

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»
(НИЯУ «МИФИ»)

УДК 539.17

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Смещение неидентифицированных источников - излучения в
результатах наблюдений экспериментов EGRET и
FERMI-LAT, являющихся кандидатами на сгустки скрытой
массы находящимися в субгало

Руководитель НИР,

к.ф.-м.н.

_____ К.Б.Белоцкий

Студент

_____ П.А.Бахтин

Москва 2020

Содержание

Введение

1. Введение
2. Формулирование гипотезы предполагаемой для наблюдаемых данных
3. Ассоциирование объектов, наблюдаемых в разных экспериментах
4. Заключительный комментарий

Используемые сокращения и обозначения:

EGRET – Energetic Gamma Ray Experiment Telescope

EGR – EGRET source Catalog Revised

Fermi-LAT – Fermi Gamma-ray Large Area Space Telescope

3FGL – The Third Fermi Large Area Telescope source catalog

AGN – Active Galactic Nuclei

SNRs – Supernova remnants

PWNe – nine pulsar wind nebulae

SNRs – Supernova remnants

SNRs – Supernova remnants

SNRs – Supernova remnants

Введение

Поиски Скрытой массы исторически ведутся уже достаточно существенное время, как и наблюдение за небом в широком спектральном диапазоне. Была теоретически построена целая серия моделей скрытой массы, в которых должны возникать объекты, имеющие достаточно небольшой радиус и значимую интенсивность в γ -диапазоне энергий, которые должны быть наблюдаемы в некотором количестве для любой из моделей ещё в эксперименте EGRET, а затем и в эксперименте FERMI-LAT, а также присутствовать в субгалактики

Чтобы ассоциировать наблюдаемый источник и предполагаемый объект, необходимо наложить на него ограничения, которые было бы возможно наблюдать в экспериментальных данных. В случае γ -источников, наблюдаемых EGRET и FERMI-LAT, таковыми могут быть лишь 3 величины: спектральный индекс (Характеристика спектра), распределение кандидатов в объекты и смещение кандидатов в объекты за время, прошедшее с момента наблюдения источников для каталогов EGR [1] и 3FGL [2].

Именно последний параметр наиболее удобен для того, чтобы отбирать кандидаты в источники. Предполагается построить гипотетическую диаграмму плотностей вероятностей смещения источников на звёздном небе для источников-кандидатов, затем найти неидентифицированные источники, которые с вероятностью больше 3σ будут соответствовать этой гипотезе. Таким способом будут получены источники-кандидаты для дальнейшей проверки их по другим параметрам: характеру спектра, пространственному распределению.

Формулирование гипотезы, предполагаемой для наблюдаемых данных

Распределение скоростей элементов в галактическом гало предположим Максвелловским:

$$F(\vec{V}) = \left(\frac{1}{v * \sqrt{\pi}}\right)^3 * \exp\left(\frac{-V^2}{v^2}\right) \quad (1)$$

При рассмотрении небольшого участка небесной сферы, на который может сместиться сгусток (Не более 5°) [1], будем считать, что мы наблюдаем лишь проекцию этого распределения на плоскость, нормальную к направлению наблюдения. Тогда получаемое распределение скоростей в этой плоскости в приближении, что мы наблюдаем из точки, примерно совпадающей с центром галактики будет считаться как проекция распределения на эту плоскость, и будет выглядеть аналогичным образом:

$$F(\vec{V}) = \left(\frac{1}{v * \sqrt{\pi}}\right)^2 * \exp\left(\frac{-V^2}{v^2}\right) \quad (2)$$

Где вектор

$$\vec{V} = (V_\phi, V_\theta) \quad (3)$$

Будем считать время значимого изменения скорости объекта много меньше времени наблюдения за ним. В этом случае, учитывая время наблюдения $t=17$ лет, несложно строится функция распределения вероятностей смещения по плоскому радиус-вектору с декартовыми координатами ϕ θ - она попросту совпадает со скоростью, которая произведёт смещение на этот радиус-вектор:

$$F(\vec{r}) = \left(\frac{1}{v * t * \sqrt{\pi}}\right)^2 * \exp\left(\frac{-V^2}{v^2}\right) \quad (4)$$

$$\vec{r} = \vec{V} * t \quad (5)$$

В силу изотропности, функция распределения будет иметь вид концентрических окружностей. Однако, мы наблюдаем не абсолютное смещение, а угловое, которое связано также с распределением по величине радиального удаления от нас R . Здесь следует заметить, что распределение скоростей взято такое, как будто для сгустков нет взаимодействия даже гравитационного с прочей массой, т.е. это можно назвать в лучшем случае нулевым приближением. Соответственно, в этом случае, совершенно естественно считать, что и по координате искомые объекты распределены равномерно, то есть:

$$\forall R \in (l_{min}; l_{max}) \quad (6)$$

$$F(l_{max} - R) = 1 - \alpha * R \quad (7)$$

Несложно в этом случае вычислить α , зная из [1] оценку максимального и минимального расстояния разрешения для точечного источника для модели BDE, как той, которая предполагает наименьшее число регистрируемых источников:

$$\alpha = \frac{1}{l_{min}} \quad (8)$$

При этом в сами выражения для этих величин уже добавлена заранее зависимость от массы сгустка, вопрос распределения сгустков по массе также можно разрешить аналогичным способом с распределением по координате, взяв из модели предельные значения размеров сгустков. Для вычисления l_{min} предполагается взять способ вычисления из [1].

Ассоциирование объектов, наблюдаемых в разных экспериментах

Эта часть задачи состоит из проверки для предполагаемого распределения меры соответствия экспериментальным данным о смещении точечных источников γ -излучения. Карты источников в самих каталогах выглядят следующим образом:

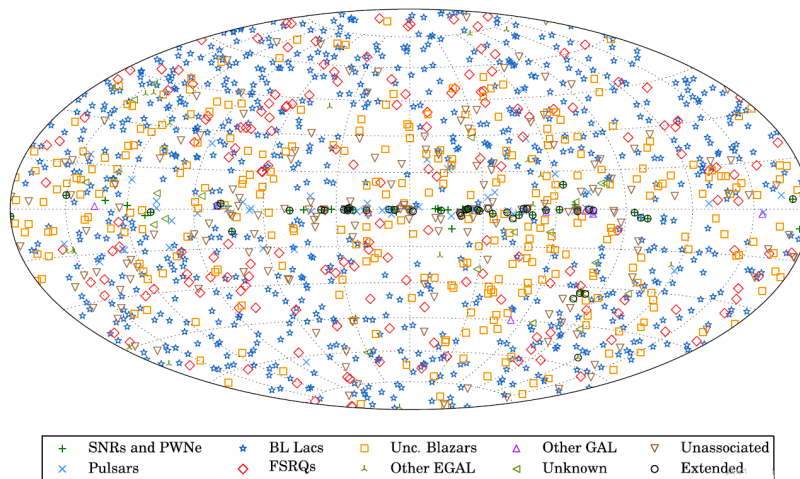


Рис. 1: Карта источников в каталоге 3FGL

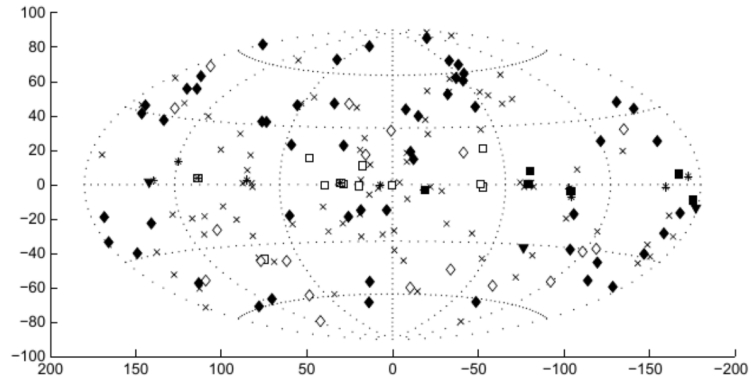


Fig. 13. The revised EGRET source catalog, shown in Galactic coordinates. The symbols indicate the counterpart types found in the error box: identified pulsars as black squares; other ATNF pulsars as open squares; LSI +61 303, LMC, and solar flare as black triangles; ASDC and CGRaBS blazar candidates as black diamonds; other flat-spectrum radio-sources from CRATES as open diamonds; supernova remnants from the Green catalogue as stars; no counterpart as crosses.

Рис. 2: Карта источников EGR

Несложно заметить, что опорными данными, которым будут искааться соответствия, являются результаты эксперимента EGRET, и искать их следует в 3FGL каталоге. Однако, делать это в сущности нет смысла, так как на текущий момент формулирование гипотезы не завершено, поэтому вести речь о подборе статистического критерия для проверки пока не приходится. Следует однако заметить, что в [3], была проведена работа по массовой идентификации неидентифицированных объектов на предмет принадлежности к той или иной части известных объектов, что позволит сократить сложность поиска ассоциированных объектов впятеро используя прямые результаты, а в случае, если удастся применить к данным EGRET то имеется значимый шанс, что процесс анализа значительно облегчится.

Заключительный комментарий Анализ работ, вышедших на основе данных экспериментов EGRET и FERMI-LAT показывает, что проверка аналогичной гипотезы о скрытой массе осуществлялась дважды, в [4] и [5], также был недавно выпущен каталог EGR, как повторный анализ данных, на основе которых был составлен предыдущий каталог ZEG. Следует отметить, что порядок количества находимых во всех случаях γ -источников, которые ассоциируют со сгустками ТМ близок, т.е. дальнейшее развитие и уточнение гипотетического распределения имеет смысл.

Список используемых источников

- [1] A revised catalogue of EGRET -ray sources/Jean-Marc Casandjian and Isabelle A. Grenier// <https://arxiv.org/pdf/0806.0113.pdf>
- [2] 3FHL: The Third Catalog of Hard Fermi-LAT Sources/FERMI collaboration//DOI: 10.3847/1538-4365/aa8221 arXiv:1702.00664 [astro-ph.HE]
- [3] 3FGLzoo. Classifying 3FGL Unassociated Fermi-LAT Gamma-ray Sources by Artificial Neural Networks/ David Salvetti, Graziano Chiaro, Giovanni La Mura, David J. Thompson//accepted for publication in MNRAS - 2017. - DOI: 10.1093/mnras/stx1328, arXiv:1705.09832 [astro-ph.HE]
- [4] Statistics for dark matter subhalo searches in gamma rays from a kinematically constrained population model. I: Fermi-LAT-like telescopes/Gaetan Facchinetti, Julien Lavalle, and Martin Stref// arXiv:2007.10392 [astro-ph.HE]
- [5] Spectral and spatial analysis of the dark matter subhalo candidates among Fermi Large Area Telescope unidentified sources/Javier Coronado-Blázquez [et al.] //DOI: 10.1088/1475-7516/2019/11/045 CarXiv:1910.14429 [astro-ph.HE]