

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнетограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

# Прогнозирование солнечной активности. Обработка магнитограмм.

Д. А. Лаптев В. Г. Чернышов Д. П. Ветров <sup>1</sup>

<sup>1</sup>МГУ, ВМиК, каф. ММП

15 сентября 2010

# Содержание

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- 1 Постановка задачи
- 2 Напоминание или ликбез
  - Вариационное приближение
  - Метод ветвей и границ
- 3 Алгоритм обработки магнитограмм
  - Постановка задачи
  - Сегментация
  - Поиск ограничивающих прямоугольников
  - Учет информации из видимого спектра
- 4 Дальнейшие направления работы

# Неформальная постановка задачи

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- По снимкам Солнца в разных диапазонах, необходимо научиться предсказывать магнитные бури на Земле и околоземной орбите
- Снимки поступают со спутников в режиме реального времени и доступны в интернете
- Прогнозируемый период — около 8 часов

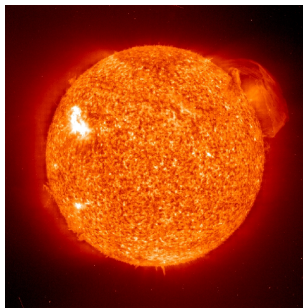


Рис.: Изображение Солнца

# Мотивация и актуальность

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- Спутники выходят из строя
- Наблюдаются помехи связи
- Барахлит электроника
- Под вопросом влияние на здоровье людей
- Близится 2011 год

# Мотивация и актуальность

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

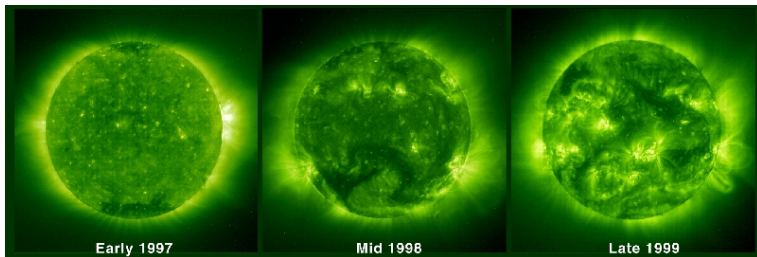


Рис.: Активность Солнца

# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Вариационное  
приближение

Метод ветвей и  
границ

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение

Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи

Сегментация

Поиск ограничивающих прямоугольников

Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы

# Вариационное приближение: формальное изложение

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Вариационное  
приближение

Метод ветвей и  
границ

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

Суть метода в факторизованном приближении

$$p(I|Z) \approx q(I) = \prod_{i=1}^N q_i(I_i), \quad (1)$$

$$\text{KL}(q||p) = - \int q(I) \log \frac{p(I|Z)}{q(I)} dI \rightarrow \min$$

Можно показать, что минимум достигается, когда выполнено

$$q_i(I_i) = \frac{1}{C_i} \exp \left( \int \log p(Z, I) \prod_{j \neq i} q_j(I_j) dI_j \right), \quad \forall i = 1, \dots, N. \quad (2)$$

$$C_i : \int q_i(I_i) dI_i = 1.$$

# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Вариационное  
приближение

Метод ветвей и  
границ

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение

Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи

Сегментация

Поиск ограничивающих прямоугольников

Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы



# Метод ветвей и границ: традиционная постановка

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Вариационное  
приближение

Метод ветвей и  
границ

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- Вариация полного перебора
- Ветвление — процедура рекурсивного выбора из области подобластей (получаем дерево поиска)
- Нахождение оценок — если нижняя граница для подобласти  $A$  дерева поиска больше, чем верхняя граница какой-либо ранее просмотренной подобласти  $B$ , то  $A$  может быть исключена из дальнейшего рассмотрения (правило отсева)

# Метод ветвей и границ: модификация

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Вариационное  
приближение

Метод ветвей и  
границ

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- Также вариация полного перебора, но не происходит отбрасывание ветвей, а используется очередь с приоритетами
- - $\hat{F}(R) \geq F(R), \forall R \in R,$
  - $\hat{F}(R) = F(R),$  если  $R$  — единственная точка  $R,$
- Для каждой новой ветви находится значение функционала  $\hat{F}$ , вставляется в очередь
- Если мы получили, что первая ветвь очереди является листом — это ответ

# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение  
Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи

Сегментация

Поиск ограничивающих прямоугольников  
Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы

# Постановка задачи

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

- Посчитать признаки
- Для подсчета ряда признаков получить сегментацию
- Для подсчета других выделить ограничивающие прямоугольники
- Улучшить алгоритм выделения прямоугольников

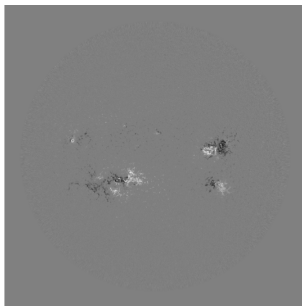


Рис.: Пример магнитограммы

# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение  
Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи  
Сегментация

Поиск ограничивающих прямоугольников  
Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы

# Сегментация

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

- Магнитное поле очень большое ( $Z_i = 1$ )
- Магнитное поле очень маленькое ( $Z_i = 2$ )
- Магнитное поле близко к нулю ( $Z_i = 3$ )

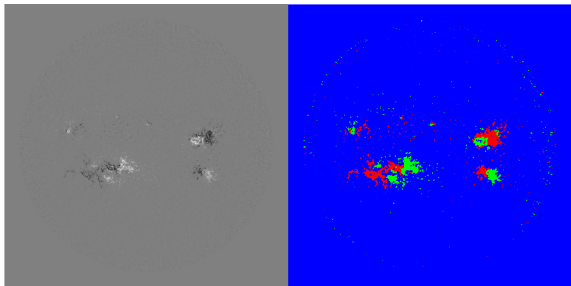


Рис.: Сегментация в данной задаче

# Сегментация: формулы

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

- если  $I_i > 1000$ ,  $I_i := 1000$ ,
- если  $I_i < -1000$ ,  $I_i := -1000$ .
- $\varphi(i, 1) = e^{-\sqrt{1000-I_i}}$ ,
- $\varphi(i, 2) = e^{-\sqrt{1000+I_i}}$ ,
- $\varphi(i, 3) = e^{-|I_i|}$ .

$$p(I|Z) \propto \prod_{i=1}^N \varphi_i(i, Z_i) \prod_{(i,j) \in \mathcal{E}} e^{-12[Z_i \neq Z_j]} \rightarrow \max_Z. \quad (3)$$

# Сегментация: альфа-расширение

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

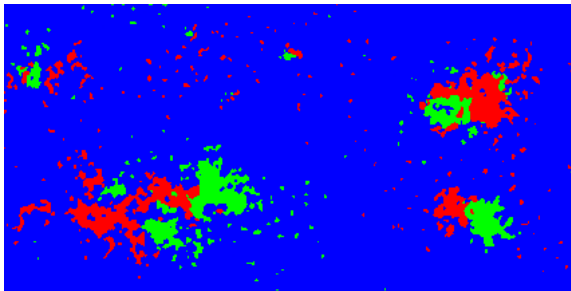


Рис.: Результаты сегментации с помощью альфа-расширения



# Сегментация: вариационное приближение

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольников

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

Если использовать такую модель, то для нее пересчет вариационного приближения выглядит следующим образом:

$$q_i^{new}(I_i) = \frac{1}{C_i} \exp \left( \log(\phi(i, I_i)) - 12 \sum_{t:(i,t) \in \mathcal{E}} \sum_{j \neq i} q_j^{old}(I_j) \right) \quad (4)$$

# Сегментация: вариационное приближение

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

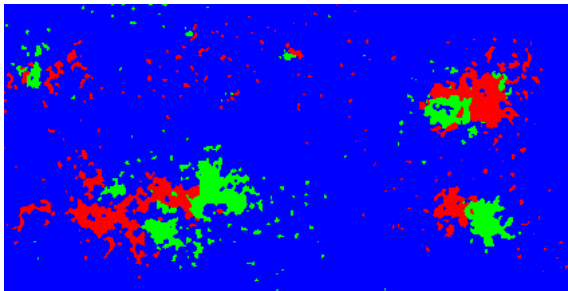


Рис.: Результаты сегментации

# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение  
Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи  
Сегментация  
Поиск ограничивающих прямоугольников  
Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы

# ВВох: постановка задачи

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи  
Сегментация

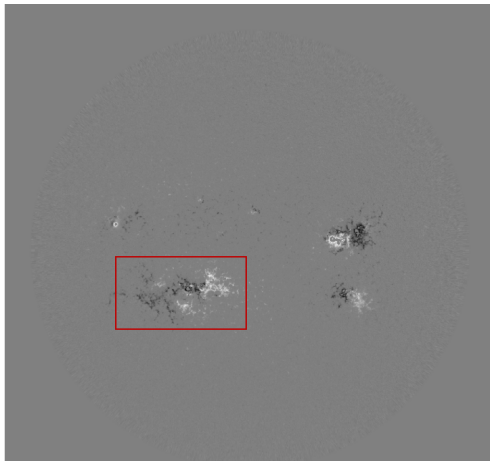
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

Ограничивающий прямоугольник (bounding box) —  
прямоугольник, который ограничивает область, в которой  
достигается максимум функционала.

Но какого?



# ВВох: Выбор функционала 1

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

$$F(R) = \alpha \sum_{i \in R} A_i - \sum_{i \in R} B_i \rightarrow \max_R \quad (5)$$

где  $A_i = q_i(1) + q_i(2)$  и  $B_i = q_i(3)$ .

Кроме того, требуется верхняя граница

- $\hat{F}(R) \geq F(R), \forall R \in \mathcal{R}$ ,
- $\hat{F}(R) = F(R)$ , если  $R$  — единственный элемент  $\mathcal{R}$ ,

Для нашего случая это функция

$\hat{F}(R) = \alpha \sum_{i \in R_{small}} A_i - \sum_{i \in R_{big}} B_i$ , где  $R_{small}$  — наименьший элемент  $\mathcal{R}$

# ВВох: Выбор функционала 2

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи  
Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

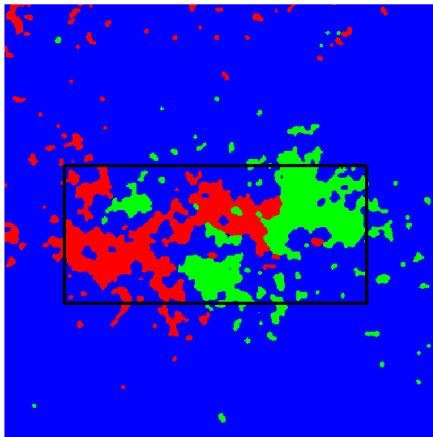


Рис.: Пример ограничивающего бокса

# ВВох: Учет границ 1

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

$$F(R) = \alpha \sum_{i \in R} A_i - \sum_{i \in R} B_i + \beta \sqrt{\text{Area}(R)} \sum_{i \in \text{border of } R} B_i \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \hat{F}(R) = & \alpha \sum_{i \in R_{\text{small}}} A_i - \sum_{i \in R_{\text{big}}} B_i + \\ & \beta \sqrt{\text{Area}(R_{\text{big}})} \left( \max_{R \in \mathbb{R}} \sum_{i \in \text{left border of } R} B_i + \right. \\ & \max_{R \in \mathbb{R}} \sum_{i \in \text{top border of } R} B_i + \max_{R \in \mathbb{R}} \sum_{i \in \text{right border of } R} B_i + \\ & \left. \max_{R \in \mathbb{R}} \sum_{i \in \text{bottom border of } R} B_i \right). \quad (7) \end{aligned}$$

# ВВох: Учет границ 2

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация

Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

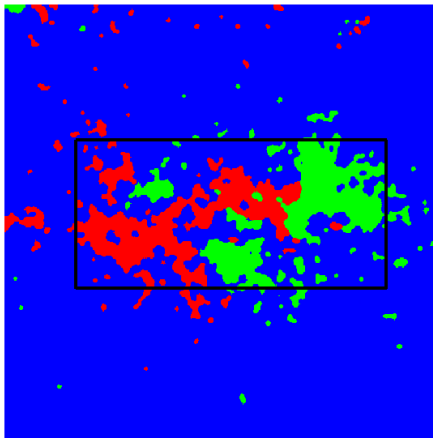


Рис.: Пример ограничивающего бокса



# План

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи  
Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы

## 1 Постановка задачи

## 2 Напоминание или ликбез

Вариационное приближение  
Метод ветвей и границ

## 3 Алгоритм обработки магнитограмм

Постановка задачи  
Сегментация  
Поиск ограничивающих прямоугольников  
Учет информации из видимого спектра

## 4 Дальнейшие направления работы

# Учет информации о положении центров bbox'ов 1

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

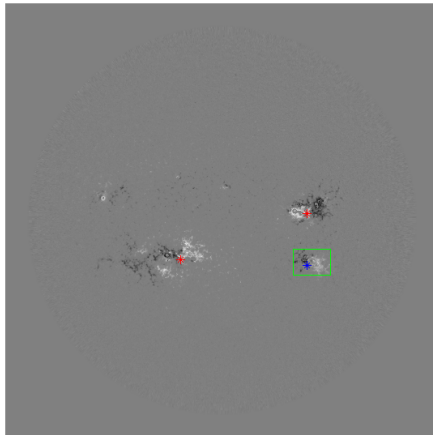
Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы



# Учет информации о положении центров bbox'ов 2

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

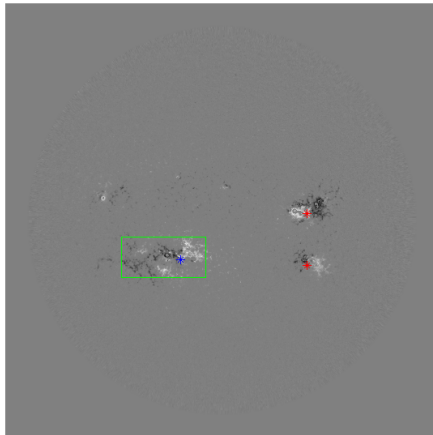
Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Постановка  
задачи

Сегментация  
Поиск ограничи-  
вающих  
прямоугольни-  
ков

Учет  
информации из  
видимого  
спектра

Дальнейшие  
направления  
работы



# Дальнейшие направления работы

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

- Совместить все вместе
- Вычислить все признаки
- Прогнозировать
  - необходимо прогнозировать в двумерном пространстве
  - одномерная регрессия применяется итеративно
- или просто по отдельности?

# Спасибо за внимание

Прогнозирование  
солнечной  
активности.  
Обработка  
магнитограмм.

Лаптев,  
Чернышов,  
Ветров,

Постановка  
задачи

Напоминание  
или ликбез

Алгоритм  
обработки  
магнитограмм

Дальнейшие  
направления  
работы

Спасибо за внимание!