

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

**«Новітні методи та нові знання про будову матерії
у Всесвіті: опрацювання та наповнення бази даних
рентгенівських космічних місій.**

**Етап 1. Обробка та інтерпретація даних вибраних
позагалактичних рентгенівських джерел»**

Науковий керівник: І.Б. Вавилова
Завідувач відділу позагалактичної астрономії
та астроінформатики ГАО НАН України

Обсяг фінансування – 150 тис. грн.

Мета роботи:

- Створення та наповнення бази даних рентгенівських космічних місій, спостережні інструменти яких мають найкращу роздільну та просторову здатність;
- Обробка та інтерпретація даних для подальшого аналізу фізичних характеристик галактичних і позагалактичних рентгенівських джерел.

Основні результати роботи та їхня новизна:

- Розроблено оригінальні математичні методи моделювання даних і обробки зображень позагалактичних джерел, що дозволило значно покращити точність автоматичної морфологічної класифікації галактик і побудови профілів яскравості/температури рентгенівських галактик.
- Створено базу даних рентгенівських скупчень галактик, спостережуваних космічними телескопами **Свіфт, Сузаку, XMM-Ньютон, Чандра та Н'юСтар і Інтеграл**. База даних поповнилася новими даними і використовується для побудови акумульованих профілів густини температури, світності і розподілу профілів густини баріонної/прихованої маси цих скупчень галактик.

Основні результати роботи та їхня новизна:

- Проаналізовано розподіл лінії розпаду темної матерії на енергії 3.5 кеВ в спостереженнях центральних частин нашої Галактики та галактики Андромеди, досліджених в рамках проекту побудови карти неба в рентгенівському діапазоні.
- Розроблено методи дослідження зони уникнення Молочного Шляху з метою реконструкції великомасштабного розподілу галактик, яке закриває зона поглинання Молочного Шляху, з урахуванням даних в Х-, ІЧ-, радіо- діапазонах.
- 22 публікації, 1 нова база даних

Скупчення галактик і галактики з активними ядрами за даними космічних місій у рентгенівському діапазоні. Нові методи і нові бази даних

- Була доповнена база даних результатів обробки спостережень, отриманих за допомогою рентгенівських космічних місій [Suzaku](#), [XMM-Newton](#), [Chandra](#) і [NuStar](#)
- З цією метою було проаналізовано близько тисячі спостережень в рентгенівському діапазоні. Обробка даних проводилася з використанням найновіших версій програмного забезпечення відповідних космічних місій та найновіших моделей і калібровочних бібліотек.





















Фрагмент створенної бази даних для скупчень галактик (110 джерел) та галактик і груп галактик (40 джерел). Більш детально з даними можна ознайомитися за посиланням <https://ancient-sands-40156.herokuapp.com/>.

THE REJECT DATABASE

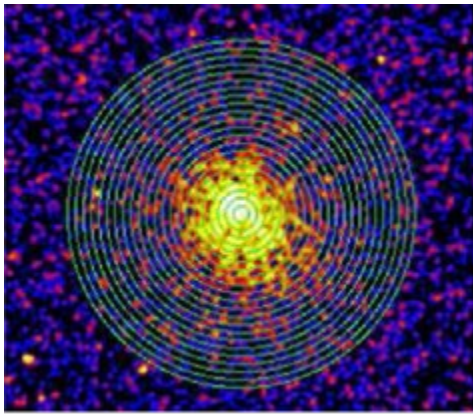
Department of Physics and Astronomy, University of Waterloo

You are logged in. You have database access permission.

Important: Click [here](#) for column information on the projected and deprojected csv files.

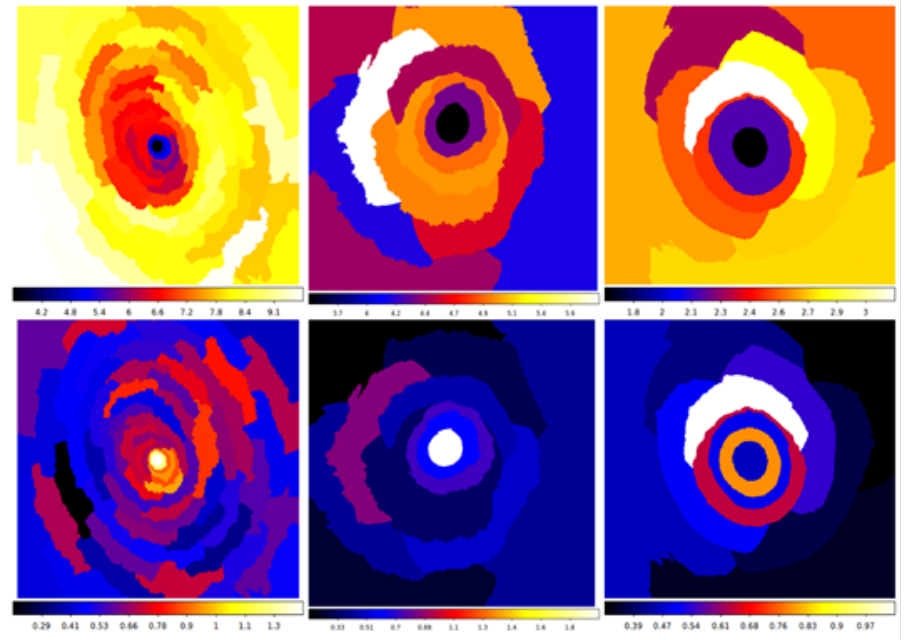
	Object	RA (J2000)	DEC (J2000)	z	Projected Profile	Deprojected Profile	Reference
1	IC1262	17h33m02.0s	+43d45m35s	0.032649			Babyk et al. 2018b
2	IC1459	22h57m10.6s	-36d27m44s	0.006011			Babyk et al. 2018b
3	IC4296	13h36m39.0s	-33d57m57s	0.012465			Babyk et al. 2018b
4	NGC1316	03h22m41.7s	-37d12m30s	0.005871			Babyk et al. 2018b
5	NGC1332	03h26m17.2s	-21d20m07s	0.005084			Babyk et al. 2018b
6	NGC1399	03h38m29.0s	-35d27m02s	0.004753			Babyk et al. 2018b
7	NGC1404	03h38m51.9s	-35d35m40s	0.006494			Babyk et al. 2018b
8	NGC1407	03h40m11.8s	-18d34m48s	0.005934			Babyk et al. 2018b
9	NGC1550	04h19m37.9s	+02d24m34s	0.012389			Babyk et al. 2018b
10	NGC3091	10h00m14.3s	-19d38m13s	0.013222			Babyk et al. 2018b

Новий підхід до аналізу рентгенівських даних в центральних частинах скупчень галактик: розбиття на концентричні кільця, контурне розбиття, хвильковий аналіз



Зображення скупчення галактик A2029 у діапазоні енергій 0.5-7.0 кеВ при розбитті на концентричні кільця навколо його центру для подальшого розрахунку профілів розподілу фізичних параметрів

Карти розподілу температури (верхній ряд) і металічності (нижній ряд) скупчень галактик A2029, A2107, and A2151(ліворуч праворуч), отримані методом контурного розбиття.

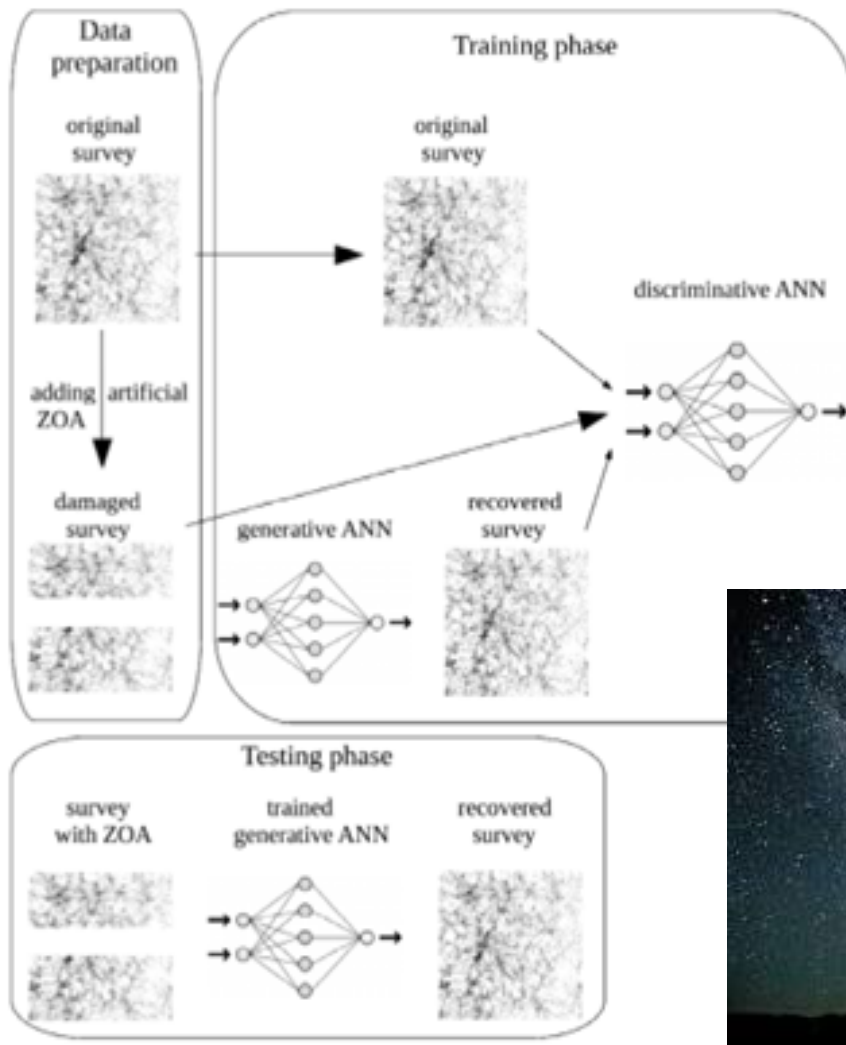


Новий підхід до аналізу рентгенівських даних в центральних частинах скупчень галактик: розбиття на концентричні кільця, контурне розбиття, хвильковий аналіз

Алгоритм виокремлення підструктури в зображеннях джерел за допомогою хвилькового аналізу можна коротко описати таким чином:

- 1) визначення центру зображення скупчення галактик;
- 2) нормалізація даних за допомогою лінійного перетворення в діапазон $[-1, 1]$, що дає радіус аналізованого поля $R_f = 1$;
- 3) пошук за шкалою хвильки за допомогою формули Мексиканського капелюха: $F(r, a) = (2 - r^2 / a^2) \exp(-r^2 / a^2)$, де a – масштаб хвильки, r – відстань між центром зображення і точкою (x, y) , де розраховується Мексиканський капелюх;
- 4) аналіз суперпозицій Мексиканського капелюха на мережі $N \times N$ пікселів, яка замінила розподіл координат компонентів скупчення галактик, з якого йде рентгенівське випромінювання;
- 5) вибір масштабу хвильки a обумовлений критерієм, що найменший масштаб $a = 0.01R_f$ може відповідати окремим галактикам або областям внутрішньокластерного газу, тоді як шкала $a = 0.25R_f$ може відповідати центральній частині скупчення галактик, особливо у випадку багатих скупчень галактик Ейбела;
- 6) перевірка результатів, використовуючи зокрема моделювання Монте-Карло.

Методи дослідження зони уникнення Молочного Шляху з метою реконструкції великомасштабного розподілу галактик, яке закриває зона поглинання Молочного Шляху



Пропонується новий “алгоритм штопання зони уникнення” і загальна схема GAN в якості додаткової платформи машинного навчання для відновлення просторового розподілу галактик за зоною уникнення Чумацького Шляху нашої Галактики

Схема підготовки даних, фази тренування та тестування для відновлення ZoA методом GAN.

Вхід являє собою набір фіктивних оглядів, з яких штучний ZoA був створений для навчання GAN. Generative ANN використовується для відновлення огляду ZoA на етапі тестування



ВИСНОВКИ

- Роботу за договором виконано в повному обсязі.
- За результатами досліджень підготовлено 22 публікації, з яких **опубліковано 14 наукових статей** у реферованих виданнях, **прийнято до друку 6 статей і 1 розділ в іноземній монографії**, **подано до друку 1 статтю (до журналу КНіТ)**.
- Результати досліджень доповідалися на 8 міжнародних і всеукраїнських конференціях.
- **Створена у 2016-2017 роках база даних позагалактичних рентгенівських джерел доповнена новими посиланнями 2018 року.**
- Розроблено оригінальні математичні методи моделювання даних і обробки зображень позагалактичних джерел, що дозволило значно покращити точність автоматичної морфологічної класифікації галактик і побудови профілів яскравості/температури рентгенівських галактик та відтворювати структуру Всесвіту за зоною уникнення Молочного Шляху.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!