

РЕГИСТРАЦИЯ И ПОИСК КРАТКОВРЕМЕННЫХ ЛУННЫХ ЯВЛЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NVIDIA CUDA

А.А. Солодовник, А.И. Рейбандт, В.Н. Крючков, Ю.Я. Багрий

В астрономии 20 века появился и потребовал своего изучения феномен кратковременных лунных явлений (КЛЯ). Оказалось, что многообразные формы их проявления феноменологически сводятся к трём основным типам эффектов: геометрическим (изменение размеров и формы деталей рельефа), фотометрическим (пооярчения или потемнения элементов лунной поверхности, спектральным (изменение цвета деталей). Реже отмечается появление на лунном диске движущихся светлых или тёмных деталей. Общим обстоятельством, определяющим потребность продолжения исследований этих явлений следует считать отсутствие приемлемого объяснения причин их возникновения. Выдвигаемое нами предположение состоит в том, чтобы связать кратковременные лунные явления с воздействием на поверхность Луны факторов солнечной активности. Ценность такого подхода определяется тем обстоятельством, что и наша планета подвержена воздействию этих факторов. Они в частности, могут определять климатические изменения на Земле. Луна как безатмосферное тело представляет идеальный полигон, для изучения воздействия факторов солнечной активности на планету. Более того научные результаты помогут развить методику оперативного прогнозирования воздействия физических факторов от активных областей на Солнце на различные процессы, протекающие в земной атмосфере и на земной поверхности.

Практическая часть наших исследований нашла воплощение в организации и проведении постоянных (насколько позволяли погодные условия) наблюдений Луны в режиме мониторинга. С учётом расположения Луны на небе, наблюдения проводились начиная с фазы первой четверти (или несколько ранее) и заканчивая фазой последней четверти (или несколько позднее).

Для решения задачи обнаружения и распознавания кратковременных лунных явлений было принято решение о создании автоматической системы. Суть ее состоит в следующем. Аппаратная часть состоит из пары телескопов, производящих мониторинг лунной поверхности. Первый работает в режиме обнаружения, то есть, направлен в целом на весь объект исследования. Здесь производится фотографирование поверхности с низкой частотой и высоким разрешении. Программная часть реализуемой системы на данном этапе производит обработку поступающих изображений с целью обнаружения КЛЯ..

В процессе обработки изображения производится обнаружение луны, выделение ее из общего фона, обрезка и центрирование. Последняя операция является необходимой вследствие либрации и неравномерности «ведения» телескопа. Для обнаружения КЛЯ предлагается использовать нейросетевой алгоритм, ориентированный на анализ изображений в темпе их поступления от видеодатчика. Основанием выбора предложенного алгоритма послужил ряд особенностей, присущих задаче поиска КЛЯ, а именно, высокая динамика фона (облачность, смена лунных фаз) и требование обеспечения высокой вычислительной эффективности алгоритма. Для успешного решения задачи обнаружения объектов, необходимо располагать как можно более полной информацией о функциях яркости объектов и фона, а также знать параметры распределения шума. Оптимальный в смысле выбранного критерия качества алгоритм можно построить только при наличии полной априорной информации о свойствах объекта и фона. В нашем случае требуемая информация недоступна. Реальные условия всегда характеризуются той или иной степенью неопределенности в отношении информации о фоноцелевой обстановке, которая обусловлена как невозможностью точного предсказания свойств объекта и фона, так и непредвиденными изменениями этих свойств во времени. Проблемы, связанные с математическим синтезом оптимальных алгоритмов приводят к необходимости поиска эвристических подходов. На практике в случае отсутствия формализованной информации о фоноцелевой обстановке применяются нейронные сети, которые обобщают в процессе обучения основные отличия необходимые для выработки классификационных решений о принадлежности точек изображения объекту либо фону. Нейронная сеть может осуществлять отнесение по нечеткому правилу центрального элемента к классу “объект” или “фон”, а в соответствующий элемент выходного двумерного изображения записывать значение, соответствующее степени истинности. Таким образом, после завершения обхода получается полутоновое изображение.

Идея алгоритма состоит в том, что после получения бинарного изображения можно уменьшить степень фрагментации сегментов (связных областей) путем морфологической обработки, заключающейся в последовательном применении операций морфологического закрытия и открытия с квадратными структурирующими элементами. Переход от итогового бинарного изображения к представлению результатов обработки в виде списка параметров связных областей изображения производится с помощью процедуры разметки и параметризации. Исходя из параметров найденных сегментов и имеющейся априорной информации, можно принять решение о наличии кратковременных лунных явлений в обрабатываемой области кадра. В итоге, используемая искусственная нейронная сеть состоит из персептронов Розенблата с сигмоидальными активационными функциями, использующих обучение с учителем. Для обучения нейронной сети был создан

банк изображений, из которого было отобрано 50 характерных кадров, содержащих различные типы сцен. Пример исходного изображений приведен на рисунке 1.



Рис. 1.

На каждом кадре формировались обучающие примеры, а именно, участки изображений размерами 10×10 , представляемые в виде вектора, содержащего 100 элементов. Выбор фоновых участков производился произвольным образом из разных областей кадра. Для фона и для объекта (КЛЯ) формировалось одинаковое число обучающих примеров, по 200 для каждого. Обучающие примеры для разных классов подавались на вход сети поочередно. Максимальное количество циклов обучения составило несколько тысяч. По результатам проведенного моделирования число нейронов в скрытом слое было взято равным 20. Полученная в итоге нейронная сеть показывает в среднем 12% ложных определений КЛЯ, что является допустимой величиной.

Если в процессе обработки будет обнаружено кратковременное лунное явление, то подается сигнал на второй телескоп, который производит более детальную съемку места появления КЛЯ. Для этого он наводится на точку с координатами обнаруженного объекта, и производится высокоскоростная съемка поверхности луны (порядка 25 fps) в высоком разрешении (3328×2030).

Для мониторинга КЛЯ приобретён набор интерференционно-поляризационных светофильтров, центрированных на наиболее интересные особенности спектра Луны, полосы пропускания которых приведены в таблице 1. На пике нагрузки системы предполагается производить съемку с использованием всех указанных фильтров с помощью специального колеса.

Таблица 1. Набор фильтров

№	Полоса пропускания	Ширина полосы пропускания
1	400	10
2	560	20
3	825	10
4	840	10
5	861	10
6	888	10
7	950	10
8	965	10
9	1035	10

В процессе проведения съемки каждое полученное изображение будет обрабатываться с целью распознавания типа и вида КЛЯ. Так как изображения имеют высокое разрешения и поступают в обработку с высокой частотой, то в этом и заключается необходимость применения высокопроизводительных систем вычислений. Алгоритм обработки получаемых кадров предполагает возможность деления изображения на не перекрывающиеся тайлы, которые могут обрабатываться в параллельном режиме.

Исходя из масштаба решаемой задачи и наличия необходимого оборудования, выбор конкретной технологии пал на использование технологии nVidia CUDA. CUDA – программно-аппаратная вычислительная архитектура, позволяющая программистам реализовывать алгоритмы, выполнимые на графических процессорах ускорителей GeForce восьмого поколения и старше. CUDA даёт разработчику возможность по своему усмотрению организовывать доступ к набору инструкций графического ускорителя и управлять его

памятью, организовывать на нём сложные параллельные вычисления. Еще одним аргументом в пользу использования именно этой технологии стало то, что библиотека OpenCV, используемая для обработки изображений, также поддерживает технологию CUDA.

На данный момент полностью реализована аппаратная составляющая описываемой системы, а именно, произведена установка и сопряжение необходимых компонентов (телескопы, фотокамеры, колесо с набором светофильтров), а также проводится ручное тестирование полученного комплекса. Программная реализация включает первичную обработку поступающих изображений в режиме обнаружения КЛЯ, был разработан набор скриптов обработки в режиме распознавания КЛЯ. В системе Matlab было произведено моделирование нейронной сети, необходимой для обнаружения кратковременных лунных явлений, произведено ей обучения на базе примеров и подсчитаны веса для входящих в сеть нейронов. В дальнейшем предполагается соединение всех разработанных элементов в единый комплекс и использование в наблюдениях и регистрации КЛЯ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. И. Н. Галкин, В. В. Шварев, Строение Луны.- Харьков, 2008. – 217с.
2. Солодовник А.А. Проведение наблюдений поверхности Луны с целью поиска кратковременных лунных явлений // Сборник тезисов конференции «Актуальные проблемы физики небесных тел и плазменного состояния вещества. Эксперимент и математическое моделирование.- Петропавловск, 2012.- С. 68 – 71.