

# Сравнение пространственных характеристик полей морского льда и облачности по данным видимого канала AVHRR/NOAA на примере Охотского моря

М.Г. Алексанина, А.Ю. Карнацкий

*Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН  
690041, Владивосток, Радио 5  
E-mail: [margeo@satellite.dvo.ru](mailto:margeo@satellite.dvo.ru)*

Для сравнения пространственных характеристик льда и облачности в видимом (альbedo) канале используется формальное описание изрезанности границы, определяемое как отношение периметра к площади. Предварительные результаты показали, что по данному пространственному показателю лед и облачность могут значительно различаться.

**Ключевые слова:** морской лед, облачность, изрезанность границ, видимый канал

## Введение

Актуальность анализа пространственных характеристик морского льда обусловлена тем, что он является природным трассером крупномасштабных термодинамических процессов в океане [1]. Одной из основных задач мониторинга океан и атмосферы над ним является задача дешифрирования облачности и морского льда, а также оценка метрических параметров полей морского льда (сплоченность, возраст). При спутниковом мониторинге состояние системы суша–море–лед–атмосфера наиболее полно отражается комбинацией трех спектральных диапазонов - видимом, инфракрасном и микроволновом. Однако регулярный (несколько раз в сутки) и доступный спутниковый мониторинг полей морского льда зачастую возможен только в видимом (В) и инфракрасном (ИК) диапазонах. При этом видимый (оптический) диапазон более информативен для идентификации, как льда, так и облачности, т.к. характеризуются высокой яркостью на сравнительно однородном темном фоне воды. Благодаря резким яркостным контрастам определяется целый ряд важных геометрических показателей пространственного распределения [1]. Но проблема использования видимого канала осложняется тем, что лед и облачность имеют, практически, идентичные спектральные параметры. Для различения льда и облачности используют различные комбинации инфракрасных и видимых каналов (как, например, для радиометра MODIS). Но и спектральный подход полностью не решает проблемы. Очень эффективны микроволновые данные, но они не регулярны. Дополнительным признаком различия льда и облачности может служить их разные пространственные характеристики на изображениях, такие как текстура поля и форма границ, являющиеся следствием пространственной динамики разных сред с разной степенью инертности.

## Изрезанность края выделенного поля

Так, например, один из вариантов решения задачи отделения льда от облачности состоит в построении временной композиции изображений видимого канала, полученных в одно и тоже время суток с точностью до 1 часа, на основе выделения стационарных в некотором смысле пикселей по яркости. Подход базируется на разной временной изменчивости льда и облачности [2]. Такой подход применим, когда изображения привязаны с пиксельной точностью [3]. Результаты показали, что если типичное изображение Охотского моря открыто в лучшем случае на 30%, то на такой композиции вся акватория открывается почти на 90%. Когда поле льда

выделено, можно проводить бинаризацию по порогу, выделение контура, расчет всей внутренней площади и расчет ледовитости [4].

Если выделена площадь поля и его граница, то можно также рассчитать периметр связного множества, его площади и вычислить такую пространственную характеристику как компактность множества ( $C=P^2/S$ , где  $P$  – периметр фигуры,  $S$  – площадь). В практике анализа краев, или границ, полей и фигур различной природы давно существует такое понятие как расчлененность края [5].

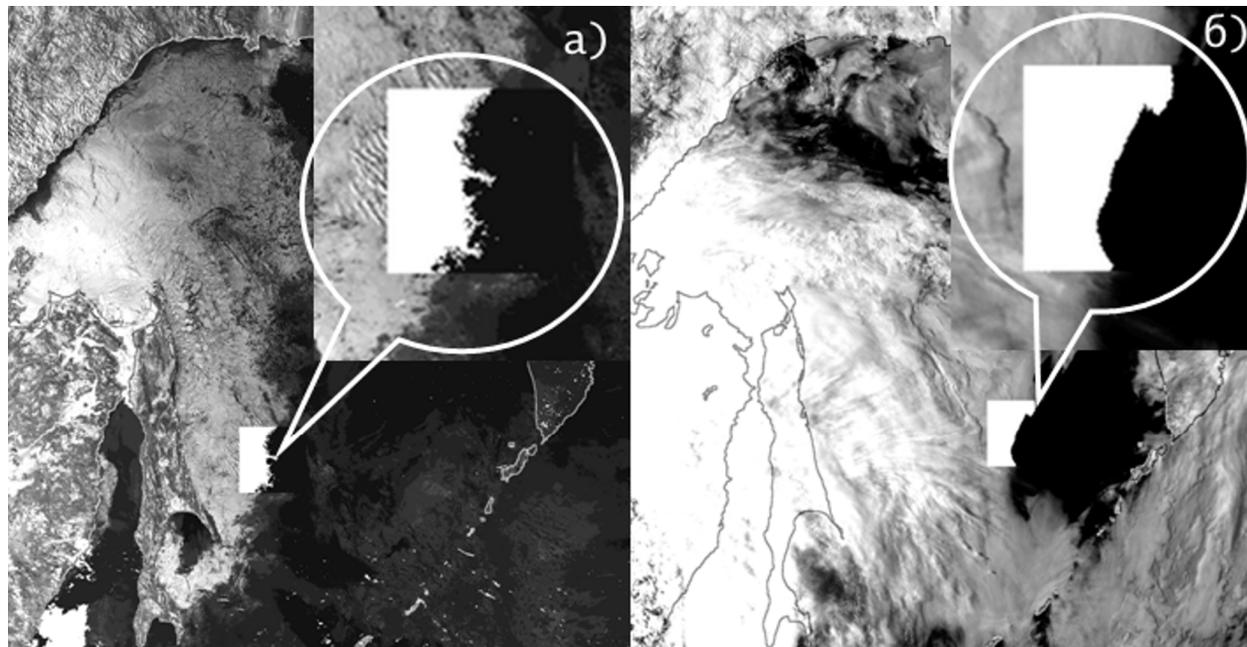


Рис. 1. Фрагменты поля льда (а) и облачности (б) для расчета изрезанности границ

Серия показателей связывает длину периметра  $P$  фигуры с ее площадью  $S$ , реагируя на отклонение формы фигуры от круга (имеющего наименьший периметр при данной площади). Простейшим показателем являются индекс кругообразности

$$C_c = 4\pi S / P^2.$$

Видно, что индекс кругообразности есть величина, обратная компактности, нормализованная на  $4\pi$ . Введем коэффициент изрезанности  $C_n$ , или нормализованной компактности,

$$C_n = 1 / C_c = C / 4\pi = P^2 / 4\pi S.$$

Чем больше  $C_n$ , тем больше изрезанность края. Коэффициент  $C_n$  может оказаться индикатором различных динамических процессов, формирующих поля облачности и морского льда. Тем более, что известно соотношение, связывающее площадь  $S$  и периметр  $P$  с фрактальностью  $d$  кластера [6, 7]:

$$S \sim P^{2/d} \text{ или } \text{Log}(S) = 2/d \text{ log}(P) + \text{const}, \quad \text{где } d - \text{фрактальная размерность.}$$

В данном случае изрезанность, или нормализованная компактность, является более универсальным описанием формы границы, поскольку подходит как к самоподобным, так и к самоафинным пространственным структурам.

### Результаты сравнения изрезанности льда и облачности

Для анализа поля льда были выбраны изображения Охотского моря за март 2008 года в видимом канале (0,725-1,00 мкм, 1,09 км) AVHRR/NOAA, принимаемые в Спутниковом Центре ИАПУ ДВО РАН. По серии изображений с февраля по март, когда площадь покрытая льдом в Охотского моря наибольшая, было построено по указанной выше методике [2] 8 различных

временных композиций. Изображения для композиции набирались, примерно, за неделю. Облачные поля анализировались по мгновенным изображениям видимого за май 2008 г., для уверенности, что льда в акватории Охотского моря нет.

Целью исследования была оценка применимости параметра изрезанности границ для анализа автоматически выделенной кромки льда на соответствующих композиционных картах льда [4]. Методика автоматического расчета коэффициента изрезанности состояла в следующем. Выбирались квазилинейные участки границ, как льда, так и облачности. Для снижения произвола в оценке площади и периметра выбирался квадрат (в данном случае 155x155 пикселей) так, чтобы граница поля делила его, примерно, пополам. В установленном квадрате проводилась бинаризация по заданному порогу и считалась площадь. Затем маркировались граничные пиксели и считался периметр. Зная площадь и периметр, вычислялась изрезанность границы. Результаты для 8 разных связных полей участков морского льда и облачности приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатель изрезанности границы по видимому каналу AVHRR/NOAA

изрезанность	среднее	среднеквадратичное отклонение
лед	3,9625	0,47222
облачность	2,0175	0,32517

### Заключение

Проведенное сравнение показало, что для выбранных случаев коэффициент изрезанности ледовых полей в среднем в 2 раза превышал коэффициент изрезанности облачности над акваторией Охотского моря и имел значение около 4. Полученный результат может быть использован в случаях анализа автоматически выделенной границы, когда имеются данные только видимого канала, для того чтобы по показателю изрезанности поля определить принадлежность выделенного поля к морскому льду или облачности.

### Литература

1. Назиров М. Льды и взвеси как гидротермодинамические трассеры // Л.: Гидрометеиздат, 1982. 165 с.
2. Алесанина М.Г., Наумкин Ю.В. Выделение кромки льда по спутниковым снимкам видимого канала в условиях плотной ячеистой облачности в Охотском море // Труды Первой международной конференции "Земля из космоса – наиболее эффективные решения". 26-28 ноября 2003 г. С. 25.
3. Алексанин А.И., Катаманов С.Н. Автоматическая привязка спутниковых изображений AVHRR/NOAA при сложных условиях наблюдения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сб. научн. статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Т. I. С. 41-48.
4. Алесанина М.Г., Карнацкий А.Ю. К вопросу автоматического анализа пространственных характеристик ледовых полей по данным спутников NOAA // «Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового океана»: Тезисы докладов. Материалы отраслевого семинара. Владивосток: ОИТ ТИНРО-Центра, 2007. С. 53-55.
5. Викторов А.С. Рисунок ландшафта // М.: Мысль, 1986. 179 с.
6. Яблоков М.Ю. Определение фрактальной размерности на основе анализа изображений // Физическая химия, 1999. №2. С. 73.
7. Федер Е. Фракталы // М.: «Мир», 1991. 260 с.

# Spatial characteristics comparison of sea ice and cloud fields in AVHRR/NOAA visible channel on an example of Okhotsk Sea

M.G. Aleksanina, A.Y. Karnatsky

*Institute of Automatics and Control Processes  
Far-East Branch, Russian Academy of Sciences  
Radio 5, Vladivostok, 690041 Russia  
E-mail: [margeo@satellite.dvo.ru](mailto:margeo@satellite.dvo.ru)*

For comparison of sea ice and cloud spatial characteristics in visible (reflectance) the channel the formal description of the boundary irregularity, defined as the relation of perimeter to the area is used. Preliminary results have shown that on the given spatial indicator ice and cloud can differ considerably.

**Keywords:** sea ice, cloud, the boundary irregularity, the visible channel.