

Всероссийская конференция
«Современные инструменты и методы в астрономии»

Тезисы

4-9 сентября 2023 г., САО РАН

ОГЛАВЛЕНИЕ

ФОРМИРОВАНИЕ УНИФИЦИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА В ЛИНИИ $He\ I\ 10830\ \text{\AA}$, ПОЛУЧЕННЫХ В 1999 – 2023 ГГ. НА ТЕЛЕСКОПЕ БСТ-2 КРАО	4
<i>О. А. Андреева, А. А. Плотников, В. М. Малащук</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АСТРОНОМИЧЕСКИХ КМОП-КАМЕР С ДЕТЕКТОРОМ GSENSE4040	4
<i>И. В. Афанасьева, В. А. Мурзин, В. И. Ардиланов, Н. Г. Иващенко, М. А. Притыченко</i>	
ОБРАБОТКА ОБЗОРОВ В АЗИМУТЕ ПРИ СТАЦИОНАРНОЙ АНТЕННЕ	5
<i>Н. Н. Бурсов, А. А. Кудряшова</i>	
СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ	5
<i>В. В. Власюк</i>	
ПРОЕКТ СИСТЕМЫ КООРДИНАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУ ОБЛУЧАТЕЛЯ ТИП 3 РАТАН-600, РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ АЛГОРИТМА ПОИСКА КООРДИНАТ НА РАСТРОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ	5
<i>В. С. Вакурин, А. А. Стороженко, В. И. Жаров, А. А. Гречкин</i>	
КАМЕРЫ БЛИЖНЕГО И СРЕДНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ 2.5-М ТЕЛЕСКОПА КГО ГАИШ	6
<i>А. М. Татарников, С. Г. Желтоухов, А. А. Белякова, Е. А. Кожшарова</i>	
РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОРРЕКЦИИ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА ЦЕЙСС-2000 ОБСЕРВАТОРИИ ТЕРСКОЛ. ЭТАП 1	6
<i>Е. А. Копылов, А. В. Ларичев, Н. Г. Ирошников</i>	
СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА В КРАО РАН	6
<i>А. С. Куценко, В. Ю. Тербиж, А. В. Долгополов, В. И. Абраменко, Д. Г. Семенов, В. Н. Скирута, А. А. Плотников, В. И. Лопухин</i>	
КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ ВЫБОРКИ БЛАЗАРОВ КАТАЛОГА ROMA-VZCAT	7
<i>Д. Кудрявцев, Ю. Сотникова, В. Столяров, Т. Муфазаров, В. Власюк, А. Михайлов, Ю. Черепкова</i>	
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЖИМА СОПРОВОЖДЕНИЯ НА РАТАН-600	8
<i>М. К. Лебедев, Н. Е. Овчинникова, А. А. Стороженко</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЛУЧЕВЫХ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ В ФОКУСЕ КАССЕГРЕНА ESMT НА ВОЛНЕ 2 -3 ММ	9
<i>А. П. Миронов, В. Б. Хайкин, Е. А. Копылов</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЯ СОЛНЦА НА РАТАН-600 В РЕЖИМЕ СОПРОВОЖДЕНИЯ	9
<i>Н. Е. Овчинникова, М. К. Лебедев, Т. И. Кальтман</i>	
ИЗБРАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕХНИКЕ СПЕКТРОСКОПИИ ЗВЁЗД	10
<i>В. Е. Панчук</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЛУЧЕВЫХ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ В ФОКУСЕ КАССЕГРЕНА ESMT НА ВОЛНЕ 2 -3 ММ	11
<i>А. П. Миронов, В. Б. Хайкин, Е. А. Копылов</i>	
WARE: ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНЗИЕНТОВ	11
<i>Н. С. Панков, Е. А. Щекотихин, А. С. Позаненко, П. Ю. Минаев, С. О. Белкин, А. А. Вольнова</i>	
МНОГОМОДОВЫЙ ПАНОРАМНЫЙ ФОТСПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР ВЫСОКОГО ВРЕМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ	12
<i>В. Л. Плохотниченко, Г. М. Бескин, В. Г. де-Бур, С. В. Карпов, С. В. Моисеев, В. С. Шергин, Е. П. Городовой, А. Г. Гутаев, А. В. Солин, А. А. Солин, З. В. Любецкая, А. П. Любецкий, В. В. Павлова, С. С. Моисеев, Д. А. Бадьин, П. В. Плохотниченко, В. Н. Черненко, А. С. Танащкин</i>	
ЭШЕЛЛЕ СПЕКТРОГРАФ ПЕРВИЧНОГО ФОКУСА БТА (ESPrIF). РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ ИСПЫТАНИЙ	12
<i>М. В. Юшкин, Ю. Б. Верич, Э. Б. Емельянов, В. Е. Панчук</i>	
О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ ШИРОКОДИАПАЗОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ С ВЫСОКИМ СПЕКТРАЛЬНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ	13
<i>А. М. Рипак, И. В. Царик</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ МАЛЫХ ТЕЛЕСКОПОВ В КРАО	13
<i>В. В. Румянцев, В. В. Бирюков</i>	
О ВОЗМОЖНОСТИ ОПЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ ОБЪЕКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОРБИТЫ И ЭФЕМЕРИДЫ С ЦЕЛЬЮ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВТОРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ТЕКУЩУЮ НОЧЬ	14
<i>Т. Н. Санникова</i>	

О ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ И СУБ-ТГц ВСПЫШЕК НА РАДИОТЕЛЕСКОПАХ РТ-7.5 МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА И РАТАН-600	14
<i>В. В. Смирнова, В. Б. Хайкин, Г. А. Макоев, В. С. Рыжов, Ю. Т. Цап</i>	
РАДИОТЕЛЕСКОП МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА РТ-7.5 МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	15
<i>В. В. Смирнова, В. Б. Хайкин, Г. А. Макоев, В. С. Рыжов</i>	
ИНТЕРАКТИВНЫЙ КАТАЛОГ ИЗМЕРЕНИЙ БЛАЗАРОВ НА РАТАН-600 – VLСAT	15
<i>Ю. Сотникова, Т. Муфазаров, М. Мингалиев, Р. Удовичкий, Т. Семенова, А. Эркенов, Н. Бурсов, А. Михайлов, Ю. В. Черепкова</i>	
НОВАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АЗТ-11 КРАО РАН	16
<i>В. Ю. Теребиж, А. В. Долгополов, Н. М. Стешенко, К. А. Антонюк, А. Н. Ростопчина-Шаховская</i>	
НОВЫЙ МАГНИТОГРАФ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ	16
<i>А. Г. Тлатов, И. А. Березин, А. Д. Шрамко, Д. В. Дормидонтов</i>	
ТЕЛЕСКОП-РЕГИСТРАТОР КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ SPOT-CME	17
<i>А. Г. Тлатов, И. А. Березин, А. Д. Шрамко, Р. Н. Курпичев, Д. В. Дормидонтов</i>	
ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ПОККЕЛЬСА ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СОЛНЦЕ	17
<i>Л. С. Токарева, В. И. Скоморовский, Г. И. Кушталъ</i>	
ПОИСК МЮОННЫХ НЕЙТРИНО НА БАКСАНСКОМ ПОДЗЕМНОМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОМ ТЕЛЕСКОПЕ В СОВПАДЕНИИ С АЛЕРТАМИ НА ПЛАТФОРМЕ GCN	18
<i>И. Б. Унатлоков, Е. А. Горбачева, И. М. Дзапарова, М. Г. Костюк, М. М. Кочкаров, А. Н. Куреня, Ю. Ф. Новосельцев, Р. В. Новосельцева, В. Б. Петков, В. С. Романенко, П. С. Стриганов, А. Ф. Янин</i>	
ПАНОРАМНЫЙ ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ 2.6-М ТЕЛЕСКОПА ИМ. Г. А. ШАЙНА: КОНЦЕПЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	19
<i>Д. Н. Шаховской, Р. В. Садыков</i>	
НОВЫЙ МЕТОД ПАНОРАМИРОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ «ВСЁ НЕБО»	19
<i>М. Ю. Фокин, В. В. Комаров, И. В. Шалдырван</i>	
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЛУЧЕВЫХ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ В ФОКУСЕ КАССЕГРЕНА ESMТ НА ВОЛНЕ 2 -3 ММ	20
<i>В. Б. Хайкин, Г. А. Макоев</i>	
МЕТОДЫ И РАСЧЁТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ К ИЗОБРАЖЕНИЯМ НОВЫХ ПОДСМОТРОВЫХ СИСТЕМ САО РАН	21
<i>И. В. Шалдырван, В. В. Комаров, М. Ю. Фокин</i>	
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ КАРЛИКОВЫХ НОВЫХ ЗВЁЗД	22
<i>В. В. Шиманский, А. А. Дудник, Н. В. Борисов, Е. П. Корчагина</i>	
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСАЖДЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА И ОБЛАЧНОСТИ ВОЗМОЖНЫХ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ESMТ	22
<i>А. Ю. Шиховцев, В. Б. Хайкин, А. П. Миронов, Qian Huap, П. Г. Ковадло</i>	
ЭШЕЛЛЕ СПЕКТРОГРАФ ПЕРВИЧНОГО ФОКУСА БТА (ESPrIF). РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ ИСПЫТАНИЙ	23
<i>М. В. Юшкин, Ю. Б. Верич, Э. Б. Емельянов, В. Е. Панчук</i>	
ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК НЭСМИТОВСКОГО ЭШЕЛЛЕ СПЕКТРОГРАФА (НЭС)	24
<i>М. В. Юшкин, В. Е. Панчук</i>	

Формирование унифицированной базы данных наблюдений Солнца в линии He I 10830 Å, полученных в 1999 – 2023 гг. на телескопе БСТ-2 КрАО

О. А. Андреева, А. А. Плотников, В. М. Малащук

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

olga@crao.crimea.ru

В Крымской астрофизической обсерватории на Башенном солнечном телескопе БСТ-2 начиная с 1999 года по настоящее время ведутся работы по наблюдению Солнца в линии He I 10830 Å (He I). Эта линия, наиболее сильная триплетная линия нейтрального гелия, позволяет исследовать физические свойства верхней хромосферы и переходного слоя между хромосферой и короной. Именно в линии He I, которая образуется в верхней хромосфере на высоте около 2000 – 3000 км и возбуждается ультрафиолетовым излучением, возможно наблюдать корональные дыры с Земли. Накопленные на БСТ-2 наблюдательные данные, более чем за два солнечных цикла, позволяют анализировать эволюцию КД, изучать их широтное распределение, процессы формирования, связь с другими структурами на Солнце. Вместе с тем в это время неоднократно выполнялась модернизация процесса наблюдений разной сложности и процесс обработки изображений так же претерпевал некоторые изменения. Возникла необходимость привести полученные в разное время изображения к единому виду. В настоящий момент все изображения, полученные в период с 1999 по 2023гг., обрабатываются по единой методике и из них формируется унифицированная база данных. В работе указана основная причина данной обработки, кратко представлены алгоритм, описание и фрагменты базы данных.

Исследование характеристик астрономических КМОП-камер с детектором GSENSE4040

И. В. Афанасьева, В. А. Мурзин, В. И. Ардиланов, Н. Г. Иващенко, М. А. Притыченко

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

riv@sao.ru

Изучение рынка коммерчески доступных КМОП-детекторов показывает, что приборы серии GSense (GPixel Inc., КНР) наиболее подходят для астрономических приложений, требующих высокоскоростных крупноформатных фотоприёмников научного класса. В настоящее время выпускается достаточно обширная линейка камер на основе таких детекторов. В работе обобщены достоинства и недостатки существующих решений с КМОП-фотоприемником формата 4K×4K. Авторы исследуют фотометрические характеристики камер Kepler KL4040 (Finger Lakes Instrumentations, США), QHY4040PRO-BSI (QHYCCD, КНР) и pCam4040 (САО РАН, Россия). Описано поведение КМОП-детекторов с фронтальной и обратной засветкой при наблюдении ярких объектов в режиме длительной экспозиции с большим накоплением заряда. Лабораторные испытания показали, что в режиме расширенного динамического диапазона (HDR) изображения, получаемые камерой QHY4040PRO-BSI, имеют рассогласованность при совмещении кадров с высоким и низким усилением, а в Kepler KL4040 данный режим доступен только при использовании оптоволоконного интерфейса. Камера pCam4040 позволяет снимать HDR-изображения с оптимальным сочетанием двух видеоканалов с разным усилением.

Обработка обзоров в азимуте при стационарной антенне

Н. Н. Бурсов, А. А. Кудряшова

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

akudryashova@yandex.ru

В работе описан метод обработки обзоров неба, проведённых на Западном секторе ($Az = 270^\circ$) РАТАН-600 при неподвижно стоящей антенне на комплексе из нескольких 4-х канальных радиометров на центральной частоте 4.7 ГГц. Рассмотрены и учтены особенности прохождения источников под параллактическим углом через диаграмму направленности антенны, при расположении входных рупоров радиометров вдоль фокальной линии вторичного зеркала с их поперечными выносами относительно электрической оси телескопа. При накоплении данных проводилась коррекция положения источников к их расчётному положению и, при отсутствии калибровок, учитывалось изменение усиления радиометров из-за температуры окружающей среды.

В дополнение к штатному, разработано программное обеспечение по обработке больших массивов данных, которое позволило с приемлемой точностью обнаруживать источники с плотностью потока в несколько миллионских, построить спектры радиоисточников с привлечением данных астрофизических каталогов, получить кривые блеска суточного изменения плотности потока сильных источников ($S_{4.7} > 100$ мЯн) и провести оптические отождествления.

Спектроскопия высокого разрешения – современное состояние и перспективы

В. В. Власюк

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

vlas@sao.ru

Представлен обзор спектральных методов высокого разрешения, представляемых заявителям на оптических телескопах России и мира и применяющихся для решения задач звёздной астрофизики – спектрографов различных типов, мультиобъектных и панорамных систем. Обсуждаются их характеристики, преимущества и недостатки. Также в докладе описан ряд реализуемых в настоящее время проектов. Отмечен ряд проблем с изготовлением основных узлов и компонентов, возникающих при их выполнении, с которыми сталкиваются разработчики в нашей стране.

Проект системы координатного обеспечения АСУ облучателя тип 3 РАТАН-600, результаты апробации алгоритма поиска координат на растровом изображении

В. С. Вакурин, А. А. Стороженко, В. И. Жаров, А. А. Гречкин

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

vvs@sao.ru

В 2019 году на облучателе №3 радиотелескопа РАТАН-600 была введена в опытную, а затем и в штатную эксплуатацию новая система автоматического управления (АСУ) облучателя тип 3 [1], что обеспечило новые возможности по управлению параметрами движения элементов облучателя №3 и в целом позволило начать цикл методических работ по внедрению нового режима наблюдений с сопровождением объектов в процессе наблюдений. Для повышения качества сопровождения, внедрения новых автоматизированных режимов работы облучателя №3 необходимо интегрировать в АСУ облучателя систему координатного обеспечения. В работе исследованы подходы к решению актуальной задачи автоматизированного координатного обеспечения работы облучателя №3 радиотелескопа РАТАН-600.

Камеры ближнего и среднего инфракрасного диапазонов 2.5-м телескопа КГО ГАИШ

А. М. Татарников, С. Г. Желтоухов, А. А. Белякова, Е. А. Кожшарова

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Приведено описание конструкции и алгоритмов наблюдений и редукиции данных для двух камер инфракрасного диапазона, установленных на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ: ASTRONIRCAM с рабочим диапазоном длин волн 1–2.5 мкм и LM-фотометра, работающего в диапазоне 3–5 мкм. Представлены результаты исследования параметров камер. Анализ результатов наблюдений показывает, что с этими камерами на уровне $SNR = 3$ можно наблюдать объекты с блеском: $J = 22$, $H = 20.5$, $K = 19.5$ для ASTRONIRCAM (время накопления 3000 с, FWHM звезд = $1''$) и $L = 8.5$ и $M = 7.5$ для LM-фотометра (время накопления 1 мин., FWHM звезд = $0.7''$).

Разработка адаптивной оптической системы коррекции для телескопа Цейсс-2000 обсерватории Терскол. Этап 1.

Е. А. Копылов¹, А. В. Ларичев², Н. Г. Ирошников²

¹Институт астрономии РАН

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

kopylov@inasan.ru

В работе представлен проект модернизации телескопа Цейсс-2000 (Терскол) системой адаптивной оптической коррекции астрономических изображений с применением лазерной опорной звезды Релеевского типа с пространственным сканированием луча для расширения изопланарной области детектирования и коррекции поля. Показаны первые шаги в области исследования астроклимата региона и изучения инструментальных аберраций телескопа.

Спектрополяриметр для наблюдений Солнца в КрАО РАН

*А. С. Куценко, В. Ю. Теребиж, А. В. Долгополов, В. И. Абраменко, Д. Г. Семенов,
В. Н. Скирута, А. А. Плотников, В. И. Лопухин*

КрАО РАН

alex.s.kutsenko@gmail.com

В КрАО РАН проводятся первые тестовые спектрополяриметрические наблюдения Солнца на новом приборе, установленном на крупнейшем на сегодня оптическом солнечном телескопе России БСТ-1. Основная задача прибора – одновременное измерение магнитных полей и продольных скоростей плазмы в фотосфере и нижней хромосфере Солнца. В рабочий диапазон спектрополяриметра, перекрывающий более 50 \AA , попадают спектральные линии из триплета Mg I b2 5173 (ядро линии формируется в нижней хромосфере) и фотосферная линия Fe I 5250 с эффективным фактором Ланде $g = 3$. Спектральное разрешение прибора составляет около 70000. В докладе описана оптическая схема спектрополяриметра, представлены его измеренные характеристики и показаны первые результаты по измерению магнитных полей на Солнце.

Кластерный анализ на примере выборки блазаров каталога Roma-BZCAT

Д. Кудрявцев, Ю. Сотникова, В. Столяров, Т. Муфазаров, В. Власюк, А. Михайлов, Ю. Черепкова

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

dkudr@sao.ru

Объем информации, получаемый современными телескопами, неуклонно растёт, и комплексный анализ наблюдательных данных представляет из себя сложную задачу из-за множественных факторов, влияющих на получение экспериментального материала, и разных свойств объектов исследования, которые не всегда можно учесть. Стандартным способом анализа свойств большой выборки является разделение объектов на некоторые классы (разработка классификации) и исследование свойств этих классов, что позволяет выявить имеющиеся физические закономерности. Построение системы классификации — весьма нетривиальная задача. В классическом варианте такие системы разрабатывались чаще всего на основе одной-двух характеристик, например общеизвестная классификация звёзд по диаграмме Герцшпрунга-Рассела (ГР). Такая классификация требует выявления признаков с наиболее сильными различиями и с хорошей локализацией групп объектов в пространстве признаков. При этом остальные характеристики и более слабые закономерности не учитываются. Появление больших вычислительных мощностей и методов машинного обучения позволяют обобщить классический подход на произвольное количество характеристик с помощью алгоритмов кластеризации, или кластерного анализа.

Преимуществом такого способа можно считать то, что система классификации строится непосредственно исходя из данных, без выдвигания априорных предположений и ограничений (т.н. *unsupervised learning*, или обучение без учителя), за исключением выбора некоторых «гиперпараметров»: набора признаков для кластеризации (выбор признакового пространства), алгоритма, и, чаще всего, ограничения на количество классов.

Несмотря на одинаковую общую концепцию (близость объектов в пространстве признаков), методы решения могут быть довольно разнообразными, при этом различия в основном связаны с выбором алгоритма кластеризации и необходимостью уменьшения размерности признакового пространства, см. например Fisher discriminative subspace model (Bouveyron & Brunet, 2011, *Statistics & Computing*, 22, 301) с гауссовым представлением данных в латентном пространстве низкой размерности, self organizing maps (SOM, Wittek et al., 2017, *Journal of Statistical Software*, 78(9), 1), где применяется нейросеть, или алгоритм t-SNE (van der Maaten & Hinton, 2008, *Journal of Machine Learning Research*, 9, 2579), использующий в качестве латентного представления распределение вероятности близости для пар объектов.

В нашей работе мы проводим кластеризацию блазаров каталога Roma-BZCAT, применяя два независимых подхода: k-means с предварительным понижением размерности методом главных компонент (PCA, Primary Component Analysis) и self organizing maps. Дополнительно проводится визуализация результатов с помощью t-SNE. Два метода показывают схожие результаты (на уровне 92%). Обсуждается проблема заполнения пропущенных значений, используется вероятностный PCA (probabilistic PCA), показана его хорошая эффективность в задачах группового анализа.

В качестве признаков, по которым ведётся кластеризация, мы брали максимально доступное количество наблюдаемых характеристик, а именно использованы многоволновые данные измерений: радио (NVSS, FIRST, PATAH), ИК (WISE), оптика (Pan-STARRS), UV (GALEX), X-ray (ROSAT, Swift-XRT) и данные портала SED Builder. Проведен отбор и преобразование признаков для обеспечения «физичности» характеристик и корректной работы алгоритмов кластеризации. Далее проводится двухэтапное снижение размерности, сводящее начальную задачу к кластеризации в 6-мерном пространстве, для выполнения которой мы выбрали алгоритм k-means, протестировав несколько других вариантов.

Несмотря на то, что блазары изначально представляют из себя довольно однородный тип объектов, где очевидно не стоит ожидать наличия четко отличающихся групп, удается получить разделение «облака объектов» на отдельные области с нечеткой границей. В результате строится независимая классификация блазаров (5 классов). Проводится ее сравнение с существующей классификацией Roma-BZCAT (объекты типов FSRQ, BL Lac, galaxy-dominated BL Lac), рассматриваются обнаруженные особенности групп, демонстрируются характерные различия в форме спектральных распределений энергии (SED).

Методические результаты применения режима сопровождения на РАТАН-600

М. К. Лебедев, Н. Е. Овчинникова, А. А. Стороженко

Санкт-Петербургский филиал САО РАН

m.k.lebedev@gmail.com

В настоящее время подавляющее большинство наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600 ведется в пассажном режиме, когда сканирование неба происходит за счет суточного вращения Земли. Обеспечивая достаточно высокое пространственное разрешение, данный режим не позволяет производить сколько-нибудь длительное накопление сигнала, а также наблюдать динамику относительно быстро протекающих процессов, например, в активных областях на Солнце. Способы преодоления указанных недостатков обсуждаются, например, в [1,2].

Антенная система «Юг + Плоский» с облучателем № 3 на дуговых рельсовых путях позволяет вести наблюдения радиообъектов в области $\pm 30^\circ$ от Юга. Конструктивные особенности используемой в настоящее время АСУ телескопа не позволяют вести перестройку антенны непрерывно в режиме реального времени, поэтому в рассматриваемом режиме при наблюдениях в некоторой области вокруг выбранного азимута антенна устанавливается в соответствии с расчетом для пассажного режима в данном азимуте, а сопровождение радиоисточника происходит при помощи перемещения кабины облучателя по дуговым рельсам с требуемой скоростью.

В 2020-21 гг. была проведена модернизация облучателя № 3 с заменой кабельных коммуникаций, приводов и двигателей перемещения облучателя и каретки. Создана современная АСУ, обеспечивающая высокоточное управление перемещением кабины облучателя и каретки. Приводы, примененные в данной системе, позволяют управлять разгонной и тормозной характеристиками двигателей, задавать сложные профили движения, имеют развитые функции мониторинга и диагностики. Точность управления скоростью перемещения кабины облучателя составляет не хуже 0.3%, что позволяет удовлетворить требованиям, необходимым для реализации режима сопровождения.

На основе результатов работы [3] нами получены формулы для вычисления скорости движения кабины облучателя при сопровождении в приближении геометрической оптики и путем расчета методом апертурного интегрирования определены дифракционные поправки к ним. В наблюдениях радиоисточников с различными склонениями было обнаружено незначительное систематическое расхождение результатов расчетов с практически определяемой величиной скорости кабины, определены значения соответствующих поправок.

Используемый для расчета эфемерид радиоисточников и составления расписаний установки антенны РАТАН-600 программный пакет ЭФРАТ использует текстовые файлы заданий, форма которых не обладает достаточной наглядностью. Работа с ним требует существенной концентрации внимания, которую бывает трудно сохранить при составлении большого числа разнородных расписаний. Нами разработано программное обеспечение, включающее в себя web-интерфейс к пакету ЭФРАТ, а кроме того, позволяющее составлять задания на наблюдения в режиме сопровождения для АСУ облучателя № 3. Применение данного ПО позволило сократить время подготовки заданий антенны и АСУ облучателя в несколько раз и практически свести к нулю число возникающих при этом ошибок.

В качестве демонстрации наблюдательных возможностей режима сопровождения нами была предпринята попытка выделения радиосигнала пульсара PSR B0531+21 в Крабовидной туманности. В докладе обсуждается метод обработки наблюдательных данных и приводятся результаты наблюдений в сравнении с данными, приведенными в работе [4].

Литература

1. Н. Л. Кайдановский. Сопровождение источников радиоизлучения при наблюдениях с помощью антенны переменного профиля (АПП). *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1975. Т. 7. С. 214–225.
2. О. А. Голубчина, Г. С. Голубчин. Метод «эстафеты». *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1981. Т. 14. С. 125–131.
3. О. Н. Шиврис. Работа радиотелескопа РАТАН-600 с плоским отражателем. *Астрофиз. исслед. (Изв. САО)*. 1980. Т. 12. С. 134–140.
4. T. H. Hankins et al. The Crab pulsar at centimeter wavelengths. I. Ensemble characteristics. *ApJ*. 2015. Vol. 802:130. DOI 10.1088/0004-637X/802/2/130.

Результаты моделирования многолучевых диаграмм направленности в фокусе Кассегрена ESMT на волне 2 -3 мм

А. П. Миронов¹, В. Б. Хайкин², Е. А. Копылов³

¹Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга

²Санкт-Петербургский филиал САО РАН

³Институт астрономии РАН

vkhstu@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется изучению астроклимата возможных мест размещения крупного наземного субмиллиметрового телескопа в Евразии, а также мониторингу астроклиматических характеристик в существующих обсерваториях. Для эффективной работы крупного субмиллиметрового телескопа в многолучевом режиме требуется комплексное изучение астроклимата возможных мест его размещения. Одной из важнейших задач исследования астроклимата является изучение статистик осажденного водяного пара (PWV).

С целью оценки PWV по данным ГНСС станций, мы использовали стандартный подход, основанный на расчёте задержки распространения ГНСС сигнала от спутника к ГНСС приёмнику, обусловленной тропосферной рефракцией. Этот метод позволяет непрерывно измерять PWV с помощью ГНСС приёмника с задержкой обработки результатов измерений, по продолжительности составляющей несколько недель, что связано с доступом к информации о точных эфемеридах спутников. Обработка фазовых измерений задержки сигнала с двухчастотных ГНСС приёмников проводилась с помощью методик, реализованных в пакете программ GAMIT/GLOBK, в дальнейшем, значения PWV корректировались с помощью модели, описанной в работе.

По данным ГНСС станций нами изучены статистики PWV 25 астропунктов Евразии, включая Тибет, Гренландия, Канарские острова, Пик Терскол, КГО, Бадары, Китаб (Узбекистан), Шемаха (Азербайджан), Кой-Таш и Бишкек (Киргизия), Улан Батор (Монголия) и др. Два новых астропункта были установлены в Дагестане и на Алтае в 2023 г. в рамках изучения астроклимата возможных мест размещения Евразийских Субмиллиметровых Телескопов (ESMT).

Результаты наблюдения Солнца на РАТАН-600 в режиме сопровождения

Н. Е. Овчинникова, М. К. Лебедев, Т. И. Кальтман

Санкт-Петербургский филиал САО РАН

n.e.ovchinnikova@gmail.com

В марте и мае 2023 года на РАТАН-600 были проведены многоазимутальные наблюдения отдельных активных областей (АО) на Солнце в дециметровом диапазоне в режиме сопровождения на антенной системе «Юг + Плоский». Использовался режим наблюдений с сокращенной апертурой (61 щит) с установкой главного зеркала антенной системы в азимутах через 4°. Координаты каждой АО рассчитывались заранее для каждого азимута с учётом позиционного угла диаграммы и вращения Солнца и переводились в склонение и восхождение. Таким образом, расписание установки антенны составлялось в каждом азимуте как для отдельного источника. Длительность непрерывного сопровождения в азимутах составила 500 секунд. В пяти азимутах, включая меридиан, наблюдения проходили в штатном пассажном режиме с полной апертурой. После остановки сопровождения или до его начала часть Солнца наблюдалась в транзите, что позволяло осуществлять калибровку по спектральной плотности потока [1].

27 и 30 марта в течение дня были получены серии наблюдений АО NOAA 13258 и АО NOAA 13256 с протуберанцами на западном лимбе Солнца. 30 марта удалось проследить в АО NOAA 13256 динамику радиоизлучения в диапазоне 1 – 3 ГГц во время вспышки класса M5.4 (07:24:00 - 07:43:00 UTC). 31 мая наблюдалась спокойная область NOAA 13319 с волокном.

Для анализа данных применялись методы факторного анализа. Характер данных при сопровождении в одной точке не позволяет применять методы многомерного анализа, имеющие единственное решение. Тем не менее, для разделения сигналов используется метод неотрицательного матричного разложения (NMF) [2], в том числе в астрономии [3,4]. Для построения начальной модели разложения данных после деконволюции с диаграммой направленности антенной системы применялся анализ главных компонент (PCA), позволяющий исключить из рассмотрения излучение источников, не связанных с Солнцем (спутники или случайные помехи), точно определить количество и вид значимых спектральных составляющих радиосигнала и выявить наличие особенностей в спектрах отдельных источников.

Во время развития вспышки в в АО NOAA 13256 в радиоизлучении в диапазоне 1–3 ГГц в обеих поляризациях наблюдалась серия усиливающихся всплесков с интервалом ~150 секунд.

В спектрах излучения спокойной АО NOAA 13258, NOAA 13319 и АО NOAA 13256 после вспышки (10:53 UTC) наблюдались линии поглощения в области 1.5 – 1.65 ГГц, аналогичные обнаруженным ранее [1] при наблюдении в пассажном режиме.

В случае сопровождения спокойной области с протуберанцем удалось разделить фоновое излучение (т.н. «спокойного Солнца») с постоянным спектром и излучение источника в АО, спектр которого имел волнообразную структуру в области 2–3 ГГц, а наклон спектра существенно изменялся во времени в течение прохождения одного азимута.

В конце наблюдения в источнике возникла пульсация с периодом ~37 секунд.

Представлены модельные расчёты эффектов влияния квазипериодической структуры магнитного поля на спектр солнечного надпятенного источника.

Рассчитывался спектр циклотронного излучения модельного источника с заданным магнитным полем в дипольной аппроксимации. Затем добавлялись периодические вариации магнитного поля (отклонения от начального распределения с различными амплитудами и шагом по высоте), что вызывало соответствующие квазипериодические отклонения в частотном спектре. Показано, что задаваемые параметры периодических изменений магнитного поля определяют периодический спектральный тренд и его характеристики (амплитуду и шаг по частоте). Таким образом, волнообразный спектр источника в активной области может свидетельствовать о наличии квазипериодических колебаний магнитной структуры активной области на корональных высотах, соответствующих гирорезонансным уровням диапазона частот, на которых наблюдается колебание спектра. Данное моделирование может быть использовано для интерпретации похожих наблюдательных эффектов.

Полученные результаты для режима сопровождения на данный момент позволяют планировать эксперимент по наблюдению спектральных линий в радиодиапазоне 1 – 3 ГГц, возникающих как в наблюдаемых источниках, так и при прохождении радиосигнала через земную атмосферу. Сейчас проводится моделирование спектральных линий (прежде всего, гидроксила [1]) в условиях протуберанца.

Литература

1. N. E. Ovchinnikova, M. K. Lebedev, V. M. Bogod, A. M. Ripak, A. A. Storozhenko. Results of a new approach to the analysis of multi-wavelength observations data obtained with RATAN-600. PoS. 2022. MUTO2022. P. 007. DOI 10.22323/1.425.0007.
2. Pauca, P., Piper, J., Plemmons, R., 2006a. Nonnegative matrix factorization for spectral data analysis. Linear Algebra Appl. 416 (1), 29–47. DOI 10.1016/j.laa.2005.06.025
3. Bin Ren, Laurent Pueyo, Guangtun B. Zhu, Gaspard Duchêne. Non-negative Matrix Factorization: Robust Extraction of Extended Structures. The Astrophysical Journal. 2018. Т. 852, вып. 2. С. 104. DOI 10.3847/1538-4357/aaa1f2
4. Berry M.W., Browne M., Langville A.N., Pauca V.P., Plemmons R.J. Algorithms and Applications for Approximate Nonnegative Matrix Factorization. Computational Statistics and Data Analysis. 007. DOI org/10.1016/j.csda.2006.11.006

Избранные работы по технике спектроскопии звёзд

В. Е. Панчук

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

panchuk@ya.ru

Перечислены основные аппаратурно-методические работы, выполнявшиеся по инициативе и с участием сотрудников лаборатории астроспектроскопии САО РАН с 2012 года. Упомянуты как проекты развития существующей аппаратуры, так и новые приборы и методы.

Результаты моделирования многолучевых диаграмм направленности в фокусе Кассегрена ESMT на волне 2 -3 мм

А. П. Миронов¹, В. Б. Хайкин², Е. А. Копылов³

¹Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга

²Санкт-Петербургский филиал САО РАН

³Институт астрономии РАН

vkhstu@mail.ru

В настоящее время большое внимание уделяется изучению астроклимата возможных мест размещения крупного наземного субмиллиметрового телескопа в Евразии, а также мониторингу астроклиматических характеристик в существующих обсерваториях. Для эффективной работы крупного субмиллиметрового телескопа в многолучевом режиме требуется комплексное изучение астроклимата возможных мест его размещения. Одной из важнейших задач исследования астроклимата является изучение статистик осажденного водяного пара (PWV).

С целью оценки PWV по данным ГНСС станций, мы использовали стандартный подход, основанный на расчёте задержки распространения ГНСС сигнала от спутника к ГНСС приёмнику, обусловленной тропосферной рефракцией. Этот метод позволяет непрерывно измерять PWV с помощью ГНСС приёмника с задержкой обработки результатов измерений, по продолжительности составляющей несколько недель, что связано с доступом к информации о точных эфемеридах спутников. Обработка фазовых измерений задержки сигнала с двухчастотных ГНСС приёмников проводилась с помощью методик, реализованных в пакете программ GAMIT/GLOBK, в дальнейшем, значения PWV корректировались с помощью модели, описанной в работе.

По данным ГНСС станций нами изучены статистики PWV 25 астропунктов Евразии, включая Тибет, Гренландия, Канарские острова, Пик Терскол, КГО, Бадары, Китаб (Узбекистан), Шемаха (Азербайджан), Кой-Таш и Бишкек (Киргизия), Улан Батор (Монголия) и др. Два новых астропункта были установлены в Дагестане и на Алтае в 2023 г. в рамках изучения астроклимата возможных мест размещения Евразийских Субмиллиметровых Телескопов (ESMT).

AWARE: Приложение для планирования наблюдений оптических транзиентов

*Н. С. Панков^{1,2}, Е. А. Щекотихин¹, А. С. Позаненко^{2,1}, П. Ю. Минаев^{2,3}, С. О. Белкин^{1,2},
А. А. Вольнова²*

¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

²Институт космических исследований РАН

³Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

Мы представляем приложение **AWARE** для автоматического планирования наблюдений в сети наземных оптических телескопов. **AWARE** позволяет получать и рассылать алертные сообщения об астрофизических транзиентах (гамма-всплески) и гравитационно-волновых событиях LIGO/Virgo/KAGRA из сети GCN/TAN. **AWARE** позволяет планировать наблюдения и рассылать планы наблюдений подписчикам как для отдельных телескопов, так и для сети телескопов, для достижения оптимального покрытия для поиска транзиентов в вероятной области локализации. Обсуждается архитектура приложения, методы планирования, алгоритм обхода областей локализации транзиентов для проведения оптимального поиска. Приведены несколько примеров работы и планы по развитию приложения.

Многомодовый панорамный фотоспектрополяриметр высокого временного разрешения

В. Л. Плохотниченко^{1*}, *Г. М. Бескин*^{1,2**}, *В. Г. де-Бур*³, *С. В. Карпов*^{1,2,4***}, *С. В. Моисеев*¹,
*В. С. Шергин*¹, *Е. П. Городовой*¹, *А. Г. Гутаев*¹, *А. В. Солн*⁵, *А. А. Солн*⁵,
*З. В. Любецкая*⁶, *А. П. Любецкий*⁶, *В. В. Павлова*⁶, *С. С. Моисеев*⁷, *Д. А. Бадьин*^{8,9},
*П. В. Плохотниченко*¹⁰, *В. Н. Черненко*¹, *А. С. Танашкин*³

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН

²Казанский (Приволжский) федеральный университет

³Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН

⁴Институт физики Чешской академии наук, Прага, Республика Чехия

⁵Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь

⁶ООО «Инженерное бюро «ЦЕВЛАП», Ростов-на-Дону

⁷ИП Моисеев, Таганрог

⁸Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

⁹Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н. Л. Духова

¹⁰Сервисный центр Rus Lcd, Ростов-на-Дону

* *pvl@sao.ru*, ** *beskin@sao.ru*, *** *karpov@sao.ru*

Описывается новый этап развития аппаратурно-программного комплекса эксперимента МАНИЯ для поиска и изучения переменности блеска астрофизических объектов с временным разрешением 10^{-6} с. В панорамном фотоспектрополяриметре используются дистанционно устанавливаемые оптические блоки – цветоделительные модули, позволяющие проводить наблюдения в пяти модах: максимально прозрачной, многополосной, фотополяриметрической, спектральной и спектрополяриметрической.

Два фотоприемных устройства (ФПУ) на основе координатно-чувствительных детекторов (КЧД) с катодами S-20 и GaAs, с умножением фототоков микроканальными пластинами (МКП) и регистрацией коллекторами, имеющими от 4 до 16 элементов, а также EMCCD-камера позволяют регистрировать световые потоки от объектов и звезд сравнения в поле размером до $1'$, с пространственным разрешением $\sim 0.2''$, в нескольких цветовых полосах, а также в спектральном режиме с низким разрешением и при этом измерять линейную поляризацию в трёх параметрах Стокса. Система регистрации накапливает наблюдательные данные – потоки оцифрованных фотоотсчетов от обоих ФПУ с временным разрешением $1\mu\text{с}$, а EMCCD камера – видеоряды с субсекундным разрешением синхронно с приёмом на одном ФПУ квантов ультрафиолетового диапазона с микросекундным разрешением. Приводятся некоторые результаты исследований, полученные в наблюдениях на 6-м телескопе САО РАН.

Эшелле спектрограф первичного фокуса БТА (ESPriF). Результаты первых испытаний

М. В. Юшкин, Ю. Б. Верич, Э. Б. Емельянов, В. Е. Панчук

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

yutaks@gmail.com

Эшелле-спектрограф ESPriF разработан для наблюдения звёздообразных объектов в первичном фокусе БТА в диапазоне длин волн от 3800 до 10800 Å со спектральным разрешением R от 15000 до 30000 как в режиме обычной спектроскопии, так и в режиме спектрополяриметрии. При проектировании ESPriF одним из требований, предъявляемых к этому прибору, было достижение предельной звёздной величины $V = 18^m$. В докладе сообщается о конструкции и первых испытаниях ESPriF. При разработке прибора было использовано множество новых инженерных решений (ноу-хау), потребовавших не только выполнения математического моделирования, но и проведения испытаний на макетах, изготовленных на 3D-принтере.

По результатам первых наблюдений с ESPriF на БТА сделаны следующие выводы: спектральное разрешение соответствует расчётным значениям, оценки проникающей способности спектрографа не только подтверждают достижение требуемой предельной звёздной величины, но и позволяют надеяться на повышение этого значения при укомплектовании прибора штатными оптическими элементами, возможно изменение конструкции прибора с целью повышения механической стабильности, однако при этом потребуются совершенствование алгоритмов обработки наблюдательных данных.

О технологическом развитии широкодиапазонных наблюдений с высоким спектральным разрешением

А. М. Рипак¹, И. В. Царик²

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН

¹ООО «ЭЙРТЭГО»

anatoly.ripak@gmail.com

Опираясь на опыт создания, отладки и опытной эксплуатации цифрового спектрального радиометрического комплекса диапазона 1–3 ГГц (СРК0103) для наблюдения солнечной активности [1,2], спроектирован и находится в завершающей стадии производства аналогичный комплекс для диапазона 3–18 ГГц (СРК0318). Первые наблюдения с помощью этого комплекса планируются в конце 2023 г. Комплекс СРК0318, как и СРК0103, по сути является помехоустойчивым радиометрическим анализатором спектра диапазона 3–18 ГГц с предельным разрешением по частоте 82 кГц и по времени – 12 мс, статистической обработкой радиоастрономического сигнала методом куртозиса с целью фильтрации негауссовых составляющих. Это обеспечивается цифровой частью комплекса с применением скоростных аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и высокопроизводительных программируемых логических микросхем (ПЛИС). Динамический диапазон комплекса составляет не менее 90 дБ, из которых 45 дБ обеспечивает 12-ти разрядный АЦП, остальное – АРУ приёмной части радиометра. В отличие от СРК0103 аналоговая приёмная часть СРК0318 состоит из 7-ми каналов шириной 2.3 ГГц, шесть из которых выполнены с преобразованием частоты. Шумовая температура приёмника определяется входными малошумящими усилителями и не превышает 150 К.

Следующий шаг развития аппаратуры для спектроскопии солнечной активности – расширение наблюдений с высоким временным и частотным разрешением на диапазон 32–40 ГГц. С этой целью спроектирован и отдан в производство цифровой радиометрический приемник СРК3240, предназначенный для работы в этом частотном диапазоне. Его технические характеристики по разрешению близки к СРК0318, но преобразование частоты будет осуществляться квадратурным смесителем. Это позволяет избежать фильтрации зеркальных каналов приёма в аналоговом виде, что упрощает преобразователь частоты. Дальнейшая оцифровка на АЦП и обработка на ПЛИС выполняется конструктивно на той же плате, что и преобразователь частоты, что в перспективе позволит существенно упростить конструкцию и в цифровом виде получать параметры Стокса принимаемого радиоастрономического сигнала.

Литература:

1. Bogod V.M., Lebedev M.K., Ovchinnikova N.E., Ripak A.M., Storozhenko A.A. Shlenzin S.V. *Spectroradiometry of the solar corona on the RATAN-600 radio telescope*, Cosmic Research, 2023, Vol. 61, pp.27-33.
2. Рипак А.М., Богод В.М., Гренков С.А., Лебедев М.К. *Помехоустойчивый радиометр дециметрового диапазона волн для РАТАН-600 с высоким разрешением по частоте и времени* // Астрофизический бюллетень, 2023, в редакции

Автоматизация малых телескопов в КраО

В. В. Румянцев, В. В. Бирюков

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

rum@crao.crimea.ru

Представлен программно-аппаратный комплекс системы управления малых телескопов ($D = 20–64$ см), используемый преимущественно для проведения наблюдений объектов в околоземном космическом пространстве, а также объектов солнечной системы (кометы, астероиды). Комплекс позволяет проводить наблюдения как в операторном режиме, так и полностью в автоматическом по заданной программе. Это даёт возможность осуществлять различные методы наблюдений – обзоры избранных областей на небе, поиск и сопровождение объектов по целеуказаниям. Диапазон угловых скоростей сопровождаемых объектов при этом может достигать до градуса в секунду.

Комплекс обеспечивает управление подачей электропитания на узлы телескопа, управление приводами монтировки телескопа и работой вспомогательного оборудования. Также осуществляется управление крышей павильона. Работает полное управление камерой телескопа, от подачи питания и охлаждения до осуществления экспозиции и передачи кадров системе обработки изображений.

Безаварийная эксплуатация на протяжении более 10 лет продемонстрировала надежность разработанной системы, а получение более 17 миллионов измерений координатной и фотометрической информации – её эффективность.

Система управления постепенно совершенствуется и в перспективе станет роботизированной.

О возможности оперативной обработки наблюдений объекта космического мусора для вычисления предварительной орбиты и эфемериды с целью проведения повторных наблюдений в текущую НОЧЬ

Т. Н. Санникова

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

tnsannikova@craoCrimea.ru

В настоящее время в околоземном космическом пространстве наблюдается большое количество малоразмерных объектов, многие из которых являются новыми или потерянными. Является актуальной задача каталогизации этих объектов. Если при наличии одного сета наблюдений оперативно определить предварительную орбиту объекта и рассчитать эфемериду на ближайшее время, то можно в ту же ночь провести его повторные наблюдения и улучшить орбиту. Интересна также возможность автоматизации этого режима работы.

В данном исследовании рассмотрены 248 пар сетов наблюдений 119 малоразмерных космических объектов с большой полуосью орбиты от 7254 до 44674 км. Наблюдения получены на телескопе АТ-64 в Крымской астрофизической обсерватории в течение 2022 года.

По первому сету позиционных наблюдений определена предварительная орбита методом Лапласа с последующим улучшением орбиты методом дифференциальной коррекции. Далее проведено вычисление эфемериды и оценка ее точности путем определения углового расстояния (О-С) между наблюдаемыми положениями второго сета и эфемеридными положениями, вычисленными на основе уточненной (либо предварительной, если улучшение выполнить не удалось) орбиты. Принято, что уточненная (предварительная) орбита имеет хорошее качество, если $(O-C) < 45'$, то есть объект при повторном наблюдении попадет в поле зрения АТ-64, среднее качество при $45' \leq (O-C) \leq 3^\circ$ (попадание в поле зрения обзорного телескопа) и плохое качество при $(O-C) > 3^\circ$.

В результате получена зависимость углового расстояния (О-С) от удаленности второго сета от эпохи предварительной орбиты, распределение объектов по характеристикам первого сета наблюдений (топоцентрическая дуга, продолжительность, количество точек), элементам орбиты (большая полуось, эксцентриситет, наклон) и отношению площади к массе, а также количественное соотношение объектов в этих распределениях по качеству эфемериды.

О возможности совместных наблюдений солнечных активных областей и суб-ТГц вспышек на радиотелескопах РТ-7.5 МГТУ им. Н. Э. Баумана и РАТАН-600

В. В. Смирнова¹, В. Б. Хайкин², Г. А. Макоев², В. С. Рыжов³, Ю. Т. Цан¹

¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН

²Санкт-Петербургский филиал САО РАН

³МГТУ им. Н. Э. Баумана

vvsvid.smirnova@yandex.ru

Представлены первые результаты синхронных наблюдений активных областей на Солнце в субтерагерцовом (суб-ТГц, ММ) и сантиметровом (СМ) диапазонах волн на радиотелескопах РТ-7.5 (2.2 и 3.2 мм) и РАТАН-600 (3, 10 мм, 6.2 см). Основной целью данной работы является разработка методов совместных наблюдений суб-ТГц солнечных вспышек на двух радиотелескопах. Представлены результаты моделирования ожидаемых радиоизображений суб-ТГц вспышек с положительным наклоном спектра на радиотелескопе РАТАН-600 с полной апертурой на волне 10 мм и с сокращенной апертурой на волне 3 мм.

Предложены методы калибровки потока суб-ТГц радиоизлучения, в частности, при помощи наблюдений радиоисточников с известными яркостными температурами.

На основе архивных данных, построены распределения яркостной температуры Луны и спокойного Солнца в ДЦМ, СМ и ММ диапазонах волн с целью температурной калибровки солнечных приёмников на радиотелескопах РАТАН-600 и РТ-7.5.

Радиотелескоп миллиметрового диапазона РТ-7.5 МГТУ им. Н. Э. Баумана: состояние и перспективы развития

В. В. Смирнова¹, В. Б. Хайкин², Г. А. Макоев², В. С. Рыжов³

¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН

²Санкт-Петербургский филиал САО РАН

³МГТУ им. Н. Э. Баумана

vvsvid.smirnova@yandex.ru

РТ-7,5 МГТУ им. Н. Э. Баумана является действующим полноповоротным радиотелескопом миллиметрового (мм) диапазона, предназначенным для наблюдений Солнца. Он расположен вблизи г. Дмитров, Московской области. Антенна, диаметром 7.75 м оснащена двухчастотной приёмной аппаратурой, установленной в первичном фокусе, позволяющей одновременно вести наблюдения в диапазонах 93 и 140 ГГц (3.2 и 2.2 мм), при ширине лучей диаграммы направленности 2.5 и 1.5 угл.мин. соответственно. Высокая флуктуационная чувствительность приёмной аппаратуры (0.1 К), а также, высокое временное разрешение (0.25 с) позволяют решать ряд актуальных научных задач по исследованию структуры и динамики солнечной хромосферы.

В работе приводятся измеренные карты поверхности антенны РТ7.5 методами лазерной геодезии и делается вывод о необходимости и возможности выполнения юстировки поверхности радиотелескопа для повышения антенной эффективности инструмента в мм диапазоне волн.

Большинство наблюдательных данных РТ-7.5 представляют собой карты распределения интенсивности радиоизлучения солнечного диска, время получения которых составляет от 5 до 8 минут. Такие карты важны для исследований долгопериодических вариаций спокойной хромосферы, но не пригодны для изучения нестационарных, вспышечных процессов, протекающих, зачастую, в пределах нескольких минут. Поэтому, важной проблемой является возможность максимально быстрого получения карт солнечного диска, без потери времени на сканирование.

Представлены результаты моделирования многолучевого режима работы РТ-7.5. Предложена модель бюджетных матричных приемников 3 мм и 2 мм диапазонов волн, которые позволят многократно уменьшить время построения полной карты солнечного диска. Приводятся результаты моделирования ожидаемых изображений солнечных субтерагерцовых вспышек с положительным наклоном спектра на волнах 3 мм и 2 мм.

Интерактивный каталог измерений блазаров на РАТАН-600 – VLcat

Ю. Сотникова, Т. Муфазаров, М. Мингалиев, Р. Удовитский, Т. Семенова, А. Эркенов, Н. Бурсов, А. Михайлов, Ю. В. Черепкова

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

lacerta99@gmail.com

В работе представлен интерактивный каталог многочастотных (1.1 – 22.3 ГГц) измерений блазаров на РАТАН-600: “RATAN-600 multi-frequency catalogue of blazars” [1,2]. Каталог размещён на www.sao.ru/blcat и содержит около 2000 блазаров из каталога Roma-BZCAT [3]. Каталог суммирует измерения блазаров на РАТАН-600 в период 2004-2023 гг. в виде радиоспектров, кривых блеска, таблиц спектральных плотностей потоков. Доступны для экспорта радиоизмерения из баз данных CATS и NED. Основная информация об объектах (координаты, красное смещение, тип блазара, оптическая величина и радиосветимость) представлена в главной таблице. Интерактивно рассчитываются и доступны для экспорта оценки радиосветимостей, спектральных индексов и индексов переменности, статистика по основным параметрам выборки, производится индикация объектов с переменностью радиоизлучения 200% на частоте 11 ГГц на масштабах двух лет. Каталог систематически пополняется новыми измерениями и является эффективным инструментом для изучения статистических свойств больших выборок блазаров и для исследования индивидуальных объектов по долговременным кривым блеска.

Поддержано Минобрнауки РФ в рамках программы финансирования крупных научных проектов нацпроекта «Наука», грант № 075-15-2022-1227.

Литература:

1. Mingaliev M., Sotnikova Yu., Udovitskiy R., et al. *RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lacertae objects*, *Astronomy & Astrophysics*, V. 572, id.A59, 4 pp., 2014
2. Sotnikova Y. et al. *The RATAN-600 multi-frequency catalogue of blazars*, *Astrophysical Bulletin*, Volume 77, Issue 4, p.361-371, 2022

3. Massaro E. et al. *Roma-BZCAT: a multifrequency catalogue of blazars*, Astronomy & Astrophysics, Volume 495, Issue 2, 2009, pp.691-696
4. Евразийская заявка на изобретение “Способ формирования каталога измерений параметров радиоизлучения блазаров”, Евразийская патентная организация (ЕАПО), №202391996 от 10.08.23
5. Заявка на патент на изобретение “Способ формирования каталога измерений параметров радиоизлучения блазаров” №2022132141 от 08.12.22, Роспатент
6. Сотникова Ю., Муфахаров Т., Удовицкий Р. и др., Подача международной заявки на изобретение “Способ формирования каталога измерений параметров радиоизлучения блазаров”, Заявка № РСТ/RU2021/000473 от 29.10.2021

Новая оптическая система для АЗТ-11 КраО РАН

*В. Ю. Теребиж, А. В. Долгополов, Н. М. Стешенко, К. А. Антонюк,
А. Н. Ростопчина-Шаховская*

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

arost@crao.crimea.ru

Телескоп АЗТ-11 вступил в строй в 1981 году и долгие годы являлся основным инструментом, на котором получали фотометрические и поляриметрические наблюдения. Некоторое время назад при переалюминировании выявились недостатки заготовки, значительно ухудшившие качество наблюдений. Так как в КраО имелась ситаловая заготовка, было принято решение о создании новой системы. В. Ю. Теребиж выполнил расчёты системы, ТЗ на которую было подготовлено исходя из пожеланий наблюдателей. В апреле изготовление системы было завершено, с июля начались работы по смене оптической системы АЗТ-11.

В докладе приведены основные данные о новой оптической системе АЗТ-11.

Новый магнитограф для прогнозирования космической погоды

А. Г. Тлатов, И. А. Березин, А. Д. Шрамко, Д. В. Дормидонтов

Горная астрономическая станция ГАО РАН

tlatov@mail.ru

Для прогнозирования космической погоды (КП) необходимы регулярные наблюдения магнитного поля на всем диске Солнца. В настоящее время только две страны обладают такими магнитографами, это США и Россия. Регулярные наблюдения крупномасштабных магнитных полей на Кисловодский Горной астрономической станции проводятся на телескопе-магнитографе СТОП с 2014 г. по настоящее время. Результаты наблюдений магнитографа используются для прогнозирования параметров солнечного ветра (СВ). По ряду параметров моделирование по данным СТОП даёт лучшие совпадения прогноза скорости СВ с наблюдениями, по сравнению с магнитографами GONG и SDO/HMI. Телескоп имеет пространственное разрешение 33×6 угловых секунд и чувствительность около 1 Гс. Это достаточно для успешного прогнозирования параметров КП. В тоже время ресурс телескопа ограничен. Прилагаются значительные усилия для продолжения непрерывных наблюдений. В настоящее время требуется его модернизация.

На основе опыта эксплуатации магнитограф СТОП, мы предлагаем проект нового магнитографа. Несмотря на наилучшие в своем классе параметры, магнитограф СТОП обладает рядом недостатков. К ним можно отнести, недостаточное пространственное разрешение, существенные артефакты в регистрируемом спектре, длительное время сканирования и др. В телескопе используется основной объектив небольшой апертуры 5 см и фокусом 0.5 м. Как следствие ограниченное количество шагов ~ 60 при сканировании полного диска Солнца. Время восстановления магнитного поля одного скана составляет ~ 20 минут. Эти параметры ограничивают использование телескопа, например, при анализе активных областей и прогнозированию солнечных вспышек.

В проекте нового магнитограф мы планируем увеличить пространственное разрешение до 2–3 угловых секунд, при сохранении чувствительности ~ 1 Гс. Но тогда критическим может быть время восстановления магнитных полей. Для решения этой проблемы мы планируем использовать разработанные нами быстрые алгоритмы обработки спектров магниточувствительных спектральных линий.

Телескоп-регистратор корональных выбросов массы SPOT-CME

А. Г. Тлатов, И. А. Березин, А. Д. Шрамко, Р. Н. Кирпичев, Д. В. Дормидонтов

Горная астрономическая станция ГАО РАН, Kislovodsk

tlatov@mail.ru

Одной из главных задач прогнозирования космической погоды (КП) является детектирование и определение начальных условий корональных выбросов массы (КВМ). На ГАС ГАО РАН, в Kislovodsk, созданы и работают два патрульных телескопа, проводящие непрерывные наблюдения в хромосферных линиях $H\alpha$ и $Ca II K$. Телескопы построены по схеме спектрогелиографов. Наблюдения Солнца проводятся при сканировании Солнца с типичным временем 1 минута. При сканировании происходит запись кадров спектра вблизи выбранных спектральных линий. Число шагов скана для регистрации полного диска Солнца составляет ~ 2000 шагов. Спектральное разрешение ~ 40000 . Это позволяет регистрировать полные профили спектральных линий и проводить анализ скорости вещества.

Ранее было показано (Tlatov et al., G&A 2015, Berezin et al., ApJ 2023), что наблюдения полного профиля хромосферных спектральных линий могут эффективно использоваться для детектирования КВМ и эрупций вещества и определения начальных параметров разгона выброса солнечного вещества. Следовательно, наземная наблюдательная сеть таких телескопов может обеспечить непрерывное круглосуточное наблюдение и использоваться в системе прогнозирования космической погоды. Другими задачами телескопа являются наблюдения солнечных вспышек, параметров активных областей и гелиосейсмология.

В патрульных телескопах ГАС ГАО применены различные оптические схемы. Телескоп в линии $Ca II K$ выполнен по одно-объемной герметичной схеме, с оптической осью, параллельно мировой оси. Основной объектив зеркальный с фокусом 200 см. Телескоп в линии $H\alpha$ выполнен как классический спектрограф с внешним целостатом, и расположен в павильоне. Основной объектив представляет ахроматическую линзу диаметром 100 мм и фокусом 150 см.

В данной работе мы представляем проект нового патрульного хромосферного телескопа. Телескоп может быть выполнен по одно-объемной герметичной схеме спектрогелиографа. В качестве основного объектива может быть использована ахроматическая линза $d \sim 100$ мм и $f \sim 130$ см. Такая схема позволит создать компактный автоматический телескоп, не требующий павильона, который может быть размещен, например, на крышах зданий. Предварительное название телескопа Солнечный Патрульный Оптический Телескоп для регистрации КВМ (SPOT-CME).

Электрооптический модулятор на основе эффекта Погкельса для наблюдения магнитных полей на Солнце

Л. С. Токарева, В. И. Скоморовский, Г. И. Кушталъ

Институт Солнечно-земной физики СО РАН

ls_tokareva@mail.ru

Поляризационные измерения на телескопах используются для регистрации напряженности и направления магнитного поля на Солнце. Сердце любого поляриметра – анализатор поляризации, как правило, состоящий из фазовых пластинок и модуляторов, требования к которым задаются параметрами самой оптической системы телескопа и методикой исследования. Не смотря на распространенность использования жидкокристаллических модуляторов в зарубежных исследованиях, модуляторы на твердых кристаллах (ADP, KDP, DKDP, LiNbO₃), обладающие электрооптическим эффектом Погкельса, остаются по-прежнему востребованными.

Солнечные магнитографы и спектрополяриметры России (ССО, БАО, ГАО, ДВО РАН) работают с электрооптическими модуляторами (ЭОМ) на кристаллах группы KDP. Первые ЭОМ в ИСЗФ были изготовлены в 1970-х годах, а в настоящее время ведутся работы по их усовершенствованию. Все проводимые модификации связаны с появлением дефектов в модуляторах, снижающих их срок эксплуатации [1,2,3].

В последних двух поколениях модуляторов был усилен акцент на их герметизацию, так как считалось, что структурные дефекты на рабочем поле ЭОМ вызваны разрушением водорастворимого кристалла от влаги, которая присутствует как при обработке и сборке модулятора, так и при его эксплуатации в обсерваториях. Однако при полной разборке модулятора и тщательного исследования дефектов было выявлено, что разрушения происходят не в самом кристалле, а в токопроводящей плёнке оксидов индия и олова (ITO). Сами разрушения можно разделить на два типа: разрушения в виде дислокаций и слоев роста и разрушения в виде капель, точек и бугорков.

В данной работе рассматриваются две гипотезы разрушения слоя ITO: гетероэпитаксиальный рост плёнки ITO на кристаллической подложке и разрушение плёнки ITO под действие пьезоэффекта, которым обладает электрооптический кристалл.

Технологическими решениями могут стать: дополнительное нанесение на электрооптический кристалл прозрачного слоя тонкой плёнки, период решётки которой будет отличаться от периода решётки кристалла или изменение

расположения токопроводящего покрытия в конструкции модулятора. Для точного определения причин разрушений требуются дополнительные исследования – рентгеноструктурный анализ и моделирование пьезоэффекта в кристалле.

Литература:

1. Марков В. С., Домышев Г. Н., Скоморовский В. И. *Работа электрооптического модулятора магнитографа на низких частотах. II. Нестабильность действующего напряжения в электрооптическом кристалле.* // Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца, выпуск 83, с. 141-149. М.: Наука, 1988.
2. Бородин А. Н., Петров А. С., Домышев Г. Н., Скоморовский В. И. *Электрооптический фазовый модулятор.* Патент RU 2248601 G02F 1/03
3. Прошин В. А., Скоморовский В. И., Кушталь Г. И., Мамченко М. С., Химич В. А. *Электрооптический модулятор поляризованного излучения.* Патент RU(11)130 094(13)U1

Поиск мюонных нейтрино на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе в совпадении с алертами на платформе GCN

*И. Б. Унатлоков, Е. А. Горбачева, И. М. Дзапарова, М. Г. Костюк, М. М. Кочкаров,
А. Н. Куреня, Ю. Ф. Новосельцев, Р. В. Новосельцева, В. Б. Петков, В. С. Романенко,
П. С. Стриганов, А. Ф. Янин*

Институт ядерных исследований РАН

unatlokov@inr.ru

В настоящее время в Баксанской нейтринной обсерватории проводится тестирование и запуск программного обеспечения для поиска совпадений с алертами на портале GCN в режиме реального времени. GCN (The General Coordinates Network) – общедоступная платформа для обмена данными о регистрации астрофизических событий. Поиск совпадений с алертами GCN осуществляется по данным Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа (БПСТ) и установки Ковер-2. От БПСТ поступает информация о мюонах из нижней полусферы (с зенитным углом $> 100^\circ$), родившихся от взаимодействия мюонных нейтрино или антинейтрино с веществом под установкой. На установке Ковер-2 регистрируются кандидаты на гамма-кванты сверхвысокой энергии. Для поиска совпадений на платформе GCN отобраны алерты от установок, регистрирующих гамма-вспышки, нейтрино и гравитационные волны. От установок Swift BAT, Fermi LAT/GBM, INTEGRAL, HAWC распространяются оповещения о регистрации гамма-излучения. Коллаборация IceCube рассылает алерты с нейтринными событиями. Коллаборация LIGO/Virgo/KAGRA рассылает сообщения о регистрации гравитационных волн. Алерт от GCN представляет собой машиночитаемый пакет, откуда извлекается информация о времени события и его локализации. Для гамма-вспышек и нейтринных событий информацией о расположении источника являются его экваториальные координаты с ошибкой локализации. Для гравитационно-волновых событий локализация представляет собой пятно на небесной сфере, внутри которого расположен источник с вероятностью 90%. При появлении нового алерта, внутри временного окна ± 43200 секунд от его времени производится поиск событий от установок БПСТ и Ковер-2. При появлении нового события на установках БПСТ и Ковер-2, в свою очередь, производится поиск алерта с событием внутри того же временного окна. Если обнаруживается совпадение по времени, события проверяются на совпадение по координатам. Если обнаруживается совпадение по координатам, событие от установки БПСТ либо Ковер-2 становится кандидатом на совпадение с событием из алерта от GCN.

Панорамный поляриметр для 2.6-м телескопа им. Г. А. Шайна: концепция и техническое предложение

Д. Н. Шаховской, Р. В. Садыков

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

d.shakhovskoy@gmail.com

Рассматривается концепция нового панорамного поляриметра для 2.6-м телескопа ЗТШ. Основными факторами при выборе перспективной оптической схемы и расчётных характеристик являются: наличие подходящего детектора, минимизация систематических погрешностей при измерении параметров поляризации, возможность использования недорогих готовых оптических компонентов. Рассмотрены различные варианты оптической схемы, в результате в качестве оптимальной принята схема типа фокального редуктора с диаметром коллимированного пучка 20–25 мм, с призмой Волластона в качестве поляризационного анализатора, и двумя независимо вращающимися узлами: один для сменной ахроматической фазовой пластинки, второй для вращения коллиматора и сменной калибровочной насадки.

Новый метод панорамирования для систем «Всё небо»

М. Ю. Фокин, В. В. Комаров, И. В. Шалдырван

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

maksimfokin01@gmail.com

При проведении наблюдений на оптических телескопах САО РАН требуется постоянный мониторинг погодных условий и облачной обстановки на верхней научной площадке (ВНП) в районе телескопов. Цифровой телевизионный комплекс БТА (ЦТК БТА) [1], созданный в начале 00-х годов позволил вместе с дистанционным управлением наблюдательной аппаратуры проведение удалённых наблюдений с круглосуточным мониторингом метео- и видео-параметров на ВНП в режиме реального времени.

Подсмотровые системы ЦТК БТА постоянно модернизируются. За время своего существования сменилось уже четыре поколения обзоров «Всё небо» [2]. Основными конструктивными разработками были системы типа «рыбий глаз», представляющие на одном изображении всё небо и панорамный обзор небольших участков неба с управлением по азимуту и высоте с полным обзором всей небесной полусферы на ВНП.

У каждой конструкции имеются свои достоинства и недостатки. Панорамный обзор неба даёт качественную картину участков неба. Но для полного обзора всего неба необходимо «просмотреть» все площадки, а это займёт значительное время. У технологии получения изображения «Всё небо» посредством использования объективов «рыбий глаз» основное преимущество перед другими системами – получение всего неба на одном изображении. Но есть и очевидные недостатки, такие как:

1. Достаточно сильное искажение изображения относительно визуальной наблюдаемой картины из-за переложения сферической картины на плоскость изображения (минимальное искажение в точке зенита, совпадающей с центром поля зрения объектива);
2. Максимально низкое качество изображения для используемой пары камера/объектив из-за построения изображения всей небесной полусферы на матрице сенсора, и здесь очень многое начинает зависеть от разрешения сенсора.

В данной работе авторы представляют новую разработку мониторинговой системы неба, являющейся синтезом обзора «Всё небо» и панорамного обзора. Метод 3D панорамирования, применённый в новом обзоре неба сочетает в себе достоинства двух предыдущих вариантов и позволяет осуществлять мониторинг небесной полусферы в районе оптических телескопов САО РАН в круглосуточном режиме с высоким разрешением в реальном времени.

Литература:

1. Комаров В.В., Емельянов Э.В., Шергин В.С., Фокин М.Ю. Системы обзора ночного неба в окрестности крупнейшего российского телескопа БТА САО РАН. // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. Труды конференции. С. 269-271.
2. Комаров В.В., Москвитин А.С., Бычков В.Д. и др. ЦЕЙСС-1000 САО РАН: приборы и методы наблюдений. // Астрофизический бюллетень. 2020. Т. 75. № 4. С. 547-564.

Результаты моделирования многолучевых диаграмм направленности в фокусе Кассегрена ESMT на волне 2 -3 мм

В. Б. Хайкин, Г. А. Макоев

Санкт-Петербургский филиал САО РАН

vkhstu@mail.ru

Новые одиночные мм/субмм телескопы сегодня очень востребованы в Евразии, также как и их включение в мм/субмм VLBI -ЕНТ. Цель данной работы – получение многолучевых диаграмм направленности (ДН) Евразийских СубММ Телескопов (ESMT) [1] в диапазоне 2–3 мм в фокусе Кассегрена без использования третичной оптики. Это позволит оценить возможности применения малоформатных матриц в фокусе Кассегрена ESMT для антенных измерений и калибровочных наблюдений, включая моментальные наблюдения большей части диска Луны, а также для спектральных наблюдений протяжённых галактических объектов и активных областей Солнца.

Оптимальные диапазоны работы ESMT в РФ и Узбекистане 100 – 350 ГГц, на Тибете – 100 – 1500 ГГц, а достижимое поле зрения составляет $10' \times 10'$. Для реализации широкого поля зрения $10' \times 10'$ предложено применить многоволновые (многоцветные) KID матрицы предельной чувствительности с числом пикселей 10^4 [2]. Выполненное оптическое моделирование показало что с третичной оптикой в составе двух/трёх асферических зеркал достижимо число Штреля 0.6/0.9 на волне 0.86 мм на краю поля зрения $10' \times 10'$. Коэффициент увеличения $m = 3$ такой антенной системы является оптимальным для согласования поля изображения с максимальным физическим размером матрицы KID камеры 125×125 мм и снижения в нем аберраций, включая кривизну поля изображения (КПИ). Это дает дифракционное изображение точечного источника, расположенного в дальней зоне телескопа с радиусом диска Эйри $r = 3.1$ мм на волне 0.86 мм. Для волн короче 0.86 мм для оптического согласования поля изображения с физическим размером матрицы, исправления КПИ, коматической, астигматизма и других видов аберраций в [1] предложено применить более сложную оптическую систему с двумя асферическими зеркалами и корректирующей линзой из полимерного материала или монокристаллического высокоомного кремния с полимерным просветляющим покрытием.

В данной работе методом прямого интегрирования апертурного поля [3] с помощью быстрого алгоритма двумерного численного интегрирования в среде Matlab были рассчитаны одиночные и многолучевые ДН ESMT для схемы Кассегрена с коэффициентом увеличения $M = 12.5$ на волне 3 мм и 2 мм для плоской матрицы 9×9 приёмников (первичных облучателей), что близко к допустимому пределу. Показано, что наиболее существенной аберрацией в фокусе Кассегрена в поле зрения до $15' \times 15'$ является КПИ. Построены трёхмерные и двумерные многолучевые ДН ESMT в поле зрения $10' \times 10'$, которому соответствует размер поля изображения в фокусе Кассегрена 250×250 мм, что в 2 раза превышает максимально достижимый размер KID матрицы. При этом все полевые аберрации несущественны кроме КПИ, что требует искривления приёмной матрицы данного и большего размера для длин волн короче 2 мм.

Литература:

1. В.Б.Хайкин, А.Ю. Шиховцев, В.Е. Шмагин, М.К. Лебедев, Е.А. Копылов, В.П. Лукин, П.Г. Ковадло *О проекте евразийских субмиллиметровых телескопов (ESMT) и возможности применения адаптивной оптики для улучшения качества субмм изображений.* // Журнал радиоэлектроники. ISSN 1684–1719, №7, 2022.
2. Duan R., Khaikin V., Lebedev M., et al. *Toward Eurasian SubMillimeter Telescopes: the concept of multicolor subTHz MKID-array demo camera MUSICAM and its instrumental testing* // Proc. 7th All-Russian Microwave Conf. 25–27 November, 2020, Moscow, Russia. P. 41–46. doi: 10.1109/RMC50626.2020.9312270
3. V. Khaikin, M. Lebedev. *Simulation of radiation pattern of a large MM wave radio telescope with offset feed*, in Proc. EuCAP-2006, Nice, 2006.

Методы и расчёты, применяемые к изображениям новых подсмотровых систем САО РАН

И. В. Шалдырван, В. В. Комаров, М. Ю. Фокин

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

Blackflamberg6@yandex.ru

Современные IP-камеры на основе новейших CMOS матриц по своим параметрам уже вплотную приблизились к CCD и позволили получить приемлемые изображения в условиях недостаточной освещённости [1]. Диапазон чувствительности и динамический диапазон данных камер позволяет им работать как днём, так и ночью. При этом используются унифицированные протоколы передачи данных, а диапазон условно разделяется на области встроенным в контроллер управления специализированным ПО. Данная особенность важна в случае установки камеры, направленной на телескоп БТА с площадки телескопа Цейсс-1000 [2]. Широта места и поле зрения подсмотрта таковы, что в зимний период в кадре днём виден диск Солнца, а в летний период ночью в полнолуние светит диск Луны. Это ещё больше влияет на полный диапазон чувствительности, при котором камера получает приемлемые для наблюдателя изображения. Так как данное ПО также управляет сетевыми настройками камеры и веб-интерфейс является частью данного ПО, отойти от использования его на данный момент не представляется возможным. Поэтому, в целях использования всего диапазона чувствительности данных матриц были разработаны два метода автоматического переключения режимов работы камеры: первый метод с привязкой ко времени суток, второй с привязкой к рассчитанному уровню яркости получаемых изображений. В обоих методах используются сохранённые конфигурации работы камеры, с предустановленными настройками чувствительности, заданными диапазонами экспозиции. В первом методе смена режима работы камеры производится путём смены конфигурации работы камеры с привязкой ко времени суток, для автоматизации используется свободно распространяемое ПО и управляющий .bat-файл, работающий в консоли операционной системы. Во втором методе смена режима работы камеры производится путём смены конфигурации работы камеры с привязкой к рассчитанному уровню яркости последнего полученного изображения. Для расчёта яркости изображения используется Python-скрипт с использованием свободно распространяемых библиотек numpy, scipy, cv2, для автоматизации используется свободно распространяемое ПО и управляющий .bat-файл, работающий в консоли операционной системы. Опытным путём установлены уровни яркости кадра, запускающие процесс переключения режима работы камеры, а также сформированы и сохранены две дополнительных конфигурации работы камеры. Упрощённая версия метода привязки к рассчитанному уровню яркости последнего полученного изображения используется также в обработке изображения нового подсмотрта подкупольного помещения телескопа Цейсс-1000. В совокупности с использованием ПО ImageMagick для осветления кадров, полученных в условиях недостаточной освещённости, данное ПО функционирует также в консоли операционной системы.

Литература:

1. Комаров В.В., Шалдырван И.В., Фокин М.Ю. *Создание высокочувствительных IP камер на основе CMOS матриц для on-line мониторинга ночного неба.* // Системный синтез и прикладная синергетика. Сборник научных работ XI Всероссийской научной конференции. Ростов-на-Дону – Таганрог, 2022. С. 77-81.
2. Комаров В.В., Емельянов Э.В., Шергин В.С., Фокин М.Ю. *Системы обзора ночного неба в окрестности крупнейшего российского телескопа БТА САО РАН.* // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. Труды конференции. С. 269-271.

Новые возможности анализа спектров карликовых новых звёзд

В. В. Шиманский¹, А. А. Дудник², Н. В. Борисов¹, Е. П. Корчагина¹

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН

²Казанский федеральный университет

otstoiy@yandex.ru

Развитие модельного анализа спектров карликовых новых звёзд позволило предложить новые методы определения их фундаментальных параметров. В начале 21 века найдено, что ультрафиолетовые спектры таких систем в спокойном состоянии слабо искажены излучением аккреционного диска и хорошо соответствуют спектрам аккретора. Данный вывод позволил не только определять параметры атмосфер белых карликов (БК) в карликовых новых, но и изучать их эволюцию после вспышки. Последующие работы показали, что аналогичный модельный анализ спектров можно эффективно применять в оптическом диапазоне, получая в результате почти полные наборы параметров систем.

В докладе представлены итоги анализа наблюдаемых на БТА в 2021-2023 гг. спектров большой группы карликовых новых типа SU UMa и WZ Sge. Предварительный отбор объектов, находящихся в спокойном состоянии, проводился на основе широкополосной фотометрии на телескопе Цейсс-1000. Наблюдаемые на БТА спектры умеренного разрешения сравнивались методом среднеквадратичных отклонений с модельными спектрами БК для широкого диапазона параметров их атмосфер. Изучение модельных спектров показал, что температура T_{eff} и поверхностная сила тяжести $\log g$ оказывает на спектр разное влияние, что позволяет однозначно находить параметры атмосфер БК из анализа наблюдений. Последующее их использование совместно с моделями строения БК даёт оценки фундаментальных параметров главных компонент, а расчёт полостей Роша вместе с моделями звёзд Главной Последовательности – параметры вторичных компонент. Описанным методом исследованы спектры 10 карликовых новых с определением наборов их параметров. При моделировании спектров QW Ser и V355 UMa доказана эффективность применения метода к наблюдениям с отношением сигнал/шум 80 и более. Анализ системы с холодным аккретором QZ Lib позволил сделать вывод о некорректности определения значений $\log g$ при температурах БК $T_{\text{eff}} < 13000$ К. В этом случае могут быть заданы только нижние границы масс компонент.

Рассмотрены перспективы альтернативных спектральных методов получения параметров карликовых новых. Измеренные расщепления двухпиковых эмиссий H β в спектрах FL Psc, TY Psc и V455 And привели к завышенным оценкам радиусов их аккреционных дисков, т.е. оказались не пригодны для оценки масс компонент. Моделирование спектров ребрайтинга вспышки 2014 года ASASSN-14CV показало, что внутренний радиус пограничного слоя аккреционного диска составляет $R = 0.13R_{\odot}$, а температура $T_{\text{eff}} \approx 28000$ К. Лучевые скорости, найденные по абсорбционным линиям поглощения в спектре, не показывают систематических изменений в шкале орбитального периода. В итоге сделан вывод о большом удалении пограничного слоя от поверхности БК и невозможности определения динамических характеристик последних при исследовании спектров во время ребрайтинга.

Статистические характеристики осажженного водяного пара и облачности возможных мест размещения ESMT

А. Ю. Шиховцев¹, В. Б. Хайкин², А. П. Миронов³, Qian Huan⁴, П. Г. Ковадло¹

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН

²Специальная астрофизическая обсерватория РАН

³Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга

⁴National Astronomical Observatories of China, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

ashikhovtsev@iszf.irk.ru

Одной из важнейших задач исследования астроклимата возможных мест размещения Евразийских Субмиллиметровых Телескопов (ESMT) является изучение статистик осажженного водяного пара (PWV), оптической толщи и покрытия неба облачностью (ТСС). С применением данных ре-анализа ERA-5 получены пространственные распределения PWV и ТСС на высоте выше 2500 м в Евразии, усреднённые с декабря по февраль за период 2013–2022 гг. На картах распределений в пределах выбранного нами макрорегиона указаны астропункты, используемые для проведения оптических наблюдений (места расположения Большого Телескопа Альт-Азимутального Специальной астрофизической обсерватории, Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ, обсерватории Пик Терскол, Саянской Солнечной обсерватории Монды) и перспективные для мм/субмм астрономических наблюдений в РФ: пик Хулу-гайша в районе расположения ССО, горные районы Дагестана, южная часть Чуйской степи, в меньшей степени, но с удовлетворительными характеристиками обсерватория пик Терскол. Помимо обозначенных астроплощадок, анализ пространственных распределений позволяет выделить ещё одну перспективную область с точки зрения низких значений осажженного водяного пара и общей облачности, соответствующих ночному времени – вблизи озера

Каракуль в Северной части Памира (включая пункты на полуострове и острове Северный). Окрестности вблизи озера Каракуль характеризуются высокой продолжительностью солнечного сияния и высокой прозрачностью атмосферы. В пределах этой обширной области также можно отметить пункты с высокими астроклиматическими показателями такие как Музтаг-Ата (Китай) и Шор-Булак (Таджикистан) на северо-востоке Памира. Анализ пространственных распределений PWV указывает на то, что астропункты вблизи озера Каракуль, а также Музтаг-Ата и, в меньшей степени, Шор-Булак находятся вблизи «оси» области пониженных значений PWV . В то же время, обсерватория Суффа находится на периферии этой области и воздушные массы над ней часто характеризуются сравнительно высоким содержанием водяного пара.

«Менее глубокие» области меридиональной ориентации (в сравнении с Али и Музтаг-Ата), но с устойчиво низким содержанием водяного пара в тропосфере (на уровне 2 мм и менее для горных вершин) формируются зимой в субрегионах расположения ССО на Пике Хулугайша (3006 м) и в районе АПП Ташанта в Чуйской степи (2200 м), имеющей все признаки горной пустыни, в Агудьском и Рутульском районах Дагестана. Указанные районы рассматриваются нами как перспективные астропункты для проведения мм/субмм наблюдений.

Полученные в настоящей работе выводы подтверждаются результатами измерений осажденного водяного пара с помощью ГНСС станций, установленных на г. Купадаг (3778 м) в Агульском районе Дагестана, пике Хулугайша и АПП Ташанта. В докладе приводятся результаты синхронных измерений PWV ГНСС методом в последние 4 месяца для 10 астропунктов, представляющих практический интерес, включая столицу Тибета г. Лхаса. В докладе представлены результаты многолетних исследований ТСС, продолжительности солнечного сияния (ПСС) и доли ясного неба в обсерватории Али.

Программа повышения характеристик Нэсмитовского Эшелле Спектрографа (НЭС)

М. В. Юшкин, В. Е. Панчук

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

yumaks@gmail.com

Нэсмитовский эшелле спектрограф (Астрономический журнал. 2017. Т. 94. № 9. С. 808-818.) является основным средством высокого разрешения (параметр $R \cdot s'' = 30000$, где R – спектральное разрешение, s'' – ширина входной щели в угловых секундах), эксплуатируемым на 6-метровом телескопе БТА с 1998 года. Характеристики прибора в первые годы улучшались, как за счёт внедрения новых ПЗС-приёмников, так и за счёт разработки новых предщелевых и щелевых устройств (автогид, анализаторы поляризации, абсорбционная ячейка, интерферометр Фабри-Перо, резатели изображения, компенсатор вращения поля). В целом, к 2004 году был сформирован окончательный набор элементов спектрографа, позволяющий проводить спектральные наблюдения с разрешением R от 50000 до 75000 в диапазоне длин волн 3000 – 10000Å. Дальнейшее улучшение характеристик прибора происходило за счёт внедрения нового крупноформатного приёмника излучения, а также за счёт совершенствования системы обработки наблюдательного материала. Дополнительно, в последние годы получил практические применение вариант наблюдения с регулируемой входной щелью, позволяющий использовать более широкий набор спектральных разрешений (от 30000 до 90000), а также проводить длиннощелевые наблюдения избранных протяженных объектов. Полученный опыт эксплуатации спектрографов высокого разрешения на крупных телескопах, а также опыт разработки спектральной аппаратуры для телескопов с диаметром главного зеркала от 1 до 6 метров, позволили приступить к реконструкции НЭС с целью достижения его предельных характеристик (по светосиле и спектральному разрешению), заложенных при проектировании этого прибора.

В докладе сообщается о программе модернизации НЭС. Рассмотрены основные этапы уже начатой реконструкции, которая затронет практически все элементы как ядра спектрографа, так и предщелевой части и системы калибровки. Программа модернизации НЭС также включает в себя и создание новой системы дистанционного контроля и управления прибором, позволяющей исключить присутствие человека на платформе не только в течение наблюдательного сета, но и при выполнении юстировки и калибровки инструмента. Обсуждаются перспективы использования системы адаптивной оптики на платформе Нэсмит-2 БТА.

Эшелле спектрограф первичного фокуса БТА (ESPrIF). Результаты первых испытаний

М. В. Юшкин, Ю. Б. Верич, Э. Б. Емельянов, В. Е. Панчук

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

yutaks@gmail.com

Эшелле-спектрограф ESPrIF разработан для наблюдения звёздообразных объектов в первичном фокусе БТА в диапазоне длин волн от 3800 до 10800Å со спектральным разрешением R от 15000 до 30000 как в режиме обычной спектроскопии, так и в режиме спектрополяриметрии. При проектировании ESPrIF одним из требований, предъявляемых к этому прибору, было достижение предельной звёздной величины $V = 18^m$. В докладе сообщается о конструкции и первых испытаниях ESPrIF. При разработке прибора было использовано множество новых инженерных решений (ноу-хау), потребовавших не только выполнение математического моделирования, но и проведения испытаний на макетах, изготовленных на 3D-принтере.

По результатам первых наблюдений с ESPrIF на БТА сделаны следующие выводы: спектральное разрешение соответствует расчётным значениям, оценки проникающей способности спектрографа не только подтверждают достижение требуемой предельной звёздной величины, но и позволяют надеяться на повышение этого значения при укомплектовании прибора штатными оптическими элементами, возможно изменение конструкции прибора с целью повышения механической стабильности, однако при этом потребуются совершенствование алгоритмов обработки наблюдательных данных.