

# استخراج خودکار جتهای رادیویی هسته‌های کهکشانی فعال از تصاویر رادیویی

محسن جواهریان<sup>1</sup>، حلیمه میرآقایی<sup>1</sup>

<sup>1</sup> مرکز تحقیقات نجوم و اخترفیزیک مراغه، دانشگاه مراغه، 553-55136، مراغه، ایران

## چکیده

ریختشناسی تصاویر کهکشانه‌های رادیویی میتواند توصیف جامعی برای تکامل و شکلگیری کهکشانه‌ها ارائه دهد. در این پژوهش تلاش کردیم که با استفاده از روشهای پردازش تصویر به قطع‌بندی خودکار تصاویر رادیویی بپردازیم. نمونه‌های از کهکشانه‌های رادیویی فنروف-رایلی نوع یک و دو برای این کار انتخاب شدند. الگوریتم قطع‌بندی مبتنی بر هیستوگرام شدت و روش کی-میانگین روی تصاویر رادیویی از دو مساحتی FIRST و LOTSS اعمال گردید. نتایج قطع‌بندی برای کهکشانه‌های فنروف-رایلی نوع یک و دو با هم مقایسه شده‌اند. در نهایت، روش برآوردگر بیشینه درستی نشان داد که تابع توزیع اندازه‌ی قطعه‌های استخراجی برای هر دو نوع کهکشان رادیویی از قانون توانی پیروی میکند.

## Automatic Extracting Radioactive Jets of Active Galactic Nuclei from Radio Images

Mohsen Javaherian<sup>1</sup>, Halime Miraghaei<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute for Astronomy and Astrophysics of Maragha, University of Maragheh, 55136-553, Maragheh, Iran

## Abstract

The morphology of radio galaxy images can provide a comprehensive description of the construction and formation of galaxies. In this research, we tried to segment radio images automatically using image processing methods. A sample of Fanaroff-Riley (FR) radio galaxies of types I and II are selected for this. The intensity histogram-based approach with the  $k$ -means algorithm is applied to the radio images extracted from FIRST and LOTSS. The segmentation results for the Fenoroff-Riley galaxies type one and two are compared. Finally, the method of maximum likelihood estimator shows that the size-distribution function of the extracted segments follows the power-law model for both types of radio galaxies.

## مقدمه

مطالعه، بررسی، و تحلیل فعالیت هسته‌های کهکشانه‌ها و نحوه‌ی ساختار بندی و عوامل مؤثر بر روی آنها و همچنین بازخورد گنشی آن با محیط اطراف کهکشان بخش بسیار قابل ملاحظه‌ای در واکاوی کهکشانه‌ها در عالم از کیهان نخستین تا به اکنون است. تحقیقات پیشین نشان میدهد که خصیصه‌ی محیط یکی از نقشه‌های اساسی را در تشکیل جتهای رادیویی بازی میکند [1]. به علاوه، تمرکز روی ریختشناسی جتهای رادیویی شاید بتواند به تبیین و تفسیر عمیقتر این موضوع کمک شایانی نماید. کهکشانه‌های رادیویی از لحاظ ظاهری و به طور کلاسیک به دو طبقه‌ی اصلی کهکشانه‌های فنروف-رایلی نوع یک و دو دسته‌بندی میشوند [2]. در نوع یک، درخشندگی بیشینه نزدیکتر به مرکز کهکشان است. در حالی که، در نوع دو، قلعه‌ی درخشندگی در راستای جت به لبه نزدیکتر است. علاوه بر این دسته‌بندی، کهکشانه‌های رادیویی نوع یک و دو هر یک بر اساس سایر زیرساختارها در شکل ظاهری خود میتوانند برجسبگذاری بشوند. برای مثال، کهکشانه‌های رادیویی نوع یک با انتهای خمیده که جتهای خمیده دارند، عموماً در محیطهای با چگالی بالای

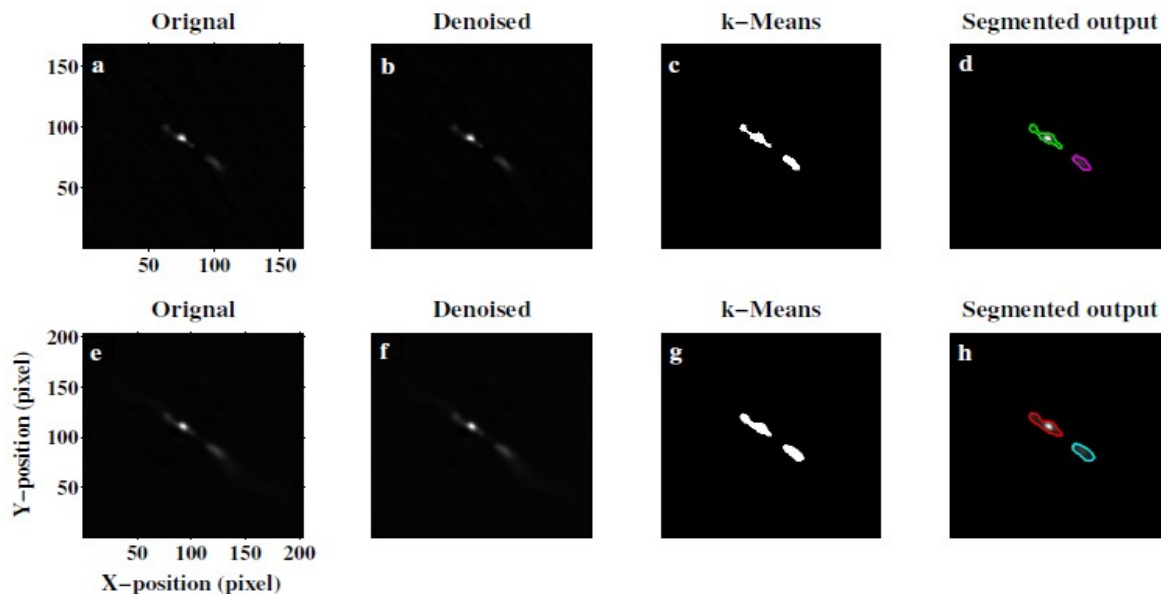
کهکشان مثل خوشه‌های کهکشانی یافت می‌شوند [3]. بنابراین، مطالعه‌ی ریختشناسانه‌ی کهکشان‌های رادیویی می‌تواند اطلاعات مهمی از محیط اطراف کهکشان به ما ارائه دهد. در این پژوهش ما به چگونگی استخراج پارامترهای ریختشناسی جته‌های رادیویی و تابع توزیع اندازه‌ی آن‌ها پرداختیم. با استفاده از پارامترهای بیشتری از ریختشناسی کهکشانها در آینده‌ی نزدیک می‌توان تعریفی برای تقارن ارائه کرد. در مطالعات پیشین از میزان درخشندگی، موقعیت و اندازه و جهتگیری آنها برای تعیین عدم تقارن استفاده شده است [4 و 5 و 6].

### نمونه‌ی آماری کهکشانها

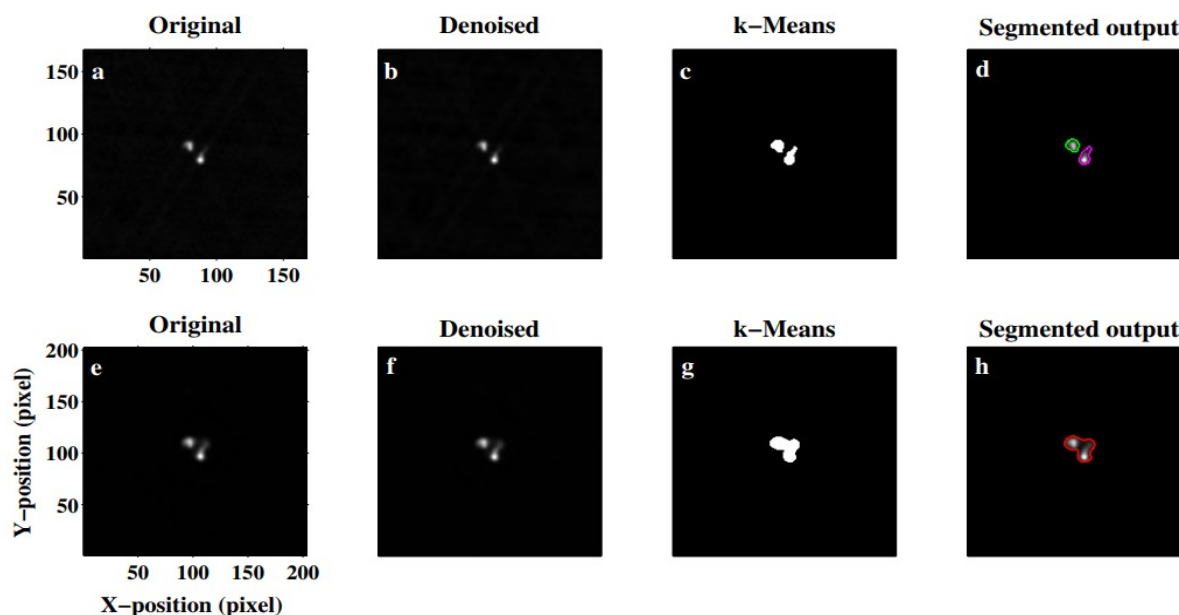
نمونه‌ی کهکشان رادیویی مورد مطالعه از دو کاتالوگ [7] و [8] گرفته شده است. کاتالوگ [7] بر پایه‌ی داده‌های مساحی NVSS و FIRST ساخته شده است و شامل ۱۳۲۹ کهکشان رادیویی گسترده است. کاتالوگ دو بر اساس داده‌های تازه منتشر شده LoTSS سری اول ساخته شده است که شامل ۵۸۰۵ کهکشان رادیویی گسترده می‌شود. در این پژوهش، این دو کاتالوگ با هم مقایسه شده و تنها چشمه‌های مشترک موجود در هر دو استفاده شده است. نتیجه‌ی آن شامل 67 کهکشان رادیویی نوع یک و دو است که در هر دو کاتالوگ موجود هستند. در هر دو کاتالوگ، کهکشانهای نوع یک، دو، هیبرید و ... مشخص شده‌اند. از آنجاییکه داده‌های دو کاتالوگ ذکر شده کیفیت متفاوتی دارند تفاوتی در نوع دسته‌بندیها وجود دارد که در همی موارد شامل کهکشانی‌هایی است که اندازه‌ی کوچکی داشته و بنابراین خطای ناشی از وضوح کم تصاویر تأثیر گذار بوده است. این تفاوتها در مطالعه‌ی ما تأثیری نخواهد داشت زیرا که برای استخراج چشمه‌های رادیویی هیچ استفاده‌ای از تقسیم‌بندی این کهکشانها نشده است و الگوریتم مستقل از نوع کهکشان رادیویی است. وضوح تصاویر کاتالوگ [7] - ۵ ثانیه‌ی کمانی و کاتالوگ [8] - ۶ ثانیه‌ی کمانی است. بنابراین، تقریباً تصاویر مشابه هستند. از آنجا که کاتالوگ [7] در فرکانس ۱.۴ گیگا هرتز و کاتالوگ [8] در فرکانس ۱۵۰ مگاهرتز رصد شده است، ساختارهای بیشتری در فرکانس پایین قابل مشاهده است. علاوه بر آن، حساسیت رصدها در کاتالوگ [8] تا چند برابر بیشتر از کاتالوگ [7] است که این خود منجر به آشکارسازی ساختارهای کم نور و پخششده‌ی بیشتری در آن می‌شود.

### روش پردازش داده‌ها

تحلیل تصاویر شامل مراحل زیر است: ۱. پیش پردازش: در این مرحله ابتدا مرکز تصاویر رادیویی منطبق بر مرکز کهکشان اپتیکی قرار می‌گیرد. درخشندگی تصویر به میزان درخشندگی پیشینه بهنجار میشود و برای کاهش میزان نوفه‌ی تصاویر، عمل حذف نوفه روی تصاویر اعمال میشود. ۲. قطع‌بندی که شامل دو مرحله‌ی زیر میشود: در مرحله‌ی نخست، آستانه‌ی درخشندگی توسط بازه‌ی دوم هیستوگرام درخشندگی بهنجار تعیین میشود و سپس بیکسل‌های بازه‌ی نخست درخشندگی در این مرحله از قطع‌بندی حذف میشود. این بازه شامل تعداد زیادی از بیکسل‌های تاریک تصویر هستند که نقشی در کهکشان رادیویی ندارند. سپس، قطع‌های کمتر از 16 بیکسل دور ریخته میشوند (آستانه‌گذاری روی اندازه). مرحله‌ی دوم شامل روش خوشه‌بندی کی-میانگین است که بیکسل‌های مرتبط با این روش از پیشزمینه جدا میشوند [9]. همچنین، در دو نمونه از کهکشانها، قطع‌های با فاصله‌ی زیاد و غیر مرتبط به چشمه‌ی اصلی کنار گذاشته شده‌اند. مراحل قطع‌بندی یک نمونه از کهکشان نوع یک که در دو کاتالوگ نیز وجود داشته در شکل 1 آماده است. مشابه همین روند برای یک کهکشان رادیویی نوع دو در شکل 2 آمده است.



شکل 1: مراحل مختلف پردازش داده‌های تصویر یک کهکشان رادیویی فنروف-رایلی نوع یک با وضوح کاتالوگ [7] (ردیف بالا) و وضوح کاتالوگ [8] (ردیف پایین). ستون‌های 1 تا 4 به ترتیب تصویر اصلی، تصویر با حذف نوفه، تصویر قطع‌بندی با روش کی-میانگین، و خروجی نهایی را نشان می‌دهد.

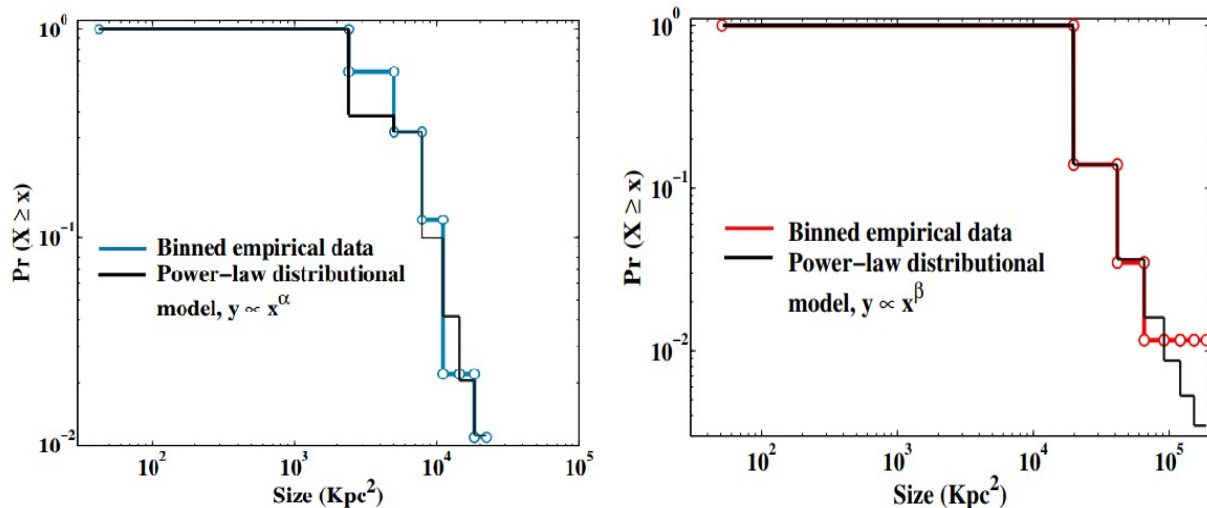


شکل 2: مراحل مختلف پردازش داده‌های تصویر یک کهکشان رادیویی فنروف-رایلی نوع دو با وضوح کاتالوگ [7] (ردیف بالا) و وضوح کاتالوگ [8] (ردیف پایین). ستون‌های 1 تا 4 به ترتیب تصویر اصلی، تصویر با حذف نوفه، تصویر قطع‌بندی با روش کی-میانگین، و خروجی نهایی را نشان می‌دهد.

## نتیجه‌گیری

با استخراج قطع‌بندی کهکشان‌های رادیویی فنروف-رایلی نوع یک و دو، تابع توزیع اندازه‌های هر دو نوع کهکشان با داده‌های وضوح کاتالوگ [7] (شکل 3، قاب چپ) و همان کهکشانها با وضوح کاتالوگ [8] (شکل 3، قاب راست) با واحد کیلوپارسک در نمایش لگاریتمی رسم گردیده است. سپس، با استفاده از روش پیشینه‌ی برآوردگر درست‌نمایی [10] مدل‌های توانی را به توابع توزیع

برازش میدهم. همانطور که در شکل 3 مشاهده میشود، شیب نمای تابع توزیع برای قطعه‌های استخراجی داده‌های کهکشانی با وضوح بالا ( $\beta = -0.55$ ) بیشتر از شیب نمای داده‌های با وضوح پایین ( $\alpha = -0.38$ ) است که این خود بیانگر این موضوع است که جزییات بیشتری با دقت بالاتر از تصاویر با وضوح بالاتر استخراج شده‌اند. مدل تابع توانی برازش یافته نیز خود گویای مقیاس آزاد بودن اندازه‌های کهکشانی است. این بدین معنی است که کهکشانیها خود در هر اندازه‌های فارغ از مقیاس در حال شکلگیری هستند. در کارهای آینده، ما علاقمند به استخراج دیگر پارامترهای ریختشناسی همچون خروج از مرکز، جهتگیری نسبت به مرکز کهکشان با استفاده از گشتاورهای تصویر هستیم.



شکل 3: تابع توزیع احتمالی اندازه‌ی قطعه‌های استخراجی در نمایش لگاریتمی برای کهکشانی‌ها با وضوح کاتالوگ [7] (قاب چپ) و همان کهکشانی‌ها با وضوح کاتالوگ [8] (قاب راست). نماهای تابع توزیع توانی برازش یافته برای قطعه‌های استخراجی کهکشانی‌های رادیویی فنروف-رایلی شامل هر دو نوع یک و دو به ترتیب  $\alpha = -0.38$  و  $\beta = -0.55$  به دست می‌آید.

## مرجعها

- [1] J. Sabater and P.N. Best, and M. Argudo-Fernandez; “Effect of the interactions and environment on nuclear activity”, *MNRAS*, **430**, (2013) 638
- [2] B. L. Fanarof and J. M. Riley; “The morphology of extragalactic radio sources of high and low luminosity”, *MNRAS*, **167**, (1974) 31P
- [3] E. Golden-Marx, E. L. Blanton, R. Paterno-Mahler, et al; “The High-redshift Clusters Occupied by Bent Radio AGN (COBRA) Survey: Radio Source Properties”, *ApJ*, **907**, (2021) 65
- [4] R. A. Laing, P. Parma, H. R. de Ruiter, and R. Fanti; “Asymmetries in the jets of weak radio galaxies”, *MNRAS*, **306**, (1999) 513
- [5] L. Lara, G. Giovannini, W. D. Cotton, et al.; “A new sample of large angular size radio galaxies. III. Statistics and evolution of the grown population”, *A&A*, **421**, (2004) 899
- [6] S. Hocuk and P. D. Barthel; “The asymmetric radio structure and record jet of giant quasar 4C 34.47”, *A&A*, **523**, (2010) A9
- [7] H. Miraghaei and P. N. Best; “The nuclear properties and extended morphologies of powerful radio galaxies: the roles of host galaxy and environment”, *MNRAS*, **466**, (2017) 4346
- [8] T. W. Shimwell, C. Tasse, M. J. Hardcastle, et al.; “The LOFAR Two-metre Sky Survey. II. First data release”, *A&A*, **622**, (2019) A1
- [9] M. Yousefzadeh, M. Javaherian, and H. Safari; “Segmentation of Photospheric Solar Images by Using  $c$ -Means,  $k$ -Means, and FCM Algorithms”, *IJAA*, **2**, (2015) 69
- [10] A. Clauset, C. R. Shalizi, and M. E. J. Newman; “Power-law distributions in empirical data”, *SIAM Review*, **51**, (2009) 661