

Международная виртуальная обсерватория: текущее состояние дел и итоги обсуждения на XXV генеральной ассамблее Международного астрономического союза*

© О.Ю.Малков, О.Б.Длужневская, А.А.Кильпио, Е.Ю.Кильпио

Институт астрономии РАН
malkov@inasan.ru

Аннотация

Международная виртуальная обсерватория (МВО) – это система, в которой гигантские астрономические архивы и базы данных, распределенные по всему миру, вместе с инструментами анализа данных и вычислительным сервисом интегрированы в единую среду. МВО объединяет региональные и национальные проекты виртуальных обсерваторий (ВО). В статье описываются основные цели и текущее состояние дел альянса «Международная виртуальная обсерватория» – инструмента для координации всех значительных проектов по созданию виртуальных обсерваторий. Важным участником альянса является Российская виртуальная обсерватория – один из международных престижных проектов, курируемых Российской академией наук. Обсуждению современных достижений и планов на будущее был посвящен ряд мероприятий XXV генеральной ассамблеи Международного астрономического союза (июль 2003 года).

1 Введение

В последнее время в связи со значительными достижениями в наблюдательных, регистрирующих и вычислительных технологиях астрономия столкнулась с лавинообразным увеличением количества наблюдательных данных. Эти наборы данных покрывают небо в различных диапазонах длин волн, от гамма- и рентгеновского диапазона, через ультрафиолетовый, оптический и инфракрасный, до радио диапазона. Через несколько лет станет существенно проще загрузить

на компьютер оцифрованный участок неба, чем месяцами ожидать доступа к телескопу, а для решения большинства астрофизических задач даже сейчас накопленного наблюдательного материала уже достаточно. С учетом появления недорогих технологий хранения данных и наличия высокоскоростных сетей, концепция мульти-терабайтных, бесшовных интероперабельных он-лайн баз данных уже не является надуманной. Все большее и большее количество астрономических каталогов становятся взаимосвязанными, поисковые машины все более и более усложняются, а результаты исследований он-лайн данных становятся столь же богатыми, как и для данных, полученных с «реальных» телескопов. Новые, предназначенные для обзоров, телескопы, планируемые в настоящее время, будут поставлять изображение всего неба за несколько дней и производить, таким образом, данные в объемах, измеряемых в петабайтах. Эти технологические достижения фундаментально изменяют характер астрономических исследований, а эти изменения радикально повлияют на социологию самой астрономии.

За последние 3 года появилась и стремительно завоевала популярность концепция виртуальной обсерватории (ВО), призванная удовлетворить существующим требованиям к управлению данными, их анализу и распространению. ВО – это система, в которой распределенные по всему миру гигантские астрономические архивы и базы данных интегрированы в единую среду вместе с инструментами анализа данных и вычислительным сервисом. Современная астрономия стоит у границ новых открытий, возможности которых предоставляются современными информационными технологиями, а также политической и технической международной кооперацией.

2 Альянс «Международная виртуальная обсерватория» (International Virtual Observatory Alliance, IVOA).

В 2001-2002 годах три ведущих международных проекта по развитию и реализации современных

Труды 5^{ой} Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» - RCDL2003, Санкт-Петербург, Россия, 2003.

подходов к использованию астрономических данных и созданию виртуальной обсерватории (ВО) получили финансирование и начали реализовываться. Это были проекты Astrogrid, Астрофизическая виртуальная обсерватория и Национальная виртуальная обсерватория (соответственно, Соединенное Королевство, Европа и США). Общий уровень финансирования проектов составил около 20 миллионов долларов США на первые 3-5 лет. Размах этих усилий не лимитируется национальными границами, но покрывает широкий диапазон космических и наземных инструментов, используемых международным астрономическим сообществом. Цель каждого проекта – вооружить астрономов мощными механизмами современного исследования наблюдательных данных, механизмами, которые могут быть использованы и нашими коллегами из смежных наук. Кроме того, каждый ВО проект ставит и решает проблему недостаточного использования научного потенциала, заложенного в современных и будущих репозиториях астрономических данных. Количество ВО проектов продолжает расти, поскольку все большее число национальных астрономических сообществ сталкивается с описанными проблемами. Каждый проект сталкивается с одними и теми же задачами и ищет оптимального доступа к одним и тем же данным. Следовательно, у астрономического сообщества возникла необходимость определить общие цели и найти совместные пути для создания виртуальной обсерватории с глобальными возможностями.

Для того, чтобы Международная виртуальная обсерватория (МВО) стала реальностью, необходимо определить ее задачи и шаги, требующиеся для их достижения, как координируемые международные усилия. Каждый из существующих национальных проектов имеет собственные научные и технологические задачи. В то время как это разнообразие представляется достаточно благотворным для успеха МВО, существуют также некоторые общие элементы, которые необходимо согласовывать для эффективного конструирования МВО. Большинство таких общих элементов связано со стандартами данных и интерфейсов. Другой вид общих (или используемых совместно) элементов – это пакеты программ и библиотеки исходных текстов. Другой пример целесообразности международного сотрудничества – проблемы безопасности, финансирование, другие политические вопросы. Достаточно рано на пути создания МВО должны быть решены вопросы стандартов интероперабельности используемых источников данных. Чрезвычайно целесообразными для приобретения доверия широких слоев астрономического сообщества представляются демонстрации новых возможностей виртуальных обсерваторий на различных уровнях сложности. Необходимо предоставить возможности для

открытого обмена информацией и опытом между различными ВО проектами. Следовательно, требуется разработать «прозрачный» для сообщества путь к созданию МВО. Некоторые цели на этом пути уже достигнуты, другие будут достигнуты в ближайшем будущем.

ВО сообщество, таким образом, потребовало механизм для облегчения международного сотрудничества в деле достижения общих целей. Таким механизмом явился альянс «Международная виртуальная обсерватория» [1].

Идея объединить усилия национальных проектов и создать МВО обсуждалась на XXIV генеральной ассамблее Международного астрономического союза (Манчестер, август 2000), а первый международный диалог по проблемам интероперабельности произошел на конференции в Страсбурге (январь 2002). Альянс МВО был сформирован в июне того же года на конференции по виртуальным обсерваториям (Гаршинг).

Альянс включает в себя представителей всех финансируемых ВО проектов, которые встречаются и общаются на регулярной основе для согласования решений по общим проблемам и достижения консенсуса при выработке общего базиса, без чего МВО не сможет функционировать. В настоящее время (август 2003) в альянсе участвуют следующие проекты:

- Astrogrid (VO United Kingdom)
- Aus-VO (Australian Virtual Observatory)
- AVO (Astrophysical Virtual Observatory)
- China-VO (Chinese Virtual Observatory)
- CVO (Canadian Virtual Observatory)
- DRACO (Virtual Observatory - Italy)
- GAVO (German Astrophysical Virtual Observatory)
- JVO (Japanese Virtual Observatory)
- KVO (Korean Virtual Observatory)
- NVO (US National Virtual Observatory)
- RVO (Russian Virtual Observatory)
- VO-France (French Virtual Observatory)
- VO India (Virtual Observatory - India)

Основная миссия альянса МВО – облегчить международную координацию и сотрудничество, необходимые для развития и использования инструментов, систем и организационных структур, требующихся для полноценного использования астрономических архивов, интегрированных в виртуальную обсерваторию.

Координированные сеансы научной демонстрации работы членов альянса состоялись в январе 2003 года в Сиэттле (там же обсуждалось соглашение о первичном наборе стандартов и инструментов интероперабельности) и в июле 2003 года в Сиднее (на XXV генеральной ассамблее Международного астрономического союза). Сеансы включали демонстрацию доступа к распределенным по разным странам альянса астрономическим данным и обмен между архивами. Последующие демонстрации (запланированные на январь 2004 и

январь 2005) будут включать новые технологии хранения данных и grid-вычисления.

Таким образом, 13 проектов, финансируемых национальными или международными программами, работают в альянсе МВО, делятся опытом и разрабатывают общие стандарты и инфраструктуру для работы с астрономическими данными. Ниже мы даем краткие описания партнеров по альянсу «Международная виртуальная обсерватория», перечисляем их основные цели и вклад в МВО.

2.1 Astrogrid, VO United Kingdom

Проект Astrogrid [2] представляет собой консорциум из семи университетов и лабораторий Соединенного Королевства и включает около 25 научных сотрудников и разработчиков. Проект получил финансирование на уровне 3,7 миллионов фунтов стерлингов на 4 года (2001-2004). Astrogrid также является партнером в европейском проекте «Астрофизическая виртуальная обсерватория» и отвечает в АВО за grid-технологии.

Цель проекта – добиться осуществления астрономических исследований более быстрыми, эффективными и экономичными путями с помощью стандартизации интерфейсов доступа к данным и процесса анализа данных. Astrogrid позволит пользователям опрашивать центры данных в бесшовном и прозрачном режиме. Это осуществляется за счет стандартизации данных и метаданных, стандартизации методов обмена данными, создания и использования т.н. регистра источников астрономической информации, создания инструментов работы с потоками данных. Одновременно Astrogrid является консорциумом центров данных и, таким образом, представляет собой фонд существующих и планируемых ключевых ресурсов и баз данных.

2.2 Aus-VO, Australian Virtual Observatory

Австралийская виртуальная обсерватория [3] включает в себя четыре организации и финансируется Австралийским исследовательским советом. Цель проекта – создать среду, связывающую архивы всех австралийских телескопов и взаимодействующую с другими ВО-проектами.

Обсерватории хранят наблюдательные данные в различных форматах, но в соответствии с концепцией ВО данные должны быть описаны и предоставлены для пользования в некотором общем, одинаковом для всех формате. Такой стандарт, принятый альянсом МВО в 2002 году, называется VOTable и служит для описания и передачи широкого диапазона астрономических данных. Вклад австралийской виртуальной обсерватории в разработку VOTable заключался в создании необходимых определений для т.н. системы мировых координат.

Ключевыми компонентами проекта являются наблюдательные данные и результаты крупномасштабных теоретических моделирований. В рамках проекта также планируется способствовать развитию австралийской компьютерной и сетевой инфраструктуры. Работа ВО базируется на региональном распределении данных, средств хранения и компьютерных узлов; на экспертизе и выполнении запросов к данным или результатам обработки данных. Grid-вычисления представляют собой механизм совместной эксплуатации удаленных, но мощных ресурсов большим количеством пользователей. Австралия также имеет значительный опыт в визуализации данных.

2.3 AVO, Astrophysical Virtual Observatory

Европейский проект Астрофизическая виртуальная обсерватория [4] совместно финансируется по программе FP5 Европейской Комиссии и шестью европейскими организациями на уровне 5 миллионов евро на 3 года. Внимание первой фазы проекта фокусируется на детальном описании научных требований для ВО, интероперабельности архивов данных, а также Grid-технологии и технологии баз данных, необходимых для создания ВО.

В рамках проекта обсуждаются различные проблемы современной астрономии, для которых необходимо осуществлять поиск нужной информации в больших рядах наблюдений, произведенных в различных спектральных диапазонах и распределенных по различным центрам данных. Другой задачей проекта является анализ, сбор и структурирование результатов обработки данных и их визуализация.

2.4 China-VO, Chinese Virtual Observatory

Проект создания Китайской виртуальной обсерватории [5] инициирован Национальной астрономической обсерваторией Китая и Обсерваторией спектроскопического телескопа LAMOST. Функционируя в качестве связующего звена между альянсом МВО и китайским астрономическим сообществом, КВО позволяет астрономам Китая пользоваться последними достижениями и открытиями международного астрономического сообщества, а также предоставляет китайские астрономические ресурсы для совместного использования с коллегами во всем мире.

LAMOST в настоящее время является единственным крупным астрономическим проектом в Китае и сможет, после запуска в 2006 году, производить данные со скоростью десятки тысяч спектров за ночь, играя, таким образом, лидирующую роль в спектроскопии. В рамках проекта будут решаться вопросы автоматической обработки большого объема спектральных данных и интероперабельности наблюдательных архивов.

Доступ к возможностям КВО будет осуществляться через портал, и КВО будет адаптирован режим разработки, при котором сервис, разрабатываемый различными коллективами, может быть легко интегрирован в общую среду.

2.5 CVO, Canadian Virtual Observatory

Канадская виртуальная обсерватория [6] создается в Канадском центре астрономических данных и поддерживается Национальным исследовательским советом Канады и Канадским космическим агентством. В сотрудничестве с Немецкой астрофизической виртуальной обсерваторией и Австралийской виртуальной обсерваторией создан набор ВО-прототипов, которые демонстрируют поиск, изучение и доступ к распределенным источникам астрономических данных различных классов. В частности, КВО-прототип демонстрирует изучение наблюдений в различных спектральных диапазонах и каталогов источников для локализации ключевых элементов различных научных проектов. Демонстрации возможностей КВО фокусированы на центральной роли, которую играют запросы к исследуемым базам данных в понимании доступного содержания и локализации ресурсов для научных проектов. В проекте уделяется особое внимание эксплуатации больших наборов данных в различных спектральных диапазонах. В рамках проекта разработана модель хранения такого рода данных и осуществления доступа к ним, включая прямые изображения, спектроскопию и другие классы данных. Для работы с большими наборами данных используется параллельный кластер баз данных с 16 процессорами и 7 терабайтами памяти.

Канадская виртуальная обсерватория, в отличие от большинства других ВО-проектов, активно вовлечена в производство данных для ВО. Кроме того, исследовательские работы в рамках КВО достаточно замкнуты, что предоставляет возможность создания широкого класса прототипов (и не препятствует подсоединению других источников данных).

2.6 DRACO, Virtual Observatory - Italy

Проект DRACO (Итальянская сеть данных для астрофизических исследований и координации с виртуальной обсерваторией) [7] поддерживается Итальянским фондом фундаментальных исследований и призван обеспечить научное сообщество распределенной многофункциональной оболочкой, позволяющей использовать специализированные (наблюдательные, вычислительные, хранящие и обрабатывающие данные) узлы сети. Первые узлы сети расположены в трех итальянских обсерваториях. Текущими задачами проекта являются: обеспечение доступа к прототипу долгосрочного архива Национального телескопа Галилея, и к т.н. Консультационной

системе каталогов, поддержка интероперабельности с другими поставщиками данных (координируемая международными усилиями), обеспечение удаленного доступа к линии обработки данных с инструмента VST/OmegaCAM, предоставление прозрачного доступа к наблюдательным возможностям для мониторинга наблюдений.

В рамках проекта планируется предоставление мировому астрономическому сообществу доступа к ряду других национальных архивов наблюдательных данных (включая малые архивы и базы данных), интеграция новых научных приложений и методов обработки данных, распространение сети на другие узлы страны, разработка процедур визуализации данных, разработка «обучающих машину» программ с использованием элементов искусственного интеллекта и генетических алгоритмов.

2.7 GAVO, German Astrophysical Virtual Observatory

Немецкая астрофизическая виртуальная обсерватория [8] рассматривается разработчиками как платформа для поддержки современных астрономических исследований в Германии, а также формирует вклад Германии в международную активность по созданию МВО. НАВО включает в себя 4 немецких астрономических организации, которые предоставляют архивы данных и соответствующую экспертизу, развивают идеи и механизмы для хранения, перемещения, обработки и эксплуатации этих коллекций архивов данных, выступают в качестве точек контакта для заинтересованных в использовании ВО лиц: от профессиональных ученых, преподавателей и студентов до любителей астрономии.

Приоритетом для НАВО является федерализация важнейших локальных архивов астрономических данных. Речь в первую очередь идет о ключевых наборах, уже поддерживаемых немецкими институтами: архив рентгеновской космической миссии ROSAT, оптический обзор неба SDSS, а также планируемые результаты теоретических моделирований консорциума Virgo и космической микроволновой миссии Planck. После объединения архивов данных в мощную и простую для использования компьютерную сеть будет решаться задача адаптации инструментов поиска данных. Такой инструмент должен содержать в себе механизм группирования и идентификации объектов.

Согласно намерению разработчиков, НАВО также будет служить теоретической виртуальной обсерваторией. Будут получены и опубликованы результаты моделирований темной материи в крупномасштабных структурах, а также гидродинамических моделирований скоплений галактик, сверхновых и звездной эволюции. Основная цель здесь – навести мосты между наблюдательными и теоретическими сообществами, представив результаты моделирований и

наблюдений в объединенной модели. НАВО разрабатывает механизм управления виртуальным телескопом для наблюдения результатов моделирования с физически мотивированными параметрами.

Параллельные тестовые моделирования выполняются в сети на 16 процессорах (в двух институтах). В качестве механизма моделирования используется процедура, поставляющая теоретические модели для стандартного набора астрофизических приложений.

2.8 JVO, Japanese Virtual Observatory

Проект «Японская виртуальная обсерватория» [9] разрабатывается в Национальной астрономической обсерватории Японии, в распоряжении которой находятся оптический и инфракрасный телескоп Subaru и большие радиотелескопы. Наблюдательные данные (десятки терабайт в год) архивируются и предоставляются для всеобщего использования через Интернет. ЯВО призвана обеспечить бесшовный доступ к федерализированным базам данных и различные инструменты анализа данных, включая поиск данных с использованием современных grid-технологий. В рамках проекта разработан т.н. унифицированный язык запросов для доступа к астрономическим базам данных и сконструирован прототип ЯВО, иллюстрирующий эффективность этого языка.

Прототип ЯВО содержит пять машин, объединенных в сеть. Здесь же размещены архивы наблюдательных данных.

2.9 KVO, Korean Virtual Observatory

Один из относительно молодых проектов, Корейская виртуальная обсерватория [10], начал разрабатываться в 2003 году в национальной обсерватории страны, Корейской астрономической обсерватории. В рамках проекта создается база данных, полученных на корейских инструментах: ряде оптических и радиотелескопов (включая данные патрулирования околоземных объектов). В КВО будут включены также данные, полученные на будущих наземных и космических инструментах Кореи.

2.10 NVO, US National Virtual Observatory

Американский проект создания Национальной виртуальной обсерватории [11] ставит целью федерализацию астрономических ресурсов для обеспечения бесшовного доступа к разнородным данным, хранящимся в различных центрах и предоставления их для пользования в виде однородного набора. Задача проекта – минимизировать усилия пользователей по запросу, получению и управлению данными, а также не загружать пользователей деталями, такими, как пароль или метод доступа к каждому архиву. Для осуществления проекта применяются grid-

технологии и методы распределенных вычислений, что требуется для работы с большими объемами данных. Разработан ряд менее масштабных прототипов, иллюстрирующих основные направления, в которых развивается НВО, и позволяющих пользователю запрашивать данные из различных ресурсов, визуализировать результат запроса и интерактивно исполнять процедуры анализа данных.

2.11 RVO, Russian Virtual Observatory

Научный совет по астрономии Российской академии наук в декабре 2001 года одобрил инициативу создания Российской виртуальной обсерватории [12], конечной целью которой является обеспечение доступа астрономов к обширным источникам данных и метаданных, создаваемых в результате работы наблюдательных проектов. Основные задачи РВО: предоставить российскому астрономическому сообществу удобный и эффективный механизм доступа к зарубежным источникам данных, объединить российские астрономические информационные ресурсы как важный компонент для интеграции в Международную виртуальную обсерваторию, предоставить доступ к наблюдательным ресурсам в случае отсутствия требуемых данных в объединенном архиве, развивать российские электронные астрономические образовательные ресурсы.

Первая цель из приведенного списка решается, преимущественно, силами Центра астрономических данных (ЦАД) [13] Института астрономии РАН, где работа в этом направлении осуществляется в течение многих лет. Деятельность ЦАД по этой позиции весьма разнообразна: зеркалирование на сайтах ЦАД наиболее популярных мировых баз астрономических данных (ADS [14], Vizier [15], INES [16]), обеспечение доступа к офф-лайн астрономическим ресурсам, визуализация и кросс-идентификация каталогов, экспертный анализ астрономических данных и пр.

Вклад ЦАД в задачу объединения Российских астрономических ресурсов также весьма значителен. В России существует около 30 астрономических институтов и организаций, многие из которых располагают обширными архивами данных. Одним из преимуществ российских астрономических данных является наличие продолжительных рядов наблюдений. Кроме того, Россия – самая протяженная по долготе страна мира (11 часовых поясов), расположенная на противоположной, относительно большинства крупных мировых обсерваторий, стороне земного шара. Это позволяет получать непрерывные ряды наблюдений переменных объектов. В ЦАД осуществляется работа по сбору и классификации доступных (как российских, так и ряда стран бывшего СССР) ресурсов астрономической информации. Одной из задач в рамках проекта РВО является стандартизация и унификация информации

о национальных ресурсах, их экспертиза и заполнение базы метаданных о российских астрономических ресурсах. Проект РВО запущен двумя годами позже первых ВО-проектов, таким образом, при создании РВО необходимо следовать уже разработанным и принятым другими проектами стандартам.

Решением других задач в рамках проекта РВО занимаются астрономы из Специальной астрофизической обсерватории РАН и Астрономического института Санкт-Петербургского государственного университета.

2.12 VO-France, French Virtual Observatory

Французская виртуальная обсерватория является одним из самых молодых ВО-проектов (проект запущен летом 2003 года). ФВО финансируется Советом по национальным научным исследованиям и базируется преимущественно на ресурсах Страсбургского центра астрономических данных, располагающего самой богатой в мире коллекцией астрономических каталогов и наблюдательных архивов.

2.13 VO India, Virtual Observatory India

В проекте Индийской виртуальной обсерватории [17] сотрудничают астрономы из Межуниверситетского центра по астрономии и астрофизике и разработчики программ из компьютерной компании Persistent Systems Pvt. Ltd. Таким образом, проект ИВО представляет собой модель кооперации между академическими экспертами и представителями индустрии в области информационных технологий. Продукты, разработанные ИВО уже эксплуатируются международным астрономическим сообществом. Проект частично финансируется Министерством коммуникаций и информационных технологий Индии.

Одним из достижений ИВО является участие в разработке т.н. ВО-таблицы. Поскольку ВО имеют дело с большими объемами астрономических данных, которые необходимо передать через Интернет, возникла необходимость разработать такой формат – базирующийся на XML. Другими достижениями ИВО является разработка программы для чтения широко распространенного в астрономии FITS формата, а также установка на RAID массивах зеркал важнейших мировых баз астрономических данных. Установлен также SQL сервер, запущен ряд научных проектов, требующих обработки большого количества данных.

3 Научные цели и результаты

Обеспечивая инструменты для быстрого создания и исследования массивных наборов данных, виртуальная обсерватория значительно упрощает (а зачастую и делает единственно возможным) решение широкого спектра научных проблем. ВО делает практически осуществимыми

исследования, для которых при других обстоятельствах потребовалось бы настолько много времени и ресурсов, что эти исследования стали бы невозможными. Особенно ценным является объединение больших наборов данных по всему спектру электромагнитного излучения, по широкому пространственному и временному диапазонам. Это минимизирует эффекты селекции, которым неизбежно подвержены любое данное наблюдение или обзор и позволяет получить новые знания, которые содержатся в данных, но не могут быть обнаружены при исследовании индивидуального набора данных. ВО-базирующиеся исследования включают изучение крупномасштабной структуры Вселенной, структуры Галактики, популяцию активных галактических ядер во Вселенной, переменность различных астрономических объектов в широком диапазоне временных шкал, длин волн, интенсивностей потоков излучения и другие, до этого плохо изученные области пространства наблюдаемых параметров. ВО также делает возможным поиск редких, необычных или даже совершенно новых типов астрофизических объектов и явлений. Впервые астрономы могут сверить результаты массивных численных моделирований с равными по объему и сложности наборами наблюдательных данных. Диапазон ВО-исследований простирается от больших, ключевых проектов до поддержки информационного обеспечения и подготовки исходных избранных наборов данных для новых исследований, сфокусированных на интересных типах мишеней как для наземных, так и для космических обсерваторий.

Многие проекты, входящие в альянс МВО, имеют активно действующие научные группы, состоящие из представителей различных астрономических сообществ (оптика, радио, астрофизика высоких энергий, космическая и наземная астрономия). Общий фокус научных групп – сформировать ясную картину научных требований к действующей виртуальной обсерватории. Эти требования представляют собой сочетание новых технологий и алгоритмов с новыми стандартами представления данных в ВО.

Одним из основных результатов совместной работы научных групп стало уточнение роли и природы МВО в современной астрономии. В течение ближайших нескольких лет проекты в рамках альянса МВО создадут новую астрономическую инфраструктуру, управляемую исследовательским сообществом и использующую постоянно появляющиеся новые технологии. Коль скоро такая фундаментальная инфраструктура стандартов и технологий вступит в строй, международное астрономическое сообщество будет в состоянии создавать новые исследовательские программы и публиковать получаемые данные и результаты значительно более расширенными и

научно востребованными методами, чем это возможно сейчас.

В настоящее время ряд ВО-проектов использует научные прототипы, или демонстрации, для иллюстрации сообществу пользователей выгод от федерализации архивов, каталогов и вычислительных возможностей. Так, во время демонстрации возможностей Астрофизической виртуальной обсерватории (Европа) вниманию астрономов был предложен мощный интерфейс для исследования глубокого обзора неба GOODS (Great Observatories Origins Deep Survey), анализа мультиспектральных изображений и получения распределения энергии в спектре каталогизированных GOODS-объектов, а также для динамического измерения некаталогизированных объектов. В качестве научных сценариев были выбраны образование галактик в ранней Вселенной и идентификация кандидатов в сверхновые. Национальная виртуальная обсерватория (США) продемонстрировала сразу несколько возможностей: отслеживание транзитных событий, поиск кандидатов в коричневые карлики и морфологический анализ галактик. Эти демонстрации используют новые стандарты интерфейсов и протоколов для доступа к каталогам и изображениям, а в последней из перечисленных демонстраций применяется grid-технология для параллельных вычислений. Основным намерением демонстрации процесса поиска коричневых карликов являлась проверка результатов, полученных ранее другими методами, однако в процессе демонстрации были открыты новые объекты этого типа. Astrogrid и Канадская виртуальная обсерватория также представляют демонстрацию своих возможностей (глубокие обзоры, квазары с большим красным смещением, поиск слабых галактик и др.).

4 Технологии

В рамках альянса МВО функционирует шесть основных технических инициатив, необходимых для достижения научных целей, поставленных перед создателями ВО.

Реестры. Реестры (регистры) функционируют в качестве «желтых страниц» ВО, собирая метаданные о ресурсах данных и информационных службах в базу данных. Подобно самим ВО ресурсам, реестры также распределены по сети, как для дублирования, так и в целях создания специализированных коллекций. ВО-сообщество исследует ряд промышленных стандартов для реализации реестров, включая OAI, разработанный для нужд электронных библиотек. Реестры метаданных используют, где возможно, определения Дублинского Ядра, также разработанного для библиотечного сообщества.

Модели данных. Хотя международное астрономическое сообщество давно пришло к соглашению о едином формате для данных (т.н.

FITS стандарт), существует множество вариантов кодирования метаданных в FITS файлы. Будучи синтаксическим стандартом, FITS не является стандартом семантическим. Цель данной инициативы – определить общие элементы для структур астрономических данных и установить рамки для описания зависимостей между ними.

Единые описатели содержания. Создание EOC требуется для придания семантического смысла большой коллекции астрономических каталогов и таблиц, собранной к настоящему времени. Среди десятков тысяч имен колонок в этой коллекции было найдено всего около 1500 уникальных типов содержания.

Уровень доступа к данным. Построенный на моделях данных и EOC, уровень доступа к данным обеспечивает механизм стандартного доступа к распределенным объектам. В настоящее время разработаны два прототипа. Один возвращает пользователю каталожные записи для специфицированных точки и поискового радиуса на небесной сфере, другой возвращает указатели на изображения участков неба, выбранных по аналогичным критериям.

Язык запросов ВО. Хотя большинство современных астрономических баз данных запрашиваемы с помощью SQL, SQL имеет ограничения, фундаментальные для астрономических исследований, такое как спецификация области на небесной сфере. Концепция линии (или соединения), базирующаяся на пространственных координатах, должна допускать степень неопределенности координат, различия пространственных разрешений детекторов, различные физические размеры объектов на различных длинах волн. Ряд ВО-коллективов экспериментирует с языками запросов высокого уровня, которые будут позволять применять выражения в запросах на естественных языках.

ВО-таблица (VOTable). Первым международным соглашением, достигнутым ВО-проектами, было соглашение по ВО таблице и XML стандарту для астрономических таблиц. Службы уровня доступа к данным возвращают результаты в ВО-таблице.

5 Альянс МВО на XXV генеральной ассамблее Международного астрономического союза

Будущее Международной виртуальной обсерватории интенсивно обсуждалось на прошедшей в июле 2003 года XXV генеральной ассамблее Международного астрономического союза. Этому вопросу были посвящены четыре сессии объединенной дискуссии «Будущее больших телескопов и виртуальных обсерваторий», возглавляемые представителями европейского, российского, австралийского и японского проектов. Научная программа заседаний включала в себя как

технические, так и научные проблемы (коричневые карлики, галактики с большим красным смещением, автоматизированная классификация рентгеновских источников, теоретическая виртуальная обсерватория и пр.). Были проведены также круглый стол, сессия стендовых докладов и ряд демонстраций. На заседании альянса МВО, которому был посвящен целый день, также решался ряд технических вопросов: пере выборы руководящих органов, отчеты представителей национальных проектов, отчеты рабочих групп альянса, планы по сотрудничеству.

Отмечено, что ряд важных компонентов МВО уже существует и апробируется, в то время как для решения многих других задач необходимо приложить серьезные совместные усилия мирового астрономического сообщества.

Литература

- [1] The International Virtual Observatory Alliance, <http://www.ivoa.net/>
- [2] Astrogrid VO United Kingdom, <http://www.astrogrid.org/>
- [3] Aus-VO Australian Virtual Observatory, <http://avo.atnf.csiro.au/>
- [4] AVO Astrophysical Virtual Observatory, <http://www.euro-vo.org/>
- [5] China-VO Virtual Observatory of China, <http://www.china-vo.org/>
- [6] CVO Canadian Virtual Observatory, <http://services.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/cvo/>
- [7] DRACO Virtual Observatory - Italy, <http://www.as.oat.ts.astro.it/draco/DRA CO-home.htm>
- [8] GAVO German Astrophysical Virtual Observatory, <http://www.g-vo.org/>
- [9] JVO Japanese Virtual Observatory, <http://jvo.nao.ac.jp/>
- [10] KVO Korean Virtual Observatory, <http://kvo.kao.re.kr/>
- [11] NVO US National Virtual Observatory, <http://www.us-vo.org/>
- [12] RVO Russian Virtual Observatory, <http://www.inasan.rssi.ru/eng/rvo/>
- [13] Centre for Astronomical Data, <http://www.inasan.rssi.ru/eng/cad/>
- [14] Eichhorn G., Murray S.S. et al.: Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 182, 7109 (1993) ADS, <http://ads.harvard.edu/>
- [15] Ochsenbein F., Bauer P. et al.: Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 143, 23 (2000) Vizier, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>
- [16] INES, <http://ines.vilspa.esa.es/>
- [17] VO India Virtual Observatory, <http://vo.iucaa.ernet.in/~Evoi/>

International Virtual Observatory: current status and summary of discussions at XXV General Assembly of the International Astronomical Union

O.Yu.Malkov, O.B.Dluzhnevskaya, A.A.Kilpio,
E.Yu.Kilpio

The International Virtual Observatory is a system in which the vast astronomical archives and databases around the world, together with analysis tools and computational services, are linked together into an integrated facility. Thirteen Virtual Observatory projects are now funded through national and international programs, and all projects work together under the International Virtual Observatory Alliance (IVOA). The article deals with the description, main goals and current status of the IVOA. One of the important participants of the IVOA is the Russian Virtual Observatory – one of the international prestigious projects of the Russian Academy of Sciences. Present achievements and future plans of the Alliance were discussed at the XXV General Assembly of the International Astronomical Union (July 2003).

* Работа поддержана грантом РФФИ 02-07-90391-в.