

# 3D визуализация атмосферных фронтов

Беззубцев Андрей, ГБОУ Лицей «Вторая школа»

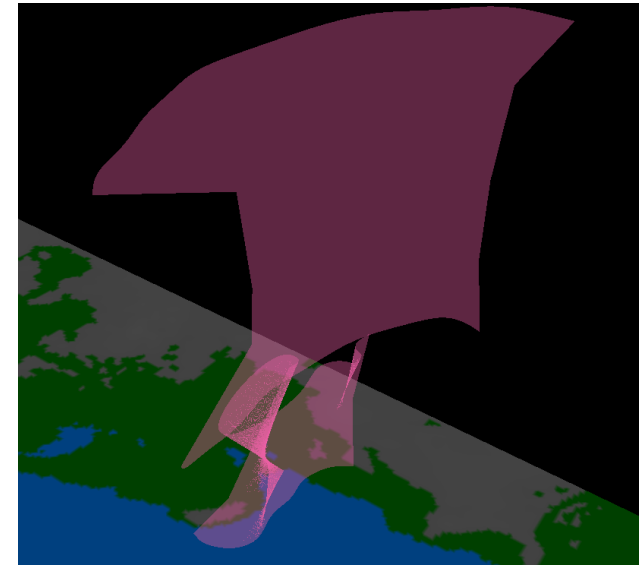
Под руководством:

В. А. Гордин(проф. НИУ ВШЭ, Гидрометцентр РФ),

И. Р. Дединский(ст. преп. МФТИ(ГУ))

# Введение

Атмосферный фронт – тонкая переходная зона в атмосфере между большими воздушными массами с различными физическими параметрами (давление, температура, скорость ветра).



# Постановка задачи

Разработать программный комплекс, предназначенный для трехмерной визуализации АФ.

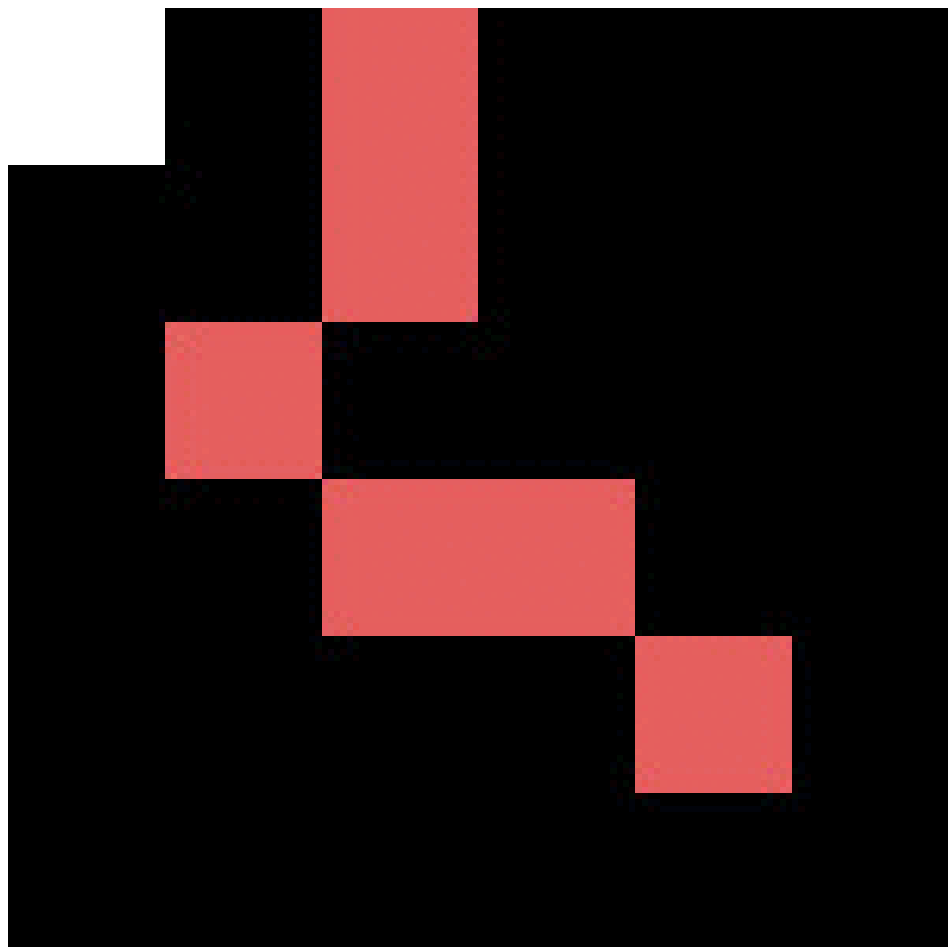
Разработать и реализовать алгоритмы:

- поиска сечений АФ на МИФП
- поиска сечений одного АФ
- восстановления фронтальной поверхности

# Общая информация о программном комплексе



# Анализатор: поиск АФ на МИФП



- Розовый – пиксель АФ.
- Черный – пустой пиксель
- Белый – пустой посещенный пиксель
- Зеленый – посещенный пиксель АФ
- Синий – пиксель АФ, связанный с посещенным

# Анализатор: поиск сечений АФ одного уровня

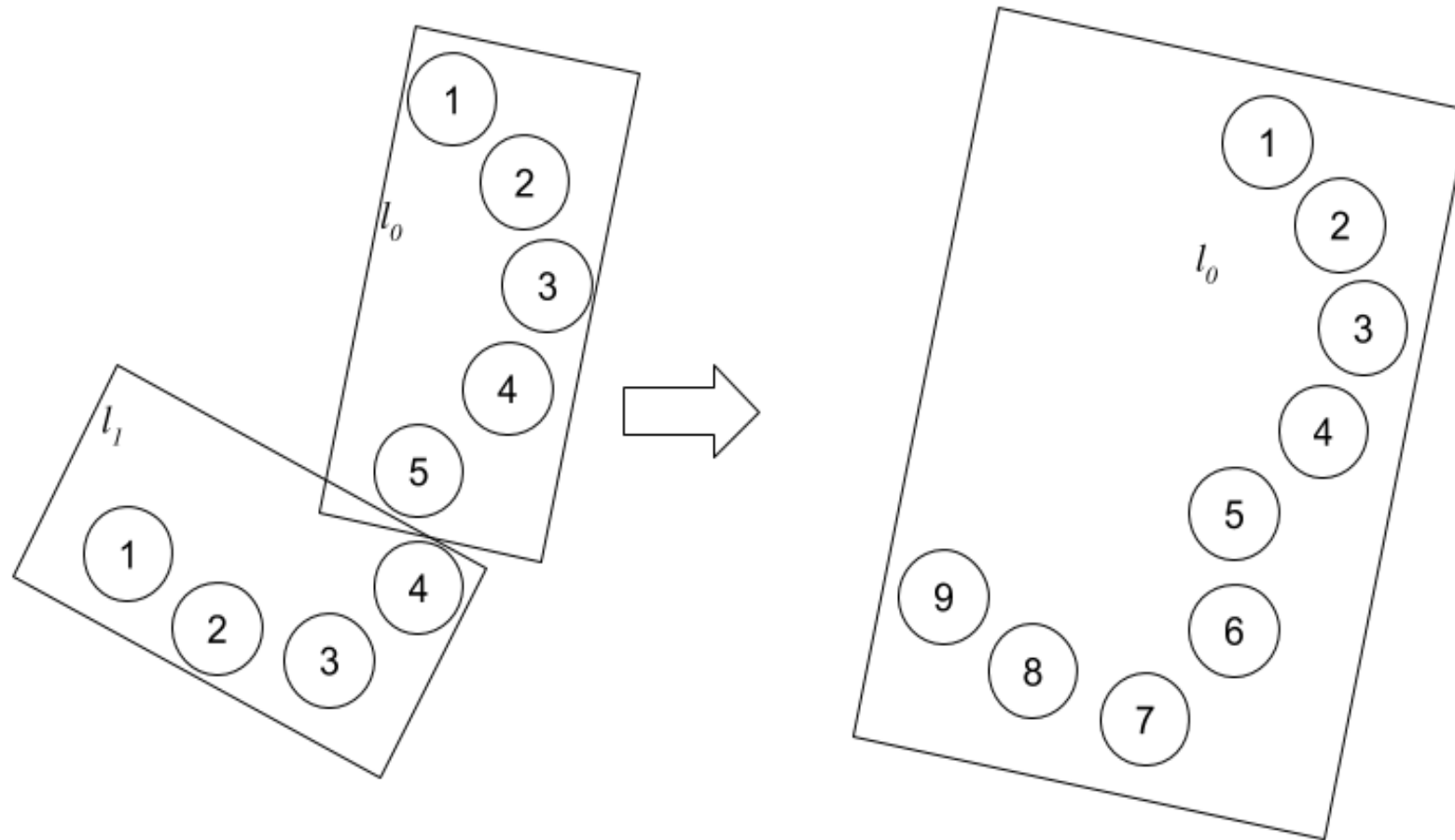
- Родственное сечение уровня  $l$  к сечению  $s_0$  на соседнем уровне – сечение с наименьшим среднеквадратичным отклонением  $\sigma$  до данного относительно всех остальных сечений уровня  $l$ , находящееся в определенной окрестности исходного.
- $p_i^x, p_i^y$  – абсцисса и ордината точки  $p_i \in s_0$
- $p_i'^x, p_i'^y$  – абсцисса и ордината точки  $p_i \in s_1$  ( $s_1$  – сечение уровня  $l$ )
- Образ точки  $p_i \in s_0$  – точка  $p_j' \in s_1$  (отображение  $s_0 \rightarrow s_1$ ), такая что:  
$$\forall p_k' \in s_1, k \neq j: (p_i^x - p_j'^x)^2 + (p_i^y - p_j'^y)^2 < (p_i^x - p_k'^x)^2 + (p_i^y - p_k'^y)^2$$
- Образ точки  $p_i \in s_0$  будем обозначать как  $r(p_i)$ .

# Анализатор: поиск сечений АФ одного уровня

При введенных обозначениях среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  будет выражаться следующей формулой:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(p_i^x - r(p_i)^x)^2 + (p_i^y - r(p_i)^y)^2}{n}}$$

# Анализатор: объединение сечений одного уровня





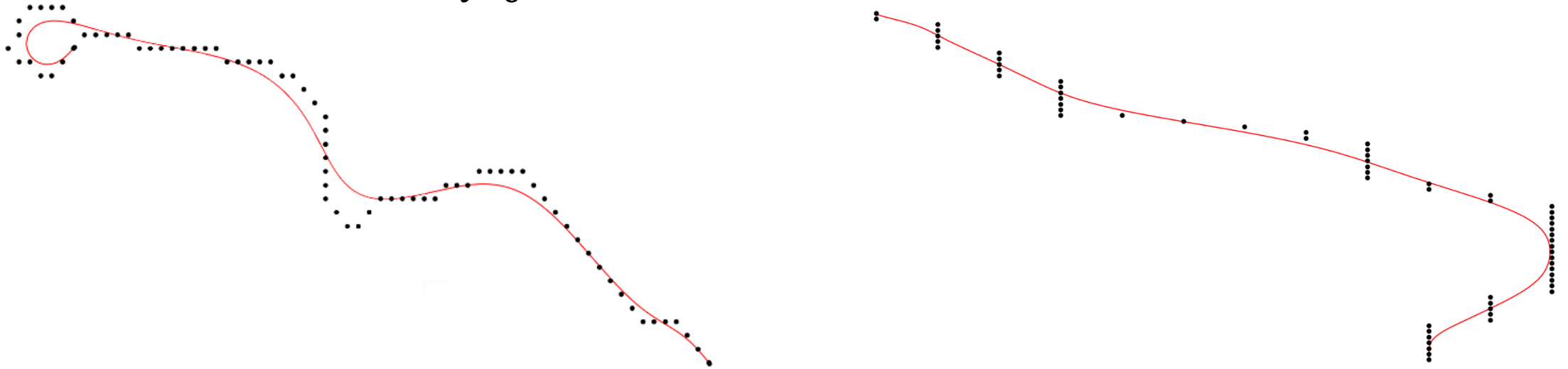
# Анализатор: поиск сечений АФ разных уровней

- После того, как был выполнен этап поиска сечений АФ одного уровня, этот превращается в поиск родственных сечений и формирование связей между ними

# Интерполятор

- Интерполяционная кривая сечения – кривая Безье, проведенная по точкам этого сечения, как по контрольным.

$$\mathbf{B}(t) = \sum_{i=0}^n \mathbf{P}_i \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \quad 0 \leq t \leq 1$$



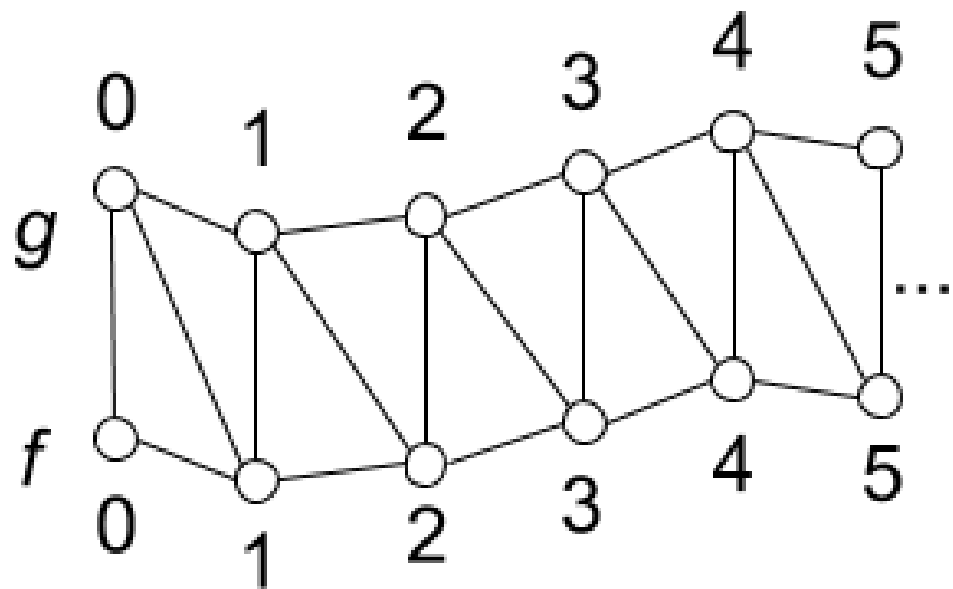
# Интерполятор

Определяем порядок обход интерполяционных точек сечения  $g$ , пользуясь этими формулами:

$$c_d = \sum_{i=1}^n (f_i^x - g_i^x)^2 + (f_i^y - g_i^y)^2$$
$$c_r = \sum_{i=1}^n (f_i^x - g_{n+1-i}^x)^2 + (f_i^y - g_{n+1-i}^y)^2$$

- $f(t)$  и  $g(t)$  – кривые АФ на соседних уровнях;  $f$  – нижняя.
- $c_d/c_r$  – сумма квадратов расстояний при прямом/обратном обходе.
- $f_i^x / f_i^y$  – координата  $i$ -ой точки сечения  $f$  по оси  $x/y$ .
- $g_i^x / g_i^y$  – координата  $i$ -ой точки сечения  $g$  по оси  $x/y$ .

# Интерполятор



$$\begin{pmatrix} f_i \\ g_i \\ g_{i+1} \end{pmatrix} \quad 1 \leq i < n'$$
$$\begin{pmatrix} g_{i+1} \\ f_i \\ f_{i+1} \end{pmatrix}$$

# Визуализатор



# Итоги и результаты

- Написано около 30000 строк
- Дорабатывается пользовательский интерфейс
- Добавляются функции, которые помогут восприятию изображений
- Разработан ряд алгоритмов, предназначенных для трехмерной визуализации АФ

Спасибо за внимание!