

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕСКОПОМ «РОВОПХОТ» КАО УрФУ

Н. А. Чазов, Д. Д. Терешин
Уральский федеральный университет

Работа описывает первые результаты разработки собственного программного обеспечения телескопа RoboPhot КАО УрФУ в качестве альтернативы текущему программному пакету RTS2. Представлены прототипы приложений, способные отслеживать погодные условия и яркость неба, управлять куполом и камерами телескопа, фокусировать телескоп, а также проводить базовый анализ изображения отдельного источника на снимке.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR ROBOPHOT TELESCOPE OF KAO URFU

N. A. Chazov, D. D. Tereshin
Ural Federal University

The paper describes the first results of the development of the own software for the RoboPhot telescope of KAO Urfu as an alternative for the current RTS2 software package. Prototype applications are presented that can track weather conditions and sky illumination, control the telescope dome and cameras, focus the telescope and also perform basic analysis of the image of a single source in the frame.

Введение

Телескоп «RoboPhot» является одним из инструментов КАО УрФУ и осуществляет фотометрическую поддержку 1.2-метрового телескопа. RoboPhot оснащен трехканальным фотометром, что позволяет одновременно экспонировать несколько кадров при одинаковых атмосферных условиях и строить многоцветные кривые блеска без фазовых задержек, что особенно важно при наблюдении кратковременных событий, таких как астероиды, сближающиеся с Землей, вспышки сверхновых, катаклизмические переменные звезды или оптическое послесвечение гамма-вспышек [1].

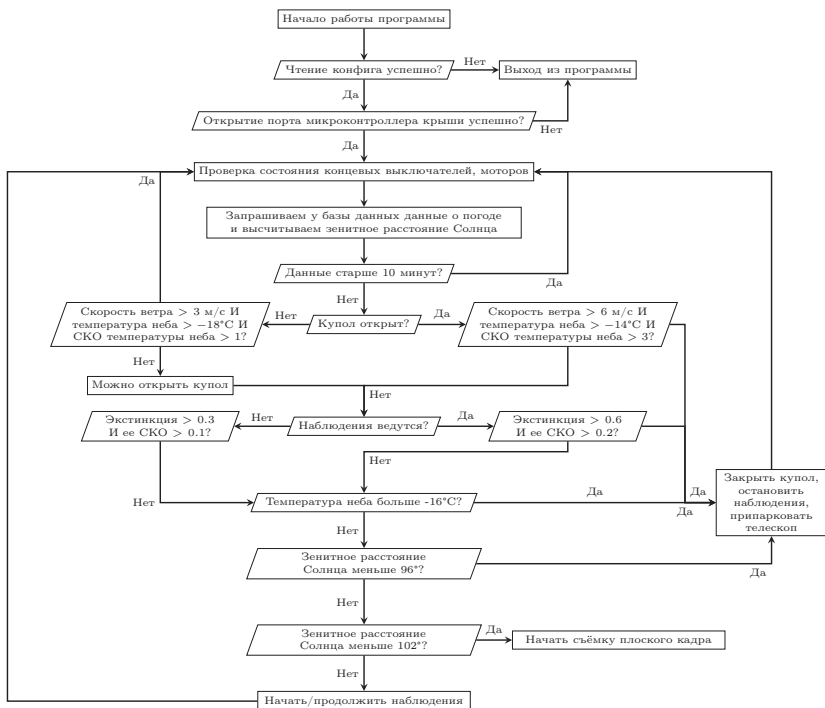
Фотометр телескопа работает в полосах g' , r' и i' фотометрической системы SDSS, а в качестве приемников излучения на нем используются три ПЗС-камеры FLI ML4240 MB производства Finger Lakes Instrumentation.

RoboPhot поставлялся с программным пакетом RTS2 (Remote Telescope System, 2-nd Version), спроектированным таким образом, чтобы работа телескопа проходила в полностью автономном режиме. Хотя автоматизация работы телескопа позволяет эффективнее использовать наблюдательное время, она препятствует проведению настройки и отладки механических узлов телескопа.

Для решения этой задачи разрабатывается программный комплекс управления, совмещающий автоматизацию наблюдений с возможностью прямого воздействия наблюдателя на работу телескопа. Так как телескоп подключен к компьютеру под управлением операционной системы Windows 10, для разработки был выбран язык C# для платформы .NET Framework 4.6.1. Исходный код выложен в открытый доступ в репозиториях GitHub [2, 3].

MeteoDome

Программа «MeteoDome» отвечает за анализ погодных условий, расчет высоты Солнца, управление куполом и отправку команд о начале и конце наблюдений на камеры телескопа. Блок-схема логики программы изображена на рисунке.



Блок-схема логики программы «MeteoDome»

Анализ условий наблюдений

Программа рассчитывает зенитное расстояние Солнца по координатам места наблюдения и дате наблюдения, а также делает запрос к базе данных метеостанции телескопа «MASTER-II Ural» КАО УрФУ. База данных написана на языке SQL, для доступа к ней используется библиотека Npgsql. MeteoDome запрашивает из базы данных следующую информацию: величину атмосферной экстинкции, температуру неба, температуру воздуха и скорость ветра. Температура неба измеряется в зените сенсором ИК-излучения в области спектра 18 мкм.

Взаимодействие с микроконтроллером купола

Программа посылает команды микроконтроллеру купола через последовательный порт RS485. Для отладки кода управления Александром Андреевичем Поповым, ведущим инженером КАО УрФУ, был написан эмулятор COM-порта купола. Он может получать и

отправлять сигналы, эмулируя работу микроконтроллера купола, при этом часть отправляемых эмулятором значений случайна, а другая часть остается постоянной.

Программа проверяет работу моторов и их питание, состояние концевых выключателей и кнопок управления куполом, таймауты работы моторов и состояние флага инициализации купола. Она имеет два режима управления — автоматический и ручной.

RPCC

Программа «RoboPhot Cameras Controls» (RPCC) в текущей своей версии способна управлять камерами телескопа и рассчитывать простую статистику отдельного источника на кадре, что позволяет на ходу отслеживать качество получаемых изображений и при необходимости изменять параметры съемки. Помимо этого, ведется разработка и внедрение модуля ручной и автоматической фокусировки телескопа.

Работа с камерами осуществляется с помощью официальной библиотеки `FliProCameraLib` для языка C, доступной на сайте [Finger Lakes Instrumentation](http://www.fingerlakesinstrumentation.com). Для импорта функций библиотеки в программу использовалась официальная обертка `NativeMethods` и неофициальная обертка `FliSharp`. Для чтения и записи данных в виде FITS-файлов RPCC использует библиотеку `CSharpFITS`, представляющую собой порт библиотеки `nom.tam.fits` для языка Java.

Управление камерами телескопа

Программа способна проводить поиск, подключение, настройку, мониторинг состояния и управление камерами телескопа во время съемки.

Пользователь может менять следующие параметры, связанные с работой камер:

- серийные номера камер для каждого из трех каналов фотометра — по ним при подключении найденной камеры происходит ее отождествление с каналом фотометра, в котором она установлена;
- количество процедур очистки ПЗС-матрицы, которые камера выполняет перед началом экспонирования каждого кадра, в пределах от 0 до 16;
- абсолютная рабочая температура ПЗС-матрицы в пределах от -55 до $+45$ °C;
- фактор бинирования по обеим осям ПЗС-матрицы в пределах от 1 до 16;
- режим считывания ПЗС-матрицы, от выбора которого зависит скорость считывания изображения с камеры и уровень шума считывания на нем.

Программа каждую секунду запрашивает следующие параметры каждой подключенной камеры: температуру ПЗС-матрицы, температуру радиатора, относительную мощность системы охлаждения, состояние камеры и, если камера в данный момент экспонирует кадр — оставшееся время экспозиции.

Для проведения серии наблюдений пользователь может указать число кадров в серии, их тип, время экспозиции отдельного кадра, а также выбрать камеру, изображение с которой будет выведено на экран.

Алгоритм фокусировки

В настоящий момент ведется разработка подпрограммы фокусировки телескопа. Алгоритм автоматической фокусировки основан на измерении параметра HFD (Half-Flux Diameter), который определяется как диаметр окружности с центром на нефокусированном изображении звезды, в котором половина потока звезды находится внутри окружности, а половина — снаружи. Граница звезды определяется как окружность с радиусом Крона для звезды: $R_{out} = 2 \sum r_i I_i / I$, где r_i — расстояние i -го пикселя от центроида звезды; I_i — интенсивность i -го пикселя; I — полная интенсивности области, по которой происходит суммирование. Область суммирования ограничивается линией, интенсивность пикселей внутри которой превосходит одно стандартное отклонение фона неба. Измеряя HFD для разных положений фокуса, строят v -образную кривую фокусировки. Минимум этой кривой соответствует сфокусированному изображению.

Анализ изображения

Для контроля качества получаемых данных наблюдатель должен иметь доступ к базовым инструментам анализа изображения отдельного точечного источника. Алгоритмы, реализующие эти инструменты, должны быть достаточно быстрыми и легкими, чтобы не мешать выполнению основной части программы. При этом от них не требуется высокая точность — ее можно достичь уже при полноценной обработке данных после проведения наблюдений.

Программа RPCC позволяет рассчитать следующие характеристики участка изображения с одиночным точечным источником:

- координаты локального максимума и его яркость;
- яркость фона неба;
- координаты центроида источника;
- отношение «сигнал — шум»;
- полуширина функции рассеяния точки источника.

При этом программа выведет полученные значения на экран и построит изображение фотометрического профиля источника относительно его центроида.

Дальнейшее развитие

Следующие этапы разработки включают в себя создание алгоритмов сохранения получаемых снимков в FITS-формате, управления монтировкой и гидирования телескопа, а также взаимодействия отдельных приложений программного комплекса между собой.

Библиографические ссылки

- [1] Потоскуев А. Э., Бусарев В. В., Крушинский В. В. и др. Возможности многоцветной фотометрии малых тел солнечной системы с телескопом ROBORHOT // Астрон. вестн. — 2020. — Т. 54, № 5. — С. 475—480.
- [2] Исходный код программы MeteoDome. — <https://github.com/NabatFasetochnii/MeteoDome>.
- [3] Исходный код программы RPCC. — <https://github.com/AstroTaffer/RPCC>.