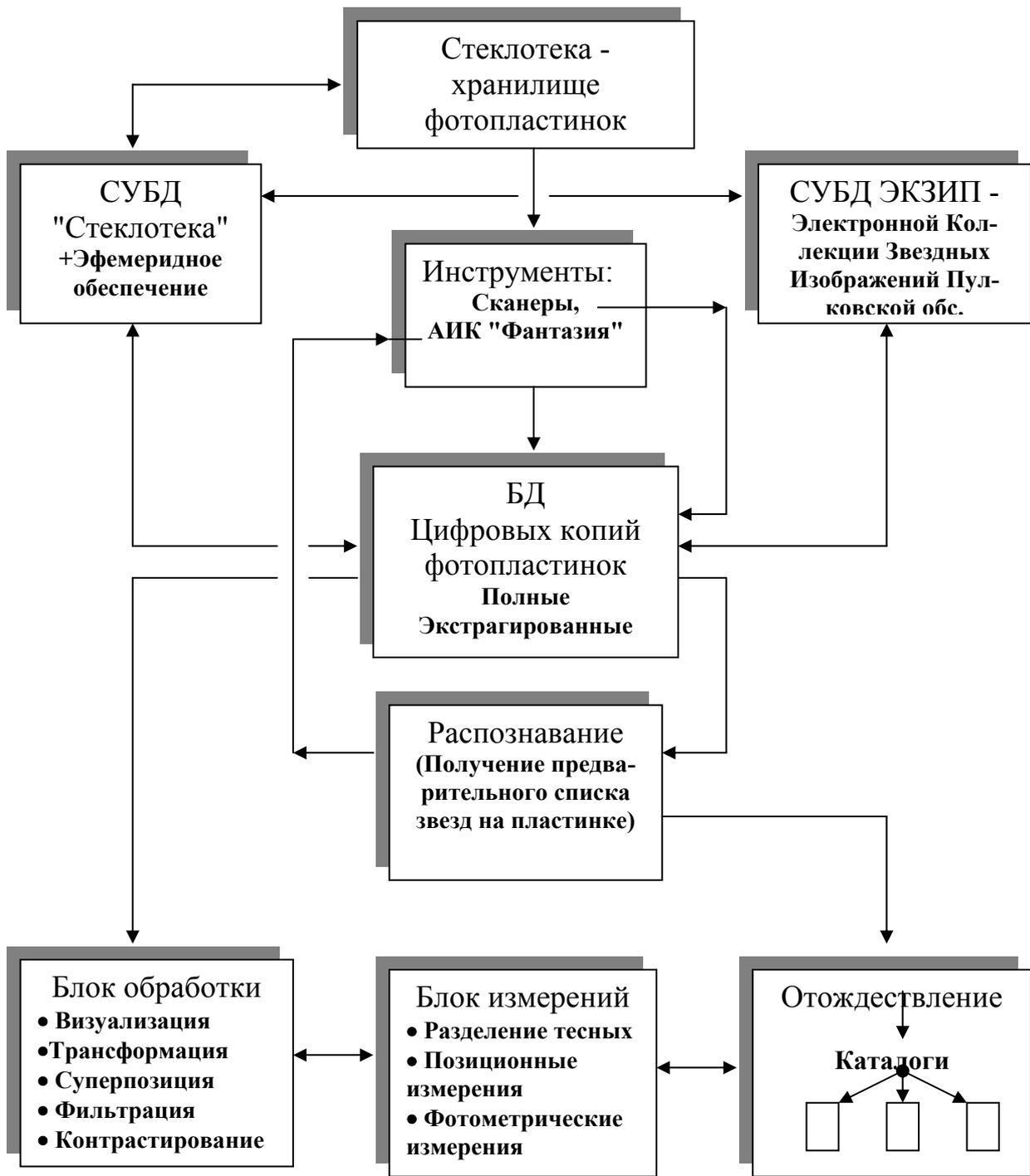


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов ЭКЗИП

Инструментарий, объемы

Для выполнения оцифровки полных изображений с фотопластинок применяются планшетные сканеры фирмы UMAX со слайд-адаптерами размера А4, оптическим разрешением до 2400 dpi и динамическим диапазоном 2.8D. Довоенные пластинки снимаются с разрешением 1200 dpi, остальные - 600 dpi и занимают соответственно по 57 и 14 Мб дисковой памяти. Формат записи - BMP. К настоящему времени снято и записано около 20 тысяч полных изображений, размещенных на 450 CD.

Технические характеристики АИК "Фантазия"

Система позиционирования		Система сканирования	
Рабочее поле каретки	370x370 мм	Поле обзора	4x4 мм ²
Время позиционирования	4 с	Скорость считывания	20 Кпиксел/с
Точность позиционирования	1 микрон	Апертура луча	2-3 микрона
Точность определения положения каретки	0.32 микрон	Разрешение	1x1 микрон ² (24 500 bpi)
Скорость перемещения каретки	330 мм/с	Динамический диапазон	2D

Экстрагированные изображения снимаются на Автоматизированном Измерительном Комплексе (АИК) "Фантазия", установленном в Пулковке в 1986 году и предназначенном для обработки астронегативов [4]. Прототип "Фантазии" под названием "Зенит", разработанный в 1974 году в Институте автоматики и электрометрии СОАН СССР [5], по своим характеристикам оказался лучшим среди аналогичных зарубежных установок, число коих в мире не превышало пяти. "Фантазия" в 80-е годы сохраняла достаточно высокий уровень по таким параметрам, как точность позиционирования и разрешение, но заметно отставала в быстродействии, имея в качестве управляющего компьютера слабую модель СМ-4. Модернизация АИК, выполненная силами Обсерватории в 1996 году, позволила адаптировать установку к среде персональных компьютеров и использовать ее в новом дополнительном качестве - прецизионного сканера высокого разрешения: максимальное разрешение "Фантазии" достигает значения 1 микрон по обеим осям, т.е. 25400 bpi, позиционная точность составляет 0.32 микрона. Эти и другие технические характеристики установки приведены в таблице. После очередной модернизации, выполняемой в настоящее время

мя, эффективность установки на операциях сканирования возрастет в 2-5 раз, в зависимости от плотности распределения изображений на пластинке. Экстрагированные изображения снимаются по отдельности, каждое на своей площадке, размеры которой должны составлять не менее, чем удвоенный диаметр изображения звезды. Диаметры изображений зависят от яркости звезды, состояния атмосферы в момент наблюдения, свойств эмульсии и, как правило, укладываются в диапазон 30-800 микрон. Поскольку для размеров площадок со слабыми звездами вводится ограничение - они не могут быть меньше, чем 80 x 80 пикселей – объем записываемой информации при наиболее часто применяемом разрешении 4x4 микрона колеблется от 7 до 160 Кб (в формате BMP) на звезду. Оцифрованная таким образом пластинка может занимать при записи, в зависимости от числа звездных изображений на ней, от единиц до нескольких десятков мегабайт дискового пространства. В целом, полная и экстрагированная копии пластинки требуют приблизительно одинакового объема для записи при разрешении, разнящемся на порядок. На рис. 2 даны экстрагированные изображения звезд различной яркости (края площадок с изображениями ярких звезд обрезаны).

Нужно заметить, что полные изображения пластинок сканируются не только и не столько для их сохранения в базе данных. Главная цель в ином - они используются для распознавания изображений звезд и определения их координат на общем снимке для получения в дальнейшем экстрагированной копии на АИК "Фантазия". Без наличия полных цифровых изображений пластинок невозможно было бы выполнить

основную часть работы - получить высокоточные цифровые изображения, пригодные для всего спектра их астрометрической обработки. Изображения же, полученные на сканерах, могут быть использованы для точных измерений лишь при решении узкого круга задач [6]. Это ограничение связано с конструкцией сканеров, с тем, что положение светоприемника (ПЗС-линейки) в процессе сканирования не определяется инструментально, а задается приводом - шаговым двигателем. Отсюда - нестабильность съемки, особенно вдоль оси Y, неприемлемые для задач астрометрии позиционные невязки при повторных съемках.

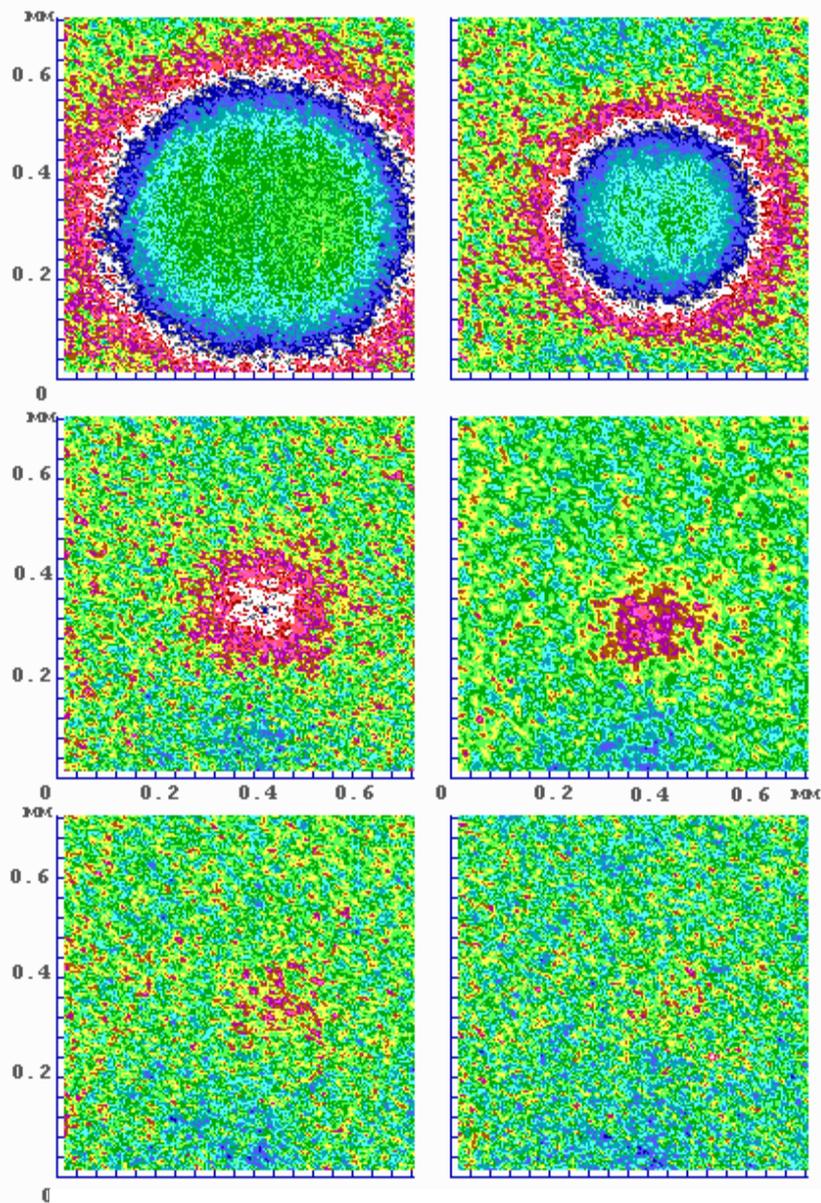


Рис.2. Шкала изображений звезд различной яркости

Алгоритмы и программы манипулирования изображениями

Система манипулирования изображениями предоставляет пользователю возможность просмотра, обработки, сравнения и измерения содержимого БД. Основу ее составляет система визуализации, разработанная ранее в составе матобеспечения для АИК "Фантазия" [7] и затем модифицированная и адаптированная к среде ЭКЗИП. Модификация связана, в основном, с изменением размерности данных, переходом к одновременной работе с любым набором изображений, принадлежащих различным пластинкам и даже сериям, и обусловленным этим обстоятельством расширением функций системы. Адаптация заключается в организации совместно-

го функционирования и соподчинения СУБД и системы визуализации. Примером, иллюстрирующим возможности объединения двух систем, может служить выдача на экран дисплея изображений одной и той же звезды или группы звезд, взятых с различных пластинок серии с интервалом в десятки лет, или совмещение изображений пластинок, полученных на разных телескопах с различными масштабами отображения и т.п.

Измерение электронных образов астронегативов

Реализованы алгоритмы потоковых измерений электронных образов астронегативов. Основу их составляют алгоритмы, созданные для работы с фотопластинками на АИК "Фантазия" [8, 9] и адаптированные к среде ЭКЗИП: в частности, исключены процедуры подавления шумов, порождаемых системой сканирования, фильтрации колебаний каретки и некоторые другие. Наибольшее внимание уделено оптимизации алгоритмов по времени: при работе непосредственно с пластинкой процесс измерения занимал малую часть общего времени, основная его доля приходилась на механические перемещения каретки с пластинкой для наведения на очередную площадку. В среде ЭКЗИП ситуация сменилась на противоположную – площадка из дисковой памяти доставляется задаче практически мгновенно и фактор времени измерения оказался решающим. Алгоритмы подверглись коренной переработке, связанной с временной оптимизацией. Интегральная эффективность измерительного процесса в среде ЭКЗИП оказалась в 50-200 раз выше таковой при непосредственных измерениях пластинок: если средняя скорость измерения пластинок составляла 1500, максимум 2000 изображений в час, то измерения из архива весовыми алгоритмами дают около ста тысяч (25 звезд/сек), а геометрическими – свыше двухсот тысяч изображений в час (более 50 звезд/сек).

В рамках ЭКЗИП коренным образом изменилась и технология обработки серий фотопластинок, представляющих результаты наблюдений за длительный период времени – процессы автоматизированы полностью, измерительная система превратилась в однокомпонентную, из нее исключены и человек, и измерительная машина. Аварийные ситуации обрабатываются системой, при этом выдаются соответствующие сообщения и составляется список аварийных объектов для последующей их обработки в интерактивном режиме с участием оператора. Технологии измерения пластинок, разработанные для АИК "Фантазия", не утратили своего значения: они преобразовались в технологии переписи изображений с фото – на электронный носитель. Из них удалена измерительная часть, но оставлены фильтры систем сканирования и позиционирования, изображения поступают в архив осредненные по двум или трем считываниям. Скорость записи изображений составляет 700-1500 звезд в час на АИК "Фантазия" и зависит от размера изображений. В день записывается от 5 до 15 тысяч изо-

бражений. Как уже упоминалось, после модернизации АИК "Фантазия" – ввода в эксплуатацию системы сканирования на ПЗС-матрице – ее производительность на операциях переписи возрастет в 2-5 раз.

Перечень преимуществ ЭКЗИП'а перед пластинками следует продолжить: изображения, однажды занесенные в архив, могут измеряться неоднократно, подбираться различные алгоритмы или их модификации для достижения наилучших результатов; может меняться состав обрабатываемых изображений и схема их обработки; расширяется спектр применяемых алгоритмов, появляются такие алгоритмы, применение которых при работе с пластинкой в принципе невозможно (например, суммирование изображений и др.).

Готовность

Представленная на рис. 1 схема взаимодействия компонентов системы ЭКЗИП отражает пока не результат, но цель, к достижению которой направлены усилия разработчиков системы. Не все связи задействованы, не все компоненты завершены: часть программных блоков в силу технических причин функционирует под DOS (СУБД "Стеклотека", Soft АИК "Фантазия"), базы данных пока неполны (готовность от 10 до 40 %), по мере развития системы появляются потребности в установлении дополнительных связей. Излишне говорить о финансовых и кадровых проблемах, тормозящих работу.

Перспективы

К середине 2003 года планируется занести в БД цифровые копии полных изображений всех пластинок стеклотеки. К этому же времени должна быть выполнена модернизация АИК "Фантазия", что позволит, наконец, перевести матобеспечение измерительного комплекса под Windows. В 2004 году или ранее будет организован доступ к ЭКЗИП через Интернет. Занесение в БД экстрагированных изображений займет 3 года и завершится в 2006 году.

Выводы

Представленная разработка хотя и в далеко не завершенном виде уже несколько лет используется в работах Пулковской обсерватории и доказала свою эффективность. Сохранен в цифровых копиях уникальный вековой фотоматериал. Копии легко тиражируемы и доступны. Скорость основных операций обработки и измерения изображений возросла на два порядка. Появилась возможность применения принципиально новых методов

работы с информацией, позволяющих на том же материале заметно повысить точность результатов измерения.

Работа выполняется при финансовой поддержке Миннауки РФ № 01-54 «Координатно-измерительная астрографическая машина “Фантазия”».

Литература

1. Канаева Н.Г., Поляков Е.В., Соколов А.В. Информационно-справочная система Пулковской стеклотеки. - Деп. ВИНТИ 7172-В89, 1989, 7 с.
2. Канаева Н.Г., Поляков Е.В., Цекмейстер С.Д. Программная система для IBM PC-совместимых персональных компьютеров. - Краткое руководство пользователя. 1996, ГАО РАН, СПб, 15 с.
3. Цекмейстер С.Д. Специализированная программная система "Пулковская стеклотека". - Изв. ГАО РАН, 214, СПб. 2000. с. 479-484.
4. Герасимов А.Г., Поляков Е.В., Пикин Ю.Д., Савастеня А.В., Соколов А.В. Координатно-измерительная машина "Фантазия" для автоматического измерения положений звезд на астронегативах. - "Измерительная техника", 4, М., 1994.
5. Бурый Л.В., Коронкевич В.П., Нестерихин Ю.Е., Нестеров А.А., Пушной Б.М., Ткач С.Е., Щербаченко А.М. Прецизионный фотограмметрический автомат. - "Автометрия", 1974, 4, с. 83-89.
6. Измайлов И.С. Применение сканера общего назначения для позиционных измерений астрофотографий. - Изв. ГАО РАН, 214, СПб, 2000. С. 533-545.
7. Poliakov E.V., Sokolov A.V. Visualization system for the measuring machine "Fantasy". - Proc. of the 3-d Int. Workshop on Pos. Astron. and Celest. Mechan., Valencia, Spain, 1995.
8. Поляков Е.В. Алгоритмы разделения и измерения изображений двойных и кратных систем на измерительной машине "Фантазия". - Препринт 8, ГАО РАН, СПб, 1997.
9. Kanaev I.I., Kopylov I.M., Poliakov E.V., Rafalsky V.B. A Detection and Measurement Algorithm for Very Faint Images on Astronegatives with Automatic Measuring Machine "Fantasy". - Proc. of the 3-d Int. Workshop on Pos. Astron. and Celest. Mechan., Valencia, Spain, 1995.