**Пленарный доклад**

**НЕЛИНЕЙНЫЕ ФРАКТАЛЬНЫЕ МЕРЫ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ В НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ, АСТРОФИЗИКЕ**

З.Ж. Жанабаев1, Н.М.Усипов2, А.Ж. Акниязова3

1 *доктор физико-математических наук, профессор*

2 *магистр технических наук*

3 *магистр естественных наук*

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, 050040, Казахстан*

*\*E-mail:* [*unurzhan55@gmail.com*](mailto:unurzhan55@gmail.com)

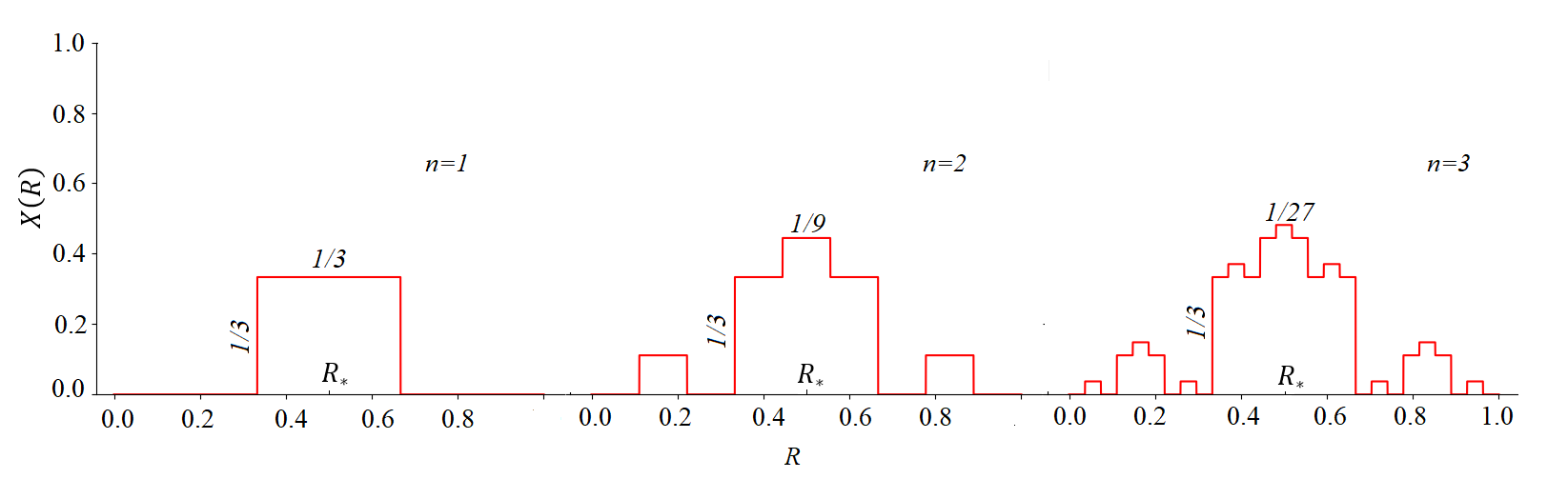
1. **ZhF фрактал и его аналитическая формула**

ZhF фрактал описывается единичной ступенчатой функцией Хевисайда:

Изображение выглядит как текст

Автоматически созданное описание

(1)

Рис. 1. ZhF фрактал с предфракталами порядка

1. **Нелинейная фрактальная мера**

*2.1 В теории расширения Вселенной.*

(2)

-координата галактики, – расстояние до галактики, - точки Лагранжа (нулевой гравитации), ) - разность фрактальных и топологических размерностей.

*2.2 В физике наноструктурированных полупроводников, в наноэлектронике*

(3)

-потенциальная энергия электрона в полупроводнике, - энергетическая ширина запрещенной зоны, U- напряжение внешнего электрического поля.

* 1. *В физике оптического спектра нанопленок фотовольтаики, сенсорики*

(4)

(5)

- коэффициент поглощения фотона фрактальной, пористой нанопленкой, - спектр мощности падающего излучения, – энергия фотона, ) - разность фрактальных и топологических размерностей.

**Примеры результатов теории, сопоставления с наблюдениями.**

*2.1 В теории расширения Вселенной*

|  |  |
| --- | --- |
| Рис. 2. Хаотизация значений с ростом показателя скейлинга при . Число итераций отображения (12) . | Рис.3. Изменение среднеквадратического отклонения по  . , |

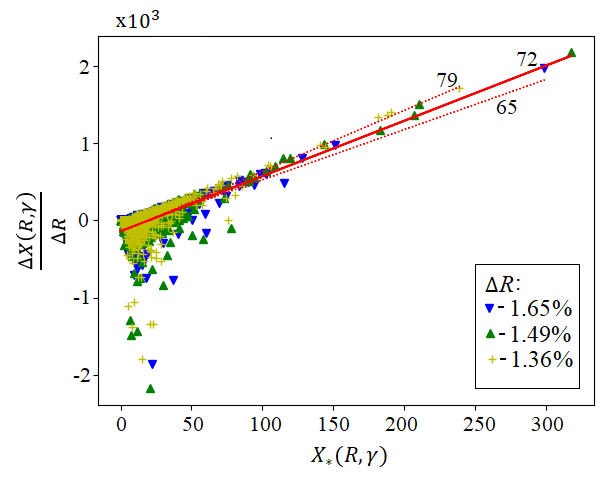
**

Рис. 4. Иллюстрация существования глобального значения параметра Хаббла для . Среднее значение интервала по результатам наблюдений равно с погрешностью около 4%. Значение по настоящей теории при равно , .

*2.2 В физике наноструктурированных полупроводников, в наноэлектронике.*



Рис. 5. Реализация уравнения нелинейной фрактальной меры по формуле (3) при

,



Рис. 6. Вольт-амперная характеристика нанопористой пленки кремния для различных значений γ с учетом фотостимулирования проводимости лазерным излучением с энергией по формуле (4),

Значения γ: - 0.04, ∆ - 0.2, - 0.15, ○ - 0.12, х - 0.09

* 1. *В физике оптического спектра нанопленок фотовольтаики, сенсорики*

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рис. 6. Оптические спектры звезд (слева наблюдение, справа формулы 4, 5). ,

**3. Условная информация, определенная через разность энтропий**

В теории информации взаимная информация определяется по формуле:

(1)

Введенная нами новая мера- условная информация более помехоустойчива в отличии от взаимной информации которая равна нулю при отсутствии корреляции.

Условная информация определяется через разность энтропий:

(2)

В формуле (2) совместная энтропия ансамбля, условная энтропия:

(3)

, (4)

В отличие от взаимной информации условная информация несимметрична относительно перестановки переменных так как

Поделив почленно формулу (2) на (3) получим своеобразный закон сохранения для нормированных значений условных информации и энтропии.

(5)

Связь между информацией и энтропией в виде формулы (5) известна для энтропии Больцмана для равновесного состояния, или в случае выбора в виде постоянных параметров. Мы выбираем условие Y в виде характерных признаков искомого сигнала определяемых из смеси с шумом.

Из формулы (5) следует разность условных информаций

. (6)

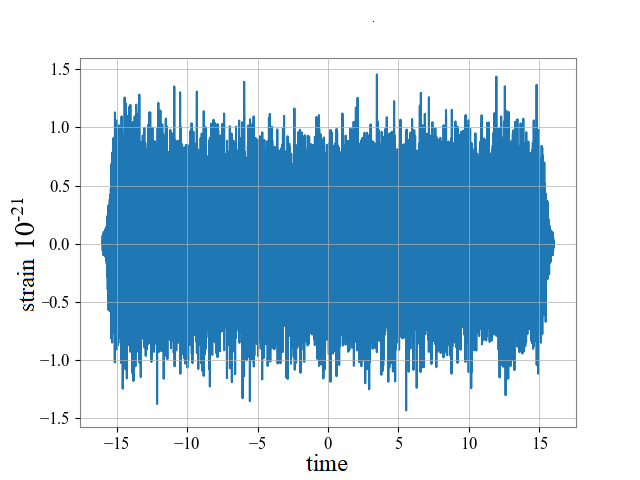


Рис. 7. Cигнал гравитационной волны GW150914

Условная информация сигнала имеет пиковые значения в момент наблюдения GW150914 (рис 8).

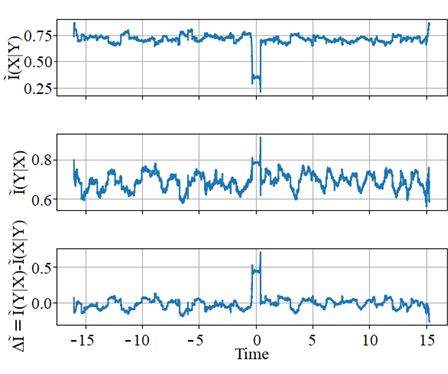


Рис. 8. Информационные критерии события GW150914 (H)

**4.Технические приложения результатов**

Разработанные нами новые методы нелинейной физики могут найти широкое применение для совершенствования наноэлектроники, оптоэлектроники, информационных и телекоммуникационных технологий.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Направление проектов | Новизна |
| 1 | Плазменный резонанс и прыжковая проводимость в наноструктурных металл-оксидных полупроводниках | Резкое возрастание тока при облучении лазером |
| 2 | Газочувствительные сенсоры на наноструктурированных полупроводниках | Теория и технология получения нанопористых металл-оксидных полупроводниковых пленок |
| 3 | Определение отношения сигнал/шум (SNR) при неизвестном уровне шума через условную информацию | Новая теория и электронная схема, основанная на определении отношения информации к энтропии (IER) |
| 4 | Многодиапазонные фрактальные антенны в системе MIMO | Новые алгоритмы на основе условной информации. Определение видов модуляций в системе MIMO |
| 5 | Маршрутизация в беспроводной телекоммуникационной сети | Выбор маршрута условной информацией |
| 6 | Нелинейные фрактальные закономерности спектра газопылевых астрономических объектов | Новые формулы и алгоритмы |
| 7 | Эффективные характеристики пористости, фрактальности солнечных элементов | Теоретически и экспериментально показано существование оптимальной концентрации пор в наноразмерной пленке |

[1] Zhanabaev Z. Z. et al. Electrodynamic characteristics of wire dipole antennas based on fractal curves //Journal of Engineering Science and Technology. – 2019. – Т. 14. – №. 1. – С. 305-320.

[2] Zhanabaev Z. Z., Ussipov N. M., Khokhlov S. A. Scale-invariant and wave nature of the Hubble parameter //Eurasian Physical Technical Journal. – 2021. – Т. 18. – №. 2 (36). – С. 81-89.

[3] Akhtanov S. et al. Centre including eccentricity algorithm for complex networks //Electronics Letters. – 2022. – Т. 58. – №. 7. – С. 283-285.

[4] Meirambekuly N. et al. Dual-band optical imaging system-integrated patch antenna based on anisotropic fractal for earth-observation CubeSats //Ain Shams Engineering Journal. – 2022. – Т. 13. – №. 2. – С. 101560.