

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ЦВЕТНОЙ ШИРОКОУГОЛЬНОЙ КАМЕРЫ ФИЛИН-1

С.В. Подлесный, Е.В. Девятова, А.В. Саункин, Р.В. Васильев

Институт солнечно земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
step8907@mail.ru

METHOD FOR DETERMINING CLOUD COVER FROM DATA OF COLOR WIDE-ANGLE CAMERA FILIN-1

S. Podlesnyi, E. Devyatova, A. Saunkin, R. Vasilyev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
step8907@mail.ru

Аннотация. Описан алгоритм метода определения облачного покрова по данным цветной широкоугольной камеры ФИЛИН-1. А также приводится сравнение со сведениями об облачном покрове, полученными при помощи спутниковых и модельно-интерполяционных методов. С этой целью было проведено сравнение временной динамики локального облачного покрова, полученной по данным проекта ECMWF ERA5 и данным спутников NOAA, с прозрачностью ночной атмосферы, полученной при помощи цифровой фотокамеры. Динамика исследуемых характеристик рассматривалась в течение декабря 2020 г. в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН, расположенной на Байкальской природной территории вблизи с. Торы (Бурятия, Россия).

Ключевые слова: облачность, цветная ПЗС-камера.

Abstract. The algorithm of the method for determining cloud cover from data of color wide-angle camera FILIN-1 is presented. It also provides a comparison with cloud cover information obtained using satellite and model-interpolation methods. For this purpose, we compared the temporal dynamics of cloud cover from ECMWF's ERA5 reanalysis and NOAA satellites with the night atmosphere transparency from digital camera. We considered the dynamics of the addressed parameters over December 2020 at the Geophysical Observatory of ISTP SB RAS located in Baikal Natural Territory near the village Tory (Republic of Buryatia, Russia).

Keywords: cloud cover, color CCD camera.

ВВЕДЕНИЕ

Оптическое излучение, проходя сквозь атмосферу, подвергается различным искажениям на ее неоднородностях, что сказывается на качестве получаемых данных — как астрономических, так и данных наблюдений собственного свечения атмосферы. Важными факторами, влияющими на качество оптических наблюдений, являются фаза лунного цикла и метеорологические условия. Основной метеорологической характеристикой является количество ясных безоблачных дней или ночей за определенный период времени (повторяемость ясного неба [Дарчия, 1985]) в пункте наблюдений.

Целью работы является разработка алгоритма определения облачного покрова по данным цветной широкоугольной камеры ФИЛИН-1 и создание скрипта автоматического выделения и подсчета звезд на кадре. Приводится сравнение с данными об облачном покрове, полученными при помощи спутниковых и модельно-интерполяционных методов.

ПРИБОРЫ И ДАННЫЕ

Проект реанализа ECMWF ERA5 [Hersbach et al., 2020] включает общую облачность. Этот параметр представляет собой долю покрытия облачностью трехмерной сетки. Общая облачность — это одноуровневое поле, рассчитываемое на основе облачности, возникающей на разных модельных уровнях атмосферы с учетом предположений о степени перекрытия/случайности облаков на разной высоте.

В работе для определения облачного покрова использовались снимки со спутников NOAA-18 и

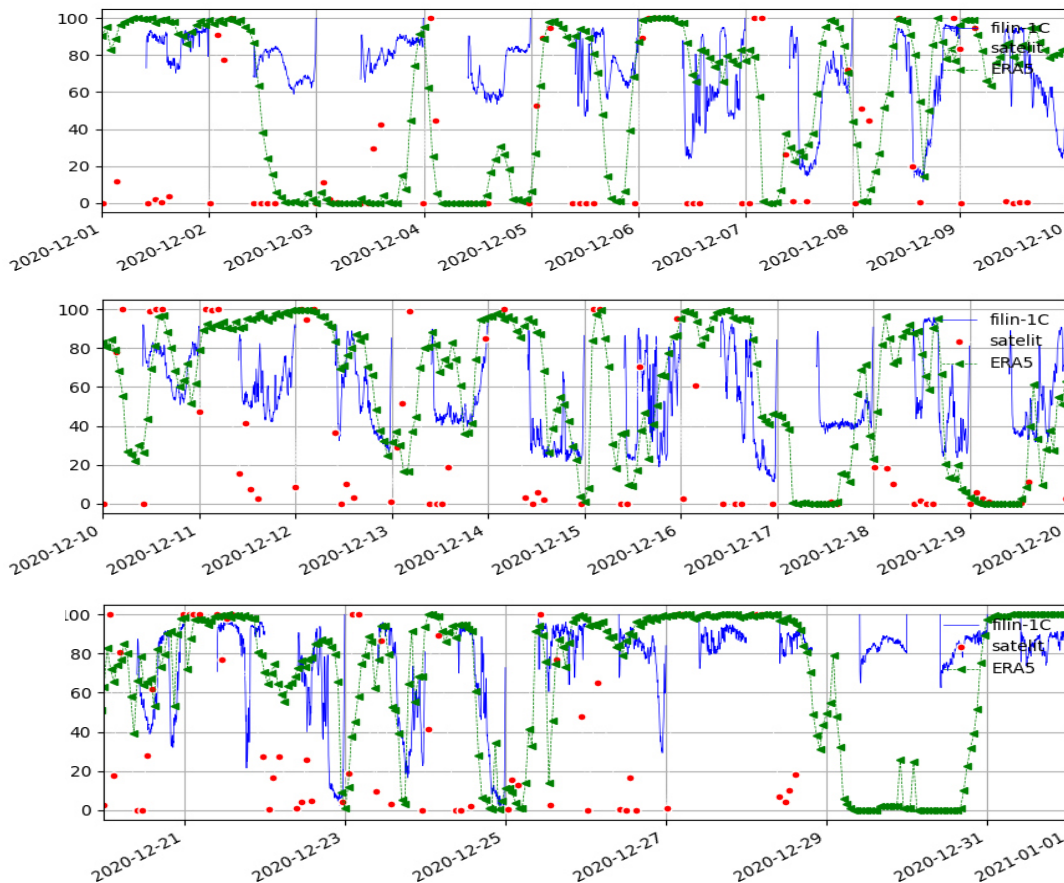
NOAA-19. Алгоритм определения облачного покрова с использованием многоспектральных измерений яркости с помощью Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) на борту полярно-орбитальных спутников NOAA описан в работе [Stowe et al., 1999].

Широкоугольная фотокамера ФИЛИН-1Ц предназначена для регистрации собственного излучения ночной атмосферы и его пространственно-временных вариаций, изучения естественных и искусственных космических объектов (метеоров, космических аппаратов), контроля прозрачности атмосферы и решения некоторых других задач [Михалев, Подлесный, 2016].

ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Для контроля прозрачности атмосферы используется количество звезд, попадающих в поле зрения камеры. Идея основана на том, что изображения звезд характеризуются яркостью с сильными пространственными градиентами, значительно превышающими яркость и ее градиенты для фонового свечения ночного неба. Это, в свою очередь, дает возможность подсчитать видимые на изображении звезды, выделив их как области изображения с повышенной интенсивностью по отношению к окружающему фону.

Для такой обработки изображения сначала следует избавиться от шумов, эффектов виньетирования и повысить его контрастность. Под шумами в данном случае подразумеваются горячие пиксели матрицы, которые устраняются посредством применения медианного фильтра с прямоугольным ядром площадью



Вариации K_c (синие кривые), облачности по данным спутников (красные точки) и общей облачности по данным ERA5 (зеленые кривые). Весь период (декабрь 2020) разбит по декадам для удобства анализа

3×3 пикселя. Далее интенсивность по изображению выравнивается умножением интенсивности каждого пикселя на соответствующий коэффициент для снижения эффекта виньетирования от широкоугольного объектива. Набор коэффициентов определялся по калибровочным изображениям равномерной яркости. После этих действий увеличивается контрастность изображения и определяется порог, по которому полученное изображение переводится в бинарный вид для разделения на области. В эти области входят как звезды, так и другие объекты, обладающие значимыми градиентами интенсивности и прошедшие через первичную фильтрацию вышеописанными процедурами. Устранение областей, не являющихся звездами, производится при помощи пороговой селекции по площади области. Алгоритм поиска площадей реализован с применением библиотеки `scipy.ndimage.measurements.label` [arXiv:1907.10121 cs.MS]. В среднем на кадре с изображением ясного безлунного неба, полученным с помощью прибора ФИЛИН-1Ц, присутствует около четырех тысяч звезд. Снижение общего количества видимых звезд означает снижение прозрачности атмосферы. Критерий облачности K_c , который по сути является степенью покрытия поля зрения камеры облаками, по данным с камеры мы рассчитывали по формуле $K_c = ((\max N_s - N_s) / \max N_s) \cdot 100$, где N_s — количество звезд на текущем кадре, а $\max N_s$ — максимальное количество звезд на одном кадре в течение всего рассматриваемого периода наблюдений.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

На рисунке показана динамика K_c по данным камеры ФИЛИН-1Ц (синие кривые), а также облачного покрова по данным спутников NOAA (красные точки) и ERA5 (зеленые кривые) с 01.12.2020 по 9.12.2020 (а), с 10.12.2020 по 19.12.2020 (б) и с 20.12.2020 по 31.12.2020 (в).

Вариации K_c (синие кривые), облачности по данным спутников (красные точки) и общей облачности по данным ERA5 (зеленые кривые). Весь период (декабрь 2020) разбит по декадам для удобства анализа.

Видны достоинства и недостатки каждого из трех наборов данных, а именно:

1. данные камеры ФИЛИН-1Ц представлены с хорошим временным разрешением (5 мин), но только для темного времени суток;
2. данные ERA5 непрерывны, но имеют временную дискретность один раз в час;
3. спутниковые данные NOAA нерегулярны во времени.

Рисунок показывает основные особенности взаимной динамики трех наборов данных:

1. Наличие временных сдвигов между данными ERA5 и ФИЛИН-1Ц в отдельные ночи 2020 г.: 07.12, 08.12, 10.12, 14.12, 22.12, 23.12 и 24.12.
2. Слабое воспроизведение в данных ERA5 относительно быстрых изменений облачного покрова, которые хорошо видны в данных ФИЛИН-1Ц.
3. Слабое соответствие между спутниковой об-

лачностью и облачностью по данным ERA5 и ФИЛИН-1Ц, особенно в ночное время. Это предположительно связано со сложностью определения облачности в темное время суток в зимний период.

В начале и конце месяца нас заинтересовали несколько ночей с явным несоответствием данных K_c and cloud cover ERA5, а именно, слишком высокими значениями K_c при низких значениях облачности 2–5, 29, 30 декабря. Причинами несоответствия данных оказались наличие тонкой облачности и свечение Луны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный алгоритм определения облачного покрова по данным цветной широкоугольной камеры ФИЛИН-1 показал хороший результат в сравнении с другими методами определения облачности, а также возможность автоматической обработки данных. Результаты сравнительного анализа показали в целом хорошее согласие данных архива ECMWF ERA5 и облачности, наблюдаемой при помощи камеры. Недостатками являются отсутствие в архиве информации о быстрых вариациях облачности, а также положительные и отрицательные задержки в динамике облачных полей длительностью около двух часов. Вследствие нерегулярности спутниковых данных, больших пропусков во времени между пролетами и сложностью определения облачности в темное время суток уверенных выводов о применимости спутниковых данных сделать не удалось.

Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2020-787 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории»). Результаты получены на базе наблюдений, проводимых с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Ангара» [<http://ckprf.ru/ckp/3056>].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дарчия Ш.П. *Об астрономическом климате СССР*. М: Наука, 1985. 175 с.

Михалев А.В., Подлесный С.В., Стоева П.В. Свечение ночной атмосферы в RGB цветовом представлении. *Солнечно-земная физика*. 2016. Т. 2, № 3. DOI: [10.12737/19040](https://doi.org/10.12737/19040).

Hersbach H., et al. The ERA5 Global Reanalysis May 2020. *QJRM*. DOI: [10.1002/qj.3803](https://doi.org/10.1002/qj.3803).

Stowe L., Davis P., McClain E. Scientific basis and initial evaluation of the CLAVR-1 global clear/cloud classification algorithm for the advanced very high resolution radiometer. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 1999. Vol. 16. P. 656–681.

URL: <http://ckprf.ru/ckp/3056>.