

Информационная система наблюдений Солнца на РАТАН-600.

Представление и онлайн анализ данных.

С.Х. Тохчукова^{1,*}

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз 357147, Россия*

Микроволновые спектрально-поляризационные наблюдения Солнца на РАТАН-600 дают важную информацию о параметрах плазмы на уровнях хромосферы и короны, и дальнейшее развитие наблюдательной техники, методик обработки и эффективного представления данных должно способствовать получению новых астрофизических результатов. Приведено описание действующей информационной системы наблюдений Солнца на РАТАН-600. Для обработки, представления, и анализа данных используется специализированный сервер www.spbf.sao.ru в Санкт-Петербургском филиале САО РАН. В ИС широко используются общепринятые в наблюдениях Солнца технологии и методы обработки данных, основанные на использовании IDL, SolarSoft, и ION. Особенностью представления данных на сайте являются развитые средства автоматического интерактивного онлайн анализа данных, призванные облегчить получение физических параметров наблюдаемых плазменных объектов на Солнце, и использование многоволновых 1D изображений совместно с данными других обсерваторий.

1. ВВЕДЕНИЕ

Микроволновые наблюдения дают возможность измерять параметры плазмы в структурах в атмосфере Солнца на уровнях хромосферы и нижней короны, недоступные для регистрации в УФ и рентгеновском диапазонах. В частности, большой интерес для исследователей представляют радиометоды измерения магнитных полей в короне, которые основаны на различных механизмах излучения - гирорезонансном (доминирует в пятенных

источниках), тепловом тормозном, и плазменном. При этом, как правило, чем выше спектральное разрешение инструмента, тем точнее оценка магнитного поля, и тем меньшие изменения магнитного поля он может регистрировать [1].

Радиотелескоп РАТАН-600, оснащенный современным комплексом приемной аппаратуры для наблюдений Солнца [2], [5] является уникальным инструментом для диагностики параметров солнечной плазмы, сочетая в себе, при умеренном пространственном разрешении (по сравнению с другими крупнейшими радиотелескопами), высокую чувствительность, высокое

* Electronic address: susan@sao.ru

спектральное разрешение в широком микроволновом диапазоне, и высокую точность измерения поляризации.

Многоазимутальные спектральные наблюдения, проводимые с 2000 г на РАТАН-600 [3], показали, что спектры поляризованного излучения активных областей, производящих мощные вспышки, являются немонотонными, в отличие от спектров невспыхивающих АО [4]. Из расчетных оценок следует, что к таким немонотонностям могут приводить неоднородности в высотной структуре АО, например, величины магнитного поля, а также другие параметры, определяющих плотность поляризованного потока, как, например, температурная инверсия, электрические токи в короне и др. Такие явления наблюдаются на масштабах времени несколько часов/дней до вспышки, поэтому спектрально-поляризационные радионаблюдения могут быть использованы для предсказания вспышек.

В настоящее время эффективное использование наблюдательных данных инструмента невозможно без представления данных в сети Интернет на современном уровне. Это связано, в частности, с тем, что количество ежедневно получаемых данных наблюдений Солнца выросло до объемов, которые невозможно обработать и представить без автоматизированной компьютерной обработки. Экспоненциальный

рост объема информации в астрономии (как и в других областях знаний), базируется на впечатляющем росте объема носителей информации: ёмкость памяти/жёстких дисков удваивается каждые 18 мес. (вариант формулировки сформулированного Гордоном Муром в 1965 году закона: удвоение числа транзисторов будет происходить каждые два года во всем мире [11]). Получение все больших объемов информации порождает проблему ее усвоения – добыwania из нее знаний. К примеру, Солнечная Динамическая Обсерватория (Solar Dynamics Observatory), запущенная 11 февраля 2010 года, передает на землю порядка 1,5 терабайт данных в день, и еще до запуска спутника было уделено большое внимание разработке программного обеспечения для автоматического анализа данных- было проведено 4 конференции по обработке изображений Солнца (Solar Image Processing), что стимулировало экспоненциальное развитие в разработке техники обработки изображений, программного обеспечения и алгоритмов, и, соответственно, количества статей по этой тематике [13]. Благодаря бурному развитию информационных технологий в последние десятилетия, способы представления мировых солнечных данных в сети интернет быстро развиваются. Главная тенденция последнего десятилетия это виртуальное объединение баз данных различных инструментов с помощью современных веб-технологий

(грид, веб-сервисы, распределенные базы данных), которое осуществляется в виртуальных обсерваториях, и, в частности, в виртуальной солнечной обсерватории [12]. С другой стороны, развиваются и методы автоматизированной обработки солнечных данных [13], с автоматизацией всех этапов обработки данных: 1) первичная обработка, которая включает в себя удаление инструментальных эффектов, вычитание фона, преобразование координат, при необходимости, выравнивание изображений и определение центра солнца, фильтрация изображений, восстановление изображений, и др. 2) автоматизированный анализ данных, включающий в себя автоматическое распознавание пространственных, временных и спектральных особенностей, с использованием спектральных методов (фурье и вейвлет анализ, метод анализа главных компонент, и др.) и методов машинного обучения 3) автоматическое представление данных в форме графической, каталогизированной, статистической, в виде входных данных для теоретического моделирования, или инструментов для прогноза.

Данные наблюдений Солнца на РАТАН-600 входят в общий архив наблюдательных данных CAO РАН, который развивается согласно стандартам Международного альянса IVOA (International Virtual Observatory Alliance) [7]. Но проблема представления

данных это не только обеспечение легкого и универсального доступа к данным, в рамках всемирной или солнечной виртуальной обсерватории. Солнечные данные РАТАН-600 имеют много особенностей, и для их понимания и эффективного использования необходимо применение специфического программного обеспечения и методов представления. Вследствие уникальной конструкции телескопа, получаемые на нем данные отличаются от большинства изображений, получаемых солнечными телескопами – данные РАТАН-600 это одномерные, многоволновые изображения, в то время как большинство мировых данных представляют двумерные одноволновые изображения. Также и первичная обработка данных не может быть обеспечена унифицированными (для всех мировых изображений Солнца) методами, т.к. учет методических и инструментальных особенностей данного радиотелескопа не только отличается от других, но отличается сложностью. Поэтому выбор технологий и методов, используемых для информатизации наблюдений Солнца на РАТАН-600, также несколько отличается от методов представления цифрового архива наблюдательных данных CAO РАН (где не используются IDL/ION), что обусловлено спецификой объекта наблюдения, так и по отношению к большинству мировых веб-ресурсов по солнечным изображениям (где

широко используется IDL и пр., но пока больше внимания уделяется объединению всех данных в единую виртуальную обсерваторию, нежели созданию удобных веб-приложений для их онлайн обработки и анализа, и разнообразного графического/табличного представления).

Нами разработана и продолжает развиваться информационная система, которая в режиме реального времени выполняет в автоматическом режиме все операции: сбор данных, контроль их качества, первичную обработку данных, автоматическое распознавание пространственных, временных и спектральных особенностей в данных, интерактивный поиск, табличное и графическое представление (визуализацию) данных разнообразными способами, сопоставление с данными других обсерваторий, заполнение базы данных по интересующим объектам (каталогизация), моделирование радиоизлучения локальных источников, а также, в перспективе, возможно автоматическое прогнозирование мощных вспышечных событий на основе многоволновых данных РАТАН-600.

1.1. Выбор технологий и методов для создания информационной системы

Автоматизированная система обработки данных состоит из множества согласованных

программ. В таблице 1 перечислены отдельные характерные задачи и используемые для их решения программные технологии.

Первичная автоматизированная обработка данных, под которой принято понимать процедуры, необходимые для подготовки данных к дальнейшему анализу с использованием стандартных численных методов, а также собственных разработок, основана на известной (текущей) информации о состоянии, телескопа, аппаратуры, характере наблюдений и содержит принятые стандартизированные способы обработки.

Для анализа данных пользователю предоставляется веб интерфейс, с помощью которого можно получить разнообразные данные (информацию), методика получения которых общепринята, и может быть алгоритмизирована. Для применения других оригинальных методик обработки и анализа необходимо скачать данные в формате FITS и обрабатывать самостоятельно в WorkScan [9] или в IDL с использованием собственных разработок (примеры таких программ и процедур можно найти на сайте).

Выбор IDL как основной технологии для обработки и представления солнечных данных РАТАН-600 в первую очередь объясняется тем, что IDL де-факто является стандартом в области обработки солнечных данных. Удобство использования данного продукта определяет высокий уровень языка – его

Таблица 1. Задачи ИС и программные средства используемые для разработки информационной системы

№№	Выполняемая задача	Используемые программные продукты
1	Подготовка наблюдений (расчет эфемерид, формирование файлов для установки антенны, задания для планировщика наблюдений)	Perl, Fortran, Linux
2	Сбор данных (проведение наблюдений, поканальное управление усилением в ходе наблюдений, проведение калибровок)	C++
3	Контроль качества данных (поиск неисправностей, ежедневная рассылка писем в случае обнаружения неисправных каналов)	IDL, Perl, Linux (cron, sendmail)
4	Архивация данных, передача по каналам связи (оптоволокно, GPRS) на специализированный сервер в СПб, занесение в базу данных	Linux (rsync, ssh, cron), Perl, Oracle 10 XE
5	Первичная автоматическая обработка данных	IDL
6	Распознавание одномерных изображений (поиск источников)	IDL
7	Гаусс-анализ найденных источников	IDL
8	Интерактивный поиск и визуализация данных	Linux, Apache, ION, PHP, Oracle
9	Сбор вспомогательных данных (с сайтов других обсерваторий)	Cron, wget
10	Сопоставление с данными других обсерваторий	IDL, SSW
11	Моделирование ЛИ в on-line режиме	Fortran, ION
12	Расчет физических параметров ЛИ	IDL
13	Расчет диаграммы направленности телескопа для наблюдений Солнца	Fortran, ION
14	Прогноз солнечной активности	IDL, SSW
15	Различные исследовательские задачи	IDL, SSW

«естественность», обеспечивающая легкость исследователей, анализировавших данные, в использовании, позволяющая создавать полученные на космических аппаратах полнофункциональные приложения, не Маринер Марс 7 и 9. С помощью IDL обладая квалификацией программиста. Не можно легко и быстро создавать устойчиво случайно, что создателем языка IDL (в работающие прикладные программы 1977) году был Дэвид Стерн, работавший для обработки данных, затрачивая на в Колорадском Университете с группой это намного меньше времени, чем это

требуется при использовании традиционных языков программирования. Наряду со встроенными мощными математическими и статистическими библиотеками, под IDL разработано большое количество процедур и функций, ориентированных на общие задачи солнечной физики, статистической обработки данных, а также программное обеспечение для обработки и анализа данных солнечных наблюдений практически всех крупных инструментов, представляющих свои данные в сети Интернет - SolarSoftWare (SSW) ¹. Помимо этого, мы используем ряд методик, процедур и функций, разработанных для солнечной радиоастрономии авторами [10], [9]

Кроме того, IDL предоставляет средства для разведочного анализа данных - поиска новых закономерностей в данных (которые представлены в IDL iTool) – и их также можно использовать на сайте.

Для удобства разработки веб-приложений были выбраны средства разработки, наиболее совместимый с IDL – это ION (IDL On the Net). Функциональные характеристики программного продукта обеспечивают выполнение следующих функций:

- возможность работы под управлением

¹ Библиотека SolarSoftWare (SSW) [14] свободно доступна в Интернете по адресу <http://www.lmsal.com/solarsoft/>. Основу SolarSoft исторически составили пакеты программ для работы с данными Yohkoh, BATSE и GOES. Позже добавились другие пакеты, в частности, для инструментов SOHO, TRACE, RHESSI, STEREO, Hinode и др. которые могут дополняться всеми желающими исследователями.

операционной системы Linux с ядром версии не ниже 2.6;

- возможность интерактивной работы в многопользовательском режиме on-line посредством WEB-браузера;
- интеграция с WEB-сервером и поддержка HTML тэгов;
- совместимость с программами, реализованными на языке IDL;
- статистическая и прогностическая обработка данных радионаблюдений;
- двухмерная визуализация данных радионаблюдений;
- трёхмерная визуализация данных радионаблюдений;
- интеграция с WEB-технологиями JavaScript, ActiveX;
- возможность работы с распределенными базами данных.

Другие используемые нами технологии известны более широко. Наряду с открытыми бесплатными ПО (такими как Linux, Apache, PHP/Perl), нами используется бесплатная версия СУБД Oracle XE, которая обладает некоторыми ограничениями по сравнению с коммерческими версиями, но, тем не менее, вполне удовлетворяет нашим текущим требованиям. Oracle, как средство разработчика, удобен (в отличие,

от рассмотренного в качестве альтернативы mysql, бесплатного продукта с открытым кодом) тем, что включает в себя модуль Oracle Application Express (Oracle APEX), средство для визуальной разработки веб-интерфейса к базе данных, до достаточно сложных GUI приложений. В целом, нам представляется, что такая связка- Linux-Apache-Oracle-ION (по сравнению, например, с более стандартной LAMP – Linux-Apache-Mysql-PHP/Perl/Phyton), является наиболее простым для освоения инструментом для разработки эффективного веб-ресурса с большим количеством графики, силами самих исследователей, т.е. без привлечения квалифицированных программистов. В принципе, можно полностью отказаться от PHP/ Perl, используя еще один продукт от производителя IDL- IDL Data Miner - ODBC (Open Database Connectivity) - интерфейс для подключения из IDL к базе данных. В нашем случае этот DataMiner работает неустойчиво (причина неизвестна, возможна несовместимость с используемой версией Linux), поэтому вместо него мы используем Perl и PHP.

Возможна также комбинация- PHP вместо ION для запуска IDL программ (как это делают например авторы [15] в сети Grid), но в этом случае не удастся эффективно использовать такие преимущества IDL, как его эффектные графические возможности, и в целом представляется, что такая

замена увеличит трудоемкость разработки требуемого ПО.

2. СОЛНЕЧНЫЕ ДАННЫЕ ПАТАН-600

2.1. Объем данных

Объем данных, получаемых на ПАТАН-600, несколько скромнее, чем на SDO, но и он вырос на порядок за последние 10 лет (см рис 1, 2). После реализации в 2000 году многоазимутального режима наблюдений [3], количество наблюдений в день достигло 61 (в течение 4 часов вблизи местного полудня). Регулярно обновляется радиометрический комплекс, обеспечивая рост количества каналов. В настоящее время для наблюдений Солнца на ПАТАН-600 установлен новый радиометрический спектральный комплекс [5]], который является уникальным по числу регистрируемых длин волн (112 частотных каналов в диапазоне от 750 МГц до 18 ГГц). В этом комплексе спектральное разрешение, усредненное по диапазону, составляет 1%. При этом, одновременно на всех каналах регистрируются параметры Стокса (интенсивность и круговая поляризация), что удваивает число каналов регистрации. Таким образом, количество сканов в день может составить порядка $61 \times 112 \times 2 = 13664$ одномерных изображений.

Лет 15 назад, когда в регистрации Солнца на ПАТАН-600 было 8 каналов,

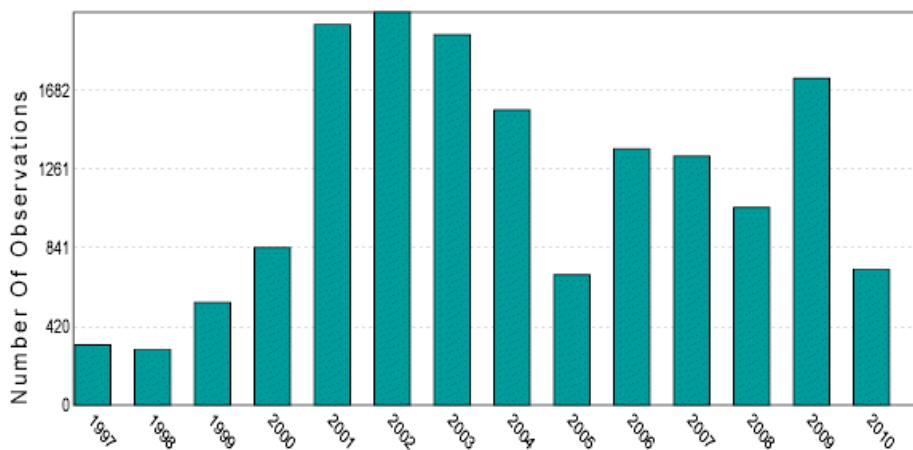


Рис. 1. Количество наблюдений регистраций в год, 2000 – июль 2010 гг. В 1997-1

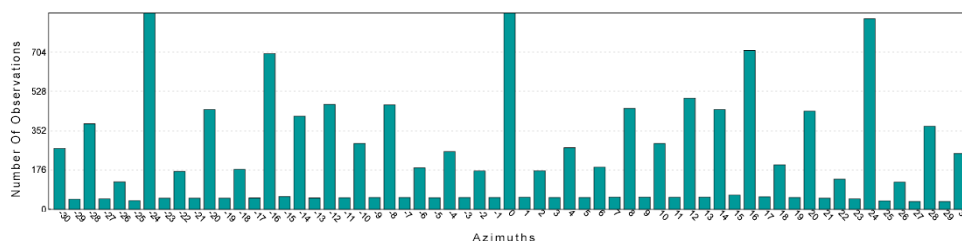


Рис. 2. Распределение количества наблюдений по азимутам в 2000 – сентябрь 2009 гг. Количество наблюдений в меридиане больше масштаба данного графика- 2203.

и наблюдения проводились 1 раз в день, большого объема данных, что трудно или для тщательной обработки данных с гаусс-анализом с разделением источников на компоненты, и подготовки публикации требовалось не меньше года, то в настоящее время подобный «ручной» гаусс-анализ одного дня наблюдений на всех волнах за пределами человеческих возможностей. Для постановки и решения новых задач необходимо постоянное улучшение характеристик телескопа, разработка новых методов наблюдений, а также, благодаря развитию информационных и компьютерных технологий, можно ставить и решать задачи, требующие статистической обработки

2.2. Перенос данных

Создание единой информационной системы для наблюдений и анализа данных солнечных наблюдений на РАТАН-600, на основе специализированного сервера в Санкт-Петербургском филиале САО стало возможным благодаря внедрению надежных широкополосных каналов связи в информационно-вычислительной сети САО РАН и СПбФ САО РАН в 2006 г. Перенос данных с облучателя №3

РАТАН-600 (ст.Зеленчукская, Карачаево-Черкесия) на специализированный сервер в г.Санкт-Петербурге в настоящее время осуществляется по сети Интернет в два этапа, с промежуточным архивированием данных на сервере mail в п.Нижний Архыз, что вызвано тем, что в настоящее время с сервера prognos нет прямого доступа во внутреннюю сеть САО РАН. Перенос инициируется планировщиком наблюдений после завершения каждого наблюдения, и конвертации его в FITS формат. При этом утилита rsync по протоколу ssh осуществляет инкрементальную синхронизацию удаленных каталогов. В свою очередь, prognos «забирает» данные с mail.sao.ru также по rsync, синхронизируя каталоги с заданным интервалом времени (обычно задается 2-4 минуты при многоазимутальных наблюдениях).

В случае разрыва связи с облучателем, данные могут быть переданы на промежуточный сервер по запасному каналу- GPRS (3). Таким образом, время переноса одного наблюдения составляет в настоящее время до 4 минут. С дальнейшим развитием сетевых технологий, передача данных, скорее всего, будет упрощена и ускорена. Сейчас программа наблюдений реализована таким образом, что теоретически возможно удаленное «наблюдение» Солнца, в режиме реального времени, в том числе через интернет. Практически же сети все еще недостаточно развиты, и возможны

потери пакетов, разрывы связи. К тому же потребность в таких наблюдениях еще не сформировалась.

2.3. Хранение данных

По мере заполнения накопителя данных на облучателе (в приемной кабине радиотелескопа, которая перемещается по рельсовым путям), данные прошлых лет вручную удаляются наблюдателем. Значительная часть первичных данных хранится на rs.sao.ru/buf/sun/data/ (1997-2006 гг). Первичные данные «как есть» архивируются также в общем наблюдательном архиве САО РАН, начиная с 1979г [8]. Часть солнечных данных РАТАН-600 доступна в Интернет на веб-странице <http://w0.sao.ru/hq/sun/> начиная с 1997 г., по одному наблюдению в день, обычно в меридиане, в форматах FITS и GIF. Изображения представлены (после ручной обработки наблюдателем) в виде сканов I&V и двумерных карт $T_a(x, \nu)$, и нанесенных на скан над ЛИ значений магнитных полей, вычисленных из предположения о гирорезонансном механизме излучения.

На сервере prognos данные хранятся в формате HD/DAT/RAW и FITS. Обработанные данные можно свободно скачивать в формате FITS или просматривать/анализировать на сайте в графическом и табличном видах. Сырые

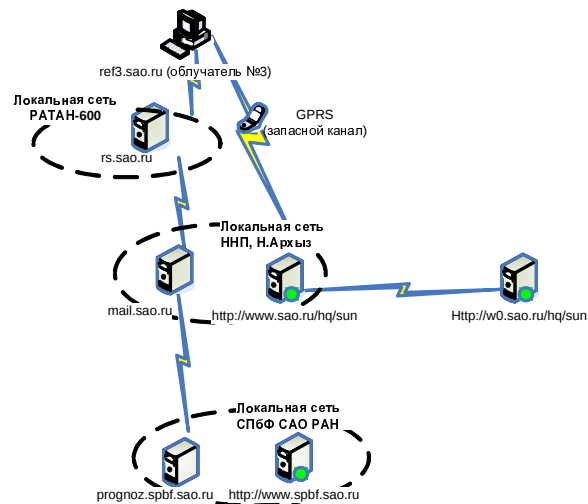


Рис. 3. Пути переноса солнечных данных РАТАН-600 с места регистрации и до представления на веб-серверах в Н.Архызе (www.sao.ru), его зеркале в Москве (w0.sao.ru), и специализированном сервере в Санкт-Петербурге (www.spbf.sao.ru/prognoz)

данные можно свободно просматривать, но файлы наблюдений, а только ссылки на них. скачивать их могут только авторизованные пользователи. Типы данных и вид доступа к ним приведен в таблице 2. Все изображения результатов поиска, и пр.), и `rat_fits` (все данных, представленные в веб-интерфейсе, параметры первой FITS шапки). В отдельных создаются динамически, в момент обращения пользователя к веб-странице, или при нажатии на соответствующую кнопку. таблицах хранится информация об активных областях, вычисленных спектрах, результатах моделирования, и др.

Первичная обработка данных включает в себя как типичные для обработки солнечных изображений операции: удаление инструментальных эффектов, артефактов, вычитание фона, калибровка, определение положения центра Солнца и лимба, но по методикам, разработанным для одномерных изображений, и специально для солнечных данных РАТАН-600. Данные автоматически заносятся в базу данных сразу после первичной обработки и копирования в архив уровня 2, непосредственно после синхронизации удаленных каталогов. В процессе обработки с помощью эмпирически определенных критериев осуществляется поиск неисправных каналов (зашумленных, отключенных) и других неисправностей (неправильно выставленная антенна или облучатель, сбой в системе регистрации, и проч.) в базе данных не хранятся целиком исходные наблюдения, по результатам которого

Для хранения/ манипуляций с данными создана система таблиц в СУБД Oracle. В базе данных не хранятся целиком исходные наблюдения, по результатам которого

Таблица 2. Типы наблюдательных данных и вид доступа к ним

вид данных	Расширение файла	Размер файла	Доступ из локальной сети СПбФ САО по sftp	Доступ к FITS файлам по http	Доступ к данным в графическом виде (из приложений)
Первичные данные	hd, Dat, raw	до 45 Мб	Свободный	Не предусмотрен	Не предусмотрен
Необработанные	fitsS	1 Мб	Свободный	Авторизованный	Свободный
Обработанные	fits	1 Мб	Свободный	Свободный	Свободный

посылается электронное письмо по списку интервале. Такие сеты представляют рассылки с изображением неисправных интерес для изучения временных вариаций записей, и пояснительным текстом. Архив параметров радиоизлучения.

писем доступен в почтовом ящике, доступ На странице с результатами поиска к которому есть у всех участников можно скачивать найденные данные наблюдательного процесса. архива второго уровня свободно, первичные

2.4. Поиск в базе данных

Пользовательский веб-интерфейс к базе (см рис. 4), и выполнять над данными часть данных (меню Данные->Поиск в базе операций, доступных на странице Анализ данных) организован на РНР. Список данных. Ограничение доступа к первичным параметров поиска в этом интерфейсе данным связано с тем, что использование ограничен в настоящее время основными их для исследовательских целей вряд ли характеристиками наблюдений - дата и возможно.

азимут. Список выводимых параметров Кроме данных, на странице поиска можно также ограничен по сравнению со списком вывести информацию по неисправным имеющихся полей в таблицах базы данных, т.к каналам, добавлять комментарии к на данный момент не видится необходимости наблюдениям (обычно указывается причина неисправностей, или другая особенность всех параметров. Наряду с поиском по наблюдения, не указанная в FITS -шапке), дате и азимуту, реализован поиск по сетам исключить дефективное наблюдение из наблюдений — т.е. поиск дней, в которые поиска, и др.

количество наблюдений находится в заданном Помимо пользовательского интерфейса,

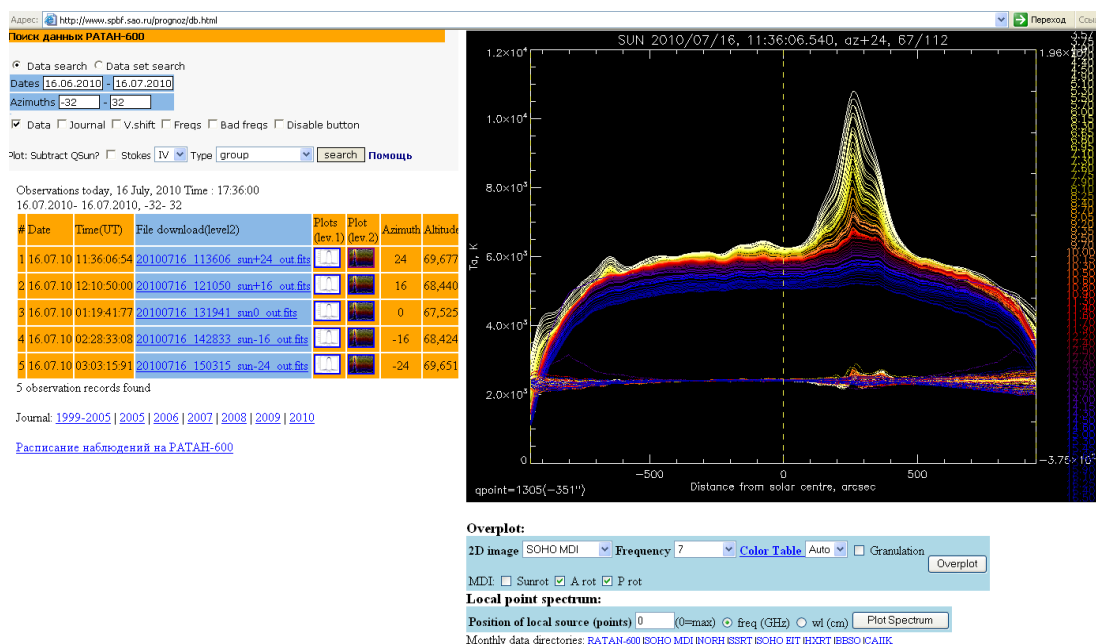


Рис. 4. Интерфейс поиска в базе данных. Слева сверху задаются параметры поиска, слева внизу выводятся результаты поиска в виде таблицы. По клику мышкой по пиктограмме в строке таблицы справа отображаются найденные данные в различных графических представлениях.

представленного на веб-сайте, имеется наблюдениям на RATAN-600. В частности, с интерфейсом для администрирования базы сайта soi.stanford.edu/magnetic скачиваются данные, разработанный на Oracle Apex. 96-минутные фотосферные магнитограммы SOHO MDI с номерами 4-7, согласно времени проведения наблюдения в азимутах 7-11 UT. Сопоставление конфигурации и величин магнитных полей на фотосфере со значениями магнитных полей на уровне хромосферы-короны, получаемыми по данным RATAN-600, имеют большое значение, например, для диагностики предвспышечной ситуации. Среди скачиваемых данных также двумерные радиоизображения с ССРН на волне 5.7 см и Нобеяма на волне 17.4 см. Эти волны находят в начале и в середине диапазона приемного комплекса RATAN-600, и могут быть использованы для

2.5. Сбор данных с других телескопов

Наряду с получением данных с облучателя RATAN-600, сервер также осуществляет ежедневный автоматический сбор данных с веб-сайтов других обсерваторий, на моменты времени, наиболее близкие к

наблюдениям на RATAN-600. В частности, с сайта soi.stanford.edu/magnetic скачиваются данные, разработанный на Oracle Apex. 96-минутные фотосферные магнитограммы SOHO MDI с номерами 4-7, согласно времени проведения наблюдения в азимутах 7-11 UT. Сопоставление конфигурации и величин магнитных полей на фотосфере со значениями магнитных полей на уровне хромосферы-короны, получаемыми по данным RATAN-600, имеют большое значение, например, для диагностики предвспышечной ситуации. Среди скачиваемых данных также двумерные радиоизображения с ССРН на волне 5.7 см и Нобеяма на волне 17.4 см. Эти волны находят в начале и в середине диапазона приемного комплекса RATAN-600, и могут быть использованы для

определения второй координаты активной области. Данные с радиогелиографа Нанси в метровом диапазоне могут быть использованы, например, для сопоставления с дециметровыми всплесками, наблюдаемыми на РАТАН-600. Данные в УФ диапазоне (SOHO EIT) и рентгеновском (Hinode XRT) могут быть использованы для идентификации ярких рентгеновских точек, корональных дыр и петель, аркад, и т.д. Данные GOES используются для определения моментов и класса рентгеновских вспышек. И т.д. Часть скачиваемых данных используется на странице обзора состояния на Солнце, на текущий момент или на выбранную дату. Двумерные FITS данные, как правило, используются для графического сопоставления с данными РАТАН-600.

3. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ УДАЛЕННОГО ЗАПУСКА ПРИЛОЖЕНИЙ

3.1. Архитектура приложения на ION

Поиск в БД составляет малую часть возможностей веб-сайта. Основу его функциональности составляют веб-приложения на IDL/ION для интерактивной обработки данных, и большое разнообразие способов графического представления исходных данных (сканов) и полученных

результатов (спектров, временных рядов различных параметров).

Архитектура приложения на ION изображена на рис. 5. Как видно из рисунка, при обращении к странице ION Script, происходит следующая последовательность событий:

1. Веб-сервер пересылает запрос парсеру (синтаксическому анализатору) ION Script (это CGI программа ion-p).
2. Парсер преобразовывает содержимое скрипта в HTML. При этом содержимое блока ION_DATA_OUT посылается серверу данных, который пересылает код в программу IDL для обработки, и сервер данных возвращает вывод IDL на веб-страницу, и т.д. IDL –код может присутствовать как непосредственно в теле ion скрипта, так и вызываться из него в виде процедур и функций (файлы с расширением .pro). Из IDL может быть сделан запрос в базу данных, запущена внешняя программа на фортране, или запущена подкачка данных, и т.д.

3.2. Интерфейс веб-приложения для представления и анализа данных

Для начала работы с данными необходимо представить зависимость интересующего параметра (например, параметра Стокса I) от времени (t), частоты (v), координаты

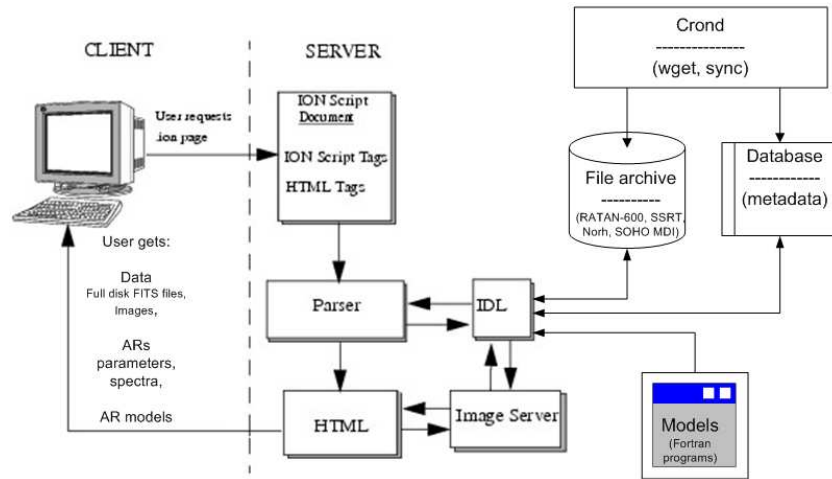


Рис. 5. Архитектура приложения на ION и потоки данных.

(х). В таблице 3 приведено 8 возможных комбинаций этой зависимости, отображение которых требует использования различных графических функций. Нумерация зависимостей устанавливает соответствие с рис. 6. На рис. 6 приведено 15 видов соответствующих одно- и двумерных изображений, которые позволяют детально рассматривать полученные данные с разных точек зрения. На рисунке не представлены зависимости, которые на сайте представлены в виде фильмов- 8) динамика спектра по скану, или серия изображений типа 4 9) Серия изображений типа 5.

Аналогичные зависимости можно строить и для других параметров- Стокса V, R, L, степени поляризации p, а также пар I&V, I&p, R&L и др.

При этом, для того чтобы подчеркнуть морфологическую, спектральную, или временную структуру области излучения,

одну и ту же зависимость можно представить разными способами. Например, двумерные изображения принято представлять в виде карт, контурных изображений, поверхностей. Одномерные сканы можно наложить друг на друга, развести сканы по вертикали или горизонтали, для лучшей видимости структуры, и применять другие графические способы для эффективного представления данных.

Для представления данных разработан веб-интерфейс, который структуре напоминает стандартный GUI для Windows- приложений (рис. 7).

Основными элементами страницы являются (см рис. 7) :

1. верхнее горизонтальное окно для управляющих элементов (аналог панели управления в Windows приложениях),
2. левое основное окно, для вывода запрошенной информации

Таблица 3. Виды зависимостей для представления параметра Стокса I

Вид представления	Одна точка на скане	Все точки на скане (один скан)
Одна частота, один момент времени (одно прохождение)		$I(r)1$
Все частоты, один момент времени	$I(v)2$	$I(r,v)4$
Одна частота, все моменты (азимуты)	$I(t)3$	$I(r,t)5$
Все частоты, все азимуты	$I(t,v)6$ $I(v,t)7$	$1)I(r,v,t)8$ $2)I(r,t,v)9$

3. правое информационное окно для вывода помощи, или запрошенной в левом окне дополнительной информации.

нижняя строка меню, для быстрой навигации между основными страницами текущего раздела веб-сайта.

Внешний вид панели управления, и вызываемые из него скрипты (веб страницы) и процедуры приведены на рис. 8.

Страницы, загружаемые при нажатии на кнопки в панели управления, выводятся в левом окне. Они выводят на экран обработанные или небработанные сканы, во множестве графических представлений (выпадающий список Type). Страницы, вызываемые из левого окна, загружаются в правом окне. Из схемы на рис. 8 и названий процедур видно, например, что спектры и временные ряды, как правило, отображаются в правом окне. Эти страницы на рисунке выделены желтым цветом, т.к. вызываются путем щелчка мышью на картинке в левом

В правой части панели управления сгруппированы кнопки для отображения сканов и непосредственно измеряемых параметров радиоизлучения (поток, антенная температура, степень поляризации). В левой части по кнопке Gauss вызывается процедура гаусс-анализа, которая вписывает гауссиану в источники, найденные автоматическим распознаванием, для определения таких параметров источника, как размер, положение, полный поток, яркостная температура. Полученные параметры отображаются в табличном виде, а при нажатии на ссылки в заголовках соответствующих столбцов, выводятся в правом окне в виде графиков. Параметры источников заносятся в соответствующую таблицу в базе данных.

Анализ данных на этой странице включает в себя такие операции, как вычитание уровня спокойного Солнца (несколькими разными методами), нахождение местоположения локальных источников, получение спектров

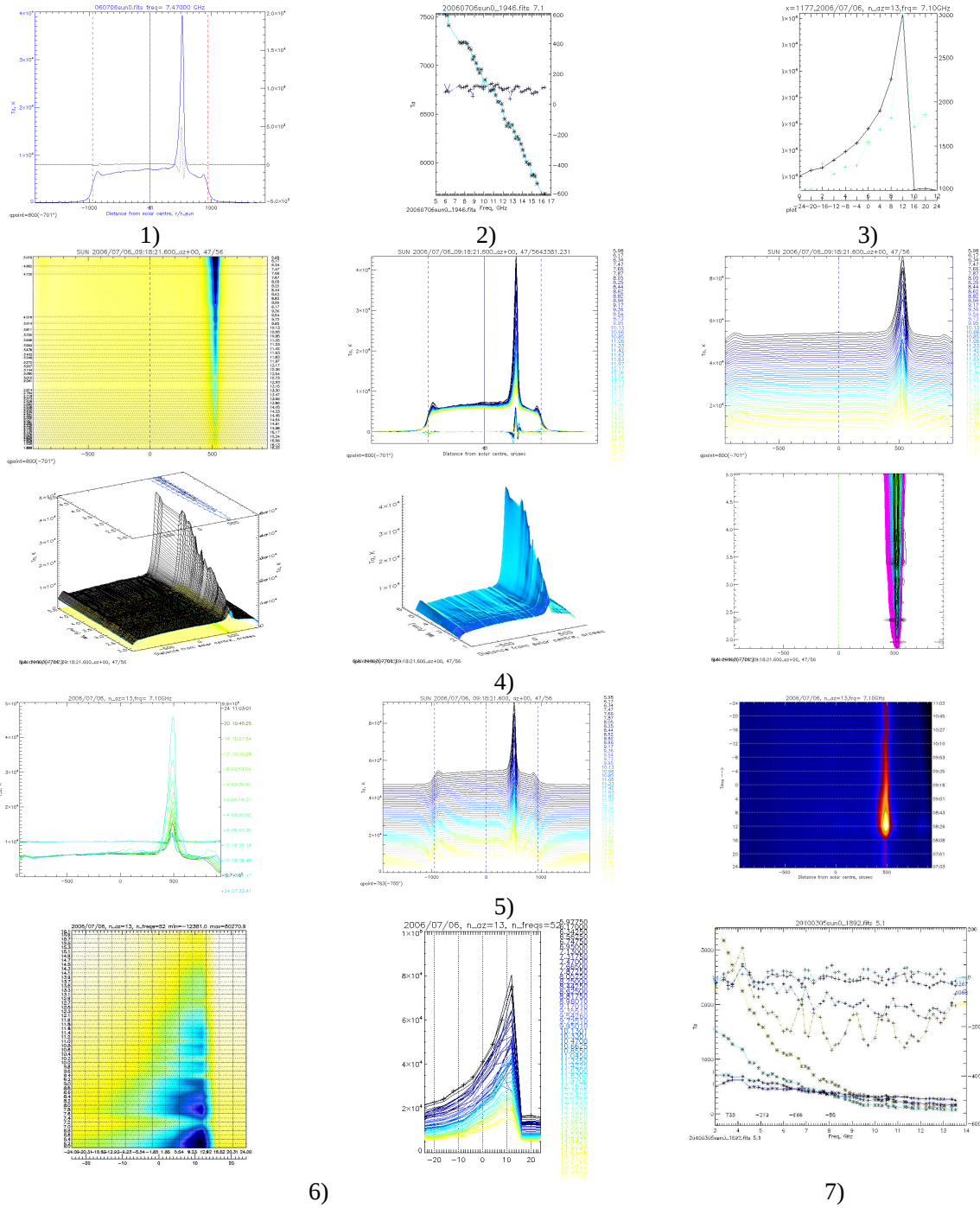


Рис. 6. Способы графического представления данных РАТАН-600 на странице http://www.spbf.sao.ru/cgi-bin/ion-p?page=rat_search.ion. Нумерация рисунков соответствует видам представления в таблице 3.

различных полученных при обработке параметров, фурье и вейвлет анализ полученных рядов данных.

3.3. Автоматическое сопоставление данными других обсерваторий

Сопоставление сканов Солнца с выбранными двумерными изображениями

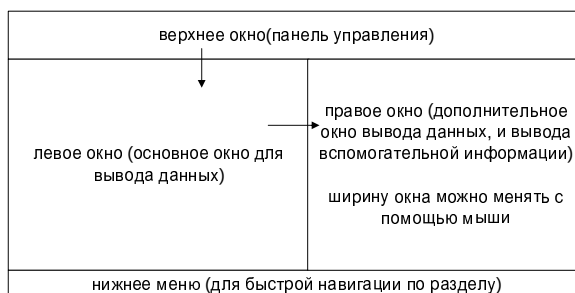


Рис. 7. Схема веб-интерфейса страницы анализа данных

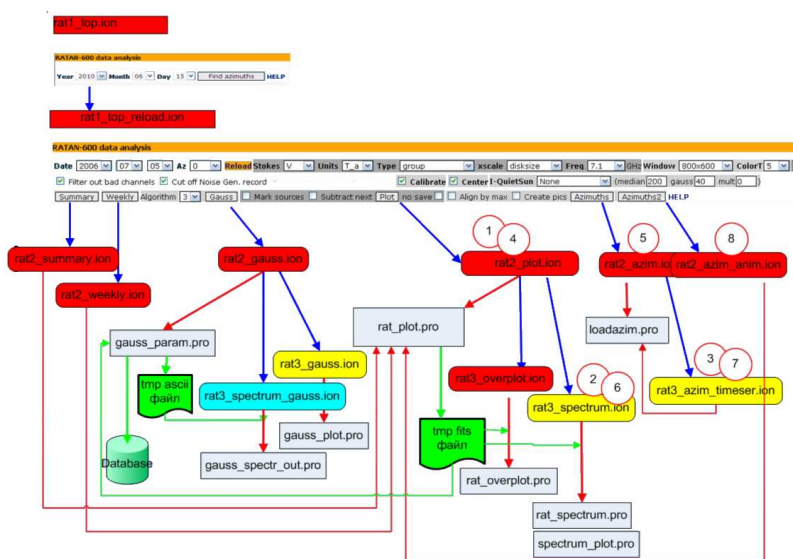


Рис. 8. Схема вызова страниц из панели управления на странице анализа данных, состоящая на июль 2010г. Скрипты третьего уровня (rat3..) запускаются при нажатии на кнопки или клике на картинке со страниц второго уровня (rat2). Красным цветом отображены страницы, вызываемые при нажатии на кнопки. Желтым цветом - вызываемые по клику мышкой на рисунке (для выбора координат). Голубым цветом – вызываемые по гиперссылкам.

осуществляется на сайте автоматически собственного угла, под которым мог в интерактивном режиме. Пользователь наблюдать спутниковый инструмент, а выбирает параметры в правом нижнем окне также, в случае разницы по времени, под изображением сканов. Сопоставление возможен поворот на время наблюдения включает в себя масштабирование, на РАТАН-600, с учетом дифференциального выравнивание, повороты двумерного вращения Солнца. Сверху на подготовленное изображения на Р,В,Л углы Солнца, изображение накладывается скан на одной под которыми Солнце наблюдается с выбранной частоте, или на всех частотах, в Земли на РАТАН-600, поворот за счет виде группы (все сканы в одном масштабе)

или вертикали (сканы разнесены по высоте).

Например, для отождествления радиогрануляции следует выбрать все частоты, и выводить изображение в большом масштабе. Для определения второй координаты следует использовать двумерные изображения на близких волнах с радиогелиографа ССРТ (I,V) на волне 5.2 см и Nobeyama RH (I,V) на волне 1.74 см. Для оптического отождествления области излучения (межпятенный источник, источник над головным пятном, источник в основании петли и др.), используется наложение скана на выбранной частоте (или всех частотах) на двумерную магнитограмму SOHO MDI(рис. 9). Также при наличии соответствующей задачи подкачиваются данные в УФ и рентгеновском диапазонах, и др. Определенные астрофизические выводы можно сделать, например, на основании смещения максимумов излучения в различных диапазонах.

3.4. Другие задачи, выполняемые через веб-интерфейс.

Кроме представления данных, на веб-сайте представлены пользовательские веб-интерфейсы для различных расчетов, необходимых для подготовки, обработки, и интерпретации наблюдений. Из графического интерфейса на ION вызываются программы на Фортране, разработанные сотрудниками

САО РАН и ГАО РАН:

1. Раздел по моделированию радиоизлучения локальных источников
2. Расчеты эфемерид для наблюдений Солнца на РАТАН-600
3. Расчет одномерной диаграммы направленности РАТАН-600

Система регистрации солнечного комплекса РАТАН-600, которая является частью информационной системы обеспечения наблюдений Солнца на РАТАН-600, описана в работе [6].

3.5. Обсуждение и перспективы

Создана и развивается информационная система для сбора, хранения, обработки, анализа, моделирования, и выдачи информации по наблюдениям Солнца на РАТАН-600.

Система предоставляет свободный и авторизованный сетевой доступ к данным наблюдений Солнца на радиотелескопе РАТАН-600 в режиме сопровождения наблюдений (ежедневно после каждого наблюдения). Система осуществляет автоматическую первичную обработку и контроль качества данных, с рассылкой предупреждений о неисправных каналах. Для работы в интерактивном режиме разработаны веб-приложения для интерактивного

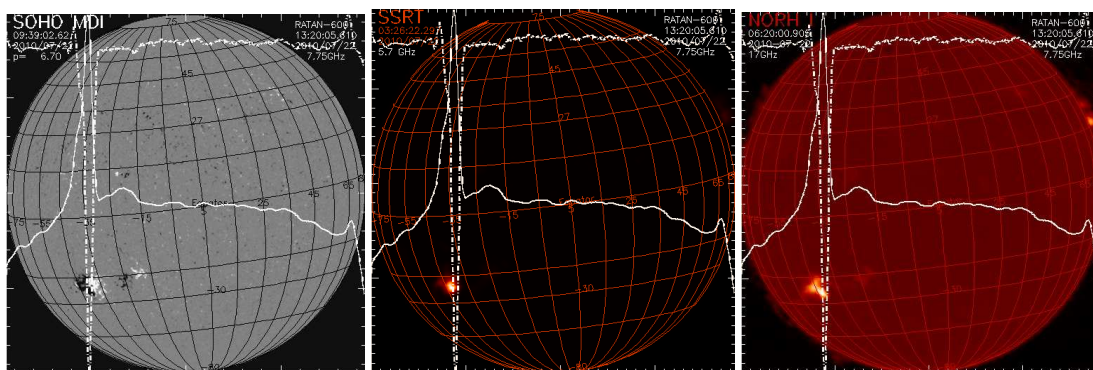


Рис. 9. Наложение сканов радиоизлучения Солнца ПАТАН-600 на двумерные изображения с других инструментов (SOHO MDI, SSRT, NORH и др.)

анализа и визуализации данных, в том развиться в этом направлении. На числе получения спектров интенсивности основе автоматического определения и поляризованного излучения, вычитания предвспышечной ситуации наблюдатель уровня спокойного Солнца, сопоставления может принять решение об изменении с данными других обсерваторий, и т.д. режима наблюдения (увеличить количество Автоматизирован расчет наблюдаемых азимутов, уменьшить время накопления, параметров солнечных источников (размеры, перейти в режим слежения и т.д.). плотность потока, яркостная температура, степень поляризации) на основе гаусс-анализа ЛИ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Часть функциональности сервера – Автор выражает благодарность коллегам, поиск неисправностей в записях, поиск участвовавшим в разработке и тестировании источников (или интересующих объектов) на информационной системы, а также сканах, поиск характерных особенностей в руководителю В.М.Богоду за привлечение спектрах этих объектов, сигнализирующих моего интереса к данной работе. о возможной предвспышечной ситуации, Работа частично поддерживалась и оповещение о них – являются Программами Российской Академии наук задачами, свойственные интеллектуальным ОФН-16 и ПАН-16 и грантами Российского информационным системам (диагностика, фонда фундаментальных исследований мониторинг, прогнозирование), и может 08-02-00378 и 06-02-17034

- Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity, IAU Symposium, Vol. 223. Edited by Alexander V. Stepanov, Elena E. Benevolenskaya, and Alexander G. Kosovichev Cambridge, placecountry-regionUK: Cambridge University Press, 2004., p.613-614
2. В.М.Богод Радиотелескоп РАТАН-600 в 24 цикле солнечной активности. Новые возможности и задачи. 2010, Астрофизический Бюллетень, в печати.
 3. В.М.Богод, Г.Н. Жеканис, М.Г. Мингалиев, С.Х. Тохчукова: Многоазимутальный режим наблюдений на Южном секторе РАТАН-600 с Перископическим отражателем, 2004, Известия ВУЗов, Радиофизика, т. XLVII, №3, стр. 1-12
 4. Богод В.М., Тохчукова, С.Х. Особенности микроволнового излучения активных областей генерирующих мощные солнечные вспышки 2003, Письма в АЖ, том. 29, №3, с.305-316.
 5. В.М.Богод, А.М.Алесин, А.А.Перваков Многооктавный спектрально-поляризационный комплекс высокого разрешения на РАТАН-600 для солнечных исследований, 2010, Астрофизический Бюллетень, в печати.
 6. С.В. Балдин, В.И.Гараимов, 2010, Астрофизический Бюллетень, в печати.
 7. Витковский В.В., Желенкова О.П., Малькова Г.А., Пляскина Т.А., Шергин В.С., Состояние и перспективы развития архива наблюдений обсерватории, "Bulletin of the Special Astrophysical Observatory" (Известия CAO), т.58, 52-63, 2005.
 8. Кононов В.К., Павлов С.В., Мингалиев М.Г., Верходанов О.В., Нижельская Е.К., Хубиева Н.В. ODA-R банк наблюдательных данных радиотелескопа РАТАН-600 Препринт CAO РАН № 164, Нижний Архыз, 2001
 9. Гараимов В.И. Обработка массивов одномерных векторов данных в ОС Windows. Программа Work Scan- версия 2.3. Нижний Архыз, 1997 (препринт CAO РАН)
 10. Grechnev V.V. Solar data analysis with IDL software // Int. Symp. Phys. Processes associated with the Sun, Weihai, 5–12 Aug. 2002. <http://srg.bao.ac.cn/weihaillect/Grechnev/Grechnev01.htm>.
 11. Gordon E. country-regioncountry-regionMoore, «Cramming More Components onto Integrated Circuits», Electronics 38, 8 (country-region19 April 1965)
 12. A Framework for Space and Solar Physics Virtual Observatories, Results from a Community Workshop sponsored by NASA's Living With a Star Program 27-29 October 2004, R. Workshop organizers R. Bentley, R. Bogart, A. Davis, N. Hurlburt, J. Mukherjee, V. Rezapkin, D. A. Roberts, A. Szabo, M. Weiss http://lws-de.gsfc.nasa.gov/VO_Framework_7_Jan_05.pdf
 13. Aschwanden, Markus J. Image Processing Techniques and Feature Recognition in Solar Physics Solar Physics, Volume 262, Issue 2, pp.235-275, 04/2010
 14. Freeland, S. L.; Handy, B. N. Data Analysis with the SolarSoft System. Solar Physics, v. 182, Issue 2, p. 497-500 (1998).
 15. Massimino, P.; Costa, A. IDL Grid Web Portal. Astronomical Data Analysis Software and Systems ASP Conference Series, Vol. 394, Proceedings of the conference held 23-26 September, country-region2007, in country-regioncountry-regionKensington country-regionTown Hall, country-regioncountry-regionLondon, country-

regionUnited Kingdom. Edited by Robert W. Argyle, Peter S. Bunclark, and James R. Lewis., p.265 08/2008