

Программный комплекс тематической обработки информации от гидрометеорологических геостационарных КА

А.А. Воронин ¹, В.В. Еремеев ¹, А.Е. Кузнецов ¹, О.Е. Милехин ², В.И. Соловьев ²

¹Рязанский государственный радиотехнический университет,
390005 г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

E-mail: gislab@org.etr.ru

²Научно-исследовательский Центр «Планета»
123242 Москва, Б. Предтеченский пер., 7

E-mail: milekhin@planet.iitp.ru

Рассматриваются функциональные возможности программного комплекса PlanetaMeteoGS, разработанного РГРТУ и НИЦ «Планета» и применяемого для тематической обработки нормализованных изображений от геостационарных КА. Описываются основные технологические этапы, связанные с интерактивным анализом многоканальных снимков, построением глобальных карт облачности и изучением динамики облачных образований в режиме анимации.

Гидрометеорологические геостационарные космические системы, такие как MeteoSat, GOES и планируемый к запуску российский КА «Электро-Л» по отношению к полярно-орбитальным спутникам имеют ряд особенностей. Во-первых, геостационарные КА находятся на высоте $h = 36\,000$ км и обеспечивают регулярную съемку всего земного диска с временным интервалом 15-30 минут. Во-вторых, после проведения первичной обработки потребителям ретранслируются изображения в нормализованной геостационарной проекции в международных форматах распространения HRIT/LRIT. Изображение в этой проекции содержит вид на Землю со стороны виртуального спутника. Виртуальный спутник, в отличие от реального КА, строго находится в плоскости экватора на долготе λ_0 , а формируемые при этом видеоданные характеризуются одинаковыми геометрическими параметрами. Планарные координаты пикселей нормализованного изображения рассчитываются по прямым зависимостям, связывающим угловые координаты точки P на земной поверхности с текущим положением вектора визирного луча \mathbf{r}_s , рис. 1. Для определения географических координат точки земной поверхности P существуют формулы обратного пересчета,

$$\varphi = f_{\varphi}(m, n), \quad \lambda = f_{\lambda}(m, n),$$

где φ , λ - геодезические координаты пикселя с номером m , n .

Для тематической обработки и интерактивного анализа нормализованных изображений создан специализированный программный комплекс (ПК PlanetaMeteoGS), задачами которого являются:

- открытие, визуализация и интерактивная обработка многозональных изображений;
- получение глобальных карт облачности на основе информации от одного или нескольких КА;
- формирование температурных карт подстилающей поверхности;
- анализ динамики облачных образований в режиме анимации.

При визуальном анализе специалистом-метеорологом многозональных изображений используется мощный программный интерфейс, который обеспечивает:

- распаковку изображений, сжатых по алгоритмам JPEG и вейвлет и их «моментальное» открытие на экране монитора;

- просмотр изображений на экране в черно-белом или цветосинтезированном виде с кодировкой 8-16 бит/пиксель;
- масштабирование, навигацию, ручное и авто- контрастирование;
- измерение яркости, температуры, плоскостных и географических координат пикселей, получение яркостных срезов и статистических характеристик;
- совмещение изображений с географической сеткой и контурной картой;
- печать и сохранение результатов в графических форматах.

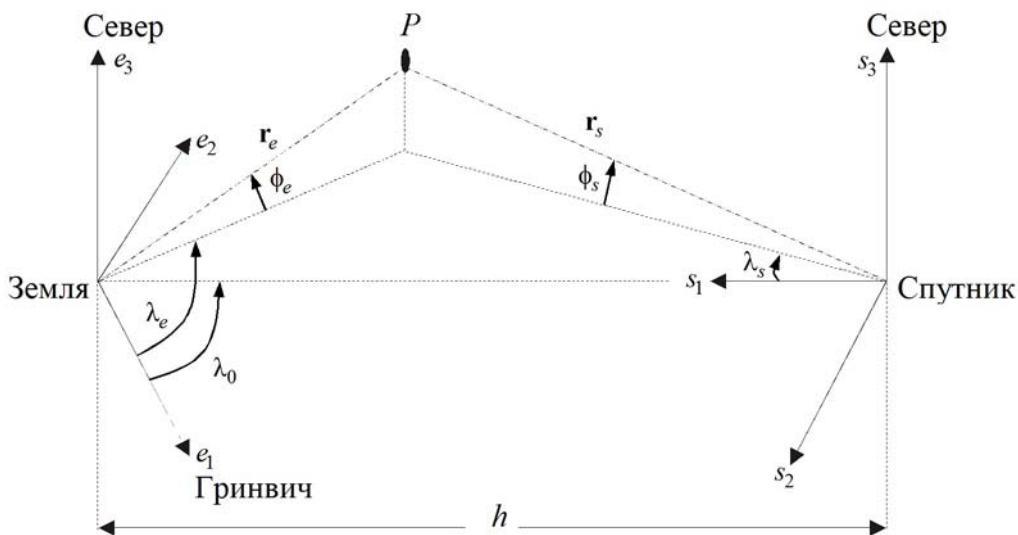


Рис. 1. Представление снимка в нормализованной геостационарной проекции

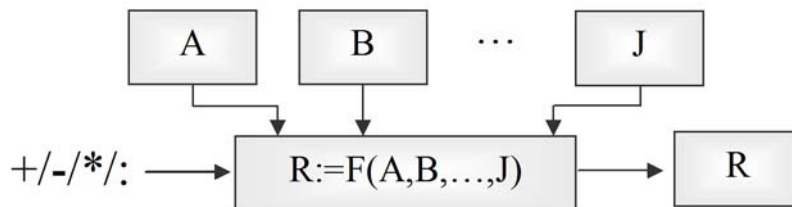


Рис. 2. Схема выполнения арифметических операций над изображениями

Особого внимания заслуживает реализованный в ПК механизм интерактивной обработки изображений. Здесь пользователю предлагается интерфейс по написанию собственных формул яркостного преобразования изображений как от различных спектральных каналов, так и от различных спутниковых систем. Интерфейс позволяет составить любое арифметическое и логическое выражение для обработки 9-и операндов, как показано на рис. 2. На этом рисунке: A,...,J – операнды, описывающие открытые изображения; F - оператор преобразования; R - результирующий снимок.

На рис. 3 приведен набор экранных копий, иллюстрирующих некоторые возможности пользовательского интерфейса: одновременный просмотр изображений нескольких спектральных каналов, панель контрастирования, получение разностного изображения 2-х спектральных каналов.

Для построения глобальных карт облачности и подстилающей поверхности выполняются следующие технологические операции: преобразование нормализованного изображения в требуемую картографическую проекцию; формирование мозаичного кадра из нескольких

перекрывающихся снимков от различных КА; получение выходной продукции стилизованной формы.

Преобразование изображения в картографическую проекцию происходит по схеме, показанной на рис. 4. Вначале от планарных координат снимка (m, n) переходят к геодезическим (φ, λ) , на основе которых по уравнениям картографического проектирования F_x, F_y вычисляются картографические координаты пикселя (x, y) . Для ускорения обработки геометрические преобразования в ПК выполняются по обратным зависимостям,

$$m = G_x^{-1}(x, y) \text{ и } n = G_y^{-1}(x, y),$$

представляемым в кусочно-билинейном виде, с яркостной интерполяцией нулевого или первого порядка.

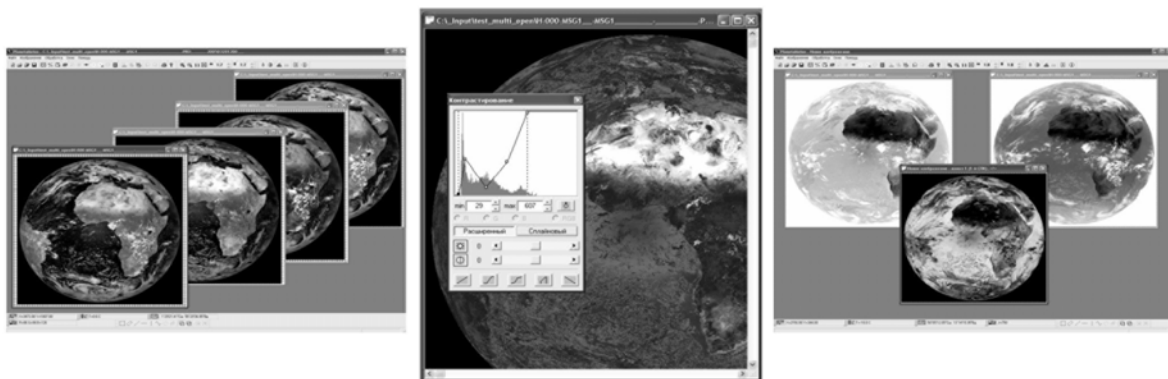


Рис. 3. Экранные формы программного комплекса

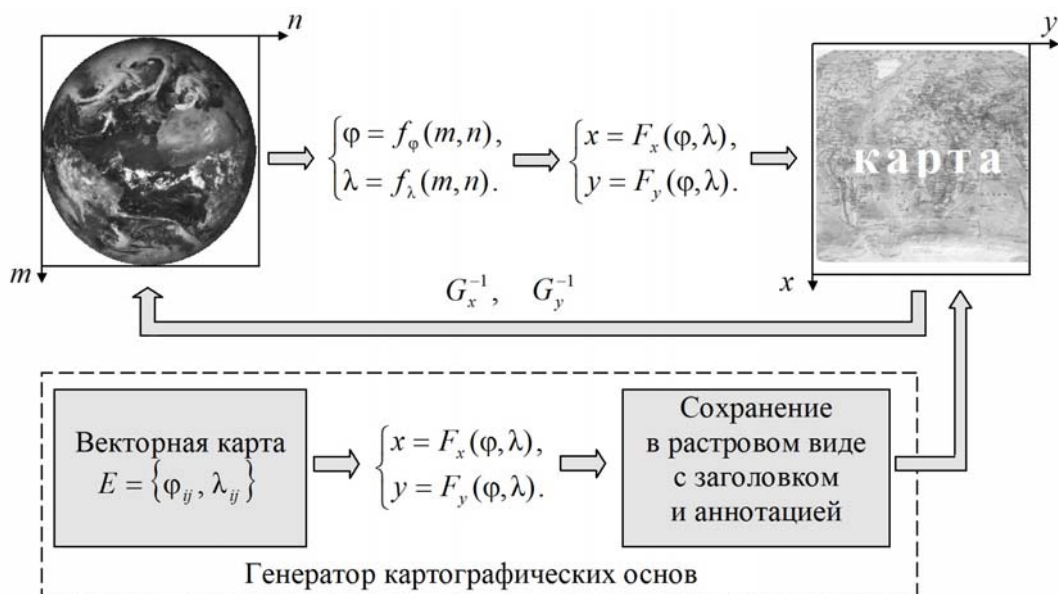


Рис. 4. Схема выполнения геометрических преобразований

Для получения стилизованных карт заданного масштаба и обеспечения возможности обработки изображений в автоматическом режиме предложена технология использования готовых картографических основ [1]. Согласно этой технологии с помощью генератора картографических основ по векторной карте E формируется растровая карта заданного региона. Заголовок карты содержит данные о координатах региона, масштабе, типе картографической проекции, обрабатываемом спутнике и др. На основе заголовочных данных автоматически формируются параметры обработки снимка. Трансформированный снимок совмещается с

картографической основой через операцию весового суммирования, что позволяет получать карты стилизованной формы, в том числе и на цветной подложке.

Важной задачей, решаемой в ходе построения глобальных карт по данным от нескольких спутников, является фотометрическое совмещение снимков в плоскости общего кадра. Поясним идею алгоритма на примере яркостного совмещения трех снимков B_i , $i = \overline{1,3}$, каждый из которых перекрывается с двумя соседними.

На основе уравнений географической привязки f_φ , f_λ и координат обрабатываемого региона рассчитываются общие области соседних изображений Z_{ij} , $Z_{ij} = B_i \cap B_j$, $Z_{ij} \in B_i$, $i \neq j$, $i, j = \overline{1,3}$. Тогда получение фотометрически непрерывного мозаичного изображения обеспечивается в случае, если для всех областей Z_{ij} соблюдаются условия:

$$\{Z_{12}, Z_{21}\}: a_{01} + a_{11}B_1 = a_{02} + a_{12}B_2;$$

$$\{Z_{13}, Z_{31}\}: a_{01} + a_{11}B_1 = a_{03} + a_{13}B_3;$$

$$\{Z_{23}, Z_{32}\}: a_{02} + a_{12}B_2 = a_{03} + a_{13}B_3,$$

где a_{0i} , a_{1i} , $i = \overline{1,3}$, коэффициенты яркостного преобразования. Эти коэффициенты можно найти, если для каждой области Z_{ij} рассчитать среднюю яркость \bar{b}_{ij} и СКО - σ_{ij} , а затем составить систему уравнений:

$$\begin{cases} a_{11}\sigma_{12} = a_{12}\sigma_{21}; \\ a_{01} + a_{11}\bar{b}_{12} = a_{02} + a_{12}\bar{b}_{21}; \\ a_{11}\sigma_{13} = a_{13}\sigma_{31}; \\ a_{01} + a_{11}\bar{b}_{13} = a_{03} + a_{13}\bar{b}_{31}; \\ a_{12}\sigma_{21} = a_{13}\sigma_{31}; \\ a_{02} + a_{12}\bar{b}_{21} = a_{03} + a_{13}\bar{b}_{31}. \end{cases}$$

Можно заметить, что данная система уравнений несовместна. Поэтому для нахождения коэффициентов a_{0i} , a_{1i} создадим некий эталон с параметрами

$$\bar{b} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{\substack{j=1, \\ i \neq j}}^3 \bar{b}_{ij}, \quad \bar{\sigma} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{\substack{j=1, \\ i \neq j}}^3 \sigma_{ij}.$$

Откуда,

$$a_{0i} = \bar{b} - a_{1i}\bar{b}_{ij}, \quad a_{1i} = \bar{\sigma} / \sigma_{ij}, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1,3}.$$

Рассмотренный алгоритм справедлив для любого числа обрабатываемых изображений и обеспечивает высокое качество фотометрического совмещения снимков, как это показано на рис. 5.

В ПК реализована уникальная технология анализа динамики облачных образований в режиме анимации, которая имеет ряд особенностей:

- во-первых, анимировать необходимо изображения, объем которых значительно превышает размеры растра экрана монитора;
- во-вторых, во время анимационного просмотра должна обеспечиваться возможность изменения параметров отображения (масштаб, контраст, область просмотра);

- в-третьих, для получения количественных оценок на динамических снимках должны выполняться измерения координат и параметров объектов в режиме курсора;
- в-четвертых, для обеспечения наглядности представления результатов, анимироваться должны готовые карты.

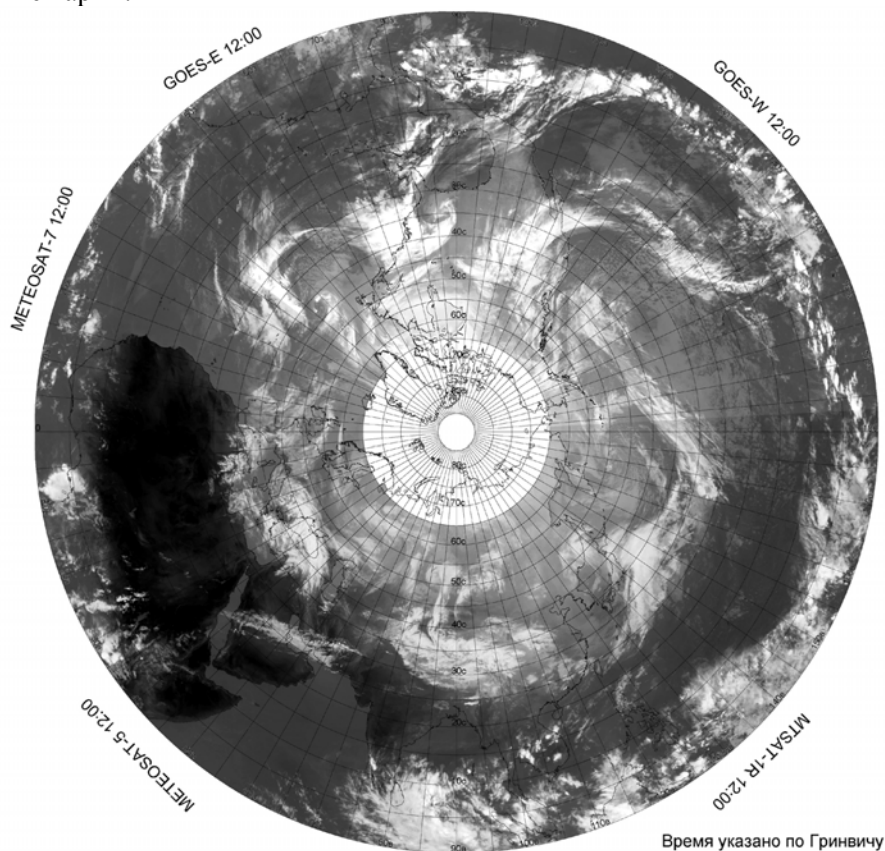


Рис. 5. Глобальная карта облачности Северной полярной зоны

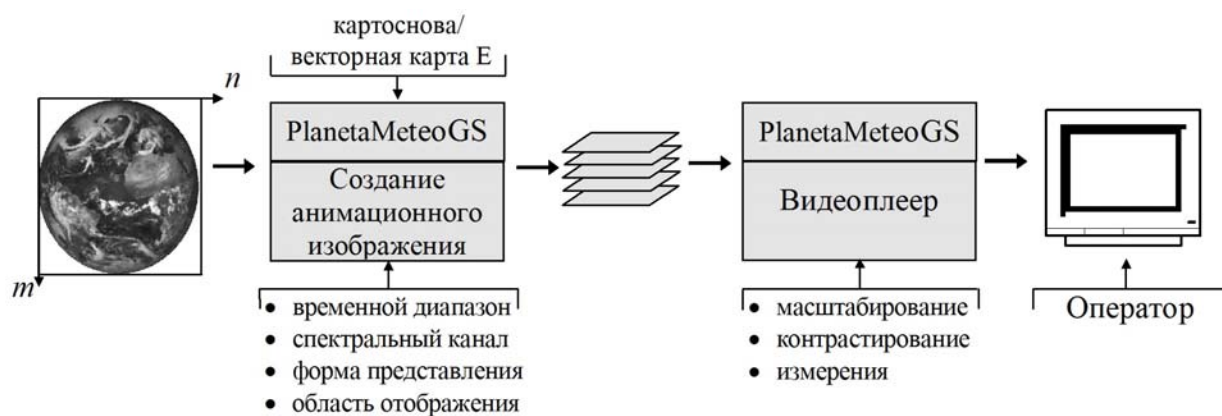


Рис. 6. Схема обработки изображений в режиме анимации

С учетом этих особенностей в программном комплексе механизм анимационного отображения реализуется в 2 этапа, рис. 6. На первом этапе для заданного временного диапазона формируется набор изображений, представленных в требуемой форме. На втором этапе с помощью специально разработанного видеоплеера осуществляется их просмотр. При этом

интерфейс программы предоставляет возможности по оперативному изменению масштаба, динамическому контрастированию, выполнению измерений координат и яркости объектов. Для этого предложены следующие решения:

- минимизация временных затрат при позиционировании на выводимые на экран элементы изображения;
- фоновая предобработка, связанная с подготовкой для отображения последующих кадров во время просмотра текущего;
- кэширование созданных кадров, что позволяет при повторном просмотре не считывать кадры заново, а использовать уже имеющиеся.

Рассмотренный в настоящей статье программный комплекс в настоящее время широко используется в НИЦ «Планета» для решения гидрометеорологических задач на основе информации от зарубежных спутниковых систем MeteoSat и GOES. В дальнейшем комплекс планируется использовать для тематической обработки нормализованных изображений от создаваемого российского КА «Электро-Л».

Литература

1. *Асмус В.В., Бурцев М.А., Воронин А.А. и др.* Разработка автоматизированного комплекса приема, обработки и архивации данных геостационарных спутников в НИЦ «Планета» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2006. Вып. 3. Т.1. С.156-162.