

УДК 004.735.52:004.65:52

БАЗА ДАННЫХ КАРТ ПРОТЯЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И СИСТЕМА ДОСТУПА К НИМ

© 2014 О. В. Верховданов*, Я. В. Найден**, В. Н. Черненко***, Н. В. Верховданова****

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 7 сентября 2013 года; принята в печать 6 декабря 2013 года

Описывается архитектура разработанного вычислительного веб-сервера <http://cmb.sao.ru>, позволяющего синтезировать карты протяженного излучения на полном небе из сферических гармоник в сетке пикселизации GLESP, сглаживать их диаграммой направленности с различным угловым разрешением в пространстве мультиполей, а также выделять области неба с заданными координатами. Описаны системы доступа к серверу и администрирования, а также технология построения карт участков неба, организованная на языке Python в среде разработки веб-приложений Django.

Ключевые слова: астрономические базы данных

1. ВВЕДЕНИЕ

Последнее десятилетие активно развиваются астрономические архивы, пополняемые данными новых наблюдений, а также системы доступа к базам данных (БД).

Самая мощная по объему база данных разночастотных карт неба — виртуальная обсерватория SkyView¹ [1]. Она содержит доступные карты всего неба от радио до гамма-диапазона, в том числе данные оцифрованного Паломарского обзора неба (DSS) в Научном институте космического телескопа (STScI), Слоановского обзора SDSS [2], а также результаты наблюдений со спутников IRAS [3], WMAP [4–8], Planck [9], ROSAT [10] и других. Система доступа к информации в БД SkyView позволяет пользователю получать выбранные площадки неба с максимальным разрешением имеющихся обзоров.

Изображения неба в разных частотных диапазонах хранятся также в БД NED² (NASA/IPAC Extragalactic Database) [11] и прилагаются к результатам выполнения запросов при поиске источников излучения.

Несмотря на большие возможности имеющихся баз данных и систем доступа в форме виртуальной обсерватории, эти серверы не дают возможности создавать запросы, которые поддерживали бы

гармонический анализ и исследовать выбранные площадки с удалением заданных гармоник. Эта задача может быть выполнена специализированными пакетами обработки излучения, распределенного на полной сфере, такими как HEALPix³ [12] и GLESP⁴ [13].

Целью предлагаемой работы является создание вычислительного веб-сервера, позволяющего синтезировать из сферических гармоник карты протяженного излучения на всем небе, сглаживать их диаграммой направленности с различным угловым разрешением в пространстве мультиполей и выделять области неба с заданными координатами. Эти задачи актуальны при исследовании распределения сигнала на сфере, анализе корреляций карт, построенных в разных диапазонах электромагнитного спектра и энергий космических лучей, изучения негауссова сигнала низких гармоник реликтового излучения, приводящего к статистической анизотропии [14, 15].

Ниже мы описываем систему организации базы данных и доступа к файлам, содержащим сферические гармоники и синтезированные карты. В качестве базовой пикселизации сферы выбрана сетка GLESP [13, 16–19]. Система разработанного вычислительного сервера имеет два пути входа в архив данных, представленных в виде двух независимых веб-приложений: 1) доступ к полным картам неба, организованный с помощью процедур на языке Perl и 2) доступ к выбираемым пользователем площадкам неба на заданной частоте с

*E-mail: vo@sao.ru

**E-mail: yarnaid@mail.ru

***E-mail: vch@sao.ru

****E-mail: nat@sed.sao.ru

¹<http://skyview.gsfc.nasa.gov>

²<http://nedwww.ipac.caltech.edu>

³<http://healpix.jpl.nasa.gov>

⁴<http://www.glesp.nbi.dk>

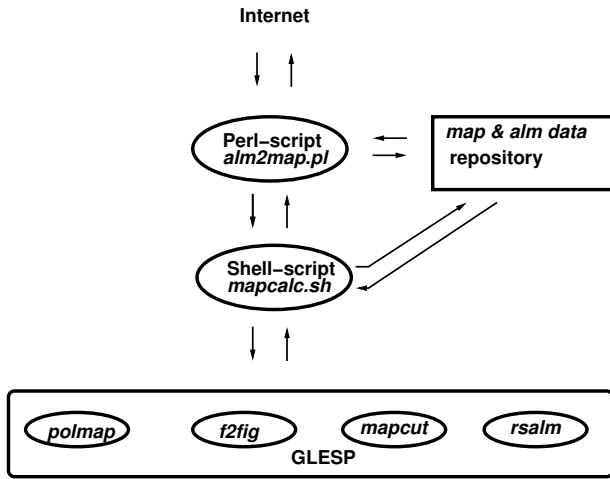


Рис. 1. Структура и система управления базой данных карт и гармоник.

заданным разрешением, организованный на языке Python с применением средств организации оконного ввода — специальной среды (фреймворка) для разработки веб-приложений Django. Оба пути описываются в предлагаемой работе.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ

При разработке нашей системы <http://cmb.sao.ru> мы следовали сценарию создания серверов CATS⁵ [20–23] с базой данных каталогов радиоисточников и SEDs⁶ [24, 25], содержащей данные распределения энергии в спектрах галактик.

Операции нижнего уровня системы управления сервером обеспечиваются утилитами пакета GLESP [13, 18, 19]. Разложение и синтез карт по сферическим гармоникам (мультиполям) проводится стандартным образом:

$$\Delta S(\theta, \phi) = \sum_{\ell=1}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{m=\ell} a_{\ell m} Y_{\ell m}(\theta, \phi). \quad (1)$$

Здесь $\Delta S(\theta, \phi)$ — вариации сигнала на сфере в полярных координатах, ℓ — номер мультиполя, m — номер моды мультиполя. Сферические гармоники определяются как

$$Y_{\ell m}(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{(2\ell+1)(\ell-m)!}{4\pi(\ell+m)!}} P_{\ell}^m(x) e^{im\phi}, \quad (2)$$

$$x = \cos \theta,$$

где $P_{\ell}^m(x)$ — присоединенные полиномы Лежандра. Для непрерывной функции $\Delta S(x, \phi)$ коэффициенты разложения $a_{\ell m}$ выражаются как

$$a_{\ell m} = \int_{-1}^1 dx \int_0^{2\pi} \Delta S(x, \phi) Y_{\ell m}^*(x, \phi) d\phi, \quad (3)$$

где $Y_{\ell m}^*$ обозначает комплексное сопряжение $Y_{\ell m}$. Эта часть GLESP представлена в процедурах `sl2map`, `polmap`, `polalm`.

Сглаживание симметричной диаграммой направленности проводится стандартной операцией в пространстве мультиполей:

$$\tilde{a}_{\ell m} = B_{\ell} a_{\ell m}, \quad (4)$$

где $a_{\ell m}$ — коэффициенты гармонического разложения входной карты, $B_{\ell} = \exp(-\sigma^2 \ell(\ell+1)/2)$ — коэффициенты разложения гауссовой диаграммы направленности с параметром $\sigma = \Theta/\sqrt{8 \ln 2}$ и соответствующей шириной по половинной мощности Θ , $\tilde{a}_{\ell m}$ — коэффициенты разложения по мультиполям выходной карты. Процедура реализована в утилите `rsalm`.

2.1. Структура

Структура и система управления базой данных показаны на Рис. 1.

Сервер разработан в среде OS GNU/Linux⁷ версии Scientific 6.4⁸ на компьютере типа Shuttle SZ68R5 с оперативной памятью 32 Гб и жестким диском 2 Тб. БД карт организована в специально выделенной директории с вложенными подкаталогами, где каждому обзору неба соответствует директория с файлами, содержащими данные распределения на сфере (карты) излучения из наблюдательного частотного диапазона и соответствующие гармонические разложения (коэффициенты $a_{\ell m}$). Имена используемых карт, а также файлов с гармониками, картами и их угловым разрешением — максимальным мультиполем ℓ_{\max} — хранятся в виде таблицы (см. Таблицу 1) в отдельном файле, представляющем собой ссылочную базу данных — репозиторий.

В приведенном примере репозитория (Таблица 1) использованы карты из архивов WMAP⁹ [4–8], Planck¹⁰ [9], ROSAT [10], обзоров на частотах 408 МГц [26] и 21 см HI [27], а также карта, в пикселах которой содержится величина меры

⁷<http://www.gnu.org/gnu/thegnuproject.en.html>

⁸<http://www.scientificlinux.org>

⁹<http://lambda.gsfc.nasa.gov>

¹⁰http://www.sciops.esa.int/index.php?page=Planck_Legacy_Archive&project=planck

⁵<http://cats.sao.ru>

⁶<http://sed.sao.ru>

Таблица 1. Пример репозитория базы данных карт, содержащий их имена, имена файлов с гармониками и картами, а также максимальное разрешение ℓ_{\max} в мультипольном описании

Имя	$a_{\ell m}$ -s	Карта	ℓ_{\max}
WMAP9_ILC	WMAP/alm_ilm_9yr.fts	WMAP/map_ilm_9yr.fts	100
WMAP7_ILC	WMAP/alm_ilm_7yr.fts	WMAP/map_ilm_7yr.fts	100
WMAP5_ILC	WMAP/alm_ilm_5yr.fts	WMAP/map_ilm_5yr.fts	100
WMAP3_ILC	WMAP/alm_ilm_3yr.fts	WMAP/map_ilm_3yr.fts	100
WMAP3_Synch_K	WMAP/alm_synch_k_3yr.fts	WMAP/map_synch_k_3yr.fts	512
WMAP3_FrFr_Q	WMAP/alm_frfr_q_3yr.fts	WMAP/map_frfr_q_3yr.fts	512
WMAP3_Dust_W	WMAP/alm_dust_w_3yr.fts	WMAP/map_dust_w_3yr.fts	512
Faraday_rot	Faraday/alm_faraday.fts	Faraday/map_faraday.fts	256
Haslam	Haslam/alm_haslam.fts	Haslam/map_haslam.fts	1024
Bonn_21cm	Bonn/alm_21cm.fts	Bonn/map_21cm.fts	2048
Planck_SMICA	Planck/alm_smica.fts	Planck/map_smica.fts	4096
Planck_030	Planck/alm_030.fts	Planck/map_030.fts	4096
Planck_100	Planck/alm_100.fts	Planck/map_100.fts	4096
Planck_217	Planck/alm_217.fts	Planck/map_217.fts	4096

Фарадеевского вращения [28] в задаваемом пикселем направлении, отражающего распределение магнитного поля в Галактике. Хранящиеся в базе данных карты наблюдательных данных и космического микроволнового фона (Cosmic Microwave Background — CMB) WMAP, содержат результаты наблюдений и обработки обсерватории WMAP третьего, пятого, седьмого и девятого годов ее работы на пяти частотах: 23 ГГц (полоса K), 33 ГГц (полоса K_a), 41 ГГц (полоса Q), 61 ГГц (полоса V) и 94 ГГц (полоса W), — а также карты фоновых галактических компонент: синхротронного и свободно-свободного излучения и излучения пыли. Карты архива Planck содержат данные о CMB и наблюдений на девяти частотах: 30, 44, 70, 100, 143, 217, 353, 545 и 857 ГГц, — с максимальным разрешением на высоких частотах порядка $5'$. Карты спутника ROSAT построены в пикселизации GLESP в шести интервалах энергии регистрируемых фотонов в полосах $1/4$ кэВ, $3/4$ кэВ и имеют угловое разрешение $12'$. Карта неба на частоте 408 МГц содержит комбинированные данные обзоров на телескопах Jodrell Bank Mk I и Mk IA, Bonn 100 m, Parkes 64 m с разрешением $0^\circ 85$ [26, 29]. Карта на 21 см содержит данные излучения нейтрального водорода и построена по данным обзоров Leiden/Dwingeloo на северном небе [30] и обзора Аргентинского института радиоастрономии (Instituto Argentino de Radioastronomia) на южном небе [31, 32]. Угловое

разрешение карт $0^\circ 6$. Карта меры Фарадеевского вращения восстановлена по данным о поляризации источников обзора NVSS [33].

Система управления состоит из трех уровней: нижнего, промежуточного и верхнего. Нижний уровень реализован с помощью утилит пакета GLESP, обрабатывающих данные карт и гармоник; промежуточный уровень содержит программы управления в виде командных файлов, разработанных на языках shell и Perl (процедуры `cmb_calc.sh` и `alm2map.pl` соответственно); верхний уровень предоставляет доступ из Интернет с помощью программы-демона `httpd` OS GNU/Linux. Чтение веб-страницы производится процедурой `alm2map.pl`, которая передает прочитанные параметры командному файлу `cmb_calc.sh`. Обе процедуры обращаются в репозиторий, хранящийся в файле `alm_descr`, за дополнительными ссылками на имена файлов. Система взаимодействия процедур и репозитория показана на Рис. 1. В случае необходимости добавления новых карт и изменения содержимого репозитория происходит обновление пунктов меню выбора, предоставляемого процедурой `alm2map.pl`.

2.2. Доступ

К базе данных и ее системе управления организован доступ, поддерживаемый двумя типами стандартных Интернет-протоколов: HTTP (веб-интерфейс) и FTP.

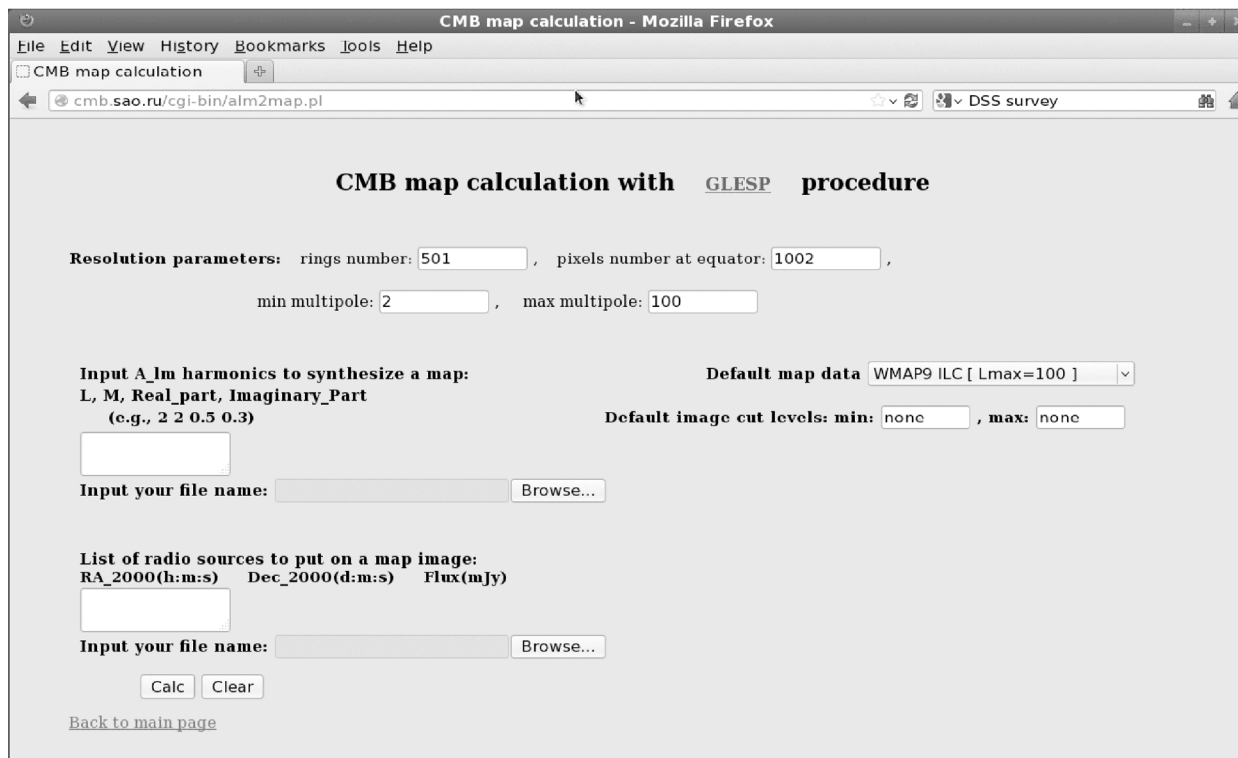


Рис. 2. Веб-страница доступа к процедуре синтеза карт из сферических гармоник.

Веб-страницу задания параметров для синтеза карт из сферических гармоник готовит процедура `alm2map.pl`. В стандартное меню страницы (Рис. 2) входят запросы об угловом разрешении карты в рамках пикселизации GLESP, задаваемом тремя параметрами: максимальным номером мультиполя ℓ_{\max} , количеством пикселей на экваторе N_x , причем $N_x \geq 2\ell_{\max} + 1$, и количеством колец на сфере $N_p \geq 2N_x$. Для внешнего пользователя предоставлена отдельная возможность ввода собственных гармонических коэффициентов $a_{\ell m}$ как в виде ASCII таблиц формата $[\ell \ m \ \text{Re} \ \text{Im}]$, где Re и Im — вещественная и мнимая части $a_{\ell m}$, так и в виде файлов, загружаемых с помощью браузера. Имеется также возможность добавления сигнала точечных источников в пиксели с заданными координатами и изменения шкалы сигнала выводимых рисунков.

FTP-доступ к базе данных гармоник и карт, построенных с максимальным разрешением, открыт по адресу `ftp://ftp.sao.ru/cifs/cmb/cmb/`.

Выходная информация предоставляется в виде FITS-файла с данными на полной сфере, JPEG-изображения карты в галактических координатах в проекции Mollweide и таблицы данных с заданным разрешением. Построение изображения проводится процедурой `f2fig` пакета GLESP.

FITS-формат выводимых карт в стандарте FITS Binary Table [34] определяется пикселиза-

цией GLESP и содержит самодокументированный описывающий данные ASCII-заголовок и три двоичные таблицы:

- (1) положения нулей полиномов Лежандра по оси $\cos \theta$;
- (2) количество пикселей в кольцах на сфере;
- (3) значение сигнала в пикселях при прохождении последовательно по кольцам от севера к югу в соответствии с положением узлов $\cos \theta$.

Коэффициенты $a_{\ell m}$ при сферических гармониках, полученных из разложения используемых карт, доступны по протоколу FTP и хранятся в FITS-файлах стандарта FITS Binary Table. В них записана информация в виде трех двоичных таблиц, содержащих

- (1) кодированный номер гармоники в виде $j = \ell^2 + \ell + m + 1$, где ℓ — номер мультиполя, m — номер его моды;
- (2) значение вещественной части $a_{\ell m}$;
- (3) значение мнимой части $a_{\ell m}$; формат записи файлов с данными $a_{\ell m}$ совместим с аналогичным в пакете HEALPix.

3. ВЫБОР ОБЛАСТИ НЕБА С ЗАДАННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Выбор области неба с разрешением, задаваемым пользователем, является вычислительной

процедурой, аналогичной построению карты на сфере. При этом, если требуется максимальное разрешение, определяемое исходной картой, вычисления не производятся, а используется архивная карта. При необходимости сигнал сглаживается в гармоническом пространстве в соответствии с формулой (4). После выполненных процедур подготовленная карта используется для вырезания выбранной площадки неба. Для представленной задачи разработано отдельное веб-приложение `alm2area`, действующее на этом же сервере.

3.1. Принцип работы приложения

Приложение написано на языке Python¹¹ версии 2.7 с использованием системы работы с оконными интерфейсами (фреймами) — специальной среды для разработки веб-приложений (фреймворка) Django,¹² распространяемой под лицензией BSD. Выбор версии Python (2.7 и выше) обусловлен существованием разработанных процедур поддержки фреймворка.

В качестве шаблона проектирования используется система Model View Controller (MVC), выбор которой определяется фреймворком. На Рис. 3 изображена схема работы приложения.

Процесс обработки запроса содержит несколько шагов:

- (1) после поступления запроса управление передается Django;
- (2) Django обращается к моделям и представлениям, чтобы сформировать веб-страницу с ответом;
- (3) проводится проверка корректности запроса; если он оказался некорректным, то формируется соответствующее представление (веб-страница);
- (4) если запрос удалось обработать, то через контроллер формируются данные для ответа;
- (5) когда данные получены, продолжается работа той части приложения, которая отвечает за представление, чтобы сформировать страницу ответа.

Контроллером является специально разработанный пакет `GlesPy`¹³ [35], который представляет собой набор классов и инструментов с автоматическим контролем параметров для работы с утилитами пакета GLESP на языке Python версии 2.7. Пакет `GlesPy` включает процедуры моделирования и анализа данных космического микроволнового фона: сложения, вычитания и вращения карт на полной сфере, а также процедуры гармонического и статистического анализа в мультипольном пространстве описания данных.

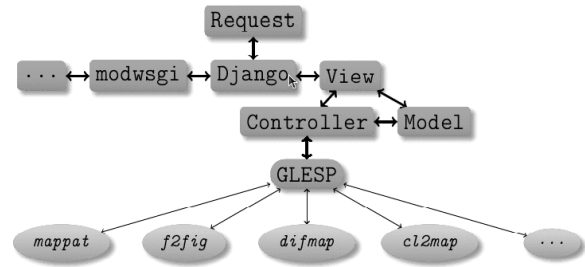


Рис. 3. Схема работы приложения для расчета карт по сферическим гармоникам и подготовки выбранных площадок неба.

3.2. Доступ

Доступ к приложению осуществляется через веб-интерфейс по HTTP. На Рис. 4 изображена главная страница приложения. Ниже описаны основные пункты пользовательского меню.

- В секции *Map Parameters* задаются параметры файла со сферическими гармониками и базовые параметры графического представления карты.
- В секции *Point Source Data* можно загрузить файл с точечными источниками, содержащий параметры, требуемые утилитой `mappat` пакета GLESP: hh:mm:ss.s (RA), dd:mm:ss.s (Dec) и амплитуду, — и задать множитель при их наложении на карту.
- В секции *Mask File* можно выбрать файл с маской в FITS-формате пакета HEALPix (стандартные маски предоставляются архивами WMAP и Planck).
- Сглаживание карты можно задать вводом углового размера в минутах дуги, соответствующего ширине симметричной гауссовой диаграммы по половинной мощности, в секции *Smooth window* в поле *Smoothing Parameters*.
- Секция *Zone Cut Parameters* предназначена для задания координат области неба, которая будет выделена из полной карты. Границы области задаются в галактической системе координат в градусах.
- Группа параметров *Map View Values Limits* предназначена для формирования срезов по максимальному и минимальному значению сигнала в пикселах.

В результате выполнения запроса из данного веб-приложения (функция *Submit*) выдается изображение выбранной области неба в JPEG-формате и ссылка для загрузки соответствующего файла с выбранными данными в архивном формате Basic FITS [36]. При вводе параметров карты осуществляется автоматический контроль и коррекция ввода данных, определяемых способом пикселизации

¹¹<http://python.org>

¹²<http://djangoproject.com>

¹³<https://pypi.python.org/pypi/glespy>

CMB map calculation with *GLESP* procedure

Map Parameters

Alm file:

L_max:

L_min:

nx:

np:

Point Source Data

Point source file: No file chosen

Point sources multiplier:

Mask File

Mask name:

Smoothing Parameters

Smooth window:

Zone Cut Parameters

Min lat:

Min lon:

Max lat:

Max lon:

Map View Values Limits

Max value:

Min value:

Рис. 4. Основной экран приложения.

карт GLESP. Основные требования к входным параметрам — соотношение между максимальным мультиполем ℓ_{\max} , количеством пикселей на экваторе N_p и числом колец на сфере N_x — аналогичны указанным в Разделе 2.2.

3.3. Управление локальной базой данных

Доступ к базе данных SQLite³¹⁴ осуществляется через административную часть, в которую можно попасть добавив строку `admin/` к URL приложения¹⁵ (Рис. 5). На главной странице администрирования отображается история изменений в базе данных (справа), управление базой данных, сайтом и пользователями (справа в основной части).

В разделе *A_lm's* (Рис. 6) осуществляется управление файлами, содержащими коэффициенты сферических гармоник. Здесь можно найти полный список файлов, их параметры, отсортировать их, отредактировать, добавить новые, удалить ненужные и т.п. Добавление ссылок на новые файлы, содержащие данные гармоник и карты, также может быть произведено через интерфейс командной строки (Command Line Interface — CLI) специальной процедурой после обновления репозитория `alm_descr` (см. Раздел 2.1).

Раздел *Calculated maps* предназначен для управления заранее рассчитанными картами, которые используются в качестве заготовок для наиболее частых запросов. Это позволяет избежать дополнительных вычислений при каждом

запросе, что экономит затраченное время на выполнение процедур и минимизирует нагрузку на вычислительный сервер при разложении карт по сферическим гармоникам (Рис. 7).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе описана процедура создания базы данных карт, содержащих распределение протяженного излучения на полной сфере, на сервере `http://cmb.sao.ru`. Реализованная система доступа и управления БД позволяет производить стандартные операции анализа данных на сфере. Эти операции включают

- синтез карт протяженного излучения на полном небе из сферических гармоник в сетке пикселизации GLESP;
- сглаживание их диаграммой направленности с различным угловым разрешением в пространстве мультиполей;
- выделение областей неба с заданными координатами;
- добавление сигнала точечных источников;
- построение графических изображений всего неба и выбранных областей с заданным угловым разрешением.

Доступ к базе данных обеспечен двумя веб-приложениями, разработанными на языках Perl (`alm2map`) и Python (`alm2area`), имеющими доступ к общей базе данных карт неба и сферических гармоник и оперирующими утилитами пакета GLESP, но решающими отличающиеся задачи.

¹⁴www.sqlite.org

¹⁵Доступ требует авторизации.

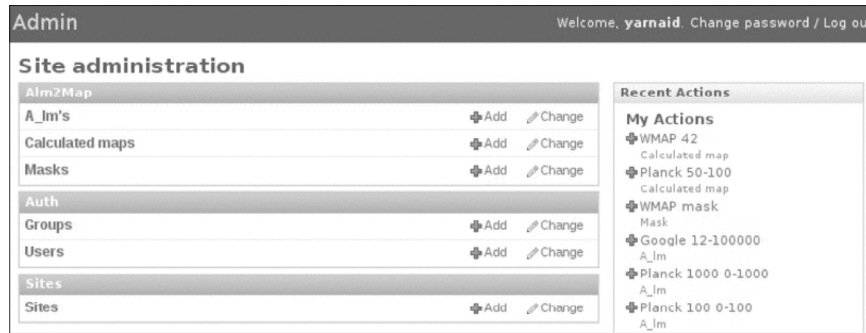


Рис. 5. Страница администрирования.

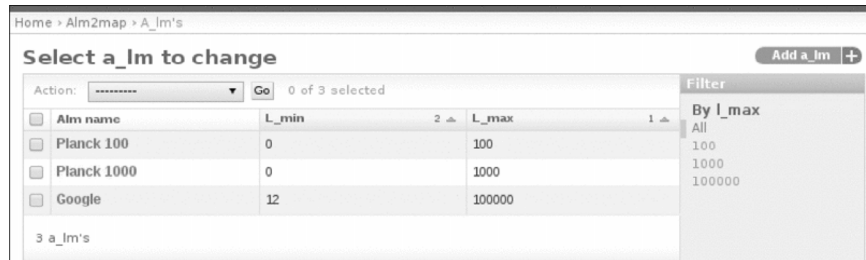


Рис. 6. Страница администрирования: добавление новых файлов с гармониками.

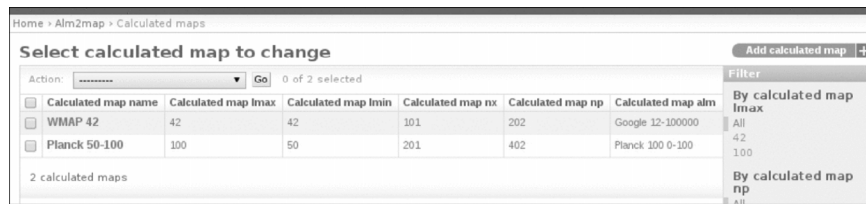


Рис. 7. Веб-страница администрирования: добавление новых предвычисленных карт.

База данных расширяется добавлением директории с новыми картами и их гармоническим разложением и включением соответствующего описания в репозиторий `alm_descr`. Кроме того, на уровне пакета GLESP разработана процедура перевода файлов архива наблюдений на ПАТАН-600 в континууме [37] в карты на сфере с последующей реализацией на разработанном сервере.

Предоставленные возможности системы упрощают анализ корреляций разночастотных карт, изучение статистической анизотропии, наблюдаемой на низких гармониках карты реликтового излучения, а также исследование свойств протяженного излучения разной природы в выделенных областях. Кроме того, сервер может быть использован в образовательном процессе при изучении гармонического разложения сигнала, регистрируемого на полной сфере.

БЛАГОДАРНОСТИ

В данной работе авторы использовали архивы WMAP, Planck, ROSAT, систему обра-

ботки радиоастрономических данных FADPS (http://sed.sao.ru/~vo/fadps_e.html) [38, 39] и пакет GLESP [18, 19] для анализа данных на сфере. Авторы выражают свою признательность NASA за возможность использования архива (NASA Legacy Archive), откуда были взяты данные архива карт WMAP, и ESA — за открытый доступ к результатам наблюдений и обработки данных в Planck Legacy Archive. Работы по данной теме были поддержаны грантом РФФИ No. 13-02-00027.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. T. McGlynn, K. Scollick, and N. White, in *Proc. IAU Symp. 179 on New Horizons from Multi-Wavelength Sky Surveys*, Ed. by B. J. McLean, D. A. Golombek, J. J. E. Hayes, and H. E. Payne (Kluwer Acad. Publ., 1997), p. 465.
2. K. N. Abazajian, J. K. Adelman-McCarthy, M. A. Agueros, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **182**, 543 (2009).
3. C. A. Beichman, G. Neugebauer, H. J. Habing, et al., *Infrared Astronomical Satellite (IRAS) Catalogs*

- and Atlases*, Vol. 1: *Explanatory supplement* (1988).
4. C. L. Bennett, M. Halpern, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 1 (2003).
 5. G. Hinshaw, D. N. Spergel, L. Verde et al., *Astrophys. J. Suppl.* **170**, 288 (2007).
 6. G. Hinshaw, J. L. Weiland, R. S. Hill, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **180**, 225 (2009).
 7. N. Jarosik, C. L. Bennett, J. Dunkley, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **192**, 14 (2011).
 8. C. L. Bennett, D. Larson, J. L. Weiland, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **208**, 20 (2013).
 9. P. A. R. Ade et al. (Planck Collaboration), "Planck 2013 Results. I. Overview of Products and Scientific Results," arXiv:1303.5062.
 10. W. Voges, B. Aschenbach, Th. Boller, et al., *Astronom. and Astrophys.* **349** 389 (1999).
 11. J. M. Mazzarella, NED Team, ASP Conf. Ser. **376**, 153 (2007).
 12. K. M. Górski, E. Hivon, A. J. Banday, et al., *Astrophys. J.* **622** 759 (2005).
 13. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, et al., *Int. J. Mod. Phys.* **14**, 275 (2003).
 14. P. A. R. Ade et al. (Planck Collaboration), "Planck 2013 Results. XXIII. Isotropy and Statistics of the CMB," arXiv:1303.5083.
 15. O. B. Верходанов, *Успехи физических наук* **182**, 1177 (2012).
 16. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, et al., astro-ph/0501494.
 17. O. B. Верходанов, А. Г. Дорошкевич, *Успехи физических наук* **183**, 849 (2013).
 18. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).
 19. A. G. Doroshkevich, O. B. Verkhodanov, P. D. Naselsky, et al., *Int. J. Mod. Phys.* **20**, 1053 (2011).
 20. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, ASP Conf. Ser. **125**, 322 (1997).
 21. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, V. N. Chernenkov, and H. Andernach, *Baltic Astronomy* **9**, 604 (2000).
 22. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005).
 23. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, *Data Science Journal* **8**, 34 (2009).
 24. O. V. Verkhodanov, A. I. Kopylov, O. P. Zhelenkova, et al., *Astron. Astrophys. Trans.* **19**, 663 (2000).
 25. O. V. Verkhodanov, A. I. Kopylov, O. P. Zhelenkova, et al., *Baltic Astronomy* **9**, 668 (2000).
 26. C. G. T. Haslam, C. J. Salter, H. Stoffel, and W. E. Wilson, *Astronom. and Astrophys.* **47**, 1 (1982).
 27. P. M. W. Kalberla, W. B. Burton, D. Hartmann, et al., *Astronom. and Astrophys.* **440**, 775 (2005).
 28. N. Oppermann, H. Junklewitz, G. Robbers, et al., *Astronom. and Astrophys.* **542**, A93 (2012).
 29. C. G. T. Haslam, U. Klein, C. J. Salter, et al., *Astronom. and Astrophys.* **100**, 209 (1981).
 30. D. Hartmann and W.B. Burton, *Atlas of Galactic Neutral Hydrogen* (Cambridge University Press, Cambridge, 1997), p. 243.
 31. E. M. Arnal, E. Bajaja, J. J. Larrarte, et al., *Astronom. and Astrophys.* **142**, 35 (2000).
 32. E. Bajaja, E. M. Arnal, J. J. Larrarte, et al., *Astronom. and Astrophys.* **440**, 767 (2005).
 33. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, et al., *Astronom. J.* **115**, 1693 (1998).
 34. R. J. Hanisch, A. Farris, E. W. Greisen, et al., *Astronom. and Astrophys.* **376**, 359 (2001).
 35. Я. В. Найден, Пакет программ на языке Python для моделирования и анализа данных космического микроволнового фона, <https://pypi.python.org/pypi/glespy>
 36. D. C. Wells, E. W. Greisen, and R. H. Harten, *Astronom. and Astrophys. Suppl.* **44**, 363 (1981).
 37. V. K. Kononov, S. V. Pavlov, M. G. Mingaliev, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **53**, 131 (2002).
 38. O. V. Verkhodanov, ASP Conf. Ser. **125**, 46 (1997).
 39. O. V. Verkhodanov, B. L. Erukhimov, M. L. Monosov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 132 (1993).

Database of Extended Radiation Maps and Its Access System

O. V. Verkhodanov, Ya. V. Naiden, V. N. Chernenkov, N. V. Verkhodanova

We describe the architecture of the developed computing web server <http://cmb.sao.ru> allowing to synthesize the maps of extended radiation on the full sphere from the spherical harmonics in the GLESP pixelization grid, smooth them with the power beam pattern with various angular resolutions in the multipole space, and identify regions of the sky with given coordinates. We describe the server access and administration systems as well as the technique constructing the sky region maps, organized in Python in the Django web-application development framework.

Keywords: *astronomical databases: miscellaneous*