

Международная виртуальная обсерватория

О.Б. ДЛУЖНЕВСКАЯ,
кандидат физико-математических наук
С.Г. СИЧЕВСКИЙ
Институт астрономии РАН

В связи со значительными достижениями в наблюдательных, регистрирующих и вычислительных технологиях астрономия в конце XX в. столкнулась с лавинообразным увеличением количества получаемых данных. Для решения многих астрофизических задач накопленного сейчас наблюдательного материала

уже достаточно, но этими данными нужно суметь воспользоваться. Многие астрономические каталоги становятся взаимосвязанными, результаты анализа данных оказываются столь же богатыми, как и полученные с действующих телескопов. Технологические достижения фундаментально изменяют

характер астрономических исследований – в частности, заметно облегчают работу коллективов, “распределенных” по учреждениям мира, и позволяют уравновесить возможности исследователей в крупных и небольших обсерваториях и астрономов-любителей.

ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

За прошедшие годы концепция виртуальной обсерватории, призванной удовлетворять существующим требованиям к управлению данными, их анализу и распространению приобрела широкую популярность (Земля и Вселенная, 2004, № 2).

Виртуальная обсерватория – это система, в которой распределенные по всему миру гигантские

астрономические архивы и базы данных (вместе с инструментами анализа и вычислительным сервисом) интегрированы в единую среду. Современная астрономия стоит у границ новых открытий; возможности для их возникновения и развития предоставляют современные информационные технологии, а также политическая и техническая международная кооперация. Необходимо

отметить, что виртуальная обсерватория является эффективным инструментом “демократизации” астрономии, поскольку даже небольшие научные (а также образовательные астрономические учреждения) получают, по существу, те же возможности для проведения научных исследований на современном наблюдательном материале, что и ведущие астрономические организации мира.

В традиционном подходе к научной деятельности львиная доля времени и усилий исследователя затрачивается на разнообразные низкоуровневые операции: конвертацию форматов, редукцию данных и их подготовку к научному анализу; на поиск информации, написание сценариев автоматизированной обработки данных для многократных операций и другие действия. Их повторное использование зачастую ограничено или вовсе не представляется возможным. При этом собственно интеллектуальные усилия – анализ и интерпретация подготовленного научного материала, имеющие решающее значение во всем процессе получения научного результата, – занимают несравнимо меньшее время.

Назначение виртуальной обсерватории в широком смысле заключается в разделении творческого, интеллектуального, “высокоуровневого” процесса от “низкоуровневых” технических операций, которые должны либо происходить прозрачно (незаметно) для исследователя, либо быть максимально пригодными для повторного использования в ходе работы над последующими научными задачами. Таким образом, на первое место выходит получение “абстрагированных” от конкретных инструментов и наблюдателей данных, “готовых” к научной обработке; существование сервисов



Эмблемы организаций–членов альянса “Международная виртуальная обсерватория”.

для доступа к ним и широкий набор соглашений (форматов, стандартов, образцов) для рутинных операций. Всем этим условиям в той или иной степени удовлетворяет виртуальная обсерватория. В ее успешном развитии уже заложены новые возможности для проведения эффективных научных исследований без “низкоуровневой” составляющей.

АЛЛЯНС
МЕЖДУНАРОДНЫХ
ВИРТУАЛЬНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ

Проект “Международная виртуальная обсерватория” стартовал около 10 лет назад, а к настоящему времени в мире функционируют более 20 национальных и международных проектов виртуальных обсерваторий. Цель каждого: вооружить астрономов мощными механизмами современного

исследования наблюдательных данных. Механизмами, которые могут быть использованы и нашими коллегами из смежных областей наук.

Для разработки, внедрения и поддержания набора единых стандартов и технологий, необходимых для успешного функционирования виртуальной обсерватории, был создан альянс “Международная виртуальная обсерватория” – союз национальных обсерваторий, призванный координировать их деятельность по стандартизации описания, поиска, доступа к данным и их опубликованию.

Одним из основателей и активным участником альянса является Российская виртуальная обсерватория (РВО), созданная по инициативе Института астрономии РАН и Специальной астрофизической

обсерватории РАН с целью обеспечения – в первую очередь, для российских астрономов – доступа к обширным международным ресурсам астрономических данных, а также объединения российских астрономических информационных ресурсов для дальнейшей интеграции в Международную виртуальную обсерваторию.

Актуальность создания РВО продиктована, в первую очередь, тем, что с распадом СССР российская астрономия практически лишилась инструментальной базы – обсерваторий на юге страны. Весьма затруднена (или вовсе оказалась невозможной) научная работа в Абастуманской астрофизической обсерватории в Грузии, Шемахинской обсерватории в Азербайджане, Майда-накской – в Узбекистане. Закрыты наблюдательная станция Санкт-Петербургского университета в Бюракане и станция Шорбулак Главной астрономической обсерватории на Памире. Оставшаяся в России, на Северном Кавказе, CAO РАН не в состоянии полностью обеспечить наблюдательные потребности всех астрономических учреждений. Оптимальным выходом из сложившейся ситуации представляется интеграция российского астрономического сообщества в мировую информационную сеть астрономических данных – прежде всего, в европейские

и американские наблюдательные архивы.

Вклад РВО в процесс интеграции мировых астрономических ресурсов уже весьма значителен. В России действуют около 30 астрономических институтов и организаций, многие из которых располагают обширными архивами данных в электронном виде и сотрудничают с другими членами альянса в работе по созданию Международной виртуальной обсерватории. Одно из преимуществ использования российских астрономических данных – возможность создания объединенных (с данными обсерваторий других стран) продолжительных рядов наблюдений. Это обусловлено тем, что многие обсерватории в нашей стране (она, как известно, расположена в 9-ти часовых поясах по долготе и простирается почти до 40-й параллели по широте) находятся на противоположной стороне земного шара относительно места расположения большинства крупных мировых обсерваторий. Это обстоятельство позволяет российским обсерваториям вести наблюдения в те часы, когда большинство крупных обсерваторий мира находятся на дневной, освещенной стороне земного шара.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВЕЗД И МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ

Виртуальная обсерватория может служить успешным инструментом

для проводимых в Институте астрономии РАН работ по исследованию звезд и построению карты межзвездного поглощения.

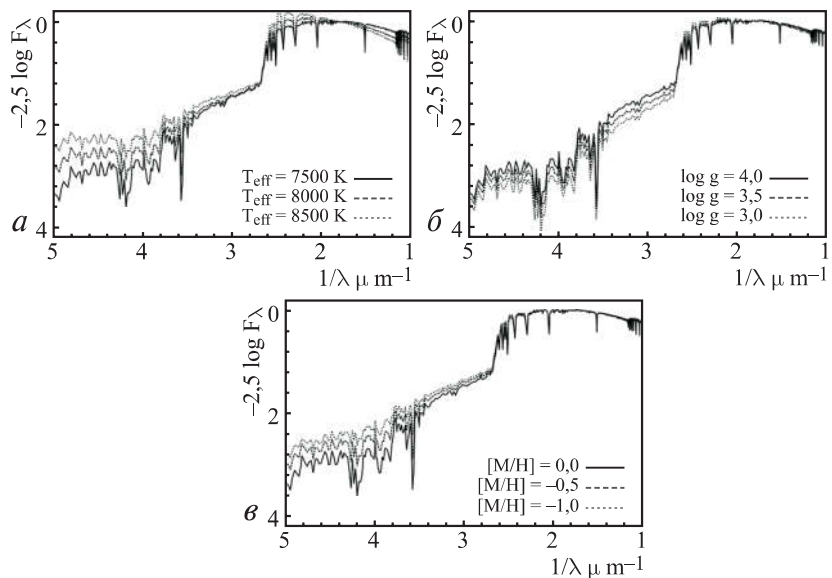
Изучение строения и эволюции нашей Галактики невозможно без знания основных характеристик ее звездной составляющей. Расчеты в рамках теории строения звезд и их эволюции позволяют вычислять значения физических характеристик звезды для любого момента времени, а теория звездных атмосфер позволяет связывать между собой физические и наблюдательные характеристики звезды. Это создает основу для разработки способов определения физических параметров звезды (радиуса, массы, светимости) по ее атмосферным параметрам (температуре, поверхностному ускорению, химическому составу), которые, как правило, получают, анализируя ее спектр. Однако задача осложняется наличием межзвездной среды, которая ослабляет свет звезд и искажает распределение энергии в их спектре. Следовательно, определение характеристик звезд и межзвездного поглощения – задачи взаимосвязанные.

Современные фотометрические каталоги (такие, как 2MASS, GALEX, SDSS, UKIDSS) предоставляют результаты наблюдений миллионов объектов и неявным образом содержат

информацию о характеристиках звезд и межзвездной среды. Однако для одновременного использования всей доступной информации необходимо провести отождествление одних и тех же объектов в разных каталогах. Такие работы астрономы начали проводить почти сразу после появления цифровых фотометрических каталогов, пригодных для обработки на ЭВМ. Результаты отождествления объектов в разных каталогах – ценный источник данных для решения целого ряда задач; поэтому разные коллективы, работающие в рамках виртуальной обсерватории, разработали ряд специальных программных комплексов, в том числе и российские – CATS (CAO РАН) и SAI CAS Crossmatch (ГАИШ МГУ), преимущественно ориентированные на радиоастрономические и обзорные каталоги.

Большой научный интерес представляет исследование возможности определения физических условий в атмосфере звезды по широкополосным фотометрическим наблюдениям – именно результаты таких наблюдений для миллионов объектов содержатся в современных цифровых каталогах.

Расчеты в рамках теории звездных атмосфер позволяют определить, как меняется распределение энергии в спектре звезды в зависимости от физических условий



Графики распределения энергии в спектре звезды для разных значений характеристик ее атмосферы: а – значения эффективной температуры; б – значения поверхностного ускорения; в – значения металличности. На графике (а) показаны три случая распределения энергии в спектре звезды, соответствующие трем различным значениям T_{eff} .

в ее атмосфере. Видно, что, в отличие от температуры, изменение давления (поверхностного ускорения) и металличности (отношения содержания тяжелых элементов к водороду) не приводят к заметным изменениям в спектре; однако они существуют и проявляются в виде перераспределения потоков энергии между разными полосами фотометрической системы. Это дает основание полагать, что физические условия в атмосфере звезды могут быть определены по результатам широкополосных фотометрических наблюдений (при условии их высокой точности).

Используя возможности и средства виртуальной обсерватории, были

измерены наиболее вероятные спектральные классы звезд на основе результатов их широкополосных фотометрических наблюдений. (Использовалась одна из самых высокоточных фотометрических систем – WBVR – Каталога ярких звезд северного неба.) Предложен способ определения наиболее вероятного спектрального класса звезд и оценки избытка их цвета и расстояний.

Далее, на основе многополосной фотометрии, взятой из современных каталогов 2MASS, SDSS и GALEX, проанализирована возможность одновременного определения температуры звезд, их поверхностного ускорения и химического состава, а также полного

поглощения света и его отношения к селективному поглощению. Кроме того, основываясь на характерной точности фотометрических данных используемых каталогов, оценена точность определяемых величин. Показано, что (при достигнутой в используемых каталогах точности) определение атмосферных характеристик звезд и межзвездной среды на основе широкополосной фотометрии возможно, но неопределенность значения температуры и межзвездного поглощения составляет не менее 300 K и $0,25^m$.

Наконец, с использованием спектроскопических данных, представленных в обзоре LAMOST, были определены радиусы, массы и светимости

782 020 звезд спектральных классов A, F, G и K. Определение характеристик звезд выполнено с использованием результатов современных расчетов моделей внутреннего строения звезды и ее эволюции, описывающих звезды с начальной массой от $0,8 M_{\odot}$ до $120 M_{\odot}$ разных химических составов.

Полученные оценки фундаментальных характеристик почти миллиона звезд стали важным исходным материалом для решения одной из важнейших задач астрономии – определения для различных направлений на небе зависимости межзвездного поглощения от расстояния.

Традиционная парадигма открытий астрономических объектов под-

разумеает изобретение, создание и использование новых телескопов и наблюдательных методов. Виртуальная обсерватория позволяет видоизменить эту концепцию, поскольку для новых открытий используются существующие данные из архивов и каталогов. Трудность подобного подхода заключается в том, что объем публикуемых данных начинает существенно превосходить возможность их обработки любыми стандартными методами.

Системы автоматического поиска и анализа имеющихся в “публичном пространстве данных”, которые предоставляет виртуальная обсерватория, могут стать единственным выходом из сложившейся ситуации.

Информация

Как образовалась наша Галактика?

Астрономы из Японии, Южной Африки и Италии, проводившие наблюдения на 11-м Большом южноафриканском телескопе в Сатерленде (ЮАР) обнаружили, что в огромной области вокруг центра нашей Галактики нет молодых звезд. Этот неожиданный результат может привести к пересмотру взглядов на эволюцию Млечного Пути. Вопрос о том, как она образовалась и развивалась – один из главных. Основным

источником информации об этом, помимо химического состава звезд, служит измерение их пространственного распределения. Наиболее удобны для таких измерений пульсирующие звезды – цефеиды; у них обнаружена довольно точная зависимость между периодом пульсаций и светимостью. Это позволяет астрономам вычислить светимость, сравнив ее с наблюдаемой, определить расстояние до звезды. За это цефеиды прозваны “маяками Вселенной”.

Ученые искали во внутренней области Млечного Пути классические цефеиды, представляющие собой молодые звезды возрастом 10–300 млн лет. Это – довольно сложная задача,

поскольку Галактика полна межзвездной пыли, которая мешает увидеть многие звезды и влияет на их светимость. Оказалось, что в радиусе 8 тыс. св. лет вокруг центра Галактики нет ни одной цефеиды. Исключение составляет небольшая область в самом центре Галактики радиусом 150 св. лет, где ранее обнаружены четыре цефеиды. Если в этом огромном регионе внутреннего диска Галактики нет молодых звезд – значит, на протяжении сотен миллионов лет там не было никакого существенного звездообразования.

журнал “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”,
22 июня 2016 г.