

Kustov M.V., Pospelov B.B.

Determination of the electromagnetic radiation impulse parameters for intensification of the precipitation in the atmosphere formation

On the basis of properties of the atmosphere and the parameters of the electromagnetic radiation providing course of artificial teardrop processes and coagulation of water, the assessment necessary for duration and frequencies of radiation impulses repetition is carried out

Key words: ionization of gases, ionization frequency, duration of radio impulses, recombination of ions, frequency of repetition of impulses

УДК 621.396.96

Маляров М.В., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С УЧЕТОМ ЕЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Туркиным И.Б.)

Предложено дополнить фацетную модель оптического сигнала, отраженного от морской поверхности, данными про фрактальную размерность. Для этого профиль морской поверхности и распределение интенсивности отраженного сигнала моделируются с учетом фрактальной структуры.

Ключевые слова: фрактальная размерность, отраженный сигнал распределение интенсивность, морская поверхность, фацетная модель

Постановка проблемы. При автоматическом поиске объектов на морской поверхности в качестве критерия обнаружения предлагается воспользоваться изменением фрактальной размерности [1]. В этом случае, при появлении объекта, образуется некая зона неоднородности морской поверхности, фрактальная размерность при этом изменяется, что делает возможным обнаружение зон неоднородностей на изображениях морской поверхности.

Так как мониторинг морской поверхности проводится в оптическом (видимом) диапазоне волн, то для разработки обнаружителя и оценки его показателей качества необходимо смоделировать эталонное распределение интенсивности от-

Маляров М.В.

раженного солнечного света от морской поверхности. При этом необходимо чтобы данное распределение учитывало фрактальную составляющую. Предложенное в работе распределение интенсивности позволит более точно изучить фрактальные свойства морской поверхности в зависимости от погодных условий и проанализировать работу обнаружителя на смоделированных изображениях.

Анализ последних исследований и публикаций.

Отражение электромагнитного излучения видимого диапазона происходит по законам геометрической оптики, если для поверхности-отражателя соблюдается соотношение: $a \sin^3(\beta) / \lambda \gg 1$, где a – характерный размер неоднородностей, β – угол скольжения. В этом случае поверхность можно считать гладкой, а отражение от каждой элементарной площадки (фацета) зеркальной с коэффициентами отражения K_{\parallel} и K_{\perp} для составляющих световой волны с интенсивностями I_{\parallel} и I_{\perp} соответственно параллельно и перпендикулярно плоскости падения световой волны [2].

Суммарная интенсивность отраженного оптического потока от фацета равна

$$I_{\text{отр}} = K_{\parallel} I_{\parallel} + K_{\perp} I_{\perp}, \quad (1)$$

а если падающий оптический поток с интенсивностью I не поляризован, то

$$I_{\text{отр}} = 1/2(K_{\parallel} + K_{\perp})I = K_{\text{отр}}I, \quad (2)$$

где $K_{\text{отр}}$ – коэффициент отражения неполяризованного излучения.

Однако с появлением массивов фоточувствительных приборов с зарядовой связью и существенным ростом разрешения аппаратуры, возникла необходимость формирования отраженного оптического сигнала с учетом его тонкой структуры. В [3] задача решается следующим образом. Задана реализация поверхности в явной $Z = \xi(x, y, t)$ или в неявной $F(x, y, z) = 0$ форме в момент времени t . Необходимо найти пространственный или пространственно-временной оптиче-

ский сигнал от нее $I_{omp}(\Theta, \alpha, t)$, где Θ, α – направления визирования фоточувствительного элемента.

Разработанная в [3] модель отраженного прямого солнечного излучения от волновой поверхности моря позволяет найти интенсивность отраженного оптического сигнала в любой момент времени от любой точки поверхности моря в пространстве объектива на входе оптической системы.

В качестве локальных параметров, которые описывают фазу (состояние) каждого отдельного facetsa поверхности моря в [3] предлагается использовать координаты проекции единичного вектора нормали до поверхности

$$\bar{N}(x, y, z) = \frac{\text{grad}(F(x, y, z))}{|\text{grad}(F(x, y, z))|} \quad (3)$$

на плоскость, перпендикулярную характерному направлению.

Для базовой системы координат, которая имеет характерное направление — единичный вектор местной вертикали до геоида \bar{e}_M эти параметры называют фазовыми координатами facetsa

$$\bar{n}_M(x, y, z) = \bar{e}_M \times \bar{N}(x, y, z) \times \bar{e}_M, \quad (4)$$

составляющие вектора которого соответственно равны

$$n_{Mx} = \frac{\frac{\partial F}{\partial x} \text{sign}\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2}} \quad (5)$$

$$n_{My} = \frac{\frac{\partial F}{\partial y} \text{sign}\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)}{\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2}} \quad (6)$$

$$n_{Mz} = \sqrt{1 - n_{Mx}^2 - n_{My}^2} \quad (7)$$

Для визируемой системы координат, которая имеет характерное направление – единичный вектор направления \bar{e}_v визирувания каждого фоточувствительного элемента эти координаты называют визируемыми фазовыми координатами facets

$$\bar{n}(x, y, t) = \bar{e}_v \times \bar{N}(x, y, z) \times \bar{e}_v \quad (8)$$

В качестве математической модели изменений в пространстве и времени вектора нормали до facets в [3] поверхность моря представлена пространственно временной совокупностью фазовых траекторий facets, где фазовая траектория facets функция зависимости фазовых координат от расстояния вдоль координатной линии базовой системы координат в заданный момент времени.

В [4] получены с учетом закона преломления Снеллиуса выражения коэффициентов отражения Френеля для каждого facets с координатами $\bar{n}(x, y, t)$ через показатель преломления вещества m

$$K_{\parallel} = \left| \frac{\sqrt{m^2 - n^2} - \sqrt{1 - n^2}}{\sqrt{m^2 - n^2} + \sqrt{1 - n^2}} \right|^2 \quad (9)$$

$$K_{\perp} = \left| \frac{\sqrt{m^2 - n^2} \sqrt{1 - n^2} - n^2}{\sqrt{m^2 - n^2} \sqrt{1 - n^2} + n^2} \right|^2 K_{\parallel} \quad (10)$$

где $n = \sqrt{n_{Mx}^2 + n_{My}^2}$.

Для неполяризованного света суммарный коэффициент преломления на основе (2) путем суммирования (9) и (10) примет вид

$$\begin{aligned} K_{\text{отр}} &= 1/2(K_{\parallel} + K_{\perp}) = \\ &= \left| \frac{\sqrt{m^2 - n^2} - \sqrt{1 - n^2}}{\sqrt{m^2 - n^2} + \sqrt{1 - n^2}} \right|^2 \frac{(m^2 - n^2)(1 - n^2) + n^4}{(\sqrt{m^2 - n^2} \sqrt{1 - n^2} + n^2)^2} \end{aligned} \quad (11)$$

Тогда для моделирования отраженного оптического сигнала необходимо иметь линию, образованную пересечением поверхности отражателя $F(x, y, z)$ и плоскостью множества Θ, α – направлений визирования фоточувствительных элементов. Для каждой точки линии пересечения по (5) и (6) находятся фазовые координаты. Их множество представляет собой случайную фазовую траекторию. Приращение зафиксированного параметра приводит к следующей фазовой траектории и т.д., что в итоге дает всю совокупность. Затем по (11) находят значение коэффициента отражения, а по (2) – интенсивность отраженного оптического сигнала.

Таким образом, для моделирования пространственно-временной структуры оптического сигнала отраженного от морской поверхности необходимо найти профиль морской поверхности $Z = \xi(x, y, t)$ в текущий момент времени и затем на его основе рассчитать распределение интенсивности отраженного сигнала.

Моделирование профиля морской поверхности с учетом амплитуды волн A , среднеквадратической высоты волн σ и коэффициента b приведено в [5]. Дополнение профиля морской поверхности с учетом информации о фрактальной размерности D_f , приведено в [6]. Таким образом, профиль морской волны является суммированием всех профилей полученных путем скольжения профиля морской волны вдоль оси Oy под неким углом Θ в виде

$$z(x, y) = \frac{1}{n} \sum_n z(x, y | b_i, D_f, A_i, \sigma, \Theta_i) \quad (12)$$

Постановка задачи и ее решение. Целью статьи является моделирование распределения интенсивности отраженного оптического сигнала от морской поверхности с учетом фрактальных свойств последней.

Так как каждое сечение морской поверхности состоит из макро- и микроструктуры, то результирующий профиль можно представить в виде

$$z(x, y) = \sum_n z_\sigma(x, y | A_0, \sigma) + \sum_n z_\xi(x, y | D_f, b) \quad (13)$$

или при задании морской поверхности в неявном виде

$$F(x, y, z) = \sum_n (F_{\Sigma}(x, y, z | A_0, \sigma) + F_{\xi}(x, y, z | b, D_f)). \quad (14)$$

Первое слагаемое $F_{\Sigma}(x, y, z | A_0, \sigma)$ описывает геометрический профиль морской поверхности создаваемый макроповерхностью и зависящий только от внешних условий. Второе слагаемое $F_{\xi}(x, y, z | D_f, b)$ описывает геометрический профиль создаваемый микроповерхностью и зависящий только от фрактальных свойств морской поверхности.

Профиль макроповерхности морской волны получен на основе [4,5], которые берут за основу модель морского волнения Пирсона

$$z_{\Sigma}(x, y) = \sum_n A \cos(k(x \cos \Theta + y \sin \Theta) - wt + \phi), \quad (15)$$

где k – волновое число, Θ – направление распространения волны, ϕ – начальная фаза.

Рассеивание оптических волн на морской поверхности на основе выражений (5-7, 11) предусматривает расчет нормали к профилю морской поверхности для каждого светочувствительного элемента. На основе выражения (5,6) и принимая во внимание, что морская поверхность представлена суммой двух профилей (14), получим значение нормали к морской поверхности в виде

$$n^2 = \frac{\left(\frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial x} + \frac{\partial F_{\xi}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial y} + \frac{\partial F_{\xi}}{\partial y}\right)^2}{\left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial z}\right)^2}. \quad (16)$$

Раскрывая в числителе скобки и группируя сходные элементы, получим значение нормали в виде

$$n^2 = n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}, \quad (17)$$

где

$$n_{\Sigma}^2 = \frac{\left(\frac{\partial F_{\Sigma}(x, y, z | A_0, \sigma)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma}(x, y, z | A_0, \sigma)}{\partial y}\right)^2}{\left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial z}\right)^2}, \quad (17a)$$

$$n_{\xi}^2 = \frac{\left(\frac{\partial F_{\xi}(x, y, z | D_f, b)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\xi}(x, y, z | D_f, b)}{\partial y}\right)^2}{\left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial z}\right)^2}, \quad (17б)$$

$$n_{\Sigma\xi} = \frac{2\left(\frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial x}\right)^2\left(\frac{\partial F_{\xi}}{\partial x}\right)^2 + 2\left(\frac{\partial F_{\Sigma}}{\partial y}\right)^2\left(\frac{\partial F_{\xi}}{\partial y}\right)^2}{\left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F_{\Sigma+\xi}}{\partial z}\right)^2}. \quad (17в)$$

Выражение (17а) описывает нормаль к макроповерхности и зависит только от внешних природных условий. Выражение (17б) описывает нормаль к микроповерхности и зависит от фрактальных свойств морской поверхности, а выражение (17в) описывает взаимное влияние микроструктуры на макроструктуру.

Таким образом, подставляя значение (17) в выражение (11) получим распределение интенсивности оптического сигнала отраженного от морской поверхности.

$$I_{omp} = \frac{\left|\sqrt{m^2 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)} - \sqrt{1 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)}\right|^2}{\left|\sqrt{m^2 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)} + \sqrt{1 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)}\right|^2} I \times \quad (18)$$

$$\times \frac{\left(m^2 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)\right)\left(1 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)\right) + (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)^2}{\left(\sqrt{m^2 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)}\sqrt{1 - (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)} + (n_{\Sigma}^2 + n_{\xi}^2 + n_{\Sigma\xi}^2)\right)^2}$$

Так как для обнаружения используется изменение фрактальной размерности, то рассмотрим основные свойства изо-

бражения морской поверхности в оптическом диапазоне волн с позиции изменения фрактальной размерности: $D_f(t) \sim f(I_{omp}(x, y, t))$.

Распределение интенсивности сигнала отраженного от морской поверхности $I_{omp}(x, y, t)$ имеет дробную размерность, что в целом подтверждает наличие фрактальных свойств морской поверхности.

Выводы. Таким образом, полученное изображение морской поверхности в оптическом диапазоне дли волн дополнено данными о фрактальных свойствах морской поверхности, что позволит учитывать их при моделировании и создавать «эталонные» изображения с заданными фрактальными характеристиками.

Значения фрактальной размерности для однотипных поверхностей распределены по нормальному закону со среднеквадратическим отклонением в пределах (3-4)% от среднего значения фрактальной размерности $D_f \approx 2,66$, что подтверждает фрактальные свойства морских поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маляров М.В. Алгоритм пошуку малорозмірних об'єктів на морський поверхні з використанням її фрактальних властивостей // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2008. – Вип. 8. – С. 124-129.
2. Москвитин С.В. Теоретические основы оптической локации: Конспект лекций. – Харьков: ВИРТА, 1992.
3. Копылов А.А. Моделирование и обработка оптического сигнала // Сборник научных трудов ХВУ. -1995. – Вып 2, С. 16-21.
4. Копылов А.А. О возможности дистанционного измерения показателя преломления поверхности моря по солнечным бликам. // Сборник научных трудов ХВУ. –1998. -Вып 1(9), С. 62-70.
5. Лобкова Л.М. Распространение радиоволн над морской поверхностью / Лобкова Л.М. –М: Радио и связь, 1991. – 256 с.
6. Маляров М.В. Моделирование профиля морской поверхности с учетом ее фрактальных свойств / Маляров

М.В., Неронов А.А. // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2009. – Вип. 9. – С.66-72

Маляров М.В

Моделювання зображення морської поверхні з урахуванням її фрактальних властивостей при моніторингу надзвичайних ситуацій

Запропоновано доповнити фацетну модель оптичного сигналу, відбитого від морської поверхні, даними про фрактальну розмірність. Для цього профіль морської поверхні і розподіл інтенсивності відбитого сигналу моделюються з урахуванням фрактальної структури.

Ключові слова: фрактальна розмірність, відбитий сигнал розподілення інтенсивності, морська поверхня, фацетна модель

Malyarov M.

Modeling of picture sea surface based its fractal properties in the monitoring of emergency

Proposed to add the facet model of the optical signal reflected from the sea surface, the values of the fractal dimension. This profile of the sea surface and the intensity distribution of the reflected signal with the simulated fractal structure.

Key words: fractal dimension, the distribution of the intensity of the reflected signal, the sea surface, faceted model

УДК 502.5:504.062

*Михальська Л.Л., канд. техн. наук, директор, ХНЦВЕ,
Прохач Е.Ю., д-р техн. наук, заст. директора, ХНЦВЕ,
Попов Н.П., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
науково-дослідний центр "Моніторинг-43"*

ГЕПТИЛ В ҐРУНТІ

Надано аналіз літературних даних та результати особистих досліджень щодо трансформації гептилу в ґрунті, стабільності гептилу в ґрунті з часом, глибини проникнення гептилу в ґрунт в залежності від типу ґрунту

Ключові слова: ґрунт, гептил, міграція, трансформація

Постановка проблеми. Ракетне пальне гептил (1,1-диметилгідразин, несиметричний диметилгідразин, НДМГ) є речовиною першого класу небезпеки, має канцерогенну, емб-

Михальська Л.Л., Прохач Е.Ю., Попов Н.П.