

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМИ ТЕЛЕСКОПАМИ

И.В. Русских, В.Е. Томин, А.Л. Амвросов, Д.Ю. Колобов

PROBLEMS OF AUTOMATED IMAGE SCANNING USING SOLAR TELESCOPES

I.V. Russkikh, V.E. Tomin, A.L. Amvrosov, D.Yu. Kolobov

Телескоп со щелевым спектрографом является одним из основных инструментов для исследования Солнца в различных спектральных диапазонах. Возможности получения серий спектрограмм для различных участков солнечной поверхности определяются системой управления телескопа, отвечающей за его наведение и регистрацию излучения. Последовательное наведение телескопа на заданные траекторией сканирования участки Солнца и получение соответствующих изображений спектров достигается согласованной работой всех подсистем АСУ. В докладе обсуждаются возможные алгоритмы работы программной и аппаратной частей, обеспечивающих сканирование изображения Солнца в зависимости от основных параметров эксперимента: времени экспозиции и скорости сканирования.

Telescope with a slit spectrograph is one of the main tools to study the Sun in different spectrum ranges. Capabilities of the spectrogram series acquiring for different areas of the Sun are determined by the telescope's control system. It is responsible for aiming and image acquiring. All subsystems must operate in coordination to provide sequential telescope aiming to the specified scanning trajectory areas of the Sun and corresponding spectrum images acquiring. The report is focused on the possible software and hardware solution which provides solar disc image scanning according to main experiment parameters: exposure time and scanning speed.

Телескоп со щелевым спектрографом является одним из основных инструментов для исследования Солнца в различных спектральных диапазонах. Для получения двумерных данных применяют сканирование щелью – получение серий спектрограмм для различных участков солнечной поверхности. Возможности такого режима работы определяются автоматизированной системой управления (АСУ) телескопа, задача которой состоит в последовательном наведении на заданные траекторией участки изображения Солнца и обеспечении согласованной работы других систем телескопа. За получение научных данных в общем случае ответственны различные системы телескопа. Для регистрации спектральных данных, как правило, используется видеокамера. Успешность результата сканирования напрямую зависит от степени реального соответствия полученных данных некоторым координатам, в которые был наведен телескоп. В самом простом случае процесс можно представить следующим образом. В начальный момент времени осуществляется наведение в начальную точку скана. Затем начинается регистрация спектра в этой точке. Процесс повторяется для последующих точек траектории. При необходимости скан повторяется. В упрощенном варианте отсутствуют требования к скорости выполнения задачи и точности наведения телескопа в заданные координаты, а также не учитывается ряд других обстоятельств, возникающих при выполнении различных экспериментальных задач. Рассмотрим основные элементы АСУ, участвующие в процессе сканирования. Координатная система обеспечивается подсистемой наведения. Для этой цели может использоваться координатометр [Осак и др., 1979]. Непосредственное позиционирование изображения осуществляется монтировкой телескопа. Для наведения используется обратная связь между подсистемой наведения и подсистемой управления монтировкой.

Алгоритм работы АСУ можно представить таким образом, что на определенном временном интервале состояния всех систем можно считать детерминиро-

ванными. Этот интервал сильно зависит от конкретной системы управления и в случае АСУ АСТ (Автоматизированный солнечный телескоп Саянской солнечной обсерватории) (рис. 1) может быть принят равным 30 мс. Рассмотрим интервал 1 с, когда состояние всех систем считается определенным. С учетом характеристик современных видеокамер, система регистрации данных гарантированно выполнит свою задачу – получит изображение спектра за интервал 1 с. Вычисление текущих координат подсистемой наведения займет существенно меньшее время в случае использования как гида-видеокамеры, так и координатометра (6–10 мс для АСУ АСТ). При умеренной скорости сканирования (~4 с дуги в секунду для АСУ АСТ) обратная связь между подсистемой наведения и подсистемой управления монтировкой обеспечит соответствие значения текущих координат участку изображения на щели в интервале 1 с. Подсистема наведения определяет интервалы времени длительностью 1 с, которые отводятся для регистрации изображения. На соответствие между координатами и получаемыми данными также влияет разница в ходе часов системы управления и других систем телескопа. Она не должна превышать рассматриваемый интервал 1 с. Если это требование не выполняется, регистрации данных будут соответствовать разные метки времени в разных системах. Если разница во времени постоянна ее компенсация не представляет проблемы. Достаточно один раз определить разность хода часов и учитывать ее при каждом использовании данных с других систем. На практике эта величина непостоянна и может меняться со временем. Учет этой погрешности возможен аппаратными и программными средствами. Как показала практика, использование только программных средств в ряде случаев позволяет получить точность часов порядка 20–30 мс. Если же для рассматриваемого случая погрешность превышает 1 с, то схема работы, описанная выше, неприменима. Возможна ситуация, когда не известно количество времени, необходимое для выполнения задачи системой регистрации данных. Например, когда заранее

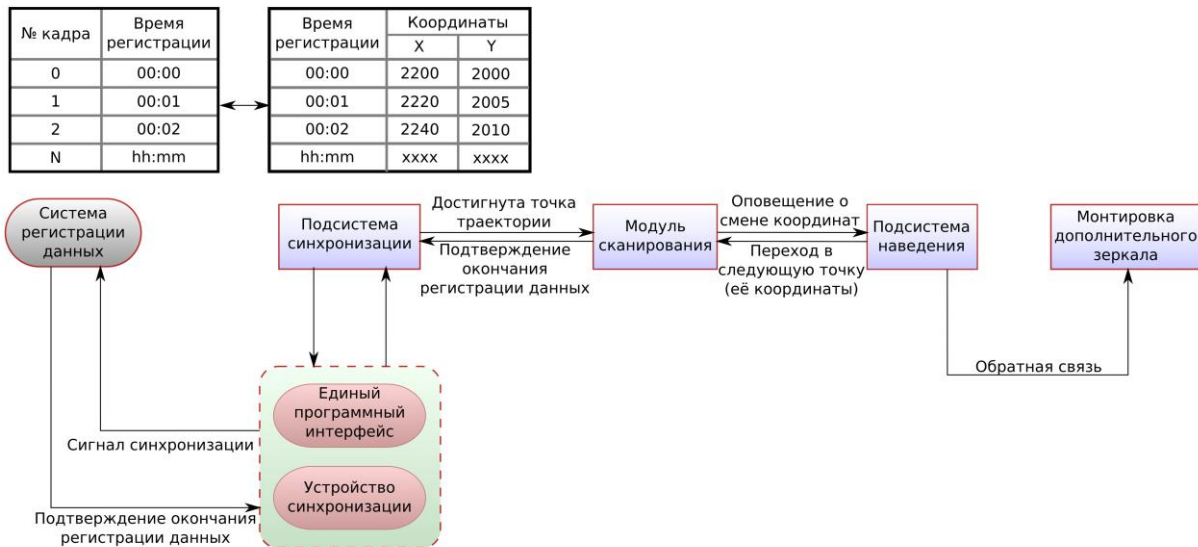


Рис. 1. Схема взаимодействия подсистем АСУ и системы регистрации данных при сканировании.

не известно количество времени для достижения приемлемого соотношения сигнал/шум. В этом случае интервалы времени для получения данных определяются самой системой регистрации данных. Таким образом, выполнение задачи сканирования связано с участием множества систем телескопа, что усложняет ее решение.

В самом простом случае системе управления известны длительность регистрации данных и траектория сканирования, а все системы телескопа работают в штатном режиме. Система при наведении в заданные координаты вырабатывает сигнал синхронизации и по окончании заданного периода наводит телескоп в следующую точку скана. При этом считается, что разность хода часов всех систем телескопа пренебрежимо мала. Такой режим сканирования называется ведущим. В случае, когда количество времени, необходимое для регистрации данных, становится известным только в ходе эксперимента, появляется необходимость синхронизировать систему управления от системы регистрации данных. Последняя инициирует наведение в следующую точку, а система управления, в свою очередь, уведомляет о завершении выполнения задачи. Такой режим сканирования называется ведомым. Взаимодействие между системами может быть реализовано как программными, так и аппаратными средствами. Программные средства обычно сводятся к вызову функции АСУ локально или удаленно с использованием сети ЭВМ. В качестве аппаратных, как правило, выступают электрические сигналы, например TTL-уровня, подаваемые на цифровой вход оповещаемой системы.

Описанные режимы не исчерпывают всех ситуаций, возникающих при проведении эксперимента. Здесь не упомянуты такие тонкости, как сопровождение объекта наблюдения в локальной системе координат, а также учет некоторых внештатных ситуаций. Например, из-за конструктивных особенностей телескопа при остановках могут возникать колебания некоторых его элементов, обладающих зна-

чительной инерцией (например, дополнительное зеркало целостата на АСТ ССО). В таких случаях предпочтительнее использовать алгоритм сканирования без остановок в точках траектории – скорость выбирается таким образом, что время прохождения нужной точки превышает длительность регистрации изображения.

В программе АСУ АСТ алгоритмы сканирования были реализованы за счет выделения так называемых подсистем, которые являются программным представлением конструктивных элементов телескопа и отвечают за реализацию алгоритмов их работы. Таким образом, архитектура системы управления позволяет реализовать различные режимы работы без изменений структуры программы. Для этого выделена отдельная подсистема, отвечающая за наведение телескопа. Она предоставляет не зависящий от ее реализации интерфейс, который используется программным модулем сканирования. Сам модуль также взаимодействует с подсистемой, отвечающей за аппаратную и программную синхронизацию. При этом его интерфейс, как и в случае с подсистемой наведения, не зависит ни от типа синхронизации (программная, аппаратная), ни от используемого при аппаратной синхронизации устройства.

Режимы сканирования и синхронизации АСУ могут использоваться в различных комбинациях. Телескоп может сканировать в режиме как ведомого, так и ведущего. При этом также задается направление: одностороннее (проход по траектории с регистрацией данных и быстрый возврат в первую точку) или двухстороннее (проход и возврат в первую точку осуществляется по траектории с регистрацией данных). Применяется как программный, так и аппаратный режимы синхронизации. Для программной синхронизации используется внешний интерфейс, который является единым средством взаимодействия со всеми системами телескопа. Сигналы аппаратной синхронизации посылаются с помощью различных устройств: платы цифровых входов/выходов

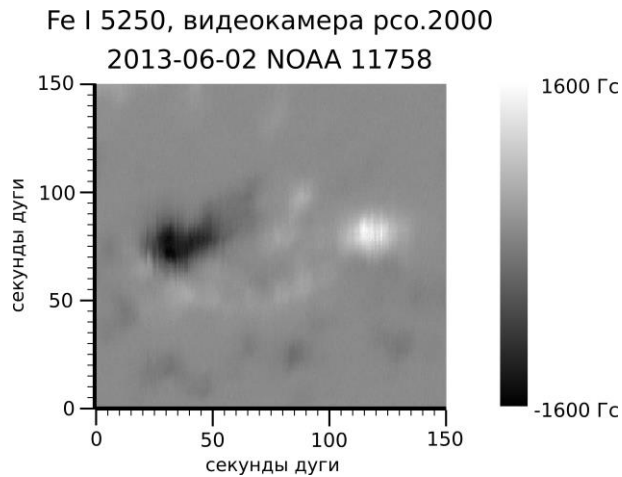


Рис. 2. Магнитограмма, полученная в режиме сканирования изображения Солнца в линии Fe I 5250+.

Advantech PCI-1751, ПЛИС Altera MAX II и т. п. Для них разработаны программные модули, которые выполняют с точки зрения алгоритма работы АСУ строго определенную роль – генерацию сигнала синхронизации. Поэтому изменения, связанные с устройством аппаратной синхронизации, никак не влияют на работу алгоритма сканирования. Предложенный подход был опробован на АСТ ССО (рис. 2) и применим для различных телескопов.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 12-02-33110 мол_а_вед и гранта Президента Российской Федерации МК-497.2012.2, Министерства образования и науки Российской Федерации ГК 14.518.11.7047, соглашения 8407.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Осак Б.Ф., Григорьев В.М., Круглов В.И., Скоморовский В.И. Автоматизированный солнечный телескоп // Новая техника в астрономии. Л.: Наука, 1979. Вып. 6. С. 84–90.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия