АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии PhD по специальности «6D061100 – Физика и астрономия»

Агишев Алдияр Талгатович

Хаотические закономерности характеристик газопылевых звезд и скоплений галактик

Общая характеристика работы

Настоящая работа посвящена исследованию хаотических закономерностей в астрофизических процессах и объектах. Была предложена и апробирована новая методика расчета информационной энтропии и ее нормировка для квазирегулярных, хаотических и стохастических процессов. Предложенным методом произведена количественная классификация звезд с газопылевыми оболочками и молекулярных облаков по степени их порядка и хаоса. Построены соответствующие алгоритмы обработки результатов наблюдений на основе информационно-энтропийных критериев, которые могут быть использованы для описания открытых систем различной природы. По каталогам наблюдательных данных определены фрактальные свойства распределения галактик. Предложена фрактальная модель описания наблюдаемых распределений галактик в расширяющейся Вселенной.

Актуальность темы

В Млечном Пути газ и пыль организованы иерархически и самоподобно, что должно быть следствием турбулентных процессов, порождающих схожие структуры на масштабах от 0,1 до 100 пк, соответственно от плотных ядер до гигантских молекулярных облаков. Образование звезд также проявляет фрактальные черты, обычно наблюдаемые в областях с пространственной иерархией в пределах от нескольких парсек до нескольких килопарсек для так называемых звездных комплексов. Эту сложность можно охарактеризовать различными методами. Некоторые общие методы, такие как оценка массовых или размерных распределений определенных типов объектов (облаков, ядер и кластеров), не всегда точные, поскольку они зависят также от других критериев отличающихся от принятых для определения объектов и их границ. В строго иерархическом сценарии нет характерного пространственного масштаба, который может быть использован для определения какой-либо конкретной структуры.

Изучение механизма кластеризации в распределении молодых звезд молекулярного газа и отдельных областей гигантских молекулярных облаков является одной из ключевых задач астрофизики. Рассматривая каждый из этих структур как можно более последовательно, можно напрямую сравнивать свойства каждого из кластеров как функцию масштаба измерения. Такой подход позволяет сравнивать аналогичные объекты в разных регионах и в разных физических условиях.

Часто считается, что фрактальная размерность, наблюдаемая в межзвездной среде, имеет почти универсальное значение фрактальной размерности около $D=2,3 \pm 0,3$. Такая наблюдаемая универсальность указывает либо на то, что межзвездная структура управляется одними и теми же физическими механизмами всюду, или что различные физические механизмы имеют тенденцию генерировать по существу одни и те же типы структур. Часть проблемы заключается в широком спектре физических процессов, которые могут создавать различные структуры, такие как протозвездные струи и оттоки протозвездных ветров и ионизирующего излучения, расширение областей ионизованного водорода, взрывы сверхновых, столкновения и слияние облаков, взаимодействие галактик и гравитационные неустойчивости. При подобных исследованиях существует ряд проблем, которые до сих пор актуальны. Среди них можно выделить проблему классификации: выделение наблюдаемых характеристик определенного класса объектов или процессов.

Использование новых методов может решить некоторые проблемы, связанные с классификацией по спектрам. Одним из таких направлений в современной астрофизике является использование методов теории динамического хаоса. В качестве количественных характеристик хаоса обычно используют информационную энтропию и фрактальную размерность множества значений физических величин. Данные характеристики применяются для описания свойств иерархических и самоподобных систем.

Однако, до сегодняшнего дня, для описания и оценки турбулентности в молекулярных облаках и протозвездных туманностях не был реализован информационно-энтропийный подход. Можно предположить, что оценка информационной энтропии объектов будет способствовать определению областей самоорганизованного движения. В свою очередь такие области могут характеризоваться наличием, например, аккреционных потоков, приводящих к первичному звездообразованию.

Фрактальная размерность, которая количественно оценивает пространственную однородность распределения, может быть рассчитана как для распределения газа, пыли, так и для целых комплексов звезда образующих участков. Универсальный вид космической «антигравитирующей» силы, повторяющийся на различных масштабах группы, скопления галактик и их кластеров напоминают иерархически вложенную систему. Динамика, создаваемая отталкиванием отдельных групп – кажется вложенной, и аналогична для больших масштабов, вплоть до размеров кластеров. Таким же является определения для фрактальных объектов, когда части целого имеют качественно аналогичные свойства, как и все целое. Эти свойства называются также масштабно-инвариантными.

Известные исследования указывают на сложность классификации таких объектов, как, например, звезды типа Be и B[e]. Связано это в первую очередь с недостаточностью спектроскопических исследований высокого разрешения для каждой из отдельных звезд. Несмотря на большой объем набора данных по звездам класса Be, поиск, определение и выделение таких

звезд все еще остается актуальной задачей. При этом количественная спектральная классификация должна применяться наряду с качественной классификацией и имеет неотъемлемое значение для исследования излучения звезд. При этом считаем возможным использование информационно-энтропийного анализа, так как звездное излучение указанных типов звезд представляет собой хаотический сигнал. Такой метод будет основан на информационно-энтропийных критериях самоорганизации, уставленных З.Ж. Жанабаевым. Преимущество этого подхода состоит в том, что критерии различения классов хаотических и стохастических объектов базируются на фундаментальных теоретических выводах.

Целью работы является качественная и количественная оценка закономерностей наблюдаемых структур в газопылевых звёздах, молекулярных облаках и скоплениях галактик информационно-энтропийным и фрактальным методами по наблюдаемым спектрам и изображениям.

Задачи исследования

1. Определить нормированные информационно-энтропийные критерии нормировки для квазирегулярных, хаотических, стохастических процессов.
2. Сбор наблюдательного материала и проведение радиоастрономических спектральных наблюдений комплекса Орион А и звезд с газопылевыми составляющими.
3. На основе анализа спектральных данных областей звездообразования в молекулярном облаке Орион А, и звезд с газопылевыми составляющими провести количественную классификацию этих объектов информационно-энтропийным методом.
4. Определить фрактальную размерность распределения галактик Местной группы и далеких галактик, расстояния до которых определяются красным смещением в спектрах.
5. Разработать модель расширения Вселенной, основанную на понятие нелинейной фрактальной меры и включающую фрактальную размерность, определенную теорией и по каталогам галактик.

Объекты исследования: спектры оптического и радио излучения молекулярных облаков, звезд, и каталоги галактик.

Предмет исследования: закономерности явлений, происходящих в молекулярных облаках, звездах и галактиках, как следствие проявления свойств масштабной инвариантности (фрактальности) и универсальных информационно-энтропийныйх критериев.

Метод исследования

Для анализа астрофизических спектров теорией динамического хаоса применяются фрактальный, информационно-энтропийный методы обработки зарегистрированных спектров излучения, каталогов галактик. Компьютерный анализ и обработка данных проводятся в средах MatLab, Class, IRAF.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Самоподобные значения информационной энтропии квазирегулярных, хаотических, стохастических сигналов нормируются

соответственно на сумму значений энтропий отдельных компонент дискретных одномерных, двумерных, трехмерных процессов.

2. Информационные и энтропийные критерии для фрактальных, хаотических, стохастических сигналов количественно различают звезды с газопылевыми оболочками, молекулярные, протозвездные облака и скопления галактик по наблюдаемым спектрам.

3. Вокруг галактических образований в пространстве с нулевой гравитацией галактики двигаются хаотически, их положение в глобальном масштабе образуют фрактальное множество с размерностью D=2.465, определенной теоретически и по наблюдениям.

4. Астрофизические наблюдения ускоренного расширения Вселенной описываются масштабно-инвариантной, нелинейной фрактальной моделью, с точностью определения постоянной Хаббла, зависящей от точности определения координаты галактики по соотношению неопределенности для волновых процессов.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые

1. Предложен метод нормировки информационной энтропии квазирегулярных, хаотических, стохастических сигналов на сумму значений одномерных, двумерных, трехмерных энтропий соответственно на примере хаотических отображений различной размерности.

2. Информационно-энтропийным методом, разработанным в работе, проведена качественная и количественная классификация по критериям типов молекулярных облаков, протозвездных туманностей, звезд с газопылевой составляющей по данным полученным на телескопах GBT, IRAM, NSRT, SPM и CFHT.

3. Определена фрактальная размерность D=2.465 скоплений галактик в глобальном масштабе теоретической моделью и по каталогам галактик.

4. Предложена фрактальная модель описания наблюдаемого расширения Вселенной через показатель скейлинга (разность фрактальных и топологических размерностей) $\gamma = D - d = 0.465$ и радиуса нулевой гравитации задаваемого в виде свободного параметра, который не входит в окончательный результат, соответствующий насыщению глобального расширения.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные в работе могут применяться для нормировки информационной энтропии процессов различной природы и степени сложности. Методы нормировки информационной энтропии, предложенные в работе, позволяют количественно определить состояние определенности характеристик процесса и объекта, например отношение сигнал/шум.

Практическая польза полученных в диссертации результатов заключается в возможности оценки внутреннего порядка в хаотических, стохастических сигналах полученных от оптических, радио телескопов, от базы данных астрономических наблюдений. Методы и алгоритмы, предложенные в работе, результаты физического анализа рассмотренных процессов могут применяться для исследования явлений различной природы:

регистрация гравитационных волн, поиск черных дыр, сейсмоактивность Земли и т.д.

Источниками исследования являются оригинальные научные работы, перечисленные в списке использованной литературы.

Личный вклад автора

Данные радиоастрономических наблюдений получены автором во время научно-исследовательской стажировки в Синьцзянской Астрономической Обсерватории (Xinjiang Astronomical Observatory (XAO), Chinese Academy of Sciences – г. Урумчи, КНР) на инструменте NSRT.

Результаты цифрового анализа сигналов, теоретических моделей были получены непосредственно соискателем. Постановка задач и обсуждение полученных результатов проводились совместно с научными консультантами.

Достоверность результатов

Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов и подтверждаются публикациями основных научных результатов в рецензируемых международных и отечественных научных изданиях. Достоверность научных выводов работы подтверждается согласованностью с результатами независимых исследований и выводами, полученными другими авторами.

Апробация работы

Основные результаты, содержащиеся в диссертации, были опубликованы в 16 научных работах, из них:

Статьи с высоким импакт-фактором по базе данных Thomson Reuters или в изданиях, входящих в международную научную базу данных Scopus:

1. Wu G. … Agishev A.T. … et al. A kinematic study of the integral shaped filament: what roles do filaments play in forming young stellar clusters? //Research in Astronomy and Astrophysics. – 2018. – Т. 18. – №. 7. – С. 077.

2. Khokhlov S. A. … Agishev A.T. … et al. Toward Understanding the B [e] Phenomenon. VII. AS 386, a Single-lined Binary with a Candidate Black Hole Component //The Astrophysical Journal. – 2018. – Т. 856. – №. 2. – С. 158.

Статьи в изданиях, рекомендуемых ККСОН образования и науки МОН РК:

1. Бейсебаева А.С., Алдынгурова А.К., Агишев А.Т., Хохлов А.А. Энтропийный анализ пространственного распределения галактик // Журнал проблем эволюции открытых систем. – 2016. – Т.1. – №. 18. – С. 136 – 140.

2. Жанабаев З.Ж., Хохлов С.А., Агишев А.Т. Нормированная энтропия горячих звезд // Журнал проблем эволюции открытых систем. – 2017. – Т.1. – №. 19. – С. 13 – 17.

3. Zhanabaev Z.Zh., Kozhagulov Y.T., Khokhlov S.A., Agishev A.T., Zhexebay D.M. Informational and entropic criteria of self-similarity of fractals and chaotic signals // International Journal of Mathematics and Physics. – 2018. – Vol. 90. – №. 1. – P.90-96.

4. Omar A., Amantayeva A., Bissekenova A., Agishev A.T., Khokhlov S. Information entropy spectra of hot stars // Вестник КазНИТУ. – 2018. – Т.127. – №.3. – С. 465 - 469.

Публикации в сборниках тезисов докладов:

1. Кожагулов Е.Т., Агишев А.Т. Закономерности информационно-энтропийного анализа для иерархических структур // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2015. – С.418.

2. Хохлов С.А., Агишев А.Т. Анализ радиоизлучения солнца методом клеточной энтропии // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2015. – С.500.

3. Жанабаев З.Ж., Хохлов С.А., Агишев А.Т. Фрактально - геометрическое описание диаграммы «расстояние – скорость» для антигравитирующих галактик // III International workshop «Nuclear physics and astrophysics». – Almaty, 2016. – pp. 41-42.

4. Жанабаев З.Ж., Хохлов С.А., Агишев А.Т. Фрактальная топология галактических скоплений // Материалы международной научной конференции СДФФФО-9 "Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование". – Алматы, 2016. – С.190-192.

5. Агишев А.Т., Хохлов А.А. Классификация горячих звезд типа B // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2016. – С.408.

6. Жанабаев З.Ж., Бейсебаева А.С., Хохлов С.А., Агишев А.Т. Классификация горячих звезд на основе информационно – энтропийного анализа // Материалы 10-ой международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент». – Алматы, 2017. – С.40-43.

7. Жанабаев З.Ж., Хохлов С.А., Агишев А.Т. Бифуркационные режимы эволюции нелинейной фрактальной меры // Материалы 10-ой международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент». – Алматы, 2017. – С.44-47.

8. Алимбетова Д.А., Агишев А.Т. Информационная энтропия основного хребта нити интегральной формы скорость-температура в облаке Ориона // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2019. – С.243.

В зарубежных международных конференциях:

1. Zhanabaev Z., Agishev A.T., Zhexebay D.M. Gravitational-wave nature of accelerated extension of the universe // International conference of students and young Scientists in theoretical and experimental physics HEUREKA-2018. – Ukraine, 2018. – pp. G1.

2. Жанабаев З.Ж., Агишев А.Т., Жексебай Д.М. Гравитационно-волновая природа ускоренного расширения Вселенной // Международная научная конференция «Астрономическая школа молодых ученных». – Украина, 2018. – С.27.

Связь темы диссертации с планами научных работ

Разработанные в диссертационной работе методы применяются в реализации заказа МОН РК «Финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам на 2018-2020 годы» по теме: «Информационно-энтропийные технологии многоканальных телекоммуникационных систем и их применения», в соответствии с планами научно-исследовательских работ.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Работа изложена на 111 страницах машинописного текста, иллюстрируется 44 рисунками, приведено 35 формул и 2 таблицы. Список использованных источников содержит 279 наименований.