

Программа экспресс-анализа изображений и видео QAVIS и ее использование в задачах спутникового мониторинга

Гончарова А.А., Фищенко В.К.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток

Владивосток, 15 ноября 2011 года, ТОИ ДВО РАН

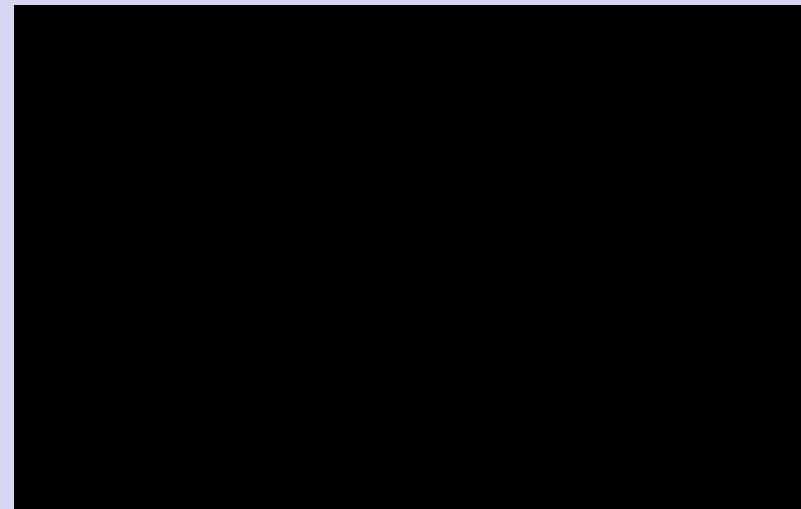
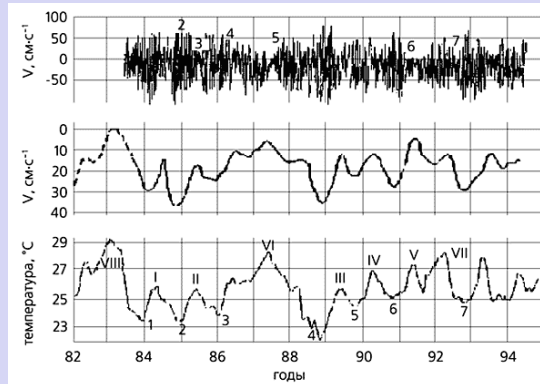
Актуальность задачи

Волны: высокие и аномальные

Волна в океане может быть большой. Ее высота может достигать полукилометра, как произошло в 1958 г. на Аляске, когда мощный оползень в маленькой бухте произвел эффект падающего куска сахара в стакане.



$$\alpha = \frac{\omega^2}{2\rho c^3} \left[\frac{4}{3} \eta + \xi + \chi \left(\frac{1}{C_v} - \frac{1}{C_0} \right) \right]$$



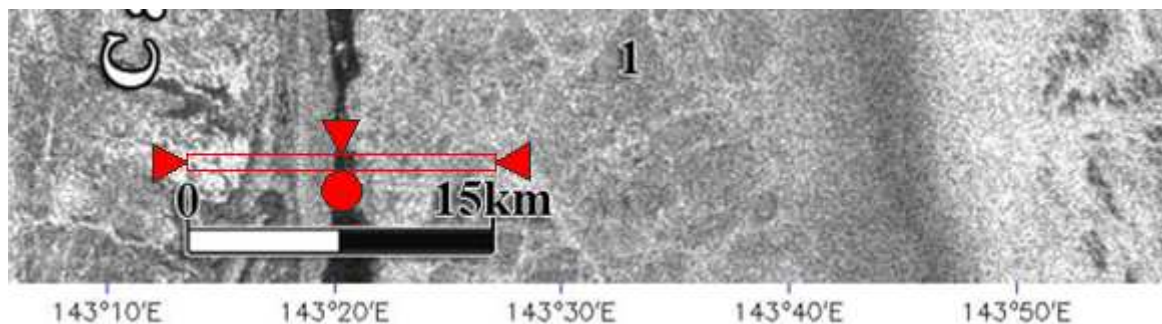
Программа QAVIS

Основные возможности:

- Способность эффективно решать широкий круг задач количественного анализа изображений и видео, в т.ч материалов спутниковых и подспутниковых наблюдений
- Способность быстро переходить к анализу наблюдаемой на экране графической информации без сохранения/считывания вспомогательных файлов.
- Простой, понятный пользователям, компактный интерфейс.
- Высокая скорость обработки, близкая к режиму реального времени.

Основная идея

- Программа QAVIS работает не с файлами, а со снимками фрагментов экрана.
- Снимки берутся с заданной пользователем частотой (от 64Гц до 1Гц).
- Для анализа берется либо интенсивность цвета пикселей, либо одна из RGB компонент.
- Осуществляется масштабная привязка изображения

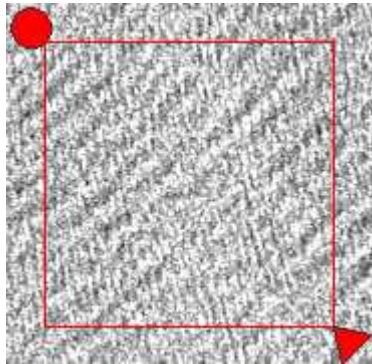


Интерфейс программы

Внешний проигрыватель

The image displays the QAVIS software interface. At the top, a video player window titled "c4v1_20100215143300...re.avi - MPC-HC v1.5.0.2827" is shown. Below it is the main QAVIS window, which contains a large video frame of a boat on water. Several red circular markers and rectangular boxes are overlaid on the video, with arrows pointing to them from the label "Селекторы" (Selectors). To the right of the main window are several smaller instrument windows: "Корреляция (3.36м x 3.1...)", "Спектр (3.65м x 3.65м)", "Сечение (6:35 м 55°)", and "Вейвлетограмма". Arrows from the label "Окна инструментов" (Instrument windows) point to these windows. At the top right of the QAVIS window is a toolbar with various icons, and an arrow from the label "Главное окно" (Main window) points to it. At the bottom of the interface is a video control bar with play, pause, and other buttons, and a "Paused" status indicator. The video title at the bottom left reads "MES Shultz Cape, AXIS-21 4, +---+ 2010-02-15".

Спектральный анализ



Исходное изображение размера $N \times M$ точек
 $f(n, m), n = \overline{0, N-1}, m = \overline{0, M-1}$

(1)

Рассчитывается двумерный Фурье-спектр S (периодограммная оценка спектральной плотности мощности)

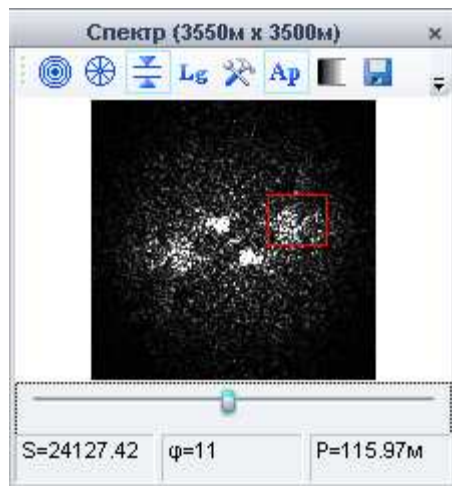
$$F(k, l) = \sum f(n, m) \exp(-i \frac{2\pi}{NM} (kn + lm))$$

(2)



$$S(k, l) = |F(k, l)|^2, \quad k = \overline{-N/2, N/2}, \quad m = \overline{-M/2, M/2}$$

(3)



Характеристики значимых экстремумов указаны внизу окна:

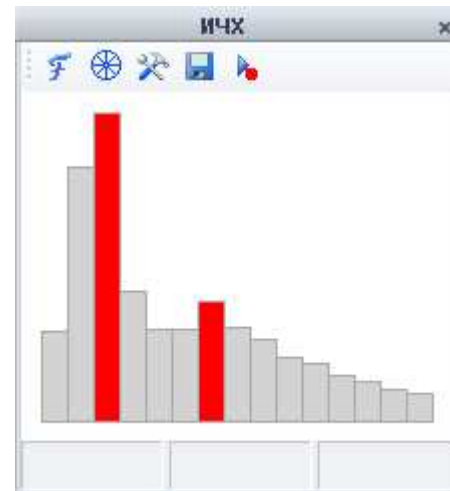
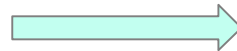
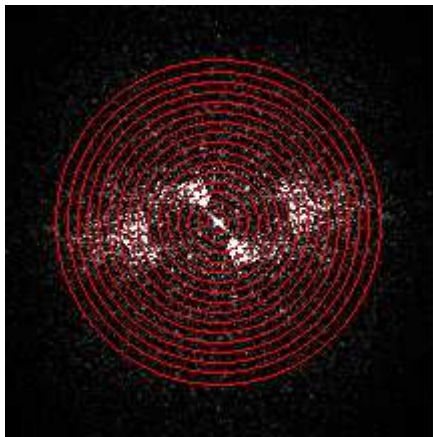
φ – направление распространения волны

P – период (длина) волны

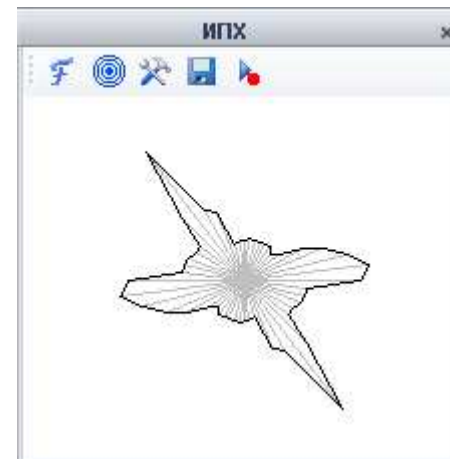
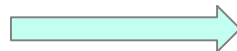
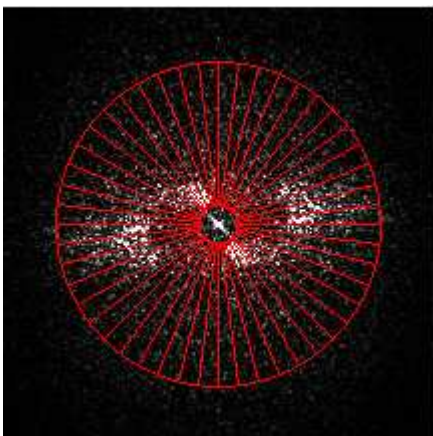
S – мощность волны

Интегральные характеристики

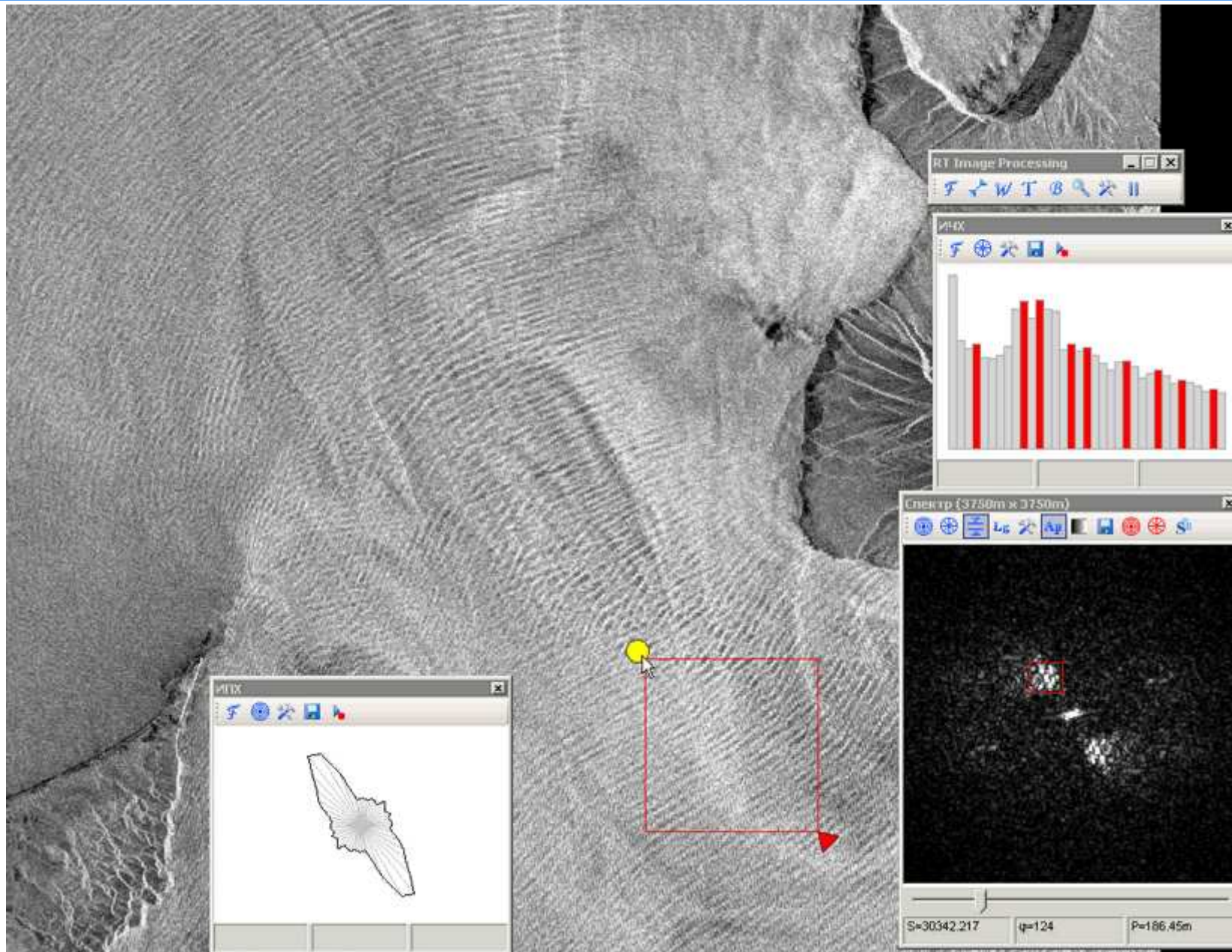
1. Интегральная частотная характеристика (ИЧХ):



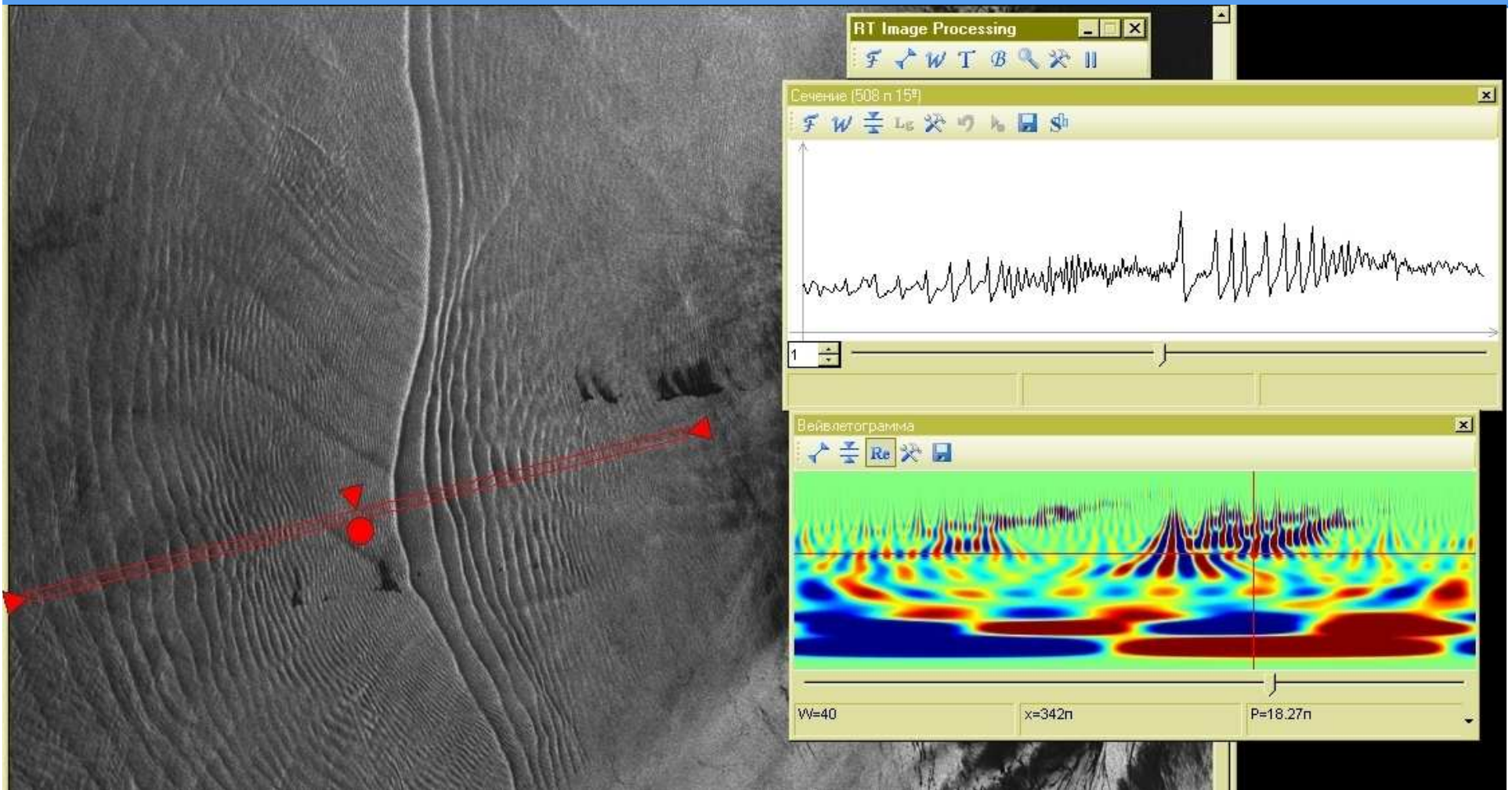
2. Интегральная пространственная характеристика (ИПХ):



Спектральный анализ



Сечение



Вейвлет-преобразование

Для сигнала $f(t) \in L^2(\mathbb{R})$ и вейвлета ψ задается непрерывное вейвлет-преобразование

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \text{ где } a - \text{ масштаб вейвлета, } b - \text{ смещение} \quad (1)$$

Фильтрация сигнала с масштабами от a_1 до a_2 задается обратным преобразованием:

$$\tilde{f}(t) = C_\psi^{-1} \int_{a_1}^{a_2} da \int_{-\infty}^{\infty} W(a, b) \psi_{ab}(t) db, \text{ где } C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} |\hat{\psi}(\omega)|^2 |\omega|^{-1} d\omega \quad (2)$$

Здесь и далее $\hat{\psi}$ обозначает Фурье образ ψ

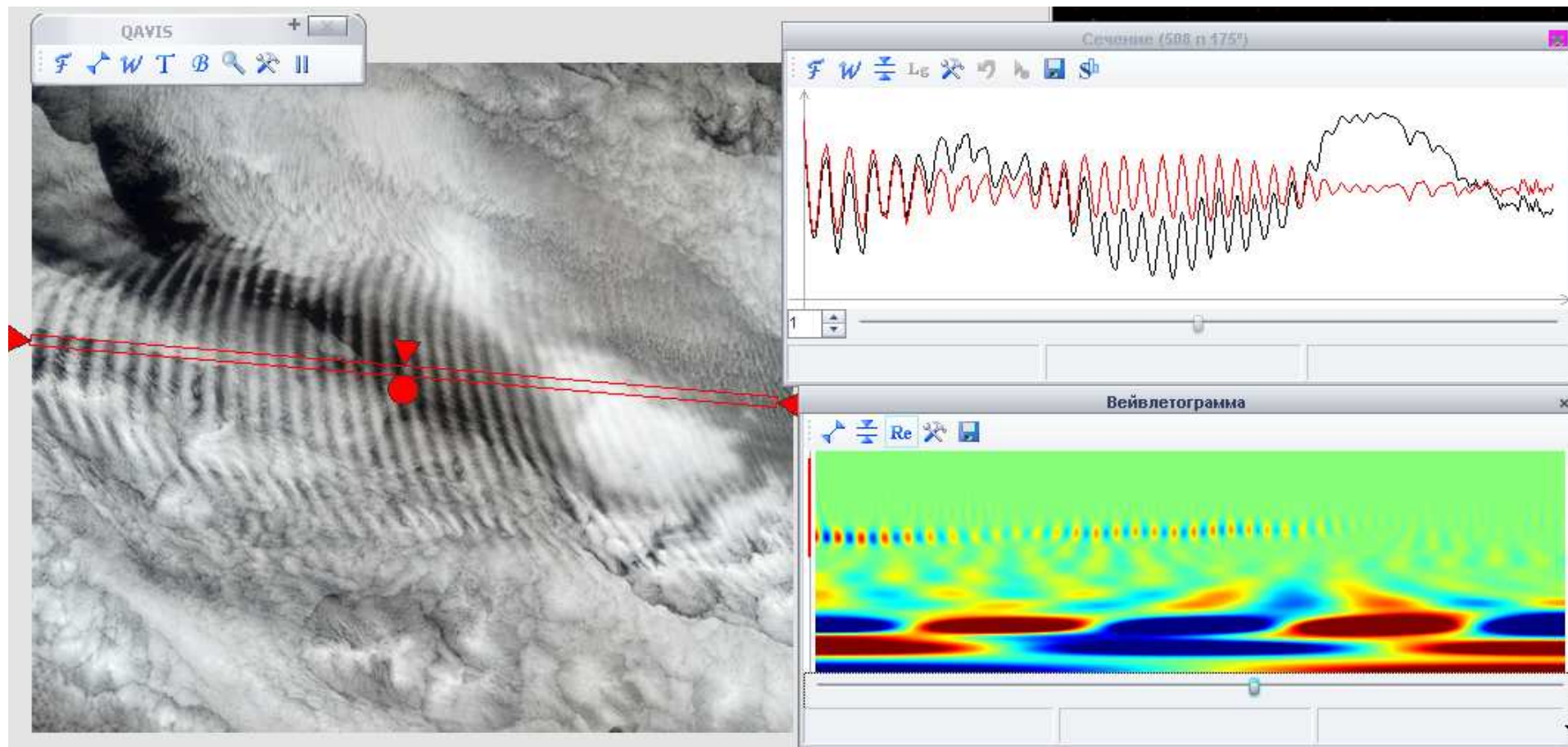
Заметим, что (1) – свертка сигнала с вейвлет-функцией. Используя теорему о свертке, получим:

$$W(a, b) = \frac{\sqrt{a}}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{f}(\omega) \hat{\psi}^*(a\omega) e^{i\omega b} d\omega \quad (3)$$

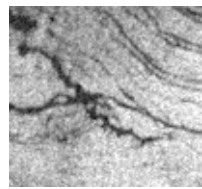
В программе QAVIS используются дискретные аналоги формул (1)-(3). Масштабы изменяются дискретно по линейному или логарифмическому закону. Сдвиги задаются линейно с шагом 1 пиксель.

Формула (3) позволяет использовать алгоритм **Быстрого Преобразования Фурье**.

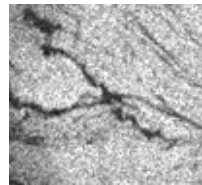
Вейвлет-фильтрация



Взаимная корреляция

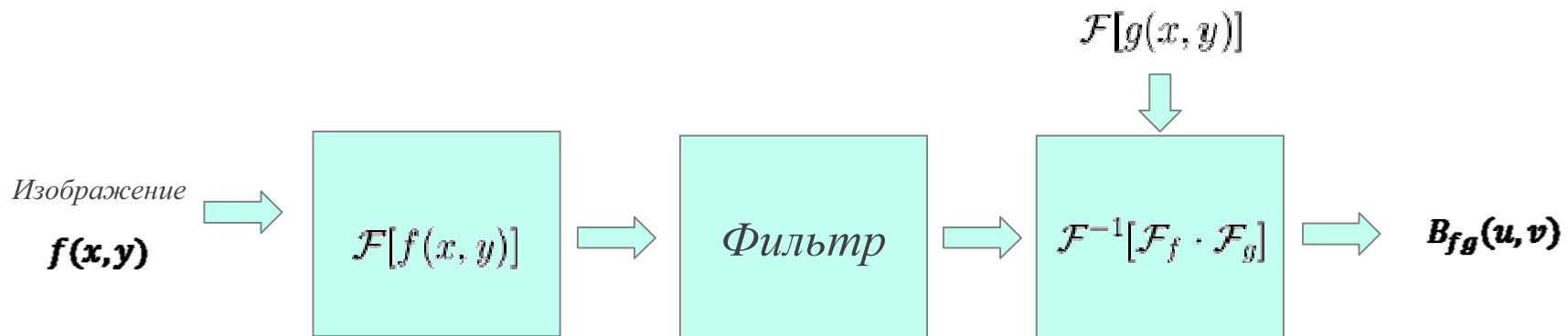


$f(x, y)$



$g(x, y)$

$$B_{fg}(u, v) = \iint_D f(x, y)g(x + u, y + v)dxdy$$

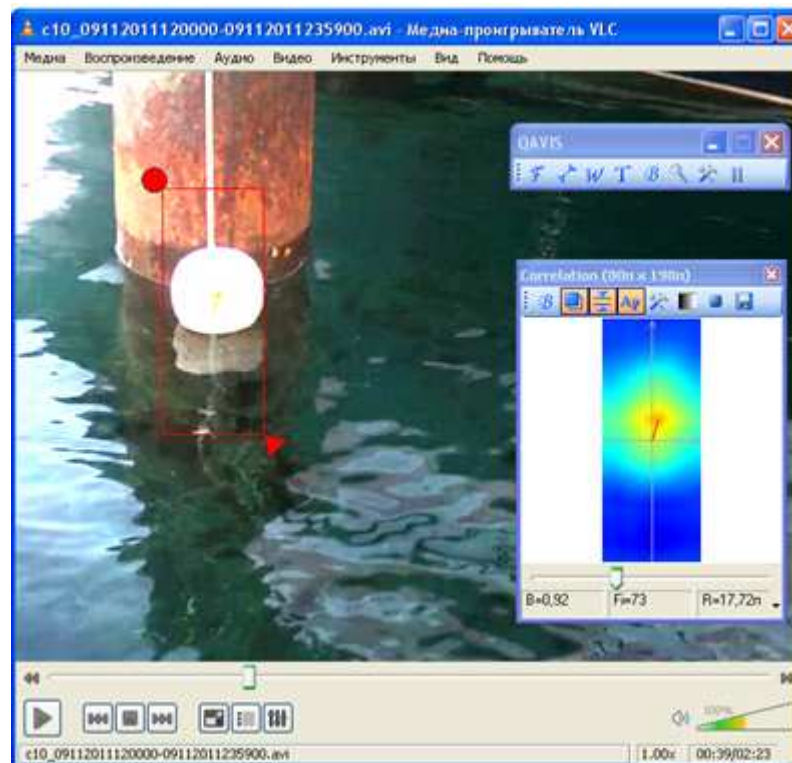


Корреляция. Оптический волномер

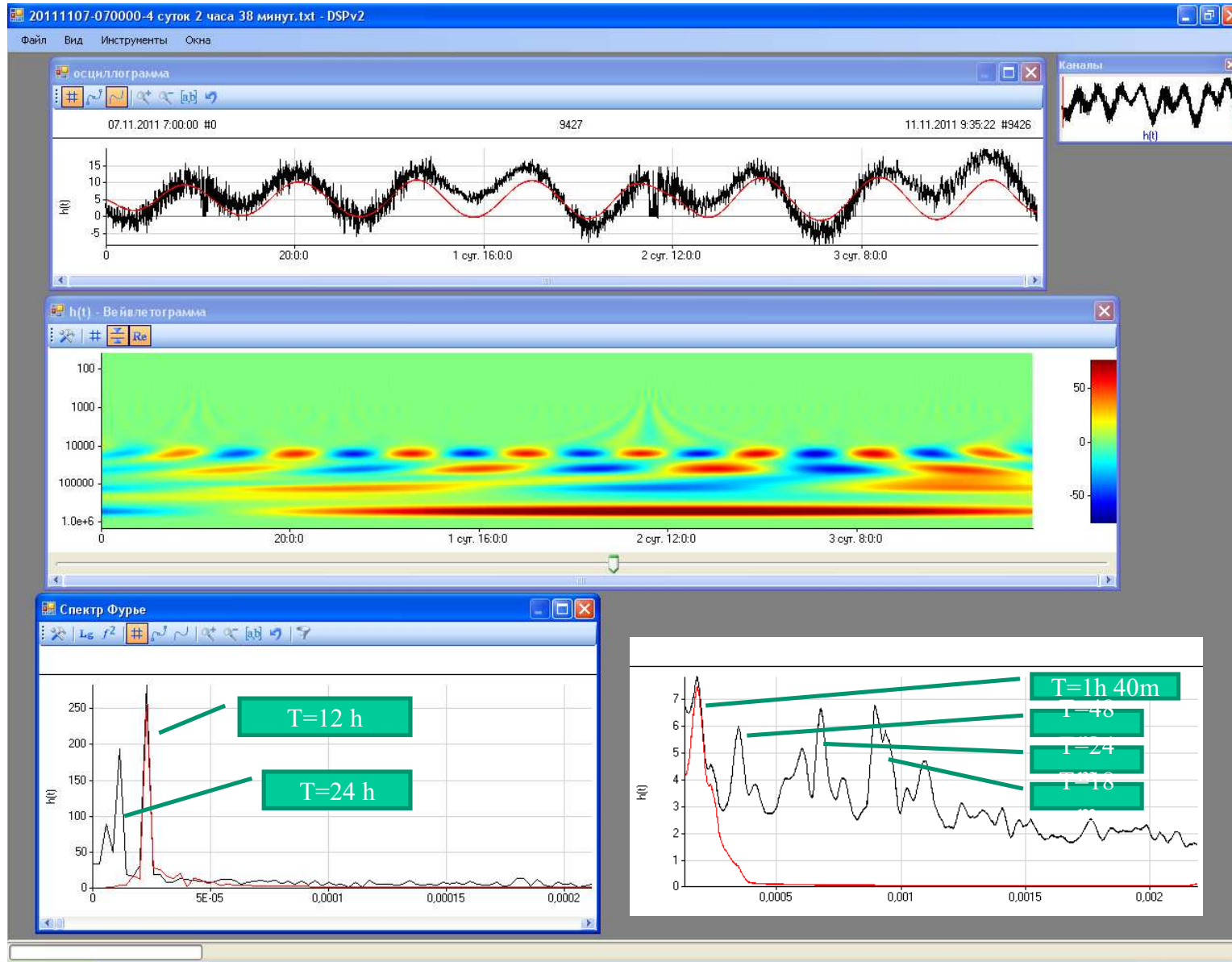
Инструмент «Корреляция» может быть использован для извлечения сигнала морского волнения из видеосцены с установленным «оптическим волномером».

Перемещения точки максимума корреляции отслеживают колебания белого поплавка под действием волн.

Вертикальная компонента этих перемещений представляет собой сигнал волнения.



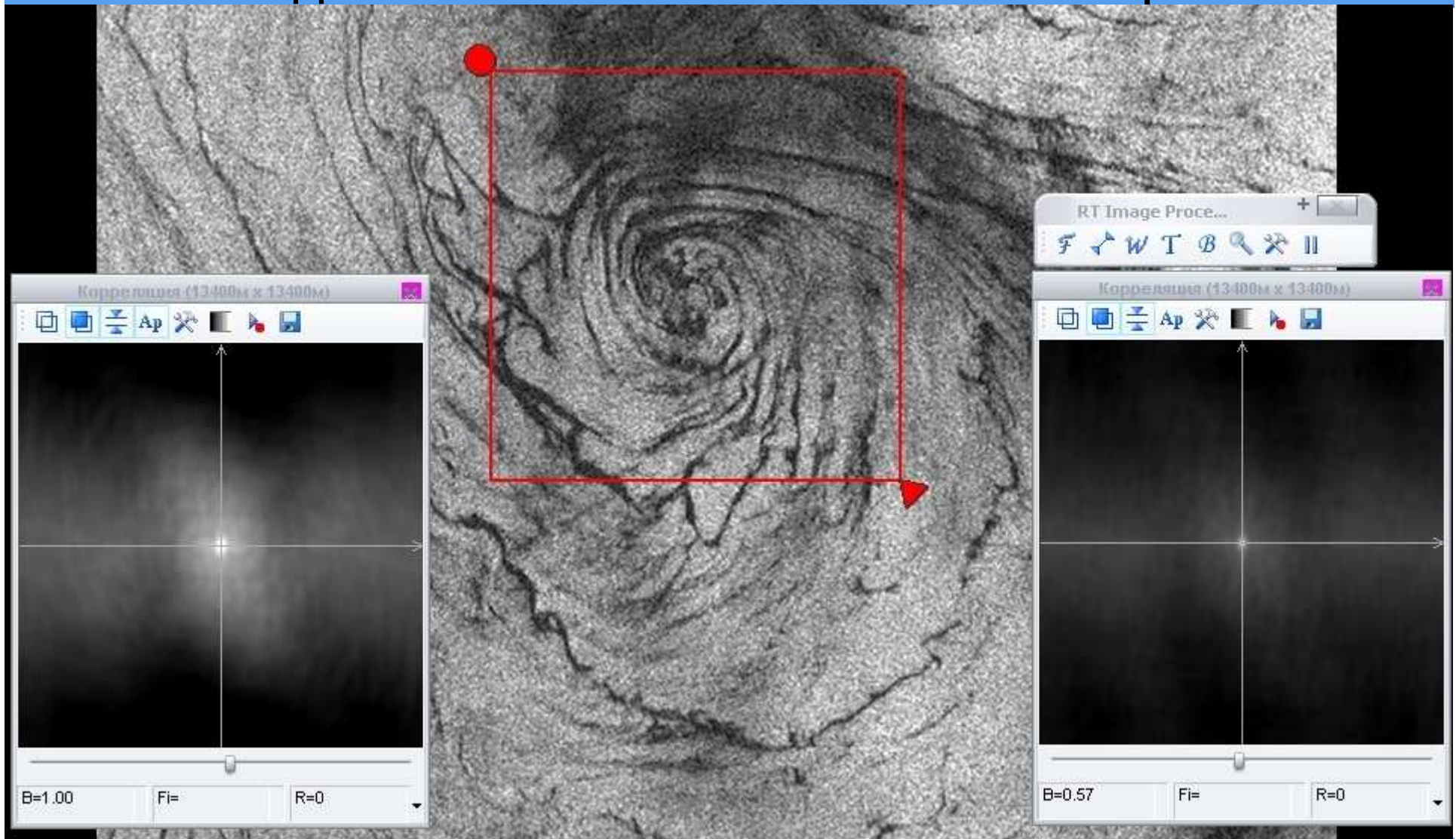
Корреляция. Оптический волномер



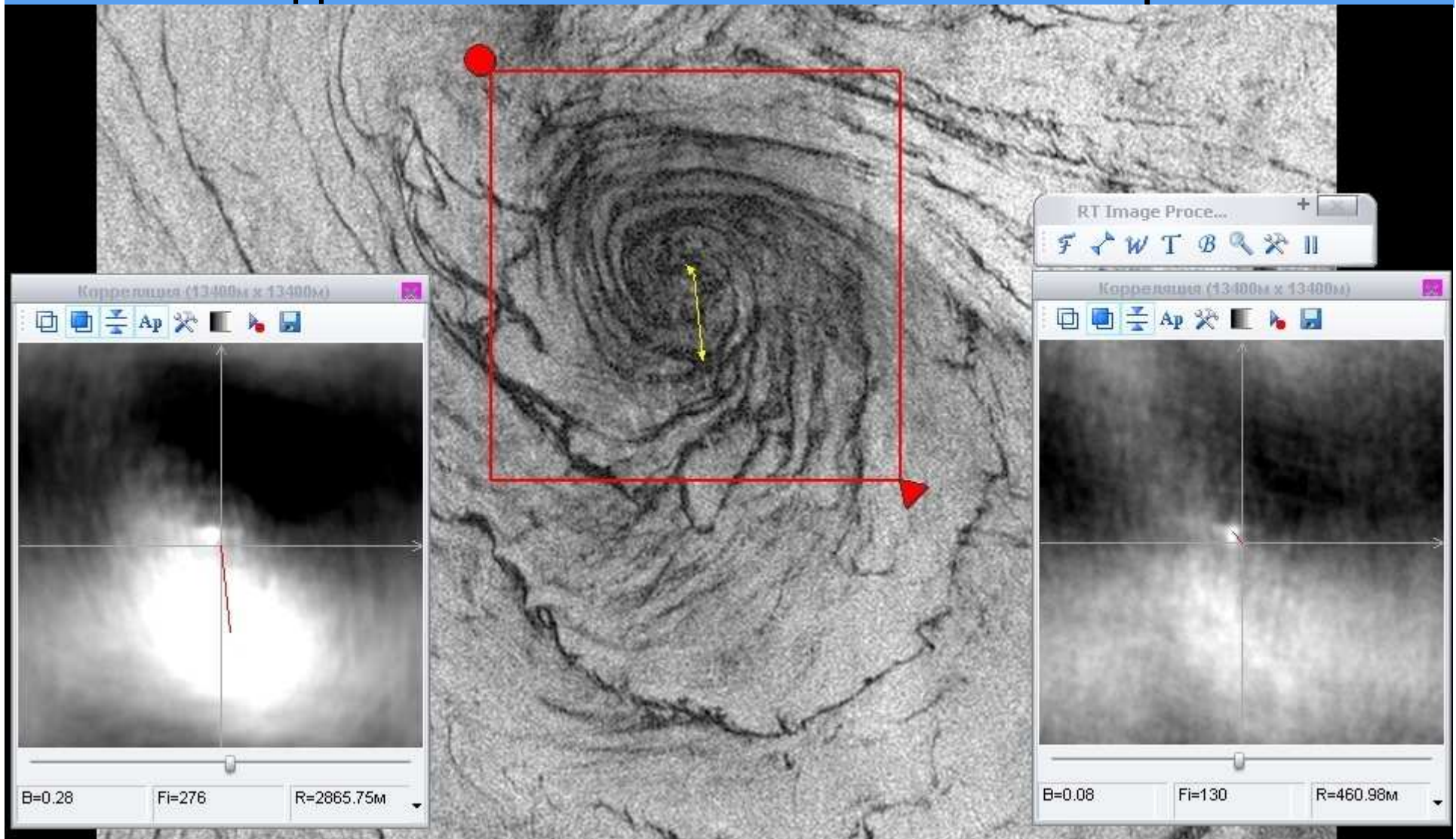
Заключение

1. Разработана программа экспресс-анализа изображений и видео, которая может быть использована для анализа спутниковых изображений и материалов подспутниковых наблюдений .
2. В программе QAVIS реализованы средства спектрального и взаимного корреляционного анализа произвольных фрагментов изображений, средства анализа линейных сечений и сигнала временной развертки интенсивности видеопотока в локальных областях.
3. Программа имеется в свободном доступе на сайте <http://oias.poi.dvo.ru/qavis/>

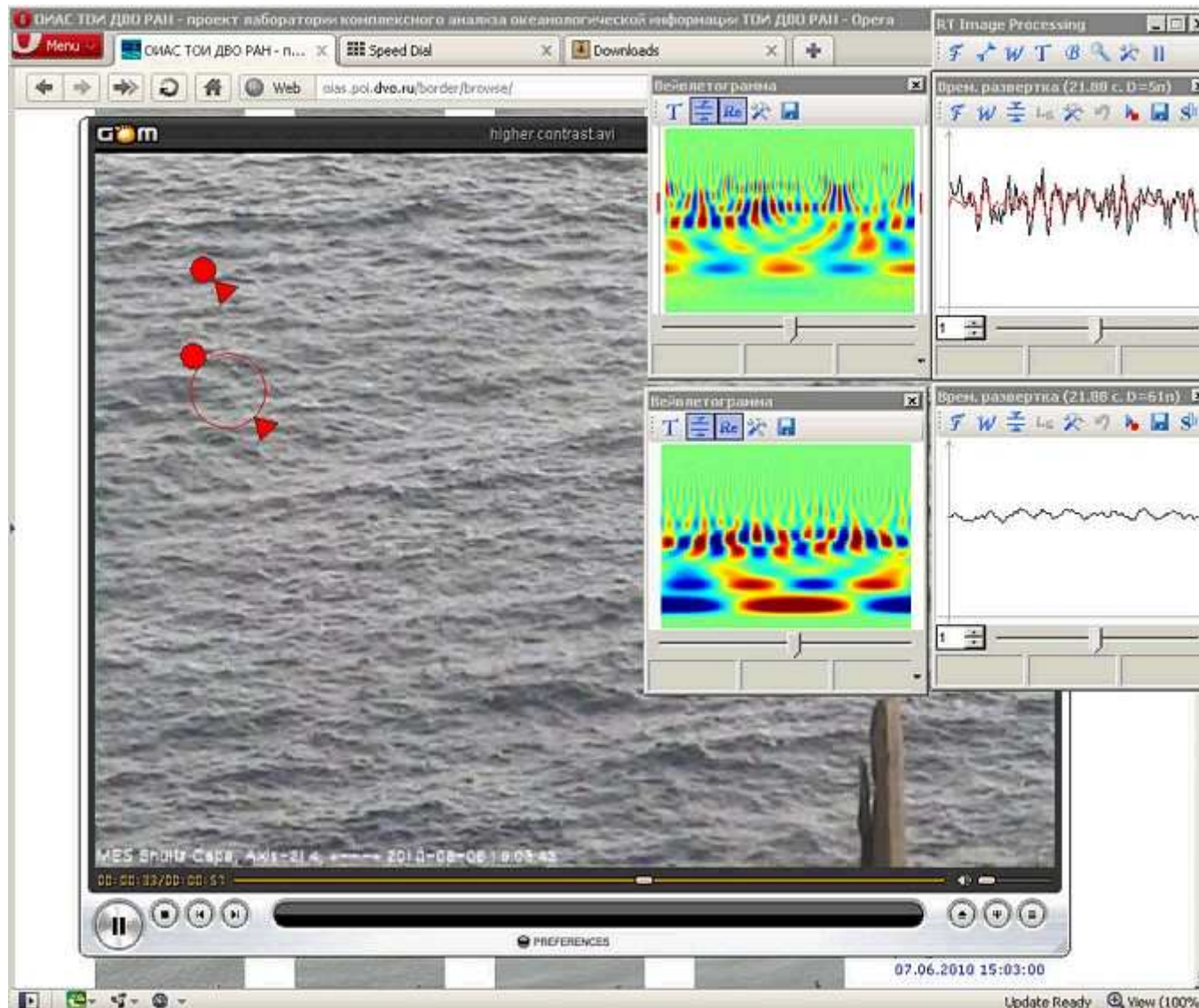
Корреляция. Фиксированный первый кадр. Анализ движения мезомасштабного вихря.



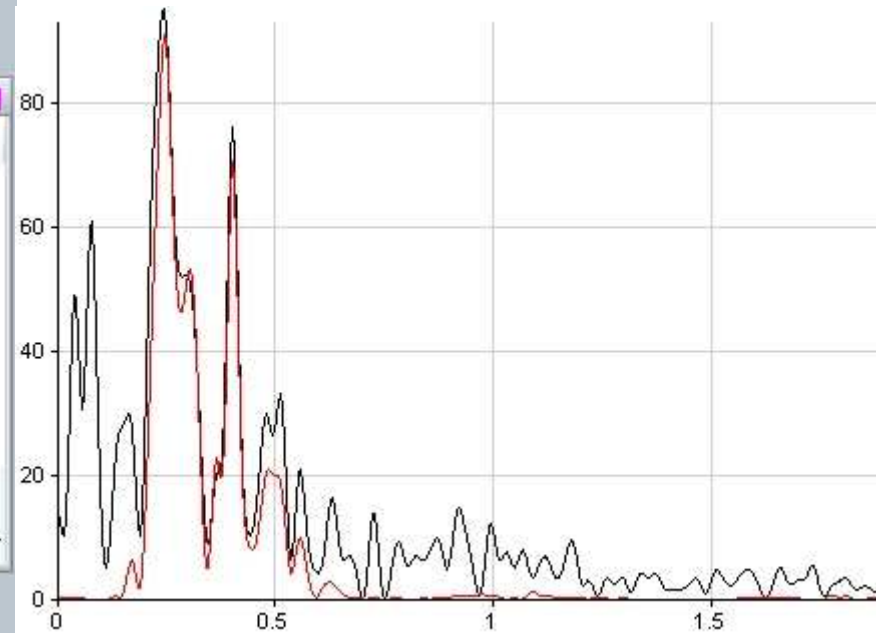
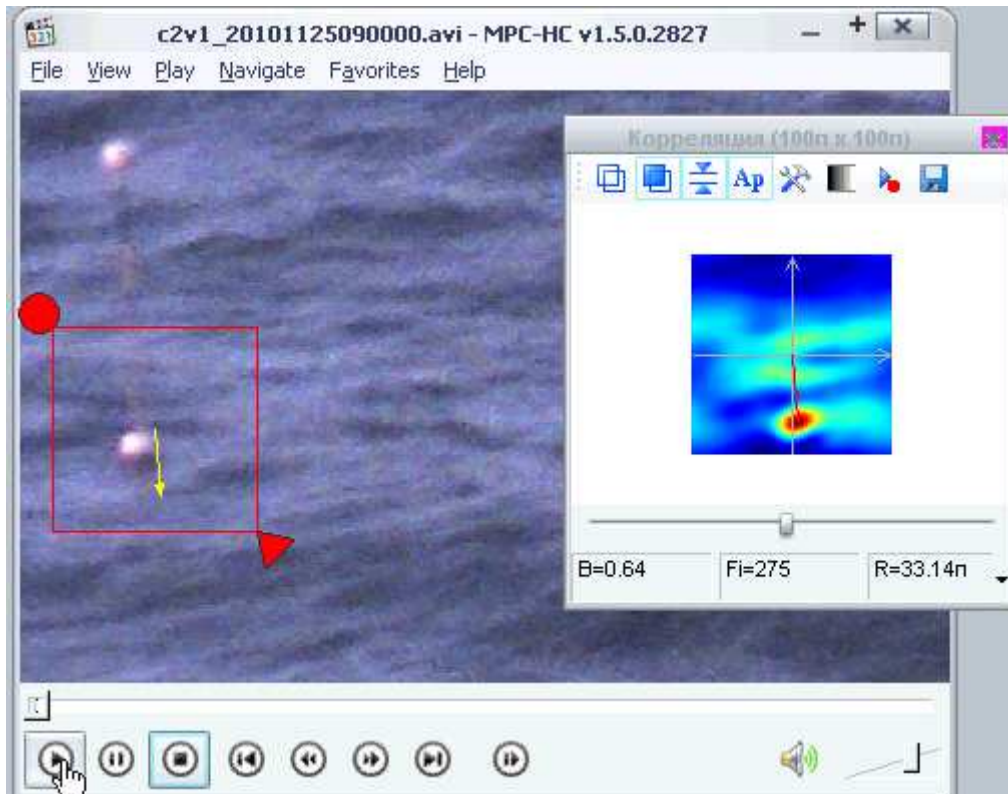
Корреляция. Фиксированный первый кадр. Анализ движения мезомасштабного вихря.



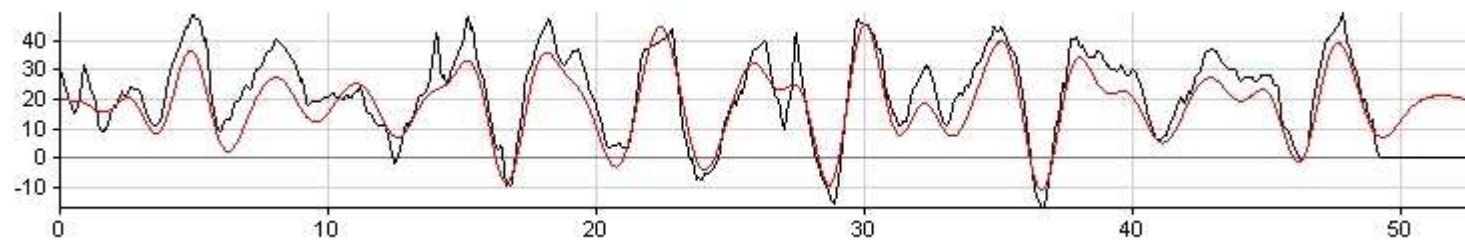
Временная развертка интенсивности видеопотока в локальной области



Корреляция. Фиксированный первый кадр. Оптический волномер.



Спектр Фурье вертикальных колебаний



Осцилограмма вертикальных колебаний

Корреляция. Фиксированный интервал.

