

Применение метода главных компонент при анализе VIIRS Suomi спутниковых изображений вулканических выбросов

Н. В. Федосеева, А. Л. Львов
Российский Государственный
Гидрометеорологический Университет
Санкт-Петербург

Актуальность исследования

- Критическая важность недопущения попадания воздушных судов в области присутствия пепла

Источники и методы исследования

- Метод главных компонент
- Модель Ash-RGB, разработанная Европейской Организацией Спутниковой Метеорологии
- Спутниковые данные получены с помощью сервиса LAADS-DAAC NASA.

Ash-RGB

Цвет	Канал [μm]	Физическая зависимость	Меньший вклад в общий сигнал	Больший вклад в общий сигнал
Красный	IR12.0 - IR10.8	Оптическая плотность облаков	Оптически тонкие кристаллические облака	Оптически тонкий вулканический пепел
Зеленый	IR10.8 - IR8.7	Фаза облаков	Кристаллические облака / Оптически тонкий вулканический пепел	Шлейфы SO₂ / Капельные облака
Синий	IR10.8	Температура	Холодные облака	Нагретая поверхность / Теплые облака

Принцип модели SEVIRI Ash-RGB заключается в получении цветосинтезированного изображения с использованием псевдоканалов на основе разностных изображений 12-10.8 мкм и 10.8-8.7 мкм и канала 8.7 мкм.

Метод главных компонент

$$X_{n,b} = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{b,1} & \cdots & x_{b,n} \end{pmatrix} \quad (1)$$

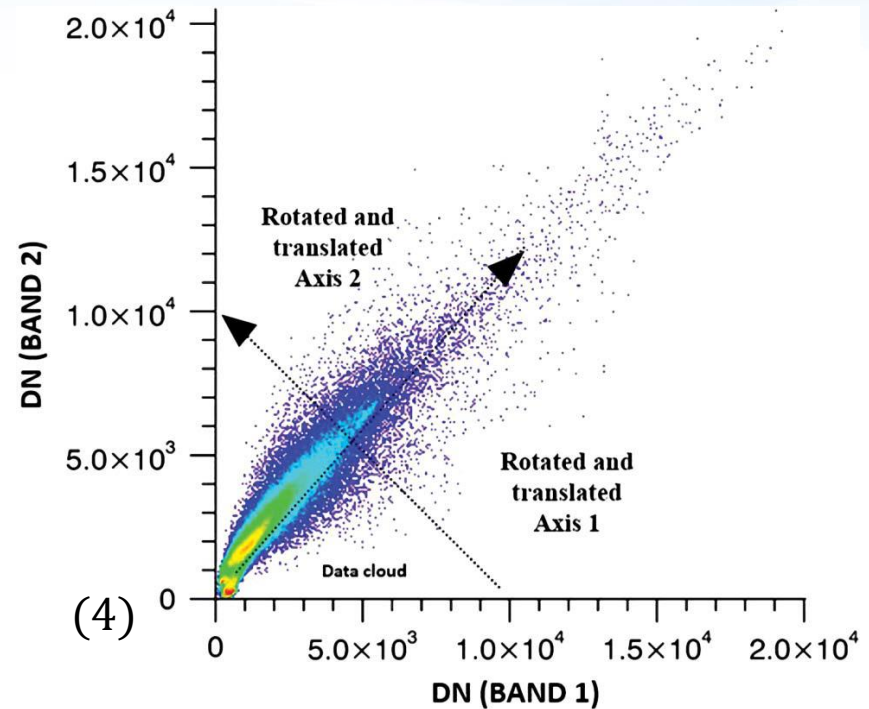
$$X_k = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_b \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$C_{b,b} = \begin{pmatrix} \sigma_{1,1} & \cdots & \sigma_{1,b} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{b,1} & \cdots & \sigma_{b,b} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{N-1} \sum_{p=1}^N (DN_{p,i} - \mu_i) (DN_{p,j} - \mu_j) \quad (4)$$

$$\det(C - \lambda I) = 0 \quad (5)$$

$$Y_b = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_{1,1} & \cdots & w_{1,b} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{b,1} & \cdots & w_{b,b} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_b \end{pmatrix} \quad (6)$$



Геометрически, метод главных компонент можно представить как нахождение новых осей, ориентированных вдоль направлений с максимальной дисперсией

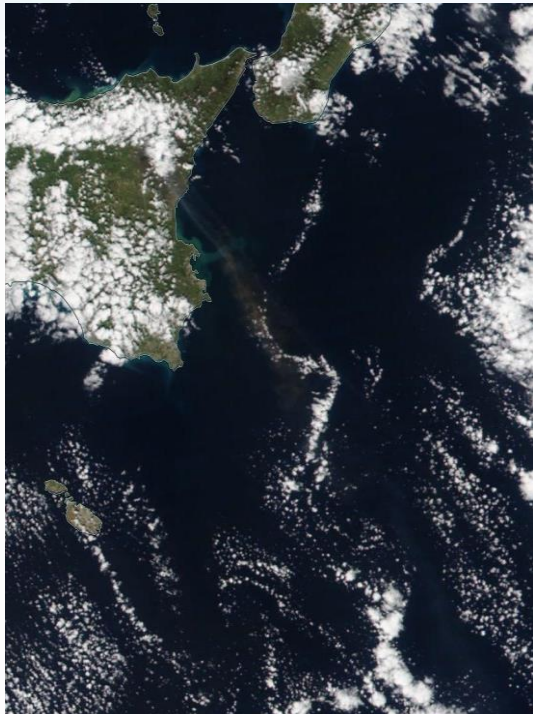
Метод главных компонент

VAR/COVAR	14	15	16
14	121.58	109.30	110.88
15	109.30	99.45	100.80
16	110.88	100.80	103.28
COR MATRIX	14	15	16
14	1.000000	0.994032	0.989552
15	0.994032	1.000000	0.994589
16	0.989552	0.994589	1.000000
COMPONENT	C1	C2	C3
% var.	99.51	0.36	0.13
eigenval.	322.71	1.18	0.42
eigenvec. 1	0.612137	-0.720379	-0.326102
eigenvec. 2	0.554300	0.096795	0.826670
eigenvec. 3	0.563950	0.686793	-0.458558
LOADING	C1	C2	C3
14	0.997301	-0.070880	-0.019157
15	0.998502	0.010530	0.053696
16	0.996880	0.073318	-0.029228

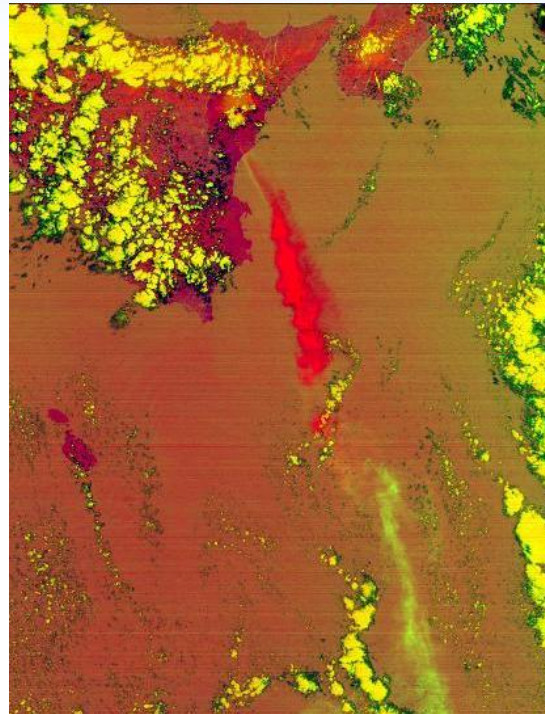
В соответствии с таблицей, первая компонента описывает 99.51% общей дисперсии ряда, вторая – 0.36% и третья, соответственно, – 0.13%, что говорит о хорошей сходимости ряда.

Пример полупрозрачного шлейфа

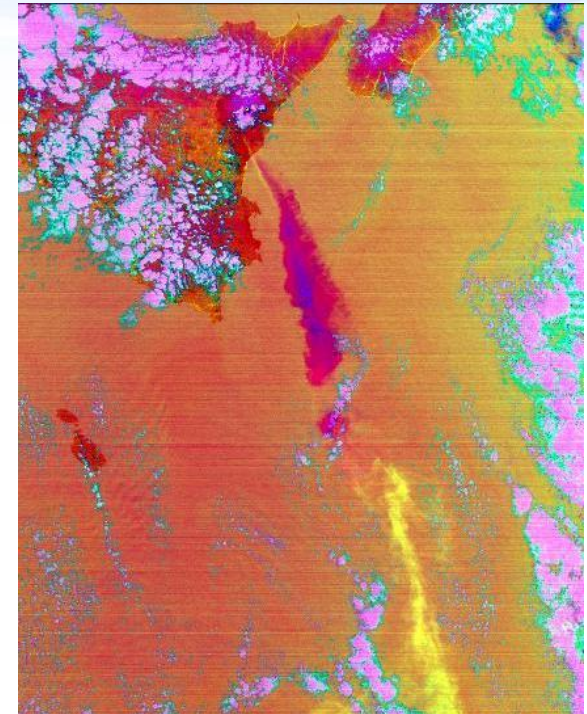
Вулкан Этна, 24 марта 2021 года



Естественные цвета



SEVIRI Ash-RGB



МГК

Ash- RGB		МГК	Относится к:
Red		Magenta	Тонкий шлейф пепла
Brown		Brown	Плотный шлейф пепла
Cyan		Yellow	Шлейф SO ₂
Yellow		Orange	Смесь пепла и SO ₂

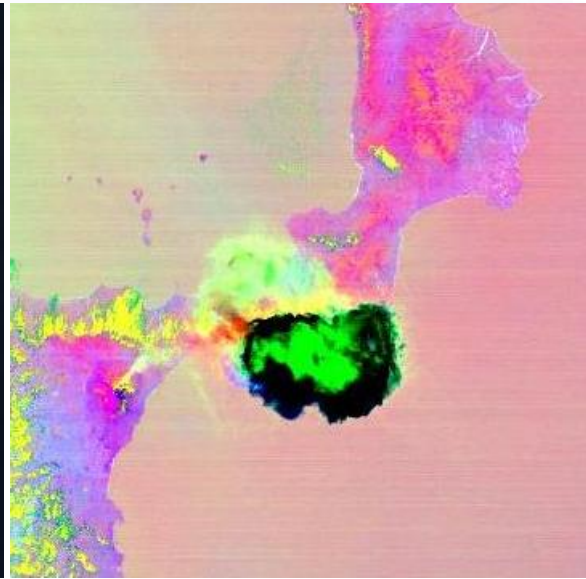
На обработанных изображениях хорошо дешифрируется тонкий шлейф вулканического пепла ближе к жерлу вулкана Этна и двуокиси серы на большем удалении

Пример шлейфа со смешанным составом

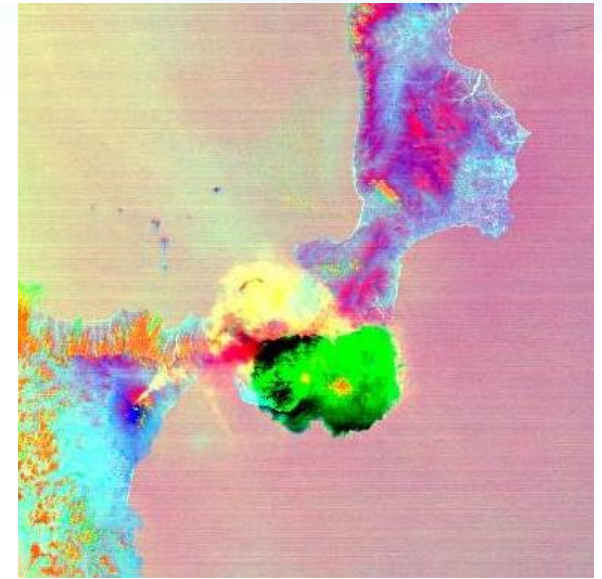
Вулкан Этна, 4 марта 2021 года



Естественные цвета



SEVIRI Ash-RGB



МГК

Ash- RGB		МГК	Относится к:
			Тонкий шлейф пепла
			Плотный шлейф пепла
			Шлейф SO ₂
			Смесь пепла и SO ₂

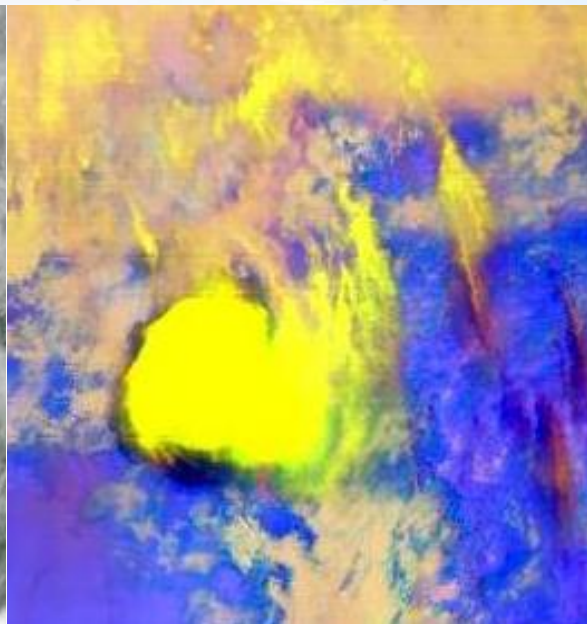
На обработанных изображениях отчётливо выделяется поднимающийся от жерла вулкана Этна шлейф, состоящий преимущественно из двуокиси серы с примесью вулканического пепла

Пример скрытого облачностью шлейфа

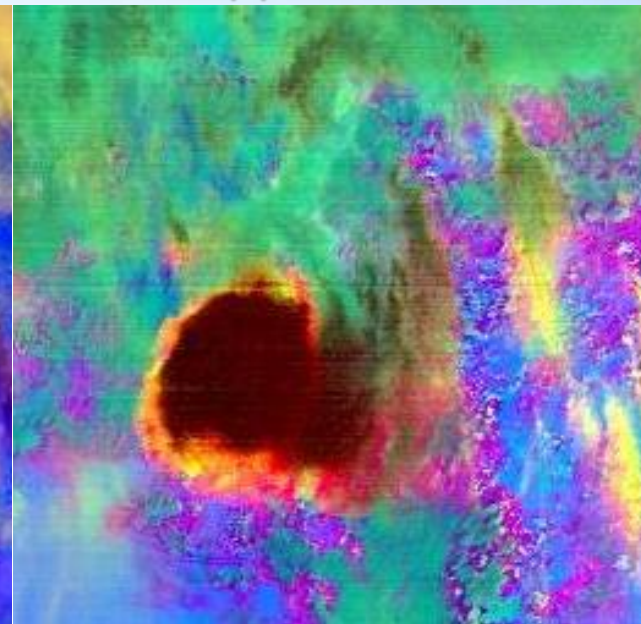
Вулкан Фуэго, Гватемала, 3 июня 2018 года



Естественные цвета



SEVIRI Ash-RGB



МГК

Ash- RGB		МГК	Относится к:
Red		Magenta	Тонкий шлейф пепла
Brown		Brown	Плотный шлейф пепла
Cyan		Yellow	Шлейф SO ₂
Yellow		Orange	Смесь пепла и SO ₂

На изображении, обработанном с помощью МГК выделяется плотный вулканический пепел, даже на участках, скрытых облачностью, в отличие от изображения, обработанного с помощью Ash-RGB. При этом, на обоих изображениях выделяются области смеси вулканического пепла и двуокиси серы

Заключение

- Оба использованных метода позволяют анализировать состав вулканического шлейфа, выделяя примеси SO_2 , однако обработанные с помощью метода главных компонент изображения являются более информативными.
- Метод Ash RGB имеет ограничения, связанные с присутствием плотного шлейфа вулканического пепла.