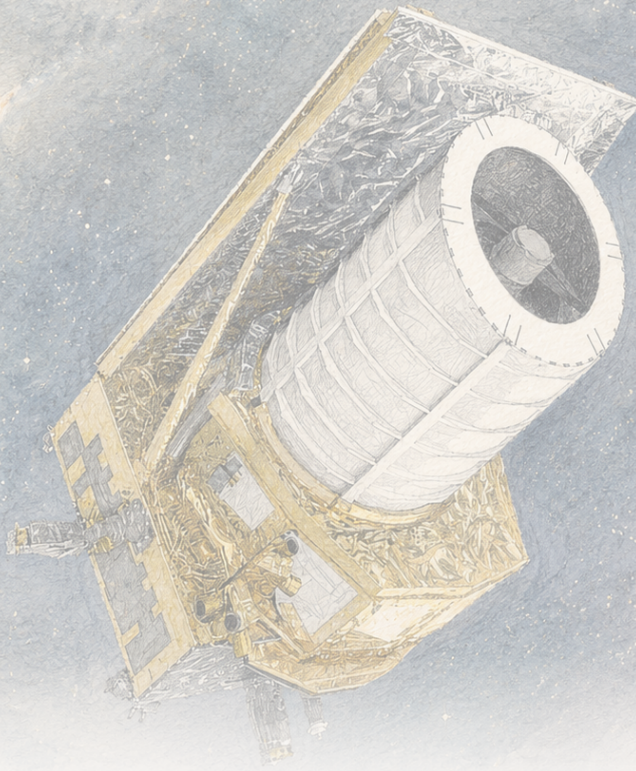




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

اقلیدس نمونه کوچک اختروش‌های فراتر از انتقال به سرخ ۷ را بیش از دو برابر کرد

در یک سال و نیم نخست پیمایش گسترده اقلیدس، جست‌وجویی در حدود ۳۰۰۰ درجه مربع ۳۱ اختروش جدید در انتقال به سرخ ۶٫۶ تا ۷٫۸ پیدا کرد. دوازده مورد در انتقال به سرخ ۷ یا بالاترند و تعداد اندک موارد شناخته شده پیش از اقلیدس را بیش از دو برابر می‌کنند؛ یکی نیز در انتقال به سرخ ۷٫۷۷ اکنون دورترین اختروش ثبت شده است. پیشرفت اصلی آن رکورد منفرد نیست، که فقط مرزی را که سال‌ها نزدیک انتقال به سرخ ۷٫۵ بود اندکی جلو می‌برد؛ بلکه توان پیمایش برای یافتن انبوه این اجرام نادر و عمدتاً کم‌نور است، همان چیزی که آن‌ها را به کاوشگرانی مفید برای کیهان‌جوان تبدیل می‌کند. این نتیجه‌ای اولیه است و تحلیل آماری کامل و بخش زیادی از تأیید طیف‌سنجی هنوز در راه‌اند.

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

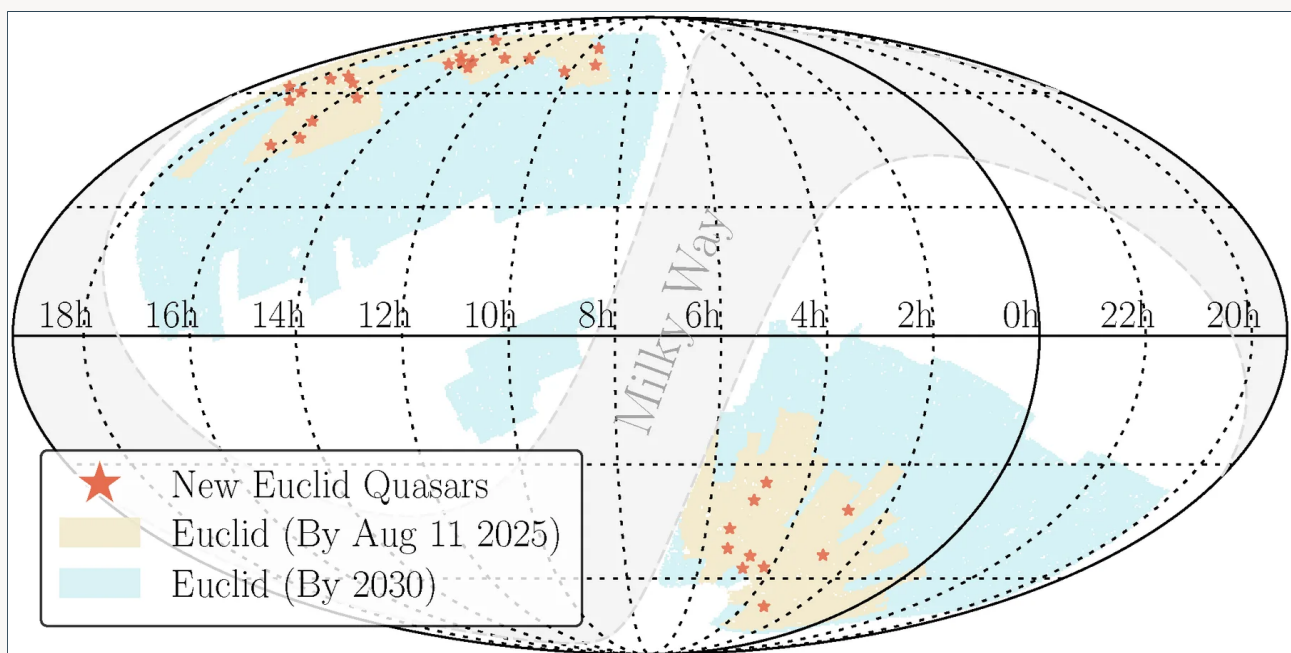
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 8.7$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 6361/202658883-1051/0004.10

پیمایشی که برای یافتن چیزهای نادر ساخته شده بود، حالا دسته‌ای از آن‌ها را پیدا کرده است

یک اخترش سیاه‌چاله‌ای کلان‌جرم است که در حال تغذیه دیده می‌شود؛ هنگام بلعیدن گاز چنان درخشان می‌تابد که می‌تواند از کل کهکشان میزبان خود پرنورتر باشد. چون اخترش‌ها از درخشان‌ترین منابع پایدار کیهان‌اند، مانند چراغ‌های راهنما عمل می‌کنند: اگر یکی را به اندازه کافی دور پیدا کنید، نورش به چراغی تبدیل می‌شود که پشت میلیاردها سال فضای میان‌راهی گرفته شده است.

دورترین اخترش‌ها – آن‌هایی که نورشان زمانی راه افتاد که سن کیهان کمتر از یک میلیارد سال بود – نادرترین‌ها نیز هستند. پیش از آغاز پیمایش اصلی تلسکوپ فضایی اقلیدس، تنها حدود ۹ مورد از آن‌ها در انتقال به سرخ بالاتر از ۷ تأیید شده بود؛ شماری که از نخستین کشف چنین جرمی در سال ۲۰۱۱ به آرامی ساخته شده بود.

در مقاله‌ای تازه در *Astrophysics & Astronomy*، همکاری اقلیدس از ۳۱ اخترش جدید در بازه انتقال به سرخ ۶٫۶ تا ۷٫۸ گزارش می‌دهد که فقط در یک سال و نیم نخست پیمایش پیدا شده‌اند. دوازده مورد از آن‌ها در انتقال به سرخ ۷ یا بالاتر قرار دارند. همین یک مرحله، جمعیت شناخته‌شده در آن انتقال به سرخ‌ها را بیش از دو برابر کرد. این داستانِ توان یک پیمایش است، و ارزش دارد دقیق باشیم که این نتیجه چه معنایی دارد و چه معنایی ندارد.



ناحیه‌ای از پیمایش گسترده اقلیدس که تاکنون پوشش داده شده است (بُز)، در برابر کل محدوده‌ای که تا سال ۲۰۳۰ برنامه‌ریزی شده (فیروزه‌ای)، همراه با ۳۱ اخترش تازه کشف شده با انتقال به سرخ بالا که با قرمز مشخص شده‌اند. این‌ها فقط از نخستین بخش پیمایشی می‌آیند که قرار است در نهایت حدود ۱۴۰۰۰ درجه مربع را نقشه‌برداری کند – داستانِ توان پیمایش در یک تصویر.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 0.4

Euclid made the small $z \geq 7$ sample visibly larger

The point is not 'the first quasars'; it is a sparse high-redshift census getting less sparse.



Boundary: a bigger census of rare high-redshift quasars, not a claim about the first objects in the Universe.

پیش از اقلیدس، حدود ۹ اختروش در انتقال به سرخ بالاتر از ۷ شناخته شده بود (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴). همین مرحله اولیه ۱۲ مورد دیگر افزود — «دو برابر شدن» به شکلی عینی، آن هم برای نمونه‌ای که هنوز کوچک است.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 0.4

چرا اختروش‌هایی در این فاصله ارزش این همه زحمت را دارند

انتقال به سرخ اندازه می‌گیرد که انبساط کیهان در مسیر رسیدن نور یک منبع به ما، طول موج آن را تا چه اندازه کشیده است؛ انتقال به سرخ بیشتر یعنی نوری قدیمی‌تر و کیهانی جوان‌تر. در انتقال به سرخ ۷، به زمانی کمتر از یک میلیارد سال پس از مه‌بانگ نگاه می‌کنیم، یعنی به بخش پایانی دوره بازیوش، زمانی که نخستین اجرام درخشان مه هیدروژن خنثی پرکننده فضای اولیه را یونیده می‌کردند.

انتقال به سرخ چیست و چرا هم‌زمان هم فاصله است و هم ساعت

سرخ‌تر و بلندتر موج‌های طول به چقدر ما به رسیدن زمان تا منبع یک نور می‌دهد نشان انتقال به سرخ تازه‌اند: واژگان این اگر چیزی هر پس می‌کند، حرکت ثابتی سرعت با نور نخست، می‌کنند. مفید بسیار را واحد عدد این نکته دو است. شده کشیده سراسر در کیهان چون دوم، گذشته. به کردن نگاه یعنی فضا اعماق به کردن نگاه — می‌شود دیده نیز گذشته در باشد دور که بزرگ‌تر انتقال به سرخ بنابراین می‌شود. کشیده بیشتر نور باشد طولانی‌تر سفر هر چه است، بوده انبساط حال در نور حرکت مسیر از نوری یعنی اینجا در ۷ انتقال به سرخ است. افتاده راه بود جوان‌تر کیهان که زمانی و دورتر فاصله‌ای از زودتر، که نوری یعنی کیهان. کنونی سن یک‌دهم از کمتر بسیار — مه‌بانگ از پس سال میلیارد یک از کمتر زمانی

اختروش‌های این دوره به دو دلیل جداگانه مفیدند. نخست، هریک از آن‌ها از پیش میزبان سیاه‌چاله‌ای با جرمی از صدها میلیون تا میلیارد‌ها برابر جرم خورشید است. رشد چیزی تا این اندازه سنگین در چنین زمان کوتاهی دشوار است: با محدودیت‌های معمول بر

سرعت برافزایش سیاه‌چاله، تنها «بذرهای» نسبتاً پرچرم وقت کافی دارند تا در چند صد میلیون سال موجود به چنین جرم‌هایی برسند. بنابراین صرف وجود و سرشماری این اجرام، چگونگی شکل‌گیری و رشد نخستین سیاه‌چاله‌های کلان‌جرم را محدود می‌کند. دوم، نور اخترشوش هنگام عبور از محیط میان‌کهکشانی اطراف، اثری از میزان خنثی بودن آن گاز با خود حمل می‌کند؛ در نتیجه هر اخترشوش کاوشگری برای خود بازیونش است.

مشکل این است که این اجرام فوق‌العاده نادر و یافتنشان بسیار دشوار است. در چنین انتقال به سرخ‌هایی، قوی‌ترین ویژگی اخترشوش یعنی شکست لایمن-آلفا از ناحیه مرئی به فروسرخ نزدیک کشیده می‌شود؛ بنابراین برای پیدا کردن آن‌ها باید تصویربرداری عمیق فروسرخ نزدیک را در ناحیه‌ای بزرگ انجام داد — تقریباً یک اخترشوش در هر صد درجه مربع تا حد روشنایی مورد نظر. ترکیب «عمیق و گسترده در فروسرخ نزدیک» از سطح زمین دقیقاً همان چیزی است که انجامش به شدت دشوار و پرهزینه بوده است. اقلیدس برای پر کردن همین شکاف ساخته شد.

اقلیدس واقعاً چه کرد

اقلیدس تلسکوپ فضایی ۱٫۲ متری است که یک پیمایش شش ساله را اجرا می‌کند و قرار است حدود ۱۴۰۰۰ درجه مربع از آسمان را هم در نور مرئی و هم در فروسرخ نزدیک نقشه‌برداری کند. قرار داشتن بالای جو به آن اجازه می‌دهد در میدان دیدی گسترده به عمقی برسد که پیمایش‌های فروسرخ نزدیک زمینی نمی‌توانند با آن برابری کنند. این مقاله از داده‌هایی استفاده می‌کند که در حدود یک سال و نیم نخست پیمایش جمع‌آوری شده‌اند — حدود ۳۰۰۰ درجه مربع که از فوریه ۲۰۲۴ تا اوت ۲۰۲۵ مشاهده شده‌اند.

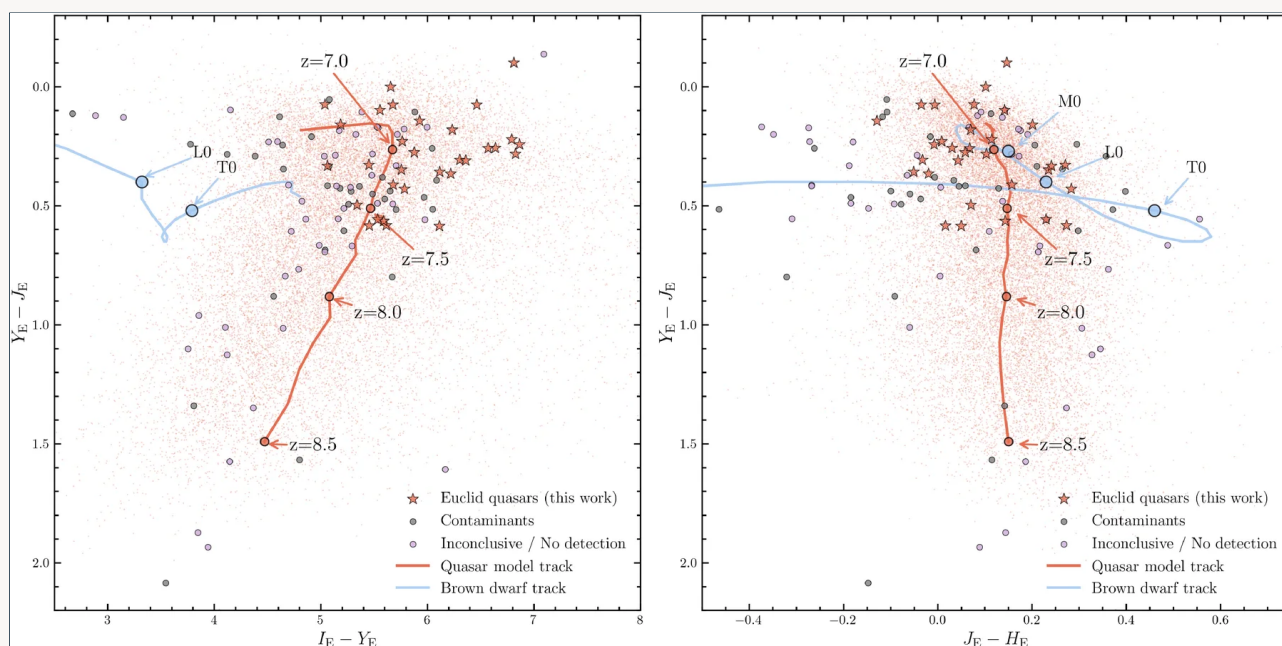


فضاپیمای اقلیدس در اتاق تمیز پیش از پرتاب. تلسکوپ ۱٫۲ متری از بالای استوانه سفید به آسمان نگاه می‌کند؛ دور از جو زمین، دورین فروسرخ نزدیک میدان گسترده آن می‌تواند در ناحیه‌ای بزرگ به عمقی برسد که جست‌وجوهای زمینی قادر به آن نیستند.

ESA / NASA Science fair-use

یافتن ۳۱ سوزن در این انبار کاه صرفاً با نگاه کردن انجام نشد. گروه پژوهشی فوتومتری سفارشی ساخت و سپس چند طبقه‌بند یادگیری ماشین و احتمالاتی را روی آن اجرا کرد — مدلی چگالی‌محور با *deconvolution, extreme* یک طبقه‌بند تقویت گرادیانی و برازش‌های مبتنی بر الگو — تا برای هر منبع نقطه‌مانند کم‌نور برآورد کند که احتمالاً اختروشی با انتقال به سرخ بالا است یا یکی از آلاینده‌های بسیار فراوان‌تر؛ عمدتاً کوتوله‌های قهوه‌ای سرد که رنگشان می‌تواند یک اختروش دور دست را تقلید کند. نامزدها میان روش‌های مختلف متقابلاً بررسی شدند، با چشم بازیابی شدند و برای پیگیری اولویت‌بندی شدند. تصاویر خود اقلیدس نامزدها را انتخاب می‌کنند؛ تأیید از طیف‌هایی می‌آید که با تلسکوپ‌های بزرگ زمینی — از جمله ماژلان و تلسکوپ بزرگ دوچشمی — گرفته شده‌اند و نور را آن قدر ریز تفکیک می‌کنند که شکست مشخص و خطوط گسیلی دیده شوند.

این مرحله تأیید، صادقانه، هنوز کاری در حال انجام است. پیگیری طیف‌سنجی ادامه دارد و به گفته خود مقاله هنوز کامل نشده است، به‌ویژه در آسمان جنوبی. مقاله درباره نامزدهایی که پیگیری شدند اما در میان ۳۱ اختروش تأیید شده قرار نگرفتند نیز شفاف است: بسیاری آلاینده بودند (بخش بزرگی احتمالاً کوتوله قهوه‌ای)، بعضی نتیجه نامشخص داشتند و در برخی هیچ سیگنال قابل آشکارسازی دیده نشد. تیت‌ر خبر، دسته‌ای از اختروش‌های تأیید شده است؛ حساب و کتاب کامل اینکه روش انتخاب چه چیزهایی را می‌گیرد و چه چیزهایی را از دست می‌دهد، به مقالات بعدی واگذار شده است.



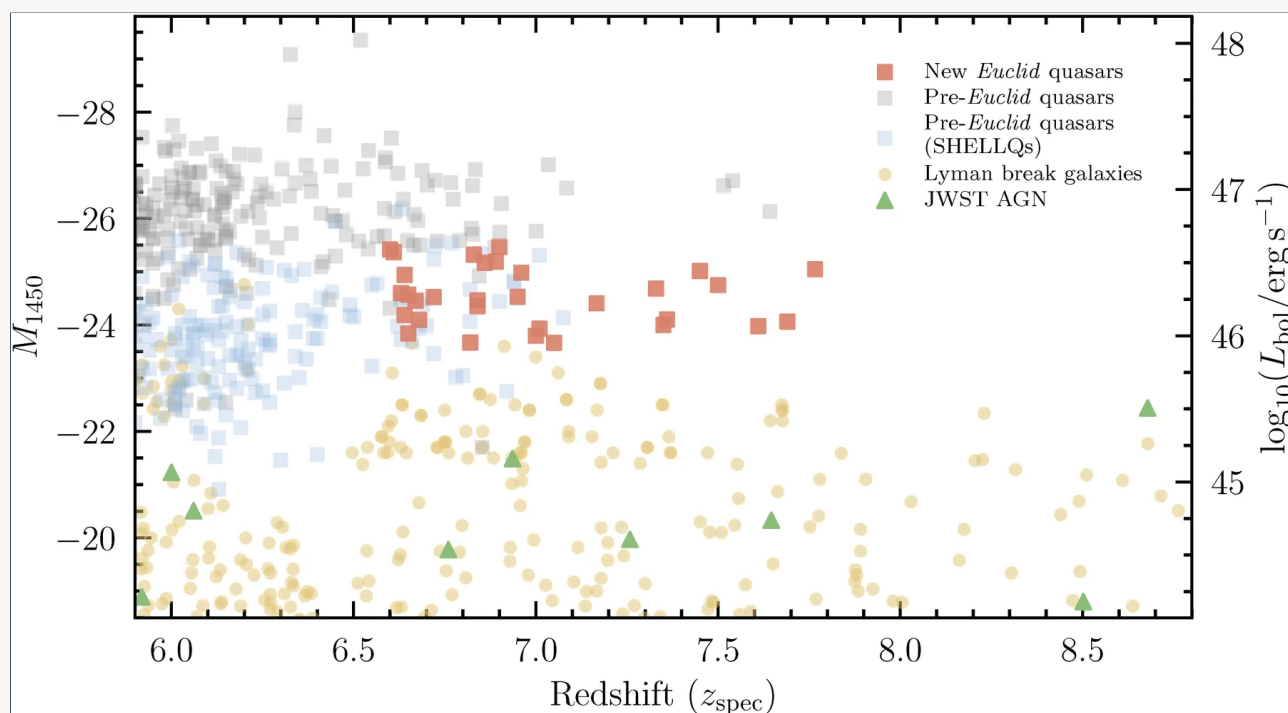
نمودار رنگ-رنگ: اقلیدس چگونه یک اختروش دور دست را از کوتوله قهوه‌ای نزدیک تشخیص می‌دهد. هر محور تفاوت روشنایی جرم را در دو فیلتر اقلیدس نشان می‌دهد و بنابراین به جای میزان روشنایی، رنگ نور آن را ثبت می‌کند. منحنی قرمز جای پیش‌بینی شده اختروش‌های با انتقال به سرخ بالا را نشان می‌دهد (برچسب‌ها انتقال به سرخ ۷٫۰ تا ۸٫۵ را مشخص می‌کنند)؛ منحنی آبی روشن کوتوله‌های قهوه‌ای سرد — مهم‌ترین مقلدان — را از نوع M0 تا T0 دنبال می‌کند. ۳۱ اختروش جدید (ستاره‌های قرمز) در امتداد مسیر اختروش‌ها قرار می‌گیرند؛ آلاینده‌های تأیید شده (خاکستری) و نامزدهای نامشخص یا آشکار نشده (بنفش) از آن فاصله می‌گیرند. جایی که دو مسیر به هم نزدیک می‌شوند، رنگ به تنهایی کافی نیست — به همین دلیل هر اختروش همچنان به تأیید طیف‌سنجی نیاز دارد.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 0.4

رکورد، با حفظ تناسب

یکی از این ۳۱ جرم، با نام فهرستی EUCL J1729+6410، در انتقال به سرخ حدود ۷٫۷۷ قرار دارد و اکنون دورترین اخترش شناخته شده است. این یک رکورد واقعی است، اما ارزش دارد اندازه این گام را روشن بیان کنیم. طی دو دهه جست و جوی اختصاصی، مرز به حدود انتقال به سرخ ۷٫۵ رسیده بود و رکورددار بلافاصله پیش از آن در حدود ۷٫۶۴ قرار داشت. رساندن آن به ۷٫۷۷ پیشرفتی واقعی اما تدریجی است — مقاله این افزایش را حدود ۰٫۱۳ در انتقال به سرخ، معادل تقریباً پانزده میلیون سال زمان کیهانی، برآورد می کند. یک تلگر، نه یک جهش.

عدد مهم تر همان عدد دیگر است: دو برابر شدن نمونه بالاتر از انتقال به سرخ ۷ در یک مرحله اولیه. رکورددار فقط یک جرم است، و یک جرم فقط یک نقطه داده. جمعیتی دو برابر شده و رو به رشد است که اجازه می دهد آمار انجام دهیم — بسنجیم این سیاه چاله ها چقدر رایج بودند، چقدر درخشان بودند و چگونه خوشه بندی می شدند — و علم واقعی کیهان اولیه در همین آمار زندگی می کند. بیشتر اخترش های جدید نیز نسبتاً کم نورند: یک تا دو قدر کم نورتر از اخترش های درخشان که پیش از اقلیدس پیدا شده بودند. رسیدن به این انتهای کم نور دشوارتر است و برای مطالعات بازیونش ارزش بیشتری دارد: اخترش های کم نورتر حباب های یونیده کوچک تری پیرامون خود می سازند، بنابراین نورشان بخش بیشتری از گاز هنوز خنثی را نمونه برداری می کند.



جای اخترش های جدید: روشنایی در برابر فاصله کیهانی. محور افقی انتقال به سرخ است — هرچه به راست برویم، به زمان های قدیمی تر تاریخ کیهان می رسم. محور عمودی روشنایی ذاتی فرابنفش هر اخترش را نشان می دهد که در نمودار با M_{1450} مشخص شده است؛ طبق قرارداد قدیمی قدرهای نجومی این مقیاس وارونه است، پس بالاتر یعنی روشن تر (مقیاس سمت راست همان موضوع را به صورت درخشندگی کل یا بولومتریک بیان می کند). با این خوانش، نمودار یک سرشماری است. اخترش های روشن و از پیش شناخته شده (خاکستری) در انتقال به سرخ های پایین تر متراکم اند؛ پیمایش عمیق تر SHELLQs (آبی روشن) به اجرام کم نورتر رسیده بود، اما نه خیلی دورتر در زمان. ۳۱ اخترش جدید اقلیدس (قرمز) آن جمعیت درخشان را تا بالاترین انتقال به سرخ ها امتداد می دهند — راست ترین نقطه رکورددار ۷٫۷۷ است — در حالی که حدود یک تا دو قدر کم نورتر از اخترش های کلاسیک روشن اند. پایین تر از آن ها قله رونی است که فقط پیمایش های عمیق و باریک به آن می رسند: دریایی از کهکشان های شکست لاین (زرد) و چند سیاه چاله برفازایشی بسیار کم نوری که JWST شناسایی کرده است (مثلث های سبز). سهم اقلیدس به صورت گروهی متمایز دیده می شود — اخترش های نسبتاً روشن، بسیار اولیه و در گستره ای وسیع — که نمونه روشن قدیمی را به سوی جمعیت کم نوری پیوند می دهد که فعلاً فقط ابزارهای هدف گیری شده می توانند به آن برسند.

چه چیزهایی هنوز نامطمئن‌اند

سه ملاحظه همراه این نتیجه‌اند و مقاله هر سه را خودش بیان می‌کند.

نخست، این نتیجه‌ای اولیه است، نه اندازه‌گیری نهایی. نویسندگان عمداً تحلیل آماری جامع تابع انتخاب و جمعیت اختروش‌ها را برای مقالات آینده نگه داشته‌اند. محدودیت‌های تابع درخشندگی در اینجا نگاه نخست‌اند، نه حرف آخر.

دوم، تضمینی نیست که هر «اختروش» کم‌نور واقعاً اختروش باشد. در انتهای کم‌نور، بعضی اجرامی که اختروش شناسایی شده‌اند ممکن است در واقع کهکشان‌های اولیه فشرده باشند، به‌ویژه اگر خط لایمن-آلفای به‌شدت پهن شده نداشته باشند. گروه یک بررسی مقدماتی ارائه می‌کند که نشان می‌دهد اجرام با منابع نقطه‌ای، نه کهکشان‌های گسترده، سازگارند؛ اما خودشان این بررسی را مقدماتی می‌نامند. طیف‌سنجی عمیق فروسرخ نزدیک با JWST و رصدخانه‌های مشابه است که ماهیت واقعی کم‌نورترین موارد را مشخص خواهد کرد.

سوم، خود اجرام کم‌نورند و نزدیک مرزی قرار دارند که طیف‌سنجی زمینی قادر به توصیف آن‌هاست. تعیین جرم سیاه‌چاله‌هایشان، محیط اطرافشان و جایگاهشان در داستان بازیونش به ALMA JWST و NOEMA نیاز خواهد داشت. اقلیدس در پیدا کردن این اجرام بسیار خوب است؛ مطالعه دقیقشان را عمدتاً به ابزارهای دیگر تحویل می‌دهد.

چرا مهم است

ارزش این کار جمعیت‌شناختی است. برای یک دهه، میلیارد سال نخست کیهان فقط مشتی اختروش در اختیار اخترشناسان گذاشته بود تا از آن‌ها استدلال کنند. اقلیدس، در تنها یک بخش اولیه از پیمایشش، به اندازه‌ای مورد جدید افزود که آن فهرست به یک نمونه تبدیل شود — و مطابق پیش‌بینی‌های پیش از پرتاب، در مسیر ادامه دادن همین روند است.

این اهمیت دارد چون پرسش‌های باز این حوزه، پرسش‌های جمعیتی‌اند. سیاه‌چاله‌ها چگونه این قدر سریع این قدر بزرگ شدند؟ گاز میان کهکشانی در زمان‌های مختلف تا چه اندازه تکه‌تکه و تا چه اندازه خنثی بود؟ هیچ جرم تماشایی منفردی پاسخ این پرسش‌ها را نمی‌دهد؛ پاسخ از شمردن، مقایسه کردن و نقشه‌برداری تعداد زیادی از آن‌ها می‌آید. آنچه اقلیدس نشان داده توان ساختن چنین سرشماری‌ای است — از جمله در انتهای کم‌نور، که به جمعیت معمایی سیاه‌چاله‌های برافزایشی‌ای وصل می‌شود که JWST در همان دوره پیدا می‌کند. این مقاله توضیح نمی‌دهد نخستین سیاه‌چاله‌ها چگونه شکل گرفتند و به‌تنهایی بازیونش را اندازه‌گیری نمی‌کند. در عوض، مواد خامی را در مقیاس بزرگ فراهم می‌کند که آن اندازه‌گیری‌ها به آن نیاز دارند و مرز روشنی برای کارزارهای پیگیری همین حالا در جریان تعیین می‌کند.

خلاصه تمیز

با استفاده از نخستین حدود ۳۰۰۰ درجه مربع پیمایش گسترده اقلیدس، همکاری اقلیدس ۳۱ اختروش جدید در انتقال به سرخ ۶ تا ۷٫۸ کشف کرد که دوازده موردشان در انتقال به سرخ ۷ یا بالاترند — بیش از دو برابر کردن جمعیت شناخته‌شده در آن محدوده — و یکی در انتقال به سرخ ۷٫۷۷ اکنون دورترین اختروش ثبت شده است. اهمیت اصلی، توان نشان داده‌شده پیمایش برای یافتن این اجرام نادر و عمدتاً کم‌نور به صورت انبوه است، نه رکورد تدریجی انتقال به سرخ. این‌ها نتایج اولیه‌اند: تحلیل آماری کامل، بخش زیادی از تأیید طیف‌سنجی و توصیف دقیق اجرام منفرد هنوز در راه است.

بررسی بی‌پرده

مقاله چه چیزی نشان می‌دهد: اینکه پیمایش گسترده اقلیدس در حدود ۱٫۵ سال نخست خود و در تقریباً ۳۰۰۰ درجه مربع می‌تواند اختروش‌های با انتقال به سرخ بالا را در تعدادی پیدا کند که هیچ پیمایش قبلی نتوانسته بود: ۳۱ مورد تأیید شده بین انتقال به سرخ ۶٫۸ و ۷٫۸، دوازده مورد در ۷ یا بالاتر، تقریباً دو برابر کردن شمار شناخته شده آنجا، با دورترین مورد در حدود ۷٫۷۷.

چه چیزی محتمل است اما اصل ماجرا نیست: خود رکورد انتقال به سرخ. رکورد واقعی است، اما مرز را تنها حدود ۰٫۱۳ در انتقال به سرخ جابه‌جا می‌کند — از رکورد قبلی نزدیک ۷٫۶۴ به ۷٫۷۷، یعنی چیزی حدود پانزده میلیون سال زمان کیهانی. تیزی که ارزش ماندگار دارد نمونه دو برابر شده، رو به رشد و به طور غیرمعمول کم‌نور است، نه تک رکورددار.

چه چیزی را نشان نمی‌دهد: اینکه نخستین سیاه‌چاله‌های کلان‌جرم چگونه شکل گرفتند، یا اندازه‌گیری خود بازیونش. این اختروش‌ها ابزار پاسخ دادن به آن پرسش‌ها هستند، نه پاسخ‌ها. همچنین این سرشماری نهایی جمعیت نیست — تحلیل آماری کامل صراحتاً به مقالات بعدی واگذار شده است.

محدودیت‌های اصلی برای خواننده عمومی: پیگیری طیف‌سنجی کامل نیست، به‌ویژه در جنوب؛ نتایج تابع درخشندگی مقدماتی‌اند؛ و ممکن است بعضی از کم‌نورترین اجرامی که اختروش نامیده شده‌اند تا پیش از تأیید با طیف‌سنجی در سطح JWST در واقع کهکشان‌های اولیه از آب درآیند.

خواننده عمومی چقدر باید اعتماد داشته باشد؟ اعتماد بالا به اینکه اقلیدس آنچه را در این انتقال به سرخ‌ها قابل یافتن است تغییر داده، و اعتماد بالا به تأییدهای داوری شده اجرام روشن‌تر. اما طبق چارچوب خود نویسندگان، اعتماد کمتر به اعداد دقیق جمعیت انتهای کم‌نور و ماهیت کم‌نورترین نامزدها — این‌ها نتایج نخست‌اند، نه نتیجه‌های نهایی و تثبیت شده.

منابع

DOI, (2026) A104,711 Astrophysics & Astronomy Collaboration), (Euclid al. et Guarneri F. Hennawi, F. J. Yang, D. 6361/202658883-1051/0004.10
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202658883>