

Применение RGB- и вейвлет-методов для инструментального определения общего балла облачности

С.В. Зуев¹, А.В. Гочаков², Н.П. Красненко¹, А.Б. Колкер^{3*}

¹ *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

² *Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт
630099, г. Новосибирск, ул. Советская, 30*

³ *Новосибирский государственный технический университет
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20*

Поступила в редакцию 21.01.2014 г.

Представлены результаты наземных инструментальных измерений общего балла облачности по RGB-методу, основанному на анализе синевы неба, и по методу выделения контуров облаков путем двумерного вейвлет-анализа и их сравнение с данными визуальных измерений на метеостанции ИМКЭС СО РАН.

Согласно проведенным исследованиям результаты измерений по RGB- и вейвлет-методам хорошо согласуются между собой, но имеют значительные расхождения с данными визуальных измерений, особенно в случаях, когда на небе присутствуют перистые облака.

Как RGB-, так и вейвлет-метод определения общего балла облачности имеют несложные алгоритмы работы и используют недорогую регистрирующую аппаратуру, что позволяет использовать их для дистанционных измерений в автоматическом режиме без непосредственного присутствия оператора.

Ключевые слова: общий балл облачности, синева неба, вейвлет; total cloudiness, blue of the sky, wavelet.

Необходимость осуществления регулярного мониторинга состояния облачности обусловлена ее большим значением в формировании климата территорий и условий жизнедеятельности человека. Наряду с формой и высотой, важнейшей характеристикой облачности является ее количество, позволяющее оценить степень покрытия небесного свода. И если спутниковые измерения дают возможность проводить макромасштабную оценку балла облачности в реальном времени, то локальные наземные измерения в основном осуществляются визуально и только в определенных сроки.

В работах [1, 2] предложены два подхода, способные обеспечить устойчивый инструментальный мониторинг общего балла облачности по цветным панорамным изображениям всего небосвода: RGB-метод, основанный на поиске незакрытых участков неба по его синеве, и метод выделения контуров облаков путем двумерного вейвлет-анализа.

Принцип определения общего балла облачности RGB-методом основан на преобразовании цветных полутоновых изображений всего небосвода в бинарные, несущие информацию о закрытых и незакрытых

участках неба, путем разделения точек изображения по признаку «синева неба» — «не синева неба» с использованием аддитивной RGB-модели синтеза цвета. При этом общий балл облачности рассчитывается как относительное количество точек изображения со значением «не синева неба».

Суть вейвлет-подхода к оценке балла облачности заключается в выделении на изображении контрастных деталей, к которым относятся границы облаков и чистого неба, в вейвлет-области для каждого канала RGB. Изменяя значения аппроксимирующих коэффициентов при реконструкции двумерного вейвлет-преобразования изображений всего небосвода, можно выделять на них характерные низкочастотные участки в виде контуров и по ним оценивать процент чистого неба. В предложенном варианте в качестве вейвлетообразующих функций применяются вейвлеты Добеши, а вейвлет-преобразования реализованы с использованием библиотеки GNU Scientific Library C/C++. Принадлежность объекта, описанного выделенным контуром, к облачности или к чистому небу определяется путем анализа его цветовой температуры.

Для сравнения двух методов было обработано 498 изображений всего небосвода, полученных за три летних месяца 2013 г. в дневное время. Как видно из рис. 1, в 98% случаев (490 измерений) результаты оценки общего количества облаков имели расхождение не более чем в 1 балл.

* Сергей Викторович Зуев (zuev@imces.ru); Александр Владимирович Гочаков (test@sibnigmi.ru); Николай Петрович Красненко (krasnenko@imces.ru); Алексей Борисович Колкер (alexk@sibnigmi.ru).

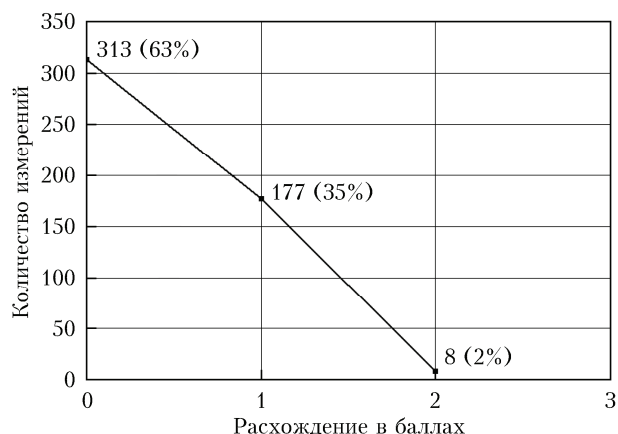


Рис. 1. Расхождение в оценке общего балла облачности

Структура расхождения в зависимости от общего балла облачности представлена на рис. 2. Если не принимать во внимание отсутствие расхождений при 10-балльной облачности, то видно, что в остальных случаях количество расхождений в 0 и 1 балл практически совпадает, а число расхождений в 2 балла очень незначительно и в основном приходится на случаи обработки изображений с перистыми C_i и перисто-кучевыми C_s облаками.

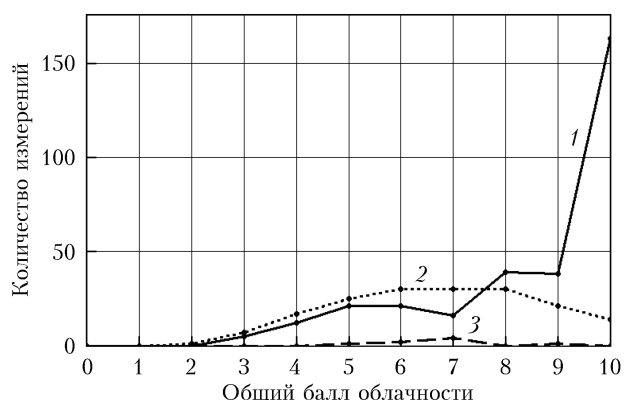
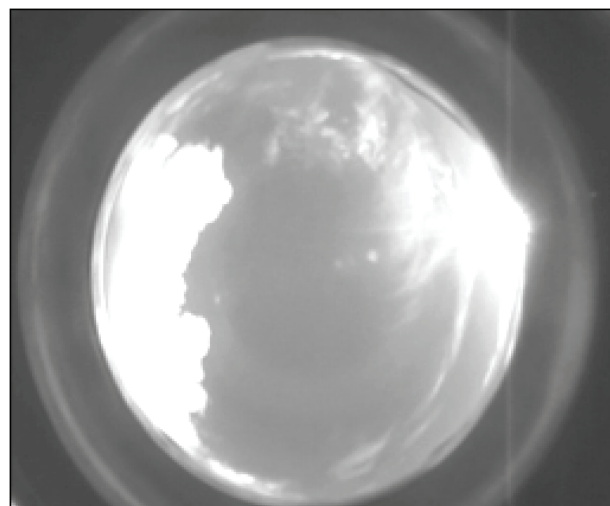


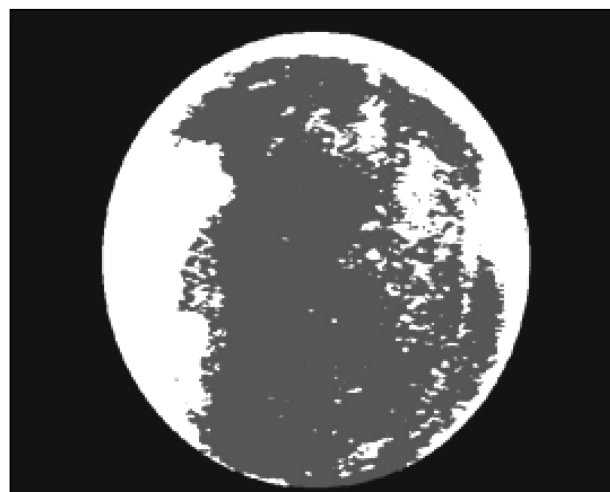
Рис. 2. Структура расхождения в зависимости от общего балла облачности: 1 – расхождение 0 баллов; 2 – расхождение 1 балл; 3 – расхождение 2 балла

На рис. 3 приведен пример обработки изображения всего небосвода, полученного 02.07.2013 г. в 12.00 GMT. Необходимо отметить, что в применяемом варианте телевизионного панорамного обзорателя реализована функция BLC (BackLight Compensation), что позволяет при записи изображений компенсировать засветку в случае незакрытого солнца и отказаться от теневого экрана. При обработке таких изображений необходимо учитывать то, что при этом оба метода воспринимают область солнца как «не небо», в результате чего результат измерения завышается в среднем на 1 балл в полуденные часы и увеличивается в утренние и вечерние часы при малых углах высоты стояния солнца.

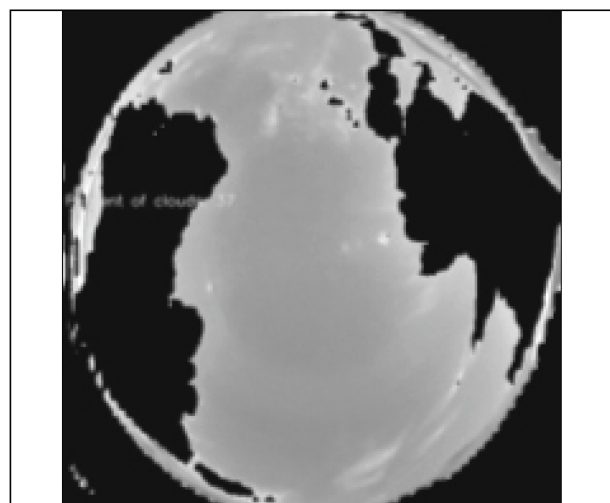
На рис. 4 сплошной линией показано расхождение оценок общего балла облачности, полученных инструментальным RGB-методом и визуально по данным метеостанции ИМКЭС СО РАН.



Исходное изображение



RGB-метод (4 балла)



Вейвлет-метод (4 балла)

Рис. 3. Пример обработки изображения RGB- и вейвлет-методом

Как видно, расхождение в оценке более чем в 1 балл имеется почти в половине случаев (43%).

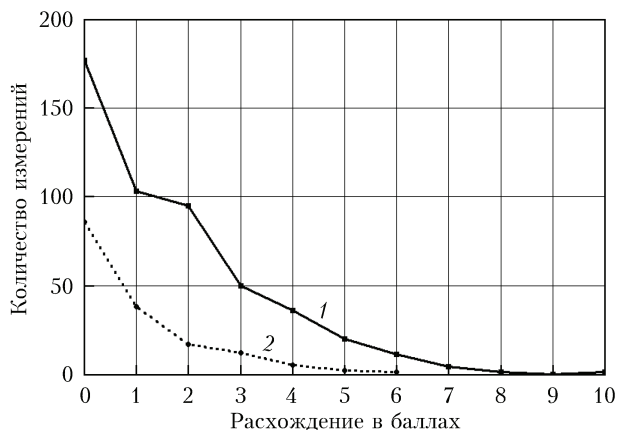


Рис. 4. Расхождение оценок общего балла облачности для RGB- и визуального метода: 1 – все типы облачности; 2 – без учета перистых облаков

Было выяснено, что в основной массе ошибка в 2 балла и более приходится на те случаи, когда на небе присутствовали перистые *Ci* и перисто-кучевые *Cs* облака. По нашему мнению, причиной этого является субъективность визуального определения общего балла облачности при наличии облаков верхнего яруса, когда наблюдатель ставит для них условную оценку. Связано это в первую очередь с тем, что визуально практически невозможно провести границу между тонкими полупрозрачными облаками и чистым небом, в то время как при инструментальных измерениях такое разделение производится и рассчитывается близкий к реальному балл облачности.

Так, для примера на рис. 3, на котором присутствуют кучевые облака *Cu* нижнего, высоко-кучевые *Ac* среднего и перистые *Ci* верхнего ярусов, оба инструментальных метода показали степень покрытия неба в 4 балла, в то время как визуально наблюдателем была дана оценка в 10 баллов. Пунктирной линией (рис. 4) показано расхождение значений общего балла облачности для тех случаев, когда перистая облачность отсутствовала. Как видно, расхождение в оценке в 2 и более балла составляет

менее 14%, что говорит о необходимости учитывать наличие облаков верхнего яруса для корректного сравнения данных инструментальных и визуальных измерений.

Предложенные инструментальные методы определения общего балла облачности имеют свои недостатки и достоинства. Так, RGB-метод чувствителен к изменению степени синевы неба, которая уменьшается от зенита к горизонту, что может приводить к завышению реального балла облачности. К недостаткам вейвлет-метода можно отнести возможность появления ошибки в определении монотонных контрастных участков облачности как участков чистого неба. Кроме того, оба метода могут занижать результат измерений при среднем и малом балле при наличии кучевых *Cu* и кучево-дождевых *Cb* облаков, имеющих темно-серые основания, сильно контрастирующие с остальными светлыми участками изображения, особенно при засветке солнцем. Все эти ограничения необходимо учитывать в алгоритме обработки изображений.

К достоинствам предложенных методов можно отнести несложные алгоритмы обработки изображений, относительно невысокие требования к получаемым изображениям и, как следствие этого, использование недорогой регистрирующей аппаратуры, что позволяет создавать измерители, работающие в автономном или удаленном режиме без непосредственного участия оператора. Совместное применение RGB- и вейвлет-методов для автоматизированной оценки общего балла облачности позволяет, с учетом известных ограничений, получать достоверную информацию и создавать архивы цифровых изображений состояния всего неба.

1. Зуев С.В., Левикин В.А. Определение общего балла облачности по синеве неба // Оптика атмосф. и океана. 2013. Т. 26, № 6. С. 510–512.
2. Гочаков А.В., Колкер А.Б. Автоматизированный подход определения количественных характеристик атмосферных явлений методами двумерного wavelet-анализа // Изв. вузов. Физ. 2012. Т. 55, № 9/2. С. 305–311.

S.V. Zuev, A.V. Gochakov, N.P. Krasnenko, A.B. Kolker. Application of RGB- and wavelet methods for instrumental determination of total cloudiness.

The results of measurements of the total cloudiness using two ground instrumental methods are presented. The first method is based on an analysis of the blue sky and the second method uses a two-dimensional wavelet analysis. According to studies, measurements with the both methods fit together well, but differ greatly from traditional visual data, especially in the presence of cirrus clouds in the sky. Both methods use simple algorithms and low-cost recording devices. This allows applying them for remote measurements of total cloudiness automatically without human presence.