

Применение программы экспресс-анализа изображений и видео QAVIS в задачах спутникового мониторинга

А.А. Гончарова, В.К. Фищенко, В.А. Дубина

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, Владивосток, Балтийская, 43,
e-mail: fischenko@poi.dvo.ru*

Разработана универсальная программа экспресс-анализа изображений и видео QAVIS (Quick Analysis of Videos and Images for Scientists). Она предназначена для выполнения оперативного количественного анализа изображений и видео, наблюдаемых на экране монитора персонального компьютера. Оперативность обработки видеоданных обеспечивается использованием одной из наиболее «быстрых» библиотек дискретного преобразования Фурье — FFTW и тщательной оптимизацией программного кода. Программа работает с видеопамью компьютера, что позволяет обрабатывать все кадры видеопотока одновременно с его просмотром на экране компьютера. В настоящее время QAVIS успешно используется в ТОИ ДВО РАН для обработки спутниковых данных и подспутниковых наземных видеонаблюдений.

Ключевые слова: анализ спутниковых изображений, анализ видеоданных, спектральный анализ, корреляционный анализ.

Введение

Значительная часть информации, воспринимаемой с экрана персонального компьютера (ПК), представляет собой изображения объектов либо видеопоследовательности изображений, отображающие временную динамику объекта. Для количественного описания особенностей изображений требуются специализированные дорогостоящие программы и серьёзные навыки в области информационных технологий. Для оперативного анализа визуализируемой на экране ПК графической информации создана универсальная программа QAVIS (Quick Analysis of Videos and Images for Scientists). Программа имеет компактный интерфейс, проста и удобна в использовании, позволяет практически сразу переходить к анализу заинтересовавшей пользователя информации и вести его одновременно с просмотром на экране компьютера. При этом программа реализует ряд процедур количественного анализа изображений и видео, которые могут быть полезны широкому кругу прикладных специалистов.

Описание программы

Принципиальное отличие QAVIS от всех других систем обработки состоит в том, что она работает не с файлами, а с памятью экрана, которая для устранения «эффекта мерцания» обновляется операционной системой с большой частотой, до 70–80 раз в секунду. Желание обеспечить возможность обработки без информационных потерь не только изображений, но и видео, определило повышенные требования к быстродействию программы. Для достижения максимальной производительности, помимо использования одной из самых лучших на сегодняшний день библиотек быстрого преобразования Фурье, в QAVIS применяется кэширование результатов всех трудоёмких вычислений, а также используется набор инструкций векторной обработки данных SSE2 для всех хорошо векторизуемых алгоритмов программы. В результате в большинстве случаев программа обеспечивает корректную обработку видео в реальном времени при частотах следования кадров до 25 Гц.

Поясним далее интерфейс и порядок работы с программой QAVIS на примере анализа проигрываемой на экране видеозаписи морской акватории вблизи м. Шульца (рис. 1), считанной из подсистемы видеомониторинга прибрежных морских акваторий з. Петра Вели-

кого, входящей в Океанологическую информационно-аналитическую систему ДВО РАН (Фищенко и др., 2011). Одной из научных задач системы видеомониторинга является валидации спутниковых методик оценивания состояния морских акваторий. При загрузке программы поверх всех открытых окон появляется небольшая панель (1), служащая для вызова инструментов анализа и настроек. Таких инструментов в настоящее время четыре — «Спектральный анализ», «Корреляционный анализ», «Линейные сечения», «Временная развертка». Каждый из них сопровождается селектором, локализирующим на экране область анализа (2–5), и информационным окном (6–9), где отображаются результаты анализа области экранной памяти, ограниченной селектором. Пользователь с помощью небольших управляющих маркеров (круглого и треугольных) может произвольно менять форму селекторов и их расположение на экране, при этом результат анализа практически сразу отображается в информационных окнах. Анализируется не все цветное изображение, а только один его цветовой канал — Red, Green, Blue либо составленный из них канал интенсивности (яркости) $I = (Red + Green + Blue) / 3$. Последний используется программой по умолчанию. Канал кодируется целым числом в шкале 0–255 значений уровня. Для каждого инструмента имеются собственные средства настройки, в которых, например, имеется возможность осуществить масштабную привязку линейных размеров, при этом все последующие результаты будут показываться в заданной метрической шкале.

Инструмент «Спектральный анализ». Программа рассчитывает и отображает двумерный Фурье-спектр — периодограммную оценку спектральной плотности мощности (6) от прямоугольных фрагментов экрана, локализованных селектором (2). Специальная маркерная система позволяет просмотреть информацию о значимых локальных рефлексах (периоде, направлении и мощности соответствующей плоской волны), а также увидеть схематически эту волну на самом изображении в виде решетки ее фронтов. Для экономного представления спектральной информации могут использоваться две вспомогательные характеристики. Интегральная частотная характеристика (10) представляет собой распределение спектральной энергии в системе концентрических колец, она дает представление о среднем распределении структурных элементов изображения по частотам (периодам, «размерам»). Интегральная пространственная характеристика (11) представляет собой распределение спектральной энергии по угловым секторам, она дает представление о наличии, степени выраженности и характере анизотропии структурных элементов изображения. Обе характеристики часто используют в качестве признаков в задачах распознавания текстур и объектов на изображениях.

Инструмент «Корреляционный анализ». Программа рассчитывает взаимную корреляционную функцию (7) двух фрагментов (3). Работает в двух режимах. В режиме фиксированного первого кадра, пользователь сначала фиксирует этот кадр, а затем перемещает область анализа, либо обновляет картинку на экране. При этом в информационном окне отображается взаимная корреляционная функция старого кадра с новым. Если в ней имеется значимый максимум, то это говорит о том, что второе изображение есть смещенная копия первого, возможно, искаженная в силу объективных причин. На самом изображении отображается вектор, указывающий направление и величину этого смещения. Второй режим корреляции — между парами кадров видеопотока, сдвинутыми на заданный временной интервал. Он актуален при анализе видео для определения скоростей перемещения каких-либо структурных образований в поле селектора, например, морских волн, как в случае, представленном на рис. 1.

Инструмент «Сечения». Пользователь выделяет селектором линейное сечение произвольной длины, ширины и направления (4). Программа в информационном окне (8) отображает сигнал изменения интенсивности изображения вдоль сечения. Каждый его отсчет получен усреднением интенсивности по ширине сечения. Помимо осциллограммы сигнала можно отобразить его спектр Фурье и взаимную корреляционную функцию пар сечений,

разнесенных во времени на заданный интервал. Кроме этого может быть рассчитана и отображена в отдельном окне вейвлетограмма сигнала (12). Поддерживается сервис полосовой вейвлет-фильтрации сигнала, результат которой отображается дополнительным графиком в окне исходной осциллограммы (8).

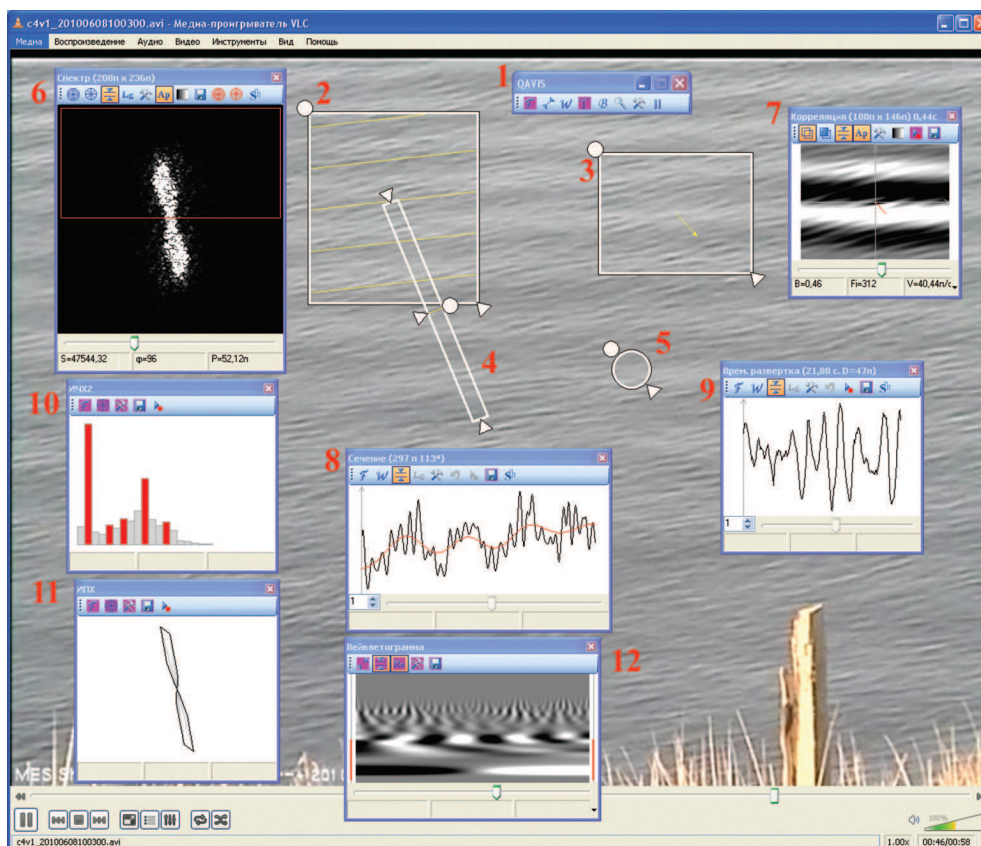


Рис. 1. Демонстрация работы основных инструментов QAVIS при анализе видео морской акватории (см. пояснения в тексте)

Инструмент «Временная развертка». Измеряет сигнал изменения во времени средней интенсивности (9) в указанной пользователем локальной области круглой формы (5). Актуален только при анализе видео. Например, при анализе видео морских акваторий он может применяться для приблизительного восстановления сигнала волнения в заданной точке, поскольку часто волновой процесс наблюдается в виде череды полос светлого и темного тона, перемещающейся в некотором направлении.

Примеры использования программы для анализа спутниковых изображений

При решении задач, связанных с использованием спутниковых данных высокого и среднего разрешения, исследователи часто анализируют не исходные измерения или восстановленные по ним геофизические параметры (например, температуру или скорость приводного ветра), а их графическое представление на экране монитора. В таких случаях QAVIS является удобным инструментом, помогающим в интерпретации и аннотировании спутниковых снимков. На рис. 2а приведён пример дифракции зыби в проливе Екатерины на изображении РСА, полученном 9 сентября 1992 г. в 01:03 Гр. со спутника ERS-1. Под рисунком показаны двумерные спектры Фурье отдельных фрагментов изображения размером $7,5 \times 7,5$ км и сами фрагменты, границы которых указывают на рисунке окна-селекторы программы QAVIS. В верхней левой части изображения на зыбь накладывается пакет внутренних волн (BB), ко-

торый перемещается с северо-востока. Волны в пакете нелинейные (расстояние между гребнями уменьшается от фронтальной волны пакета к тыловой), поэтому максимумы в спектре этого фрагмента, которые соответствуют ВВ, размыты (фрагмент 3 на рис. 2). В случае нелинейных волн аппарат быстрого преобразования Фурье зачастую дает неудовлетворительные результаты. Для анализа групп нелинейных ВВ удобно использовать инструмент «Сечение», в котором предусмотрена возможность построения вейвлетограммы. На рис. 2б приведён фрагмент РСА-изображения, полученного со спутника ERS-2 7 сентября 1997 г. в 01:32 Гр. Построенная по профилю вейвлетограмма показывает характерные расстояния между солитонами ВВ (ось ординат) в зависимости от расстояния от лидирующей волны (ось абсцисс), которые полностью совпадают со значениями, приведёнными в (Дубина, Митник, 2007). Инструмент «Корреляционная функция» эффективно используется при анализе смещения маркеров на последовательности спутниковых изображений и успешно применяется для расчёта полей скорости поверхностных течений и дрейфа льда.

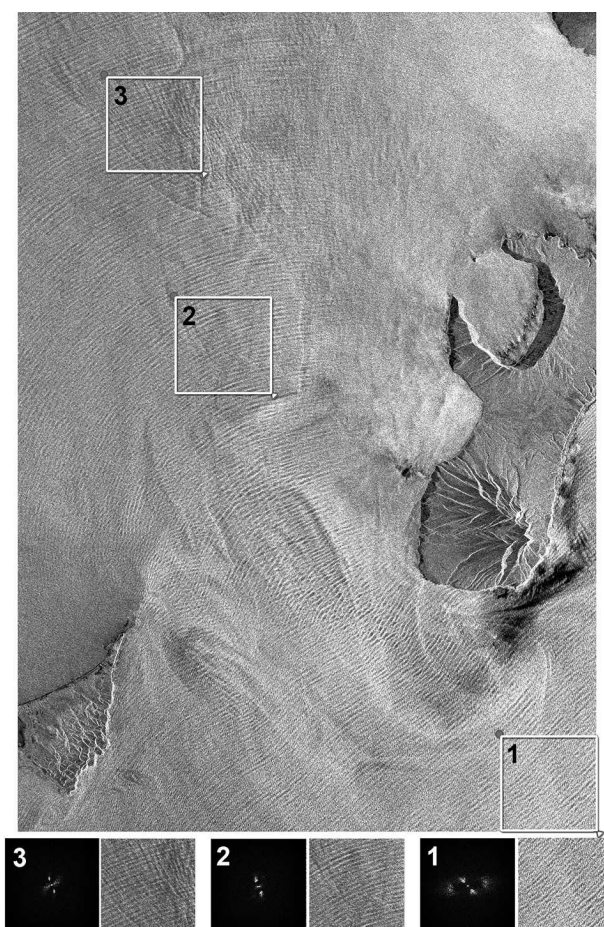


Рис. 2 а. Примеры использования программы QAVIS для анализа спутниковых изображений морская зыбь в районе пр. Екатерины на РСА-изображении, полученном 9 сентября 1992 г. в 01:03 Гр. со спутника ERS-1; под рисунком показаны двумерные спектры Фурье фрагментов изображения размером 7,5×7,5 км;

Заключение

Разработана универсальная программа анализа двумерных сигналов, которая оперирует не файлами, а видеопамятью персонального компьютера. Благодаря простому, удобному и компактному интерфейсу программа позволяет анализировать растровые изображения, визуализированные на экране ПК в любом приложении, дополняя визуальный анализ количественным. Программа QAVIS носит универсальный характер, но задумывалась и раз-

работывалась с учётом приложения к спутниковым данным и тестировалась на спутниковых изображениях, полученных со спутников Landsat, ERS, Envisat, Terra, Aqua и др. (Дубина и др. 2011). QAVIS является удобным инструментом, помогающим в интерпретации и аннотировании спутниковых снимков. Она позволяет легко выполнять геометрические измерения проводить статистический спектральный и корреляционный анализы.

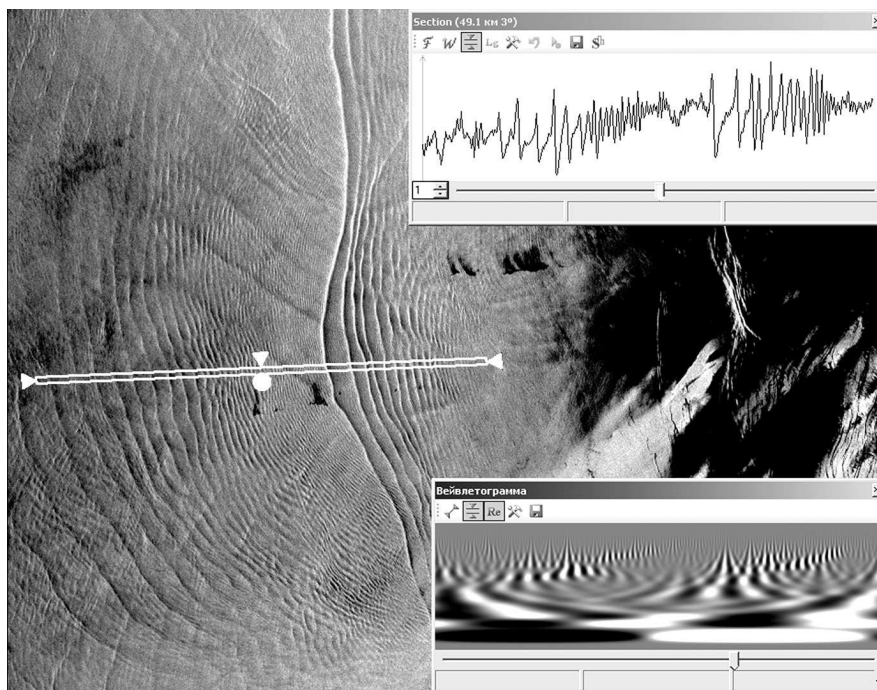


Рис. 2 б. Примеры использования программы QAVIS для анализа спутниковых изображений: определение расстояния между соседними солитонами в двух пакетах нелинейных внутренних волн в Японском море на PCA-изображении, принятом со спутника ERS-2 7 сентября 1997 г. в 01:32 Гр.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 11-05-98610-р_восток_a, 11-05-98550-р_восток_a, 11-05-12047-офи-м-2011, 12-05-00822-а.

Литература

1. Дубина В.А., Митник Л.М. Внутренние волны в Японском море: пространственно-временное распределение и характеристики по данным спутникового дистанционного зондирования // Исслед. Земли из космоса. 2007. №. 3. С. 37–46.
2. Дубина В.А., Фищенко В.К., Константинов О.Г., Митник Л.М. Интеграция спутниковых данных и наземных видеонаблюдений в системах мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 214–220.
3. Фищенко В.К., Голик А.В., Суботэ А.Е., Зацерковный А.В., Дубина В.А. Система научного видеомониторинга залива Петра Великого (Японское море) // Геоинформатика. 2011. № 4. С. 30–41.

Use the express-analysis program QAVIS for the satellite monitoring

A.A. Goncharova, V.K. Fischenko, V.A. Dubina

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
690041, Vladivostok, Baltyskaya, 43,
e-mail: fischenko@poi.dvo.ru*

It is designed universal program QAVIS (Quick Analysis of Videos and Images for Scientists) for express-analysis of the images and video. It is intended for performing the operative quantitative analysis of the images and video, observed on screen of the monitor of the personal computer. Online processing of the video provided by using FFTW, which is one of the fastest libraries of the discrete Fourier transform, and careful optimization of the code. The program works with video memory of the computer that allows to simultaneously process all video frames viewing on the screen. At present QAVIS is successfully used in POI FEB RAS for processing satellite images and ground based video data.

Keywords: satellite image analysis, analysis of video, frequency-domain analysis, correlation analysis.