

Коллекция результатов наблюдений астероидов и комет Звенигородской астрономической обсерватории

© С. И. Барабанов

© С. В. Верещагин

© Н. В. Чупина

Институт астрономии РАН

Москва

sbarabanov@inasan.ru

svvs@yandex.ru

chupina@inasan.ru

Аннотация

Представлено описание электронных ресурсов по астероидам и кометам Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН. Содержание ресурсов – интенсивно получаемые из наблюдений на телескопах и поступающие на хранение из открытого доступа в сети Интернет файлы данных о спектрах и других параметрах астероидов, изображения астероидов и комет. Другая часть – архив более чем сорока лет фотографических наблюдений на телескопах обсерватории. В целом это электронная коллекция результатов наблюдений, созданная путем сканирования фотопластинок, полученных на Звенигородской обсерватории в 20-м веке, и пополняемая в настоящее время цифровыми данными современных наблюдений. Рассказано о составе ресурсов, хранящейся информации и метаданных. Обозначено место данных Звенигородской обсерватории в структуре мировых информационных ресурсов по этой тематике. Полезную информацию смогут найти как профессионалы астрономы, так и работники школ, планетариев и любители астрономии.

1 Введение

Астероидная опасность признается мировым сообществом как одна из существующих проблем окружающей среды и космического пространства, требующих внимания. Для того чтобы противостоять подобному рода космическим угрозам, необходимо владеть информацией в этом направлении. В частности, надо иметь максимально возможный перечень опасных небесных тел (ОНТ) и знать характеристики каждого объекта. Знание, особенно полное, характеристик астероида позволяет наиболее достоверно характеризовать группировки ОНТ, источники их происхождения, а значит, знать о приближающейся опасности, [11].

По состоянию на 11 января 2015 г. в базе данных

JPL [5] насчитывалось 670 474 объекта, из которых для 422 636 точно определены орбиты и им присвоен официальный номер, более 19 000 из них имели официально утверждённые наименования. Предполагается, что в Солнечной системе может находиться от 1,1 до 1,9 миллиона объектов, имеющих размеры более 1 км. На сегодняшний день мировым научным сообществом каталогизировано 11500 ОНТ, но только для около 1600 из них известны какие-либо физические характеристики. Полный набор характеристик имеют примерно 750 астероидов, что составляет 6-7% от общего числа объектов, потенциально опасных из-за сближения с Землей (АСЗ – астероиды, сближающиеся с Землей).

Во многих странах (США, Япония, Китай, Италия, Австралия и др.) приняты и выполняются программы поиска, обнаружения и каталогизации потенциально опасных естественных космических объектов, которые осуществляются специализированными астрономическими обсерваториями, или специализированными телескопами. В России исследования, связанные с различными аспектами астероидной опасности, ведутся в некоторых институтах Российской академии наук (РАН), отраслевых институтах и предприятиях, связанных с космической промышленностью (РАН: ИНАСАН, ИПА РАН, ИПМ РАН, ГАО РАН и др., отраслевые: ЦНИИмаш, предприятия: НПО «Комета», РЦ им. Дегтярева, НПО им С.А. Лавочкина и др.).

Информация, полученная в разных местах с помощью сообщений (например, [21]), передается в специализированные центры – международные базы данных (БД). Главный из них – Международный центр малых планет (МПП) Международного астрономического союза (МАС) [3], это база данных и навигатор по малым телам. Другие центры: JPL (Лаборатория реактивного движения, США) [5], Европейский узел изучения астероидов (EARN) и База данных физических и динамических свойств астероидов NEO [1], Центр звездных данных (CDS) [7]. БД включают числовые и графические данные, а Интернет-сервисы этих ресурсов позволяют извлекать параметры одного или группы объектов, строить статистические зависимости и получать графические изображения.

Труды XVII Международной конференции DAMDID/RCDL'2015 «Аналитика и управление данными в областях с интенсивным использованием данных», Обнинск, 13-16 октября 2015

На Звенигородской обсерватории ИНАСАН (ЗО) наблюдения малых тел Солнечной системы, направленные на получение физических характеристик астероидов, ведутся уже давно (с 1972-го года). Современные наблюдения малых тел Солнечной системы ИНАСАН проводит не только на ЗО, но и в своем филиале на пике Терскол (Кавказ) и в п. Голубой залив (Крым). Регулярно проводятся совместные наблюдения с обсерваториями, так называемой, наблюдательной кооперации ИНАСАН, в которую входят 11 обсерваторий [22]. При этом интенсивно накапливается большой объем информации, и необходимо решить вопрос о способах ее хранения, обработки и обеспечения доступа к ней через сеть Интернет.

В RCDL-2014 [16] мы представили описание электронной коллекции архивов наблюдений на ЗО в прошлом столетии. Сейчас, на примере ЗО, представляем современную комплексную картину получения, обработки и использования данных на одной обсерватории. Ниже мы опишем весь процесс, чтобы понимать, на каком этапе какие данные получаются.

Хранение первичных данных, полученных собственными силами, дает возможность получать новую информацию, делать научные открытия. При этом данные, хранящиеся на обсерватории, могут комбинироваться и дополняться информацией из международных БД.

2 Общая характеристика данных

После обнаружения нового астероида наблюдатель или обработчик формирует сообщение в МПЦ в определенном формате, в котором перечисляются измеренные координаты на моменты времени получения кадров и оценки блеска объекта. Практически сразу после отсылки приходит ответное сообщение о получении данных и возможных проблемах с форматом. МПЦ вначале проверяет данные на совпадения с эфемеридами известных астероидов, а затем, если астероид действительно новый, вычисляет его предварительную орбиту и ее точность, размещая у себя на сайте эфемеридную информацию, необходимую для получения дополнительных наблюдений. Если точность полученной орбиты достаточна для прогноза его положения в течение ближайших ночей, астероиду присваивается временный номер, а если дальность точного прогноза достигает его периода вращения вокруг Солнца, то такому астероиду присваивается постоянный номер и он может при этом получить собственное имя по правилам, определенным МАС.

Полноту знаний об астероиде составляют сведения о его движении, вращении, форме, размерах, химическом составе, см. например, [13]. Для определения этих данных используются блеск астероида в различных фильтрах, спектральные кривые, поляриметрические измерения.

Предполагая или вычисляя определенное значение альбедо (число, показывающее долю падающего солнечного света, отражаемого поверхностью объекта), оценивают размер, массу, плотность, таксономический класс (химический состав поверхности), период вращения, амплитуду блеска, разности блеска в фотометрических фильтрах UBVRi. Альбедо можно определить, например, по данным поляриметрии или оценкам химического состава из данных спектроскопии и фотометрии.

В Таблице 1 представлены характеристики малых тел Солнечной системы. Приведены соответствующие им параметры, которые рассчитываются по данным наблюдений (вторая колонка). В третьей колонке приведены участвующие в расчетах наблюдаемые параметры.

Таблица 1. Характеристики малых тел Солнечной системы

Характеристика астероида	Вычисляемые параметры	Измеряемые параметры
движение	наклон орбиты к плоскости эклиптики, большая полуось орбиты, эксцентриситет, пространственная скорость	экваториальные координаты, дата наблюдения, время наблюдения
вращение	ось вращения, скорость вращения	период блеска
масса	масса	отклонение от эфемериды при сближениях с другими астероидами и др.
размер	min, max	блеск, альбедо
химический состав	таксономический класс, альбедо	спектральные кривые, степени поляризации отраженного света

Полный цикл получения информации об объекте таков:

- во время наблюдений на телескопе получают инструментальные измерения, а в журнале наблюдений сохраняют сопутствующие параметры – имя объекта наблюдений, дата, время (приведенное к UTC - Всемирное координированное время), координаты точки наведения телескопа, количество и продолжительность экспозиций;
- с помощью специализированных программ обрабатывают инструментальные измерения и получают измеренные параметры;

- используя измеренные параметры, с помощью различных методик определяют вычисляемые параметры;
- вычисляемые параметры и некоторые измеренные параметры размещают в БД для обеспечения доступа к ним научной общественности.

Надо заметить, что в базах данных для одного и того же объекта может быть представлено несколько характеристик от разных авторов. Для каждой характеристики обязательно указывается источник информации (автор, инструмент, место), точность данных, методика получения.

3 Инструментальные данные

В зависимости от того, какой инструмент на телескопе используется в качестве приемника излучения – фотометр, спектрометр или поляриметр, можно получить разные данные об объекте. Например, по фотометрическим и спектрофотометрическим данным оценивают массы и размеры астероидов, по спектральным данным оценивают химический состав объектов.

В качестве приемника излучения в прошлом столетии широко использовали фотоэмульсионный слой, нанесенный на стекло или пленку. Таким образом, на фотопластинках или фотопленках получались изображения звездного неба или спектра небесного объекта. Специальными инструментами этот фотоматериал обрабатывался, в результате чего получали искомые параметры – координаты, блеск и другие величины. На Звенигородской обсерватории с 1972 по 2000-е годы проводились астрометрические и фотометрические наблюдения астероидов с использованием фотопластинок, накопилась большая коллекция фотоматериала с изображениями звездного неба [9].

На современных телескопах для приема излучения используют ПЗС-матрицу (прибор с зарядовой связью, CCD-матрица, Charge-Coupled Device). ПЗС-матрица состоит из светочувствительных фотодиодов (пикселей). При экспонировании каждый пиксель получает заряд тем выше, чем более интенсивен световой поток, попадающий на него. Преобразователь накопленные заряды пикселей переводит в числовые значения интенсивности потока, выраженной в относительных единицах. На выходе получается двумерный массив целых чисел, каждое число размерностью 2 байта.

Телескопы, оборудованные ПЗС-приемниками, управляются с помощью специализированных программных приложений (СПП). Таких СПП несколько, в зависимости от типа решаемых задач. Они не только управляют ходом экспонирования, но и позволяют обрабатывать инструментальные данные. Эти СПП создают fits-файл, в котором кроме непосредственно самого массива интенсивностей светового потока, записывается заголовок – набор характеристик с описанием

общих параметров снимка со своими значениями. В заголовке обязательно указывается время, дата, продолжительность экспозиции, и по возможности, остальные сопутствующие данные.

Однако, одного fits-файла на один объект не достаточно. Для последующей обработки инструментальных данных необходимо вычесть интенсивность фона и помех самого инструмента (шумы матрицы, инструментальные искажения изображений). Для этого делают экспонирование плоского поля. Одно, но чаще несколько, как правило, около 10, чтобы усреднить и сделать т.н. суперполе или суперфлэт. Делают экспонирование темного поля (dark) при закрытом затворе, закрывая также объектив телескопа крышкой, без посторонних источников света. Как правило, делается около 10 экспозиций для усреднения и создания суперполя или «супердарка», иногда несколько раз за ночь. Важно, чтобы dark-файлы делались с теми же экспозициями и температурами приемника излучения, что и во время измерений. При нулевых экспозициях и закрытом затворе получают, так называемые «байесы» – кадры, по которым определяется электронное смещение. Количество этих кадров необходимо не менее десяти, и из них также образуется суперполе или супербайес. Получение байесов необходимо при той же температуре камеры, при которой велись наблюдения, т.е. в течение сеанса наблюдения объекта.

Для фотометрических наблюдений необходимы эталоны интенсивностей. Для спектральных наблюдений – экспозиции стандартной звезды солнечного типа, стандартной горячей звезды с четкими линиями серии Бальмера, вращающейся звезды без линий (плоское поле спектра). Все названные спектры записываются периодически в течение ночи для учета влияния соответствующей наблюдением высоты атмосферы. Каждая вспомогательная экспозиция записывается в fits-файл. Таким образом, наблюдение одного объекта дает совокупность fits-файлов – темное поле, фон, сам объект и экспозиции для калибровки.

Любое наблюдение на телескопе сопровождается ведением журнала наблюдений. В нем для каждой экспозиции обязательно фиксируются следующие моменты: дата проведения наблюдений, время начала экспозиции, продолжительность экспозиции, направление телескопа (экуаториальные координаты центра), применяемые фильтры, имя наблюдателя и различные комментарии, которые наблюдатель считает нужным зафиксировать. Эти характеристики необходимы для последующей обработки наблюдательных данных. Раньше такой журнал велся на бумажном носителе. Теперь наряду с бумажным вариантом журнала автоматически составляется электронный вариант.

4 Обработка инструментальных данных

После получения наблюдательного материала переходят к его обработке. Этот процесс состоит из двух этапов: редукции данных и получения измеряемых параметров.

Редукция данных для всех типов наблюдений одинака: полученное изображение объекта необходимо поправить путем учета фона и помех, создаваемых аппаратурой. Но для наблюдений разных типов используются различные программы обработки:

- для астрометрии используется программный пакет Арех II [17], созданный в Пулковской обсерватории;
- для оценочной фотометрии используется тот же Арех II. Для высокоточной фотометрии используется комплекс программ, включающий платную программу MAXIM [6], а также программы фотометрии различных авторов. Высокоточная фотометрия каждого сеанса наблюдений представляет собой индивидуальную обработку и требует большого искусства;
- для спектрометрии используется пакет MIDAS (Munich Image Data Analysis System) [2, 19], адаптированный для Windows и названный DEICH [18], в котором предусмотрены все необходимые функции.

На вход указанным программам подаются fits-файлы плоского поля, темновые файлы, файлы байесов и изображения самого объекта. На выходе получается редуцированный fits-файл, готовый к измерениям.

Существуют и другие программные продукты для обработки сырого наблюдательного материала. Например, свободно распространяемый пакет IRAF [4], используемый в обсерваториях всего мира. IRAF позволяет легко оперировать изображениями, восстанавливать их, выполнять стандартную обработку ПЗС наблюдений. Он также включает пакет DAOPHOT [8] предназначенный для фотометрии звездных полей.

Дальнейшие действия зависят от типа проведенного наблюдения и, соответственно, от вида получаемых параметров. После проведения всех манипуляций на выходе будет файл данных (dat-файл) – текстовый файл формата ASCII, содержащий числовые значения, записанные построчно. Содержание и количество строк для каждого вида измерения будет свое.

Если проводились астрометрические наблюдения, то в dat-файле каждая строка будет нести информацию об отдельном объекте. В строке последовательно через пробел записываются имя объекта и его экваториальные координаты (прямое восхождение, склонение), дата и время наблюдения.

При фотометрических наблюдениях выходные данные – это кривая блеска, [14]. Строка dat-файла содержит величину яркости объекта и момент

времени, в который получено это значение. Время может быть выражено в секундах с долями, а может быть приведено к периоду вращения объекта, то есть к фазовому углу. Для получения достоверной информации о блеске и периоде вращения данные наблюдения приводятся к нулевому позиционному углу и стандартному расстоянию до наблюдателя – 1 а.е. Если наблюдения велись через фильтр, это отражается в заголовке fits-файла. В этом случае экспозиции плоского поля также проводятся через фильтр. Может быть посчитан блеск, усредненный по периоду. В этом случае мы имеем не файл, а один параметр – усредненный блеск. При хранении такой параметр необходимо сопровождать комментарием: где, кем, когда и как получена данная величина.

Итог спектральных измерений – спектр астероида [15]. Промежуточным результатом является dat-файл, в каждой строке которого содержится номер пикселя и соответствующая ему интенсивность светового потока. После привязки к калибровочным спектрам определяется зависимость интенсивности отраженного света от длины волн (спектр отражения астероида). Окончательный dat-файл содержит длины волн и соответствующие им редуцированные яркости.

5 Структурирование данных

Весь процесс от наблюдения до получения характеристик астероида генерирует данные, представленные в Таблице 2.

Как видно из Таблицы 2, все характеристики по формату данных делятся на три типа: fits-файлы, ASCII-файлы и числовые значения.

FITS (Flexible Image Transport System, гибкая система передачи изображений) – это формат файлов, используемый в науке для хранения, передачи и редактирования изображений и их метаданных. Метаданные изображения хранятся в удобочитаемом заголовке (шапке) формата ASCII. Заголовок fits-файла содержит ASCII-строки фиксированной длины в 80 символов. Каждая строка содержит ключ и его значение. Ключи хранят информацию о размере, происхождении, координатах, формате двоичных данных, комментариях в свободной форме, истории изменений данных и обо всём, что автор посчитал нужным указать. В дополнение к зарезервированным ключам, можно произвольным образом использовать незанятые названия ключей.

В нашем случае наблюдательные данные (экспозиции) хранятся в fits-файлах. Экспозиция может относиться непосредственно к объекту, к данным для проведения редукции, к отредуцированным файлам, к калибровочным данным. Назначение экспозиции отражается в заголовке файла. После того, как наблюдательные данные будут обработаны, fits-файлы, как правило, уже не нужны. Однако в редких случаях возникает необходимость заново измерить эти данные: либо сам автор засомневается в каких-нибудь

	данные	формат	комментарий
наблюдение	изображение объекта	файл fits-формата	Нужны для редукции, используются редко
	фон	файл fits-формата, в заголовке указание на фон	
	dark	файл fits-формата, в заголовке указание на dark	
	калибровочные данные	файл fits-формата, в заголовке указание имени объекта	
	параметры экспозиции	в заголовке fits-файла и журнале наблюдений	
редукция	редуцированное изображение	файл fits-формата, в заголовке фиксируется изменение изображения	Нужен для редукции, используется редко
измерение	координаты объекта	список: имя объекта - координаты	Для массового использования
	кривая блеска в фильтре	ASCII файл: дата - яркость	Используется автором, редко – другими астрономами
	кривая блеска в фильтре	ASCII файл: часть периода вращения - яркость	
	усредненный блеск в фильтре	Число от -5 до 25, комментарии (текст)	Для массового использования
	спектр	ASCII файл: пиксель - яркость	Промежуточный результат, хранить не нужно
	спектр	ASCII файл: длина волны - яркость	Для массового использования
определение характеристик	альбеда, масса, размер, орбита, вращение	Числовые значения и комментарии к ним (автор, метод и пр.)	Для массового использования

результатах, либо другой ученый захочет получить информацию с нуля. Это обуславливает хранение всех данных в определенной структуре хранения. Архитектуру хранения необходимо разработать.

Вспомогательные файлы можно использовать для редукции только того наблюдения, вместе с которым они проводились в течение одной ночи. Результаты каждого наблюдения хранятся в отдельной директории. Этим обуславливается связь fits-файлов между собой. Отличить основной, вспомогательный и редуцированный файл можно по значениям ключей в заголовке. Для этого необходимо посмотреть значения ключей. Назначение и дату наблюдения просто и удобно хранить в имени файла. Причем, имя должно начинаться с даты (дата приводится в формате ггммдд). Тем самым файлы наблюдений одной ночи в любых файловых менеджерах сгруппируются рядом, т.к. по умолчанию список выводится по алфавиту. Назначение файла можно обозначить соответствующими суффиксами: bias, flat, dark, и т.п.

ASCII-файлы – это измеренные данные. Один файл – один объект. Информация в них – это кривая блеска (представленная в виде функции «момент времени - яркость») или спектр (длина волны - яркость). Структурировать такие данные можно

также по имени файла, указав в имени название объекта и тип данных (magp – кривая блеска, sp – спектр). Каждому файлу необходим комментарий – текстовый файл в свободном формате. Имя файла относится к метаданным.

Остальные параметры – числовые. Каждому объекту соответствует определенный набор параметров. Причем, не каждый объект может иметь весь этот набор. Для организации хранения и доступа к такому виду информации лучше всего использовать реляционную БД. Уникальный ключ в этом случае – имя объекта (астероида или кометы).

Журнал наблюдений хранится в цифровом виде и параллельно в виде сканов страниц бумажного варианта.

6 Метаданные

На данном этапе пока не отработан единый подход к хранению информации, полученной различными приемниками излучения – фотопластинками и ПЗС-матрицами. Часть информации для двух видов архивов подобна, часть - отличается. Структуру метаданных для коллекции фотонегативов мы описали в [16]. В этой статье мы характеризуем современный материал и сравниваем его со старым архивом.

Для любой коллекции обязательна характеристика самой обсерватории (географическое положение, временная зона и пр.). Она позволяет оценить отправные моменты при проведении наблюдений. Эти данные важны при обработке изображения, главным образом, для определения координат звезд. Сюда же входит информация об инструментах: полная характеристика оптической системы телескопа (тип, фокус, апертура), приемника излучения (стекло / пленка / ПЗС-матрица, размеры), количественные и качественные характеристики коллекции наблюдательного материала и имя ответственного астронома.

Параметры экспозиций, проведенных на каждом конкретном инструменте, хранят журналы наблюдений телескопов. Это такие значения как дата, время, продолжительность экспозиции, а также комментарии. Все эти параметры обязательно используются при обработке отснятого материала, поэтому они дублируются и в заголовке fits-файла. Однако, заголовок fits-файла не идентичен журналу наблюдений. Он содержит более широкую и подробную информацию об экспозиции.

Метаданными являются и имена fits- и dat-файлов, поскольку там зашита такая информация, как имя объекта, дата наблюдения, содержимое (dark, плоское поле, сам объект, спектр / кривая блеска), автор.

Получается следующая иерархия метаданных: заголовок fits-файла и имя файла - это метаданные для одной экспозиции, журнал наблюдений - метаданные для коллекции одного инструмента, характеристика обсерватории - метаданные для всех коллекций.

7 Заключение

Итак, на ЗО создается архив наблюдений астероидов на телескопах ИНАСАН. Архив интенсивно пополняется новыми ПЗС наблюдениями и включает коллекцию сканов старых стеклянных негативов. Задачи на будущее: организовать семантическую библиотеку, чтобы исследователь мог получить полный набор информации для выбранных астероидов. Это позволит объединить наши данные с данными об астероидах из сетевых источников - JPL [5], архива физических характеристик Г. Хана [1] и других. Другая задача – организация хранения и доступа как к современным ПЗС наблюдениям астероидов и комет, так и к архивной коллекции фотографических наблюдений на ЗО.

Наблюдательные данные и промежуточные результаты необходимо хранить в fits-формате с наиболее полной информацией в заголовке fits-файла. В составные имена таких файлов необходимо включить дату проведения наблюдения и назначение файла (сам объект наблюдения, темновое поле, фон).

Описание современных данных наблюдений, проводимых сотрудниками ЗО, представлено в

данной статье. Возникает вопрос о том, как применяются полученные данные. Для этого мы привели Таблицу 3. В ней указаны те параметры, которые нам удалось получить по данным наблюдений. На примере Таблицы 3 видим, что в финале получены периоды вращения и таксономические классы для тринадцати астероидов. Эти результаты переданы в общедоступные БД, упоминавшиеся выше. С другой стороны, для изучения этих астероидов необходимы дополнительные характеристики их орбит в пространстве, физических свойств и характеристик астероидов. Для этого не избежать получения дополнительных данных. Их мы берем из внешних БД уже упоминавшихся выше, [1, 3, 5, 7].

Таблица 3. Некоторые фотометрические результаты, полученные на ЗО

№ п.п.	Объекты	Группа	Определенный или уточненный период вращения астероида	Таксономия
1	105106 (2000 LS14)	MC		
3	138524 (2000 OJ8)	Amor, PHA	2.81±0.03h	Sr
4	141018 (2001 WC47)	Amor	8.45±0.02h	
5	153349 (2001 PJ9)	Apollo	20.07±0.05	R
6	153958 (2002 AM31)	Apollo	2.752±0.005h	S
7	15700 (1987 QD)	MC	3.062±0.005h	S
8	160092 (2000 PL6)	MC	3.015±0.003h	P
9	175114 (2004 QQ)	Apollo	8.956±0.005h	S
10	1981 Midas (1973 EA)	Apollo		V
11	326732 (2003 HB6)	Amor	9.42±0.02h	Q
12	274138 (2008 FU6)	Apollo	3.351±0.003h	P
13	(2010 CD197)	MC		P
14	(2011 WV134)	Apollo, PHA	10.21±0.03h	X
15	(2011J R13)	Apollo, PHA	4.01±0.02h	S
16	(2013 TV135)	Apollo, PHA		P
17	(2014 EZ48)	Apollo	5.84±0.03h	C
18	23575 (1995 BE2)	MB		S

Другой тип - архивные данные фотографических наблюдений – это сканы фотопластинок в форматах fits, tiff и для быстрого обозрения – jpg. В БД они хранятся в виде изображений, а метаданные для них содержатся в журнале наблюдений. Журнал наблюдений создан на бумажном носителе. Та информация, которую можно систематизировать, переведена в электронный формат и размещена в ASCII-таблице. Каждая строка этой таблицы содержит параметры одной экспозиции. Комментарии наблюдателя, сопровождающие каждую экспозицию, содержат множество дополнительной информации, которую систематизировать не представляется возможным. Поэтому журнал наблюдений отсканирован. Наш архив упорядочен в соответствии с форматами данных международной БД WFPDB [10]. Этот формат отличается от формата представления новых ПЗС наблюдений. Формат хранения объединенных старых и новых данных предстоит разработать.

Те пользователи, которые захотят познакомиться с коллекцией Обсерватории сейчас, могут воспользоваться простой поисковой системой, размещенной на сайте ИНАСАН [20]. На сайте есть предварительный просмотр негативов из нашей коллекции. Файлы же высокого разрешения хранятся на обсерватории и могут быть предоставлены по запросу.

О применении архивных данных. Они позволяют переопределить ранее полученные результаты, данные об астероидах, с помощью современных программ обработки изображений. Такая обработка может дать более точные определения координат и звездных величин. Сканы из архива позволяют провести поиск новых, ранее не обнаруженных, объектов (переменных звезд, новых и сверхновых, астероидов, спутников планет). Изображения из архива вполне позволяют проводить научную обработку, поскольку на них имеются и фон и звезды сравнения.

Об организации данных. Предстоит сделать выбор как организовывать БД. Можно иметь набор ASCII-файлов и написанные нами управляющие программы. А можно использовать какую-нибудь известную СУБД. В этом случае ASCII-файлы нужны только один раз, чтобы загрузить данные в СУБД, т.е. как промежуточный результат. Пополняться БД должна доступными данными из сети в виде соответствующих колонок. Пока не видно способа подключения этих данных, кроме как вручную. Кроме того, необходим регулярный мониторинг появления новых данных в этих БД. Связь наблюдательных данных с измеренными и вычисленными необходимо осуществлять через ключ – имя астероида (это уникальный параметр). Одному объекту при этом соответствует как набор параметров, так и набор файлов, каждый из которых снабжен своими метаданными.

Предполагаем, что измеренные и вычисленные параметры можно организовать в виде реляционной БД, создав необходимые таблицы. На начальном

этапе необходимо понять перечень и формат хранимых данных. В первую очередь, это координаты в экваториальной системе координат (выражены в градусах). Звездные величины в фотометрической системе наблюдений, спектры в разных диапазонах. Вычисленные – масса (в тоннах), размеры астероида (в км), параметры орбиты (эксцентриситет, полуоси), химический состав и другие.

Поскольку для одного объекта все параметры, как правило, не известны, то формировать БД одной таблицей не целесообразно. Самая большая и полная по списочному составу будет таблица, содержащая имя астероида или кометы, координаты на определенную дату и блеск. Другие данные известны лишь для малого числа объектов, поэтому остальные значения логично хранить каждый в своей таблице. Эффективность разбивки на таблицы состоит в экономии памяти, чтобы не хранить пустые данные. Отдельно необходимо формировать таблицу со списком астрономов, получающих наблюдательный материал, а каждый параметр снабжать ссылкой на автора.

Для подключения fits-файлов к БД лучше всего создать таблицу, содержащую имя, назначение файла (фон, dark, сам объект и пр.), дату наблюдений, и по этим трем значениям формировать имя соответствующего файла. Для доступа к dat-файлам достаточно иметь таблицу с именем объекта, типом данных (спектр, кривая блеска и пр.) и их автором и соответственно формировать имя файла.

Остается открытым вопрос о том, как объединить архивные данные фотонаблюдений и данные современных ПЗС-наблюдений. Удобно использовать общие моменты – единый fits-формат, наличие журналов наблюдений. Важно их связать с помощью единого указателя.

Практически все обсерватории имеют похожие проблемы. На многих созданы интерфейсы и пакеты для представления оцифрованных данных. Например, читателям будет интересно посмотреть систему для работы с архивами фотографических наблюдений APPLAUSE Института Астрофизики (AIP, Потсдам, Германия) [12].

Литература

- [1] European asteroid research node. An on-line database of Physical and Dynamical properties NEOs: <http://earn.dlr.de/>
- [2] European Southern Observatory, ESO-MIDAS releasy: <http://www.eso.org/esomidas>
- [3] IAU Minor Planet Center Smithsonian Astrophysical Observatory <http://www.minorplanetcenter.net/>
- [4] IRAF homepage <http://iraf.noao.edu>
- [5] Jet Propulsion Laboratory (JPL). Small-Body Database Browser <http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=433>

- [6] MaxIm DL Shopping Cart
http://www.cyanogen.com/maximdl_buy.php
- [7] Strasbourg astronomical Data Center (CDS)
<http://cdsweb.u-strasbg.fr/>
- [8] Tody D., in "Astronomical Data Analysis Software and Systems II", PASP Conf. Series, v.52, p.173, 1993.
- [9] S. V. Vereshchagin, N. V. Chupina. Digital archive of the astrograph plates stored at the INASAN Zvenigorod observatory, Baltic Astronomy, 2012, V.21, P. 366-370.
- [10] WIDE-FIELD PLATE DATABASE (WFPDB):
<http://www.skyarchive.org/>
- [11] Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра. Ред. Б.М. Шустов, Л.В.Рыхлова – М., Физматлит, 2010.
- [12] Архивы фотографических наблюдений APPLAUSE Института Астрофизики (AIP), Потсдам, Германия:
<https://www.plate-archive.org/applause/>
- [13] Баканас Е.С., Барабанов С.И., Крючков С.В., Николенко И.В. Уточнение физических характеристик астероидов 153349 (2001 PJ9) и 361071 (2006 AO4) по наблюдениям в Симеизе в 2013 г. // Экологический вестник научных центров ЧЭС. 2013. №4. т.3. с.33-375.
- [14] Барабанов С.И., Баканас Е.С. Результаты фотометрических наблюдений астероида 68348 // Вестник СибГАУ. 2011. Выпуск 6(39). С.137-140.
- [15] Бусарев В. В. Особенности спектральных характеристик Европы, Ганимеда и Каллисто // Астрономический вестник. 2014. Т. 48. №1. С.50-63.
- [16] Верещагин С.В., Чупина Н.В. Архивы Звенигородской астрономической обсерватории. «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции», XVI Всероссийская научная конференция RCDL-2014, 13-16 октября, 2014, Дубна, Россия, труды конференции, сост. Л.А. Калмыкова, М.Р. Когаловский, Дубна: ОИЯИ, 2014, с.411- 415
- [17] Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Куприянов В.В., Верещагина И.А. "Программные пакеты "Апекс I" и "Апекс II" для обработки астрономических ПЗС-наблюдений" // Астрон. вестник 2009, т.43, №6, с.1-14.
- [18] Ильин В. Б., Желенкова О. П. Структуры данных и программирование в MIDAS: Учебное пособие для студентов астрономических отделений университетов. -СПб.: ВВМ, 2006.
- [19] Князев А.Ю., Стандартная система редукции астрономических данных MIDAS, препринт САО РАН, 1999
- [20] Сканирование фотопластинок на Звенигородской обсерватории ИНАСАН
<http://www.inasan.ru/rus/scan/>
- [21] Циркуляры Центра малых планет 2014 . (14 номеров): №№ MPS 511244, MPS 511315, MPS511322, MPS 512435, MPS 525767, MPS 525986, MPS 526068, MPS 526069, MPS 526535, MPS 526628, MPS 526703, MPS 530801, MPS 531828, MPS 533153 // The Minor Planet Circulars/minor Planets And Comets Supplement //Minor Planet Center, Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, MA 02138, U.S.A.
- [22] Экспертная рабочая группа по космическим угрозам, ИНАСАН
http://www.inasan.ru/rus/asteroid_hazard/

The Collection of Asteroids and Comets Observation Results from the Zvenigorod Astronomical Observatory

Barabanov S.I., Vereshchagin S.V. and Chupina N.V.

The description of electronic resources on asteroids and comets of the Zvenigorod observatory of Institute of astronomy of the Russian Academy of Sciences is given. The intensive flow of input data determines the solution of issues of storage and techniques for transition to output catalogs. An important aspect – looking for necessary additional parameters of asteroids and comets, their orbits and physical characteristics. In general the electronic collection of observation by scanning of the photographic plates received at the Zvenigorod observatory is used and is filled up now by modern observations. The structure of resources, information and metadata, instructions for use are given. The place of data of the Zvenigorod astronomical observatory in the world information resources is designated. The useful information is provided for both professionals astronomers, employees of schools, planetarium and fans of astronomy.