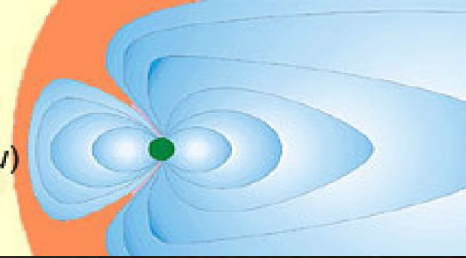


Плазменные процессы в Солнечной системе

(Солнечный ветер: генерация и взаимодействие с Землей и другими планетами)



Получение показателей
масштабирования из данных наземных
наблюдений полярных сияний:
модельные тесты и приложения к
реальным данным

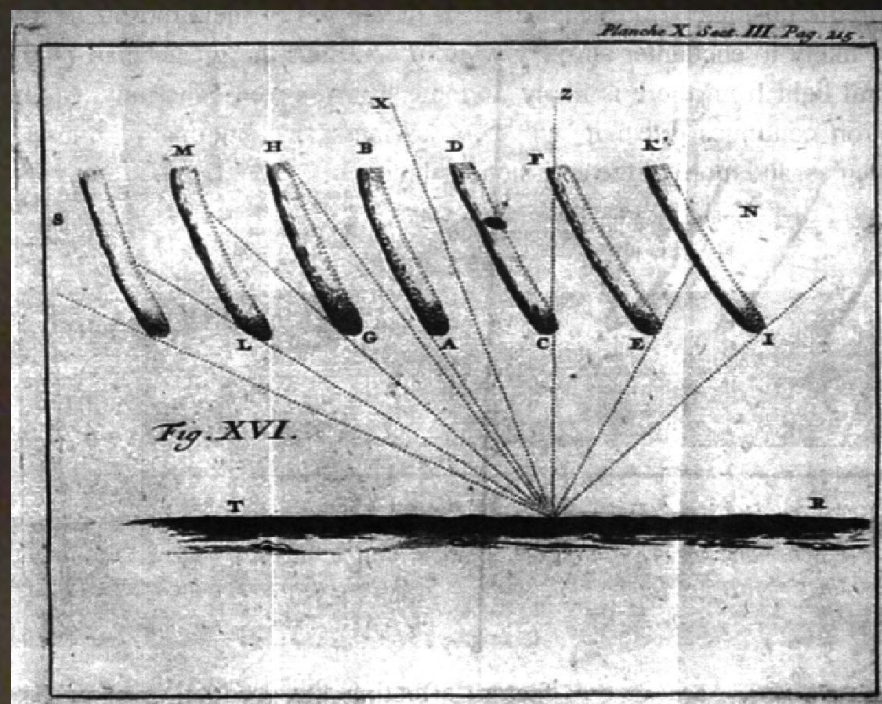
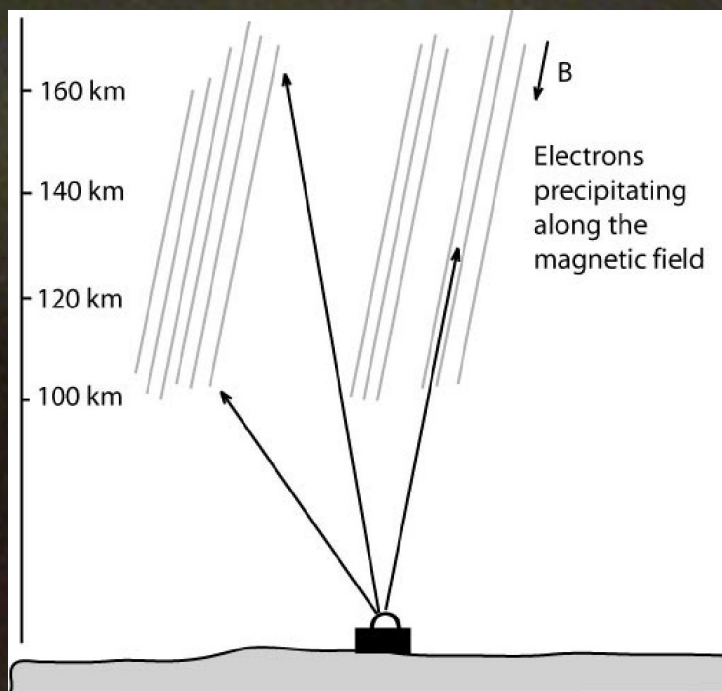
Б.В. Козелов

И.В. Головчанская

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты

Содержание

- Статистическое самоподобие авроральных структур - отражение свойств м.-и. плазмы
- Искажение авроральных структур при наземных наблюдениях
- Численная модель
- Сравнение методов вычисления параметров
- Коррекция параметров в «симметричном» случае
- «Несимметричный» случай
- Примеры приложения к реальным данным



Геометрические искажения поперечных к магнитному полю структур при наземных оптических наблюдениях, справа - из [DeMairan, 1754].

Рассмотрен интересный с практической точки зрения случай наблюдения полярных сияний вблизи магнитного зенита.

Статистическое самоподобие (= масштабная инвариантность) - характерное свойство плазмы.

Численная модель

Пространственное распределение
интенсивности высыпаний
авроральных электронов

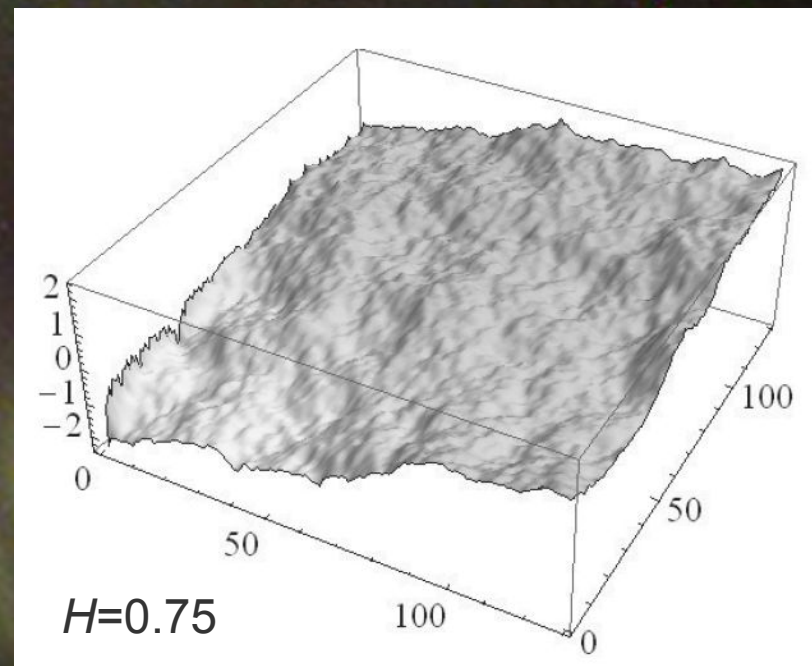
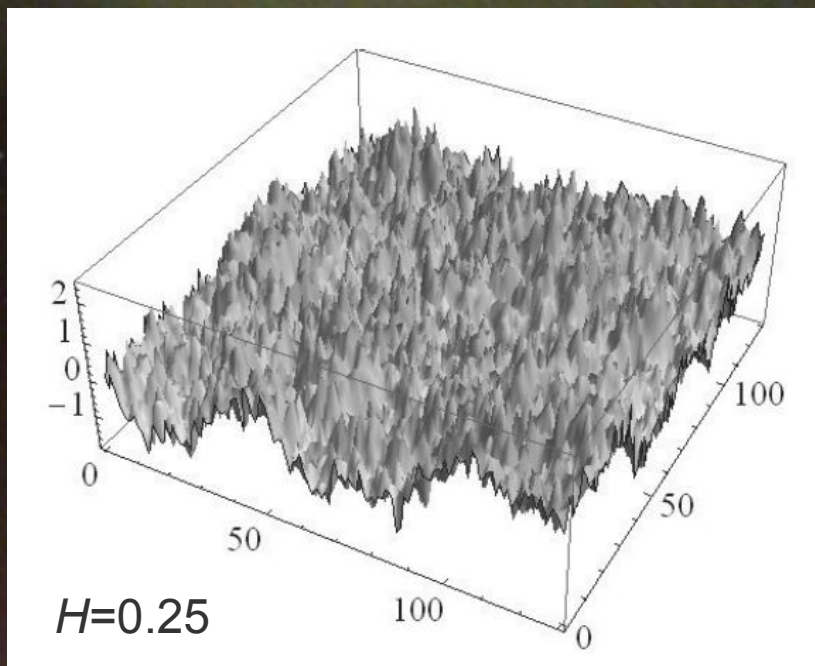
Энергетическое распределение
в высыпающемся потоке частиц

Объемное распределение аврорального свечения

Изображение – аналог наблюдения наземной оптической камерой

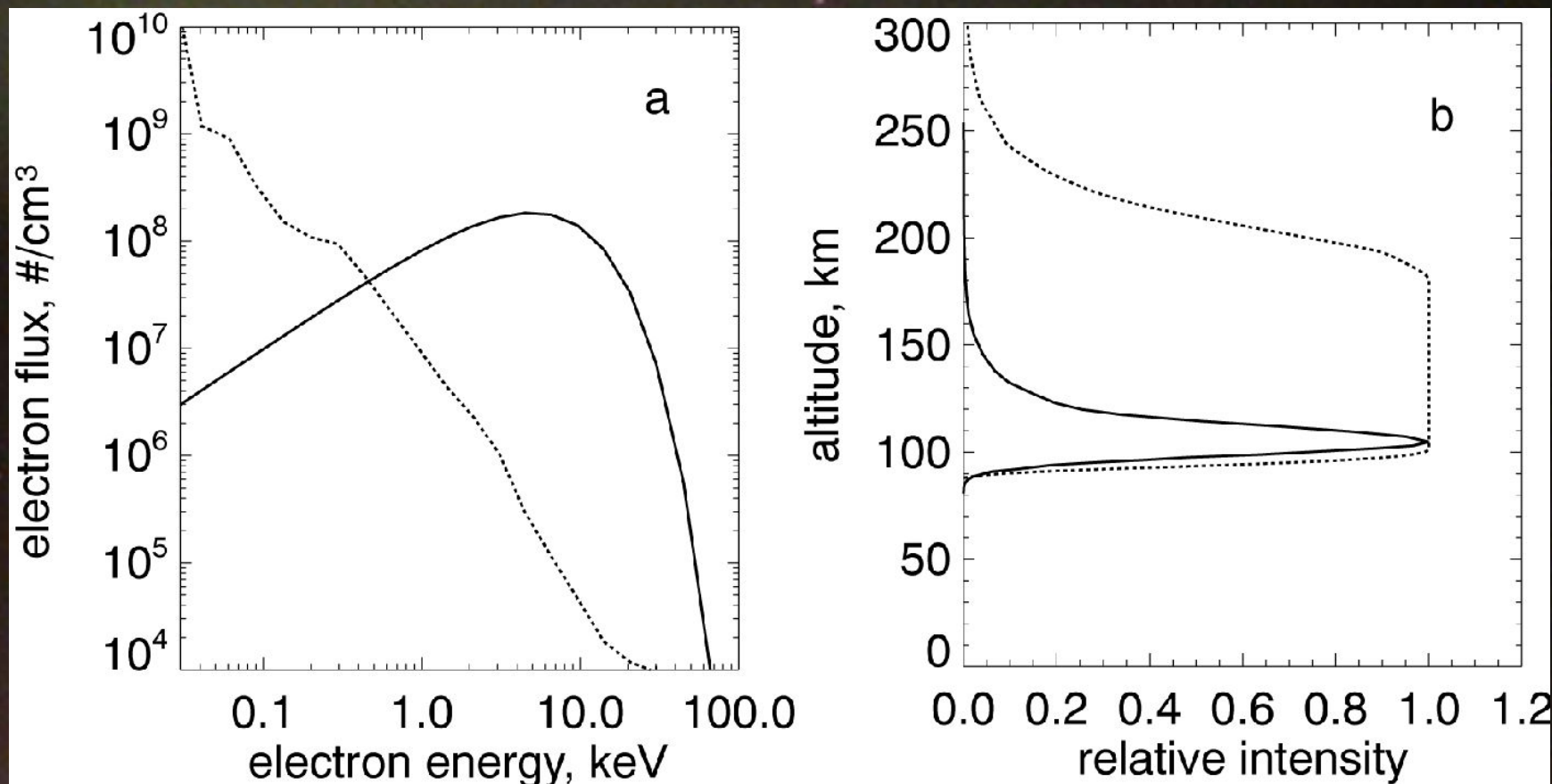
Оценки параметров самоподобия

Пространственное распределение интенсивности высыпаний - фрактальная броуновская поверхность



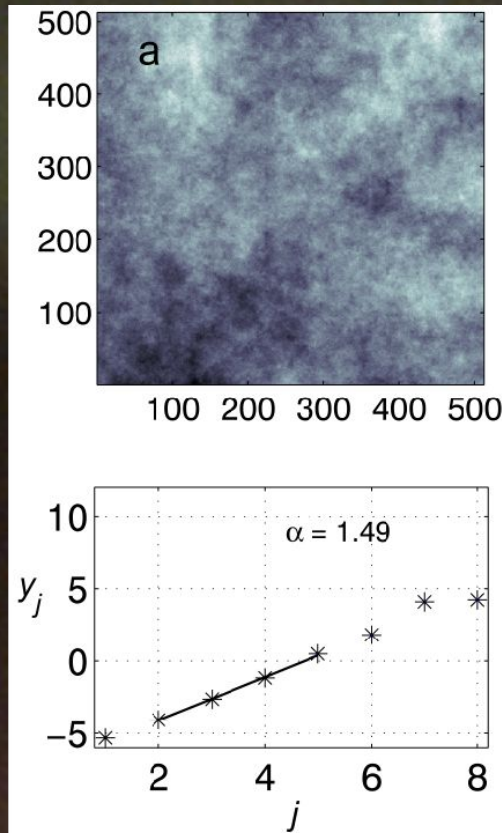
Для обычного броуновского движения направления отклонения равновероятны, параметр Херста $H=0.5$.

Энергетическое распределение в высыпающем потоке частиц

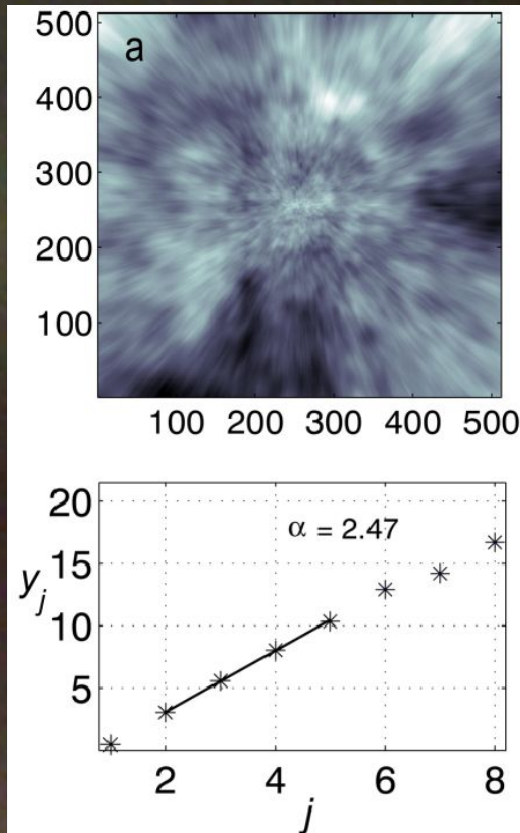


а – сплошная линия – Максвелловское распределение со средней энергией 10 кэВ, пунктир – распределение, спадающее $\sim E^{-2}$;
б – соответствующие высотные распределения аврорального свечения.

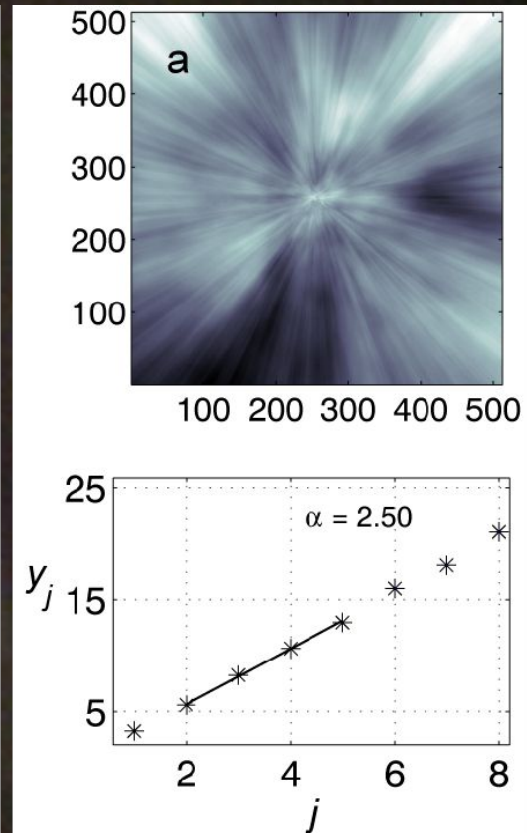
без искажений



«узкий» профиль

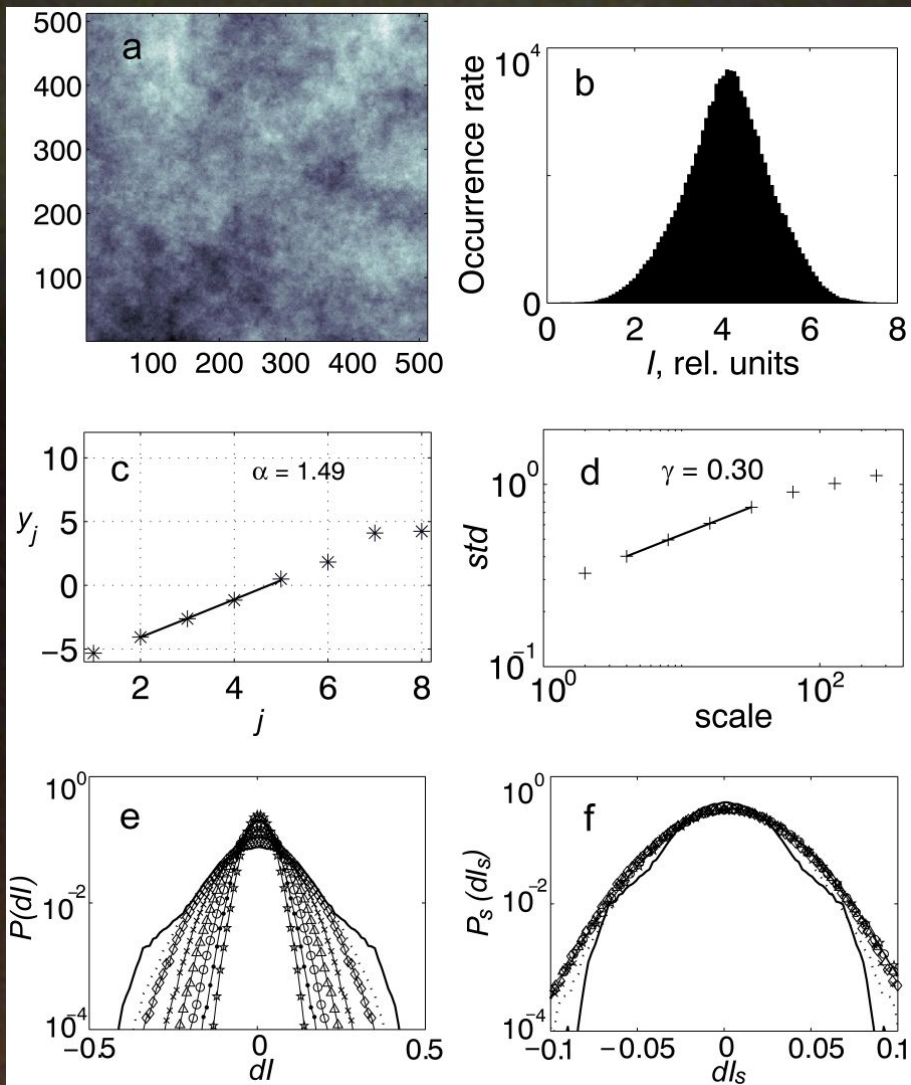


«лучи»

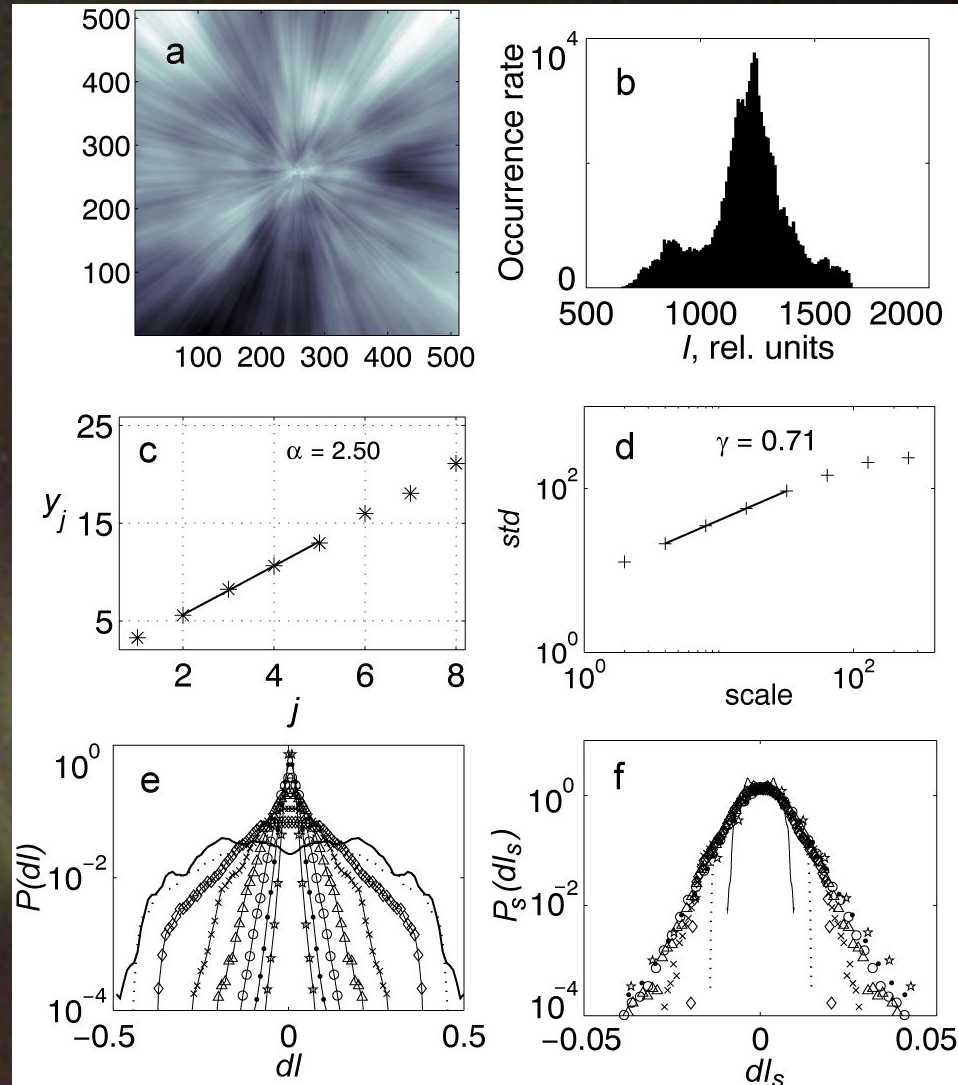


Пример анализа изображений (сверху) методом логарифмических диаграмм (снизу). Слева направо: неискаженная броуновская поверхность с $H=0.3$; искаженное изображения при узком высотном профиле свечения; искаженное изображения при высотном профиле свечения в виде лучей. На диаграммах: j - октава (логарифм пространственного масштаба на изображении в пикселах), y_j – логарифм средней вариации коэффициентов вейвлет-разложения на октаве j .

без искажений

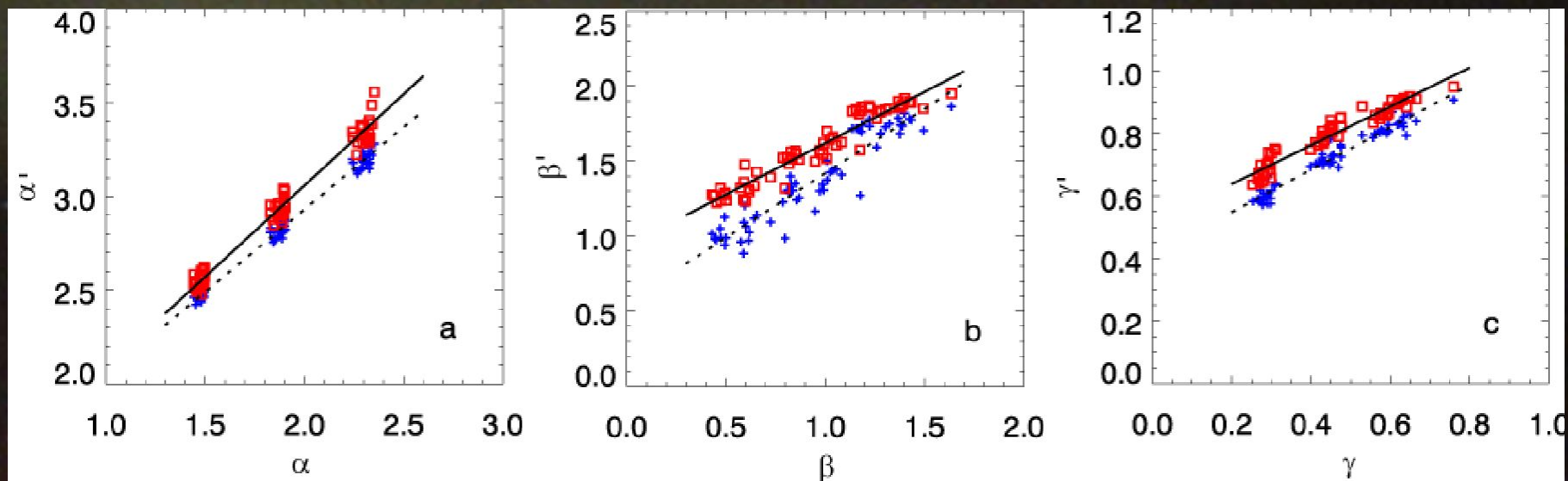


«лучи»



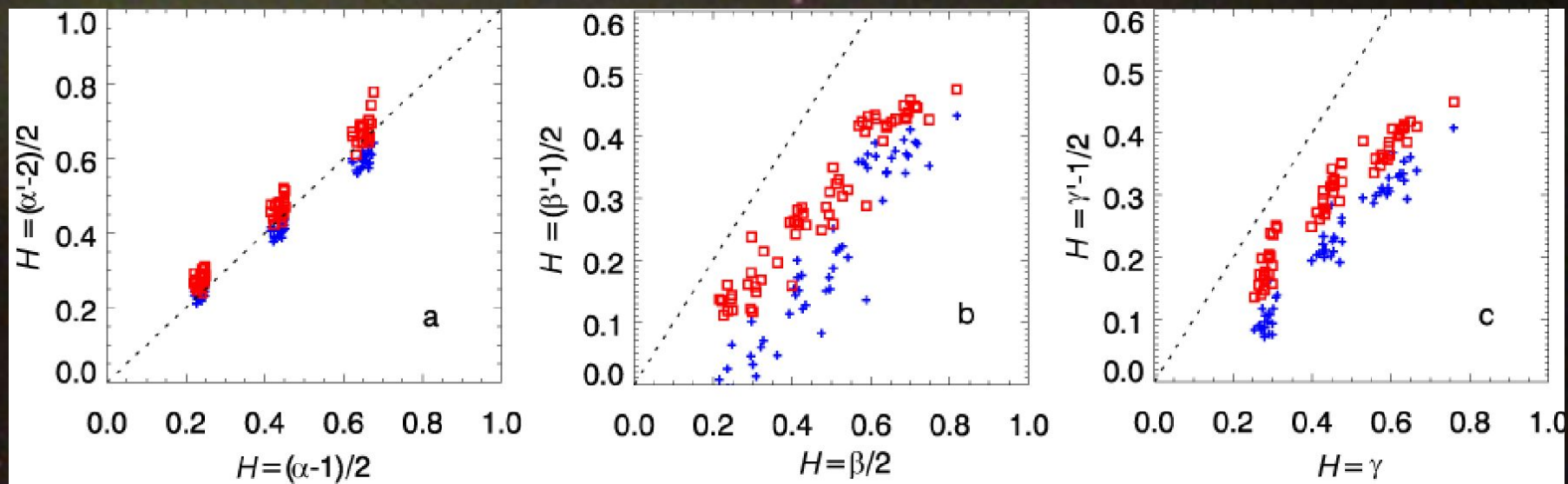
Пример анализа изображений с $H=0.3$

Сравнение методов вычисления параметров



Оценки параметров самоподобия для искаженных изображений в зависимости от параметров неискаженных изображений: а – метод логарифмических диаграмм с использованием вейвлет разложения; б – метод ренормализации; в – параметр масштабирования стандартного отклонения. Крестики (квадраты) соответствуют искажениям при узком (широком) высотном профиле свечения. В каждой группе – 20 реализаций фрактальной Броуновской поверхности.

Коррекция параметров в «симметричном» случае



Восстановленные значения параметра Херста. Величины со штрихами – из искаженных изображений, без штрихов – из неискаженных изображений. Пунктирные линии - теоретические зависимости.

$$H' \approx H + 0.5$$

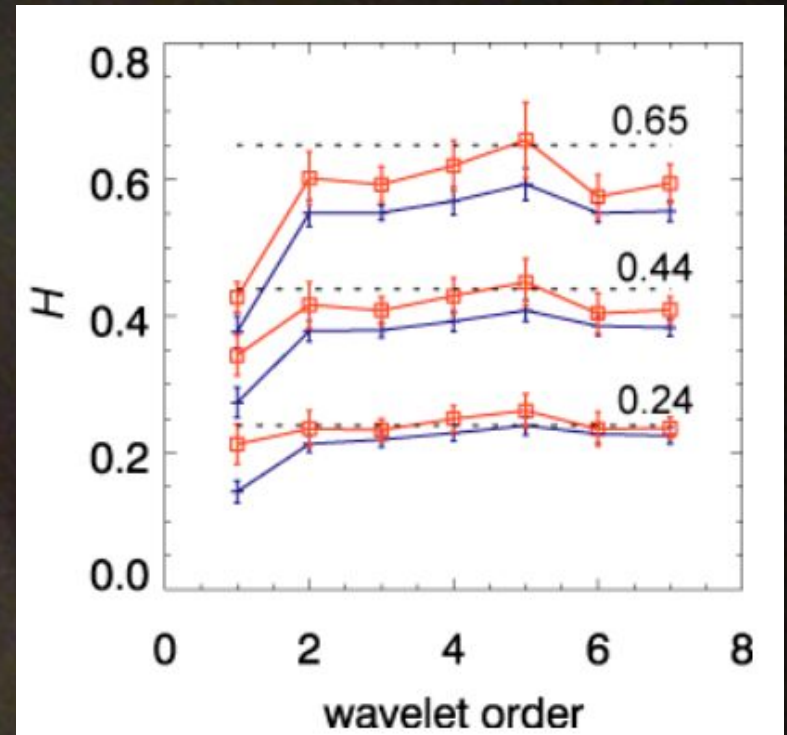
Подробности см. в статье:

B. V. Kozelov and I. V. Golovchanskaya, **Deriving of aurora scaling parameters from ground-based imaging observations: numerical tests.** *J. Geophys. Res.* , 2009JA014484, 2010.

Причина различия методов

Использование вейвлетов Добеши первого порядка в методе логарифмических диаграмм дает заниженные значения, так же, как и два других метода.

Т.е., причина различия - в использованной мультиразрешающей функции.



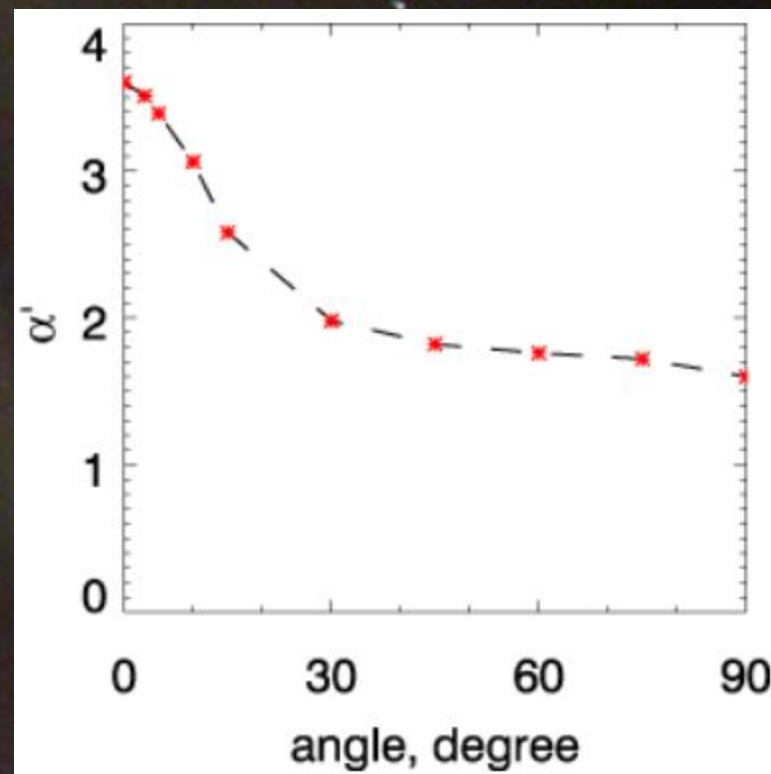
Восстановленные значения параметра Херста в зависимости от степени использованных вейвлетов Добеши. Пунктирные линии - для изображений без искажений.

«Несимметричный» случай

Параметр α' , полученный методом логарифмических диаграмм из 1D сечений “неизотропной” случайной поверхности ($H_x = 1.3$ и $H_y = 0.3$), как функция угла сечения с осью X.

$$H_x = 1.3 \Rightarrow \alpha'(0) = 2.6$$

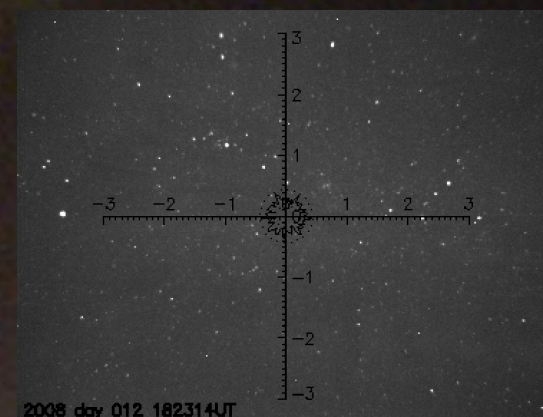
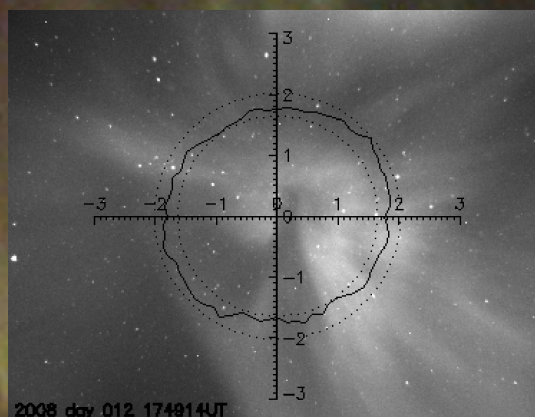
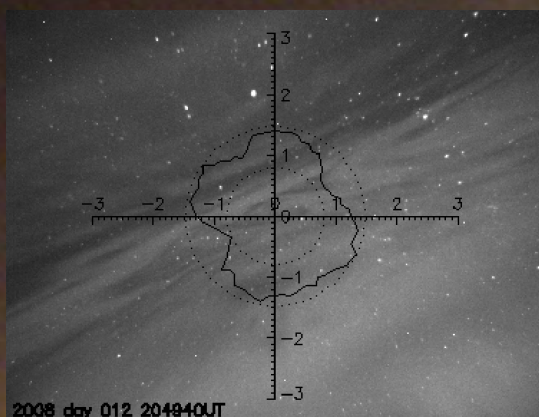
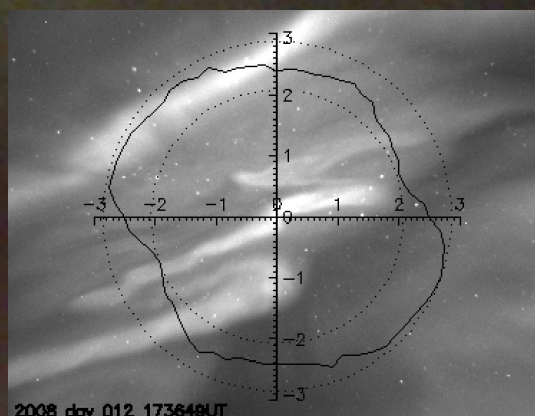
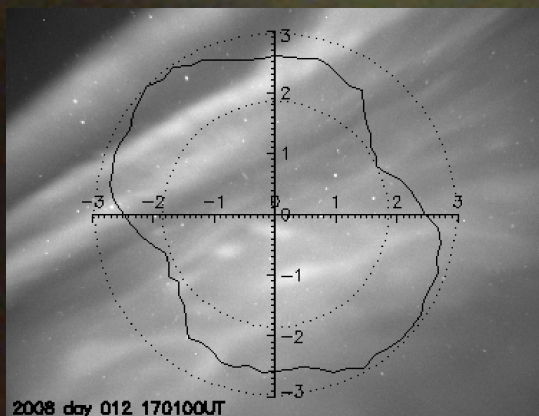
$$H_y = 0.3 \Rightarrow \alpha'(90) = 1.6$$



Примеры приложения к реальным данным



Цифровая камера
AVT Guppy F-044B
(SONY EXview HAD
1/2" CCD ICX429ALL),
кадр 376x288,
экспозиция 1 с.
Поле зрения $\sim 60^\circ$.



Зависимость параметра α' от угла сечения, в полярных координатах.

Дополнительные проблемы

- Звезды -> приходится исключать 2 наименьших масштаба.
- Формула $H' \approx H + 0.5$ неприменима в «несимметричном» случае -> необходимо более детальное рассмотрение
- Высыпания с «разрывами» -> необходимо дополнительное моделирование



Спасибо за внимание!