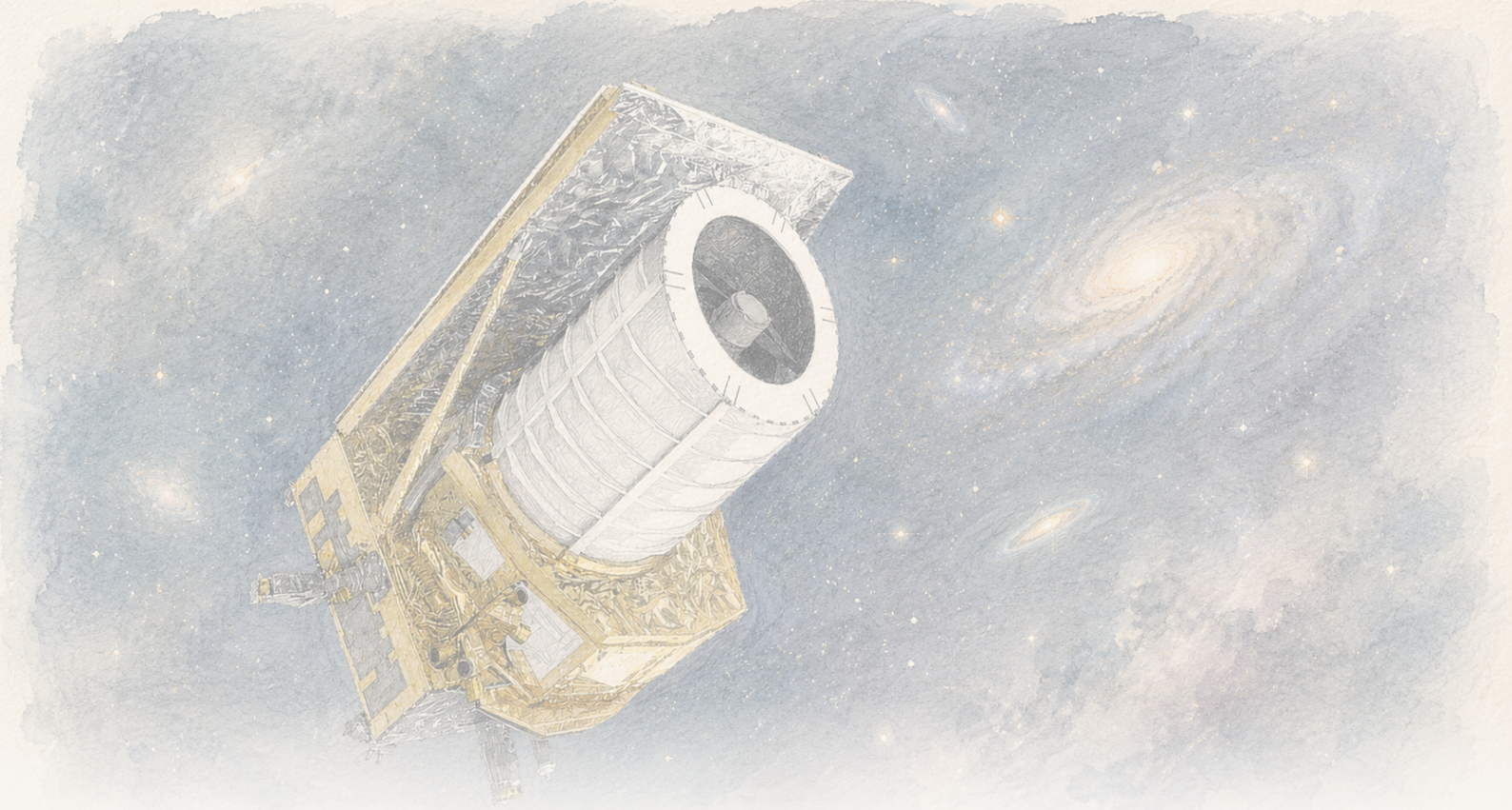


The CLEAN PAPER

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

Euclid يضاعف أكثر من مرة العينة الصغيرة للكوازارات بعد انزياح أحمر 7

في السنة والنصف الأولى من *Wide Euclid* *Survey*، أسفر البحث في نحو 3000 درجة مربعة عن 31 كوازارًا جديدًا بين انزياح أحمر 6.6 و8.7. اثنا عشر منها عند 7 أو أكثر، ما يضاعف أكثر من مرة العدد القليل المعروف هناك قبل *Euclid*، وواحد عند 77.7 أصبح أبعد كوازار مسجل. التقدم الحقيقي ليس هذا الرقم القياسي وحده، الذي يحرك حدًا ظل قرب 5.7 لسنوات حركة صغيرة، بل قدرة المسح على العثور على هذه الأجسام النادرة ومعظمها خافت بأعداد كبيرة، وهو ما يجعلها مفيدة كمجسات للكون الشاب. هذه نتيجة أولية، وما زال التحليل الإحصائي الكامل وجزء كبير من التأكيد الطيفي قادمين.

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

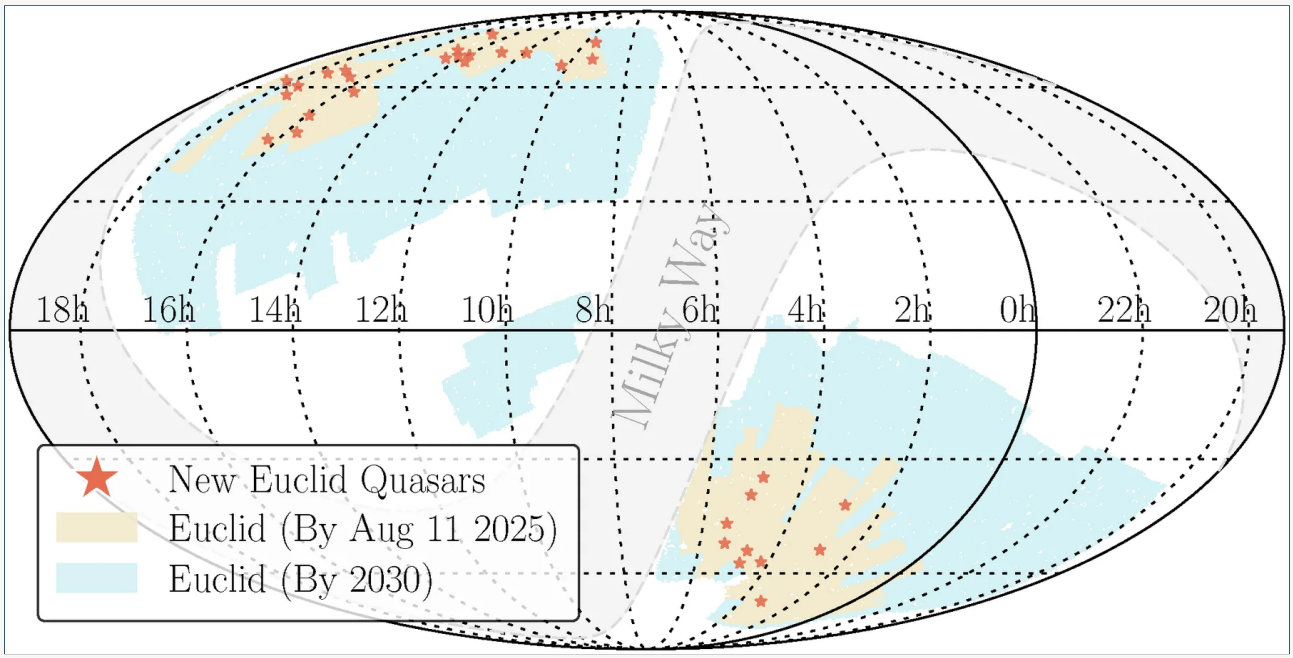
Paper: *Euclid*: *Discovery of* 31 *new quasars at* 6.6 > *z* > 8.7, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 6361/202658883-1051/0004.10

مسح صُمم للأشياء النادرة عثر للتو على دفعة منها

الكوازار هو ثقب أسود فائق الكتلة نراه أثناء تغذيه، يلمع بقوة هائلة وهو يبتلع الغاز حتى يمكن أن يطغى ضوؤه على مجرته المضيفة كلها. ولأن الكوازارات من ألمع المصادر المستقرة في الكون، فإنها تعمل كمنارات: اعثر على واحد بعيد بما يكفي، ويصبح ضوؤه مصباحًا موضوعًا خلف مليارات السنين من الفضاء الواقع بيننا وبينه.

أبعد الكوازارات، أي التي انطلق ضوؤها حين كان عمر الكون أقل من مليار سنة، هي أيضًا الأندر. قبل أن يبدأ تلسكوب Euclid الفضائي مسحه الرئيسي، لم يكن قد تأكد سوى نحو تسعة منها بعد انزياح أحمر 7 — حصيلة تراكمت ببطء منذ أول اكتشاف من هذا النوع في 2011.

في ورقة جديدة في *Astrophysics & Astronomy*، تعلن Collaboration Euclid عن 31 كوازارًا جديدًا بين انزياح أحمر 6.6 و8.7، عُثر عليها في السنة والنصف الأولى فقط من المسح. اثنا عشر منها عند انزياح أحمر 7 أو أكثر. هذه الدفعة الواحدة ضاعفت أكثر من مرة عدد الكوازارات المعروفة عند تلك الانزياحات. إنها قصة عن قوة المسح، ومن المهم أن نكون دقيقين بشأن ما يعنيه ذلك وما لا يعنيه.



مساحة Survey Wide Euclid التي غُطيت حتى الآن (بالبيج) مقابل البصمة الكاملة المخطط لها بحلول 2030 (بالسماوي)، مع تحديد الكوازارات الـ31 الجديدة عالية الانزياح الأحمر بالأحمر. جاءت من الشريحة الأولى فقط لمسح صُمم ليغطي في النهاية نحو 14 ألف درجة مربعة — قصة قوة المسح في صورة واحدة.

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

قبل Euclid كان معروفًا نحو تسعة كوازارات بعد انزياح أحمر 7 (2011–2024). أضاف هذا التشغيل المبكر وحده اثني عشر أخرى — «المضاعفة» بصورة ملموسة، على عينة ما زالت صغيرة.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 0.4

لماذا تستحق الكوازارات البعيدة إلى هذا الحد كل هذا الجهد

يقيس الانزياح الأحمر مقدار ما مدده تمدد الكون من ضوء المصدر أثناء رحلته إلينا؛ الانزياح الأحمر الأعلى يعني ضوءًا أقدم وكونًا أبكر. عند انزياح أحمر 7 ننظر إلى زمن أقل من مليار سنة بعد الانفجار العظيم، قرب نهاية حقبة إعادة التأين، حين كانت الأجسام المضيئة الأولى تبدد ضباب الهيدروجين المتعادل الذي ملأ الفضاء المبكر.

ما هو الانزياح الأحمر، ولماذا يعمل كمسافة وساعة في آن واحد

إلينا. وصوله بحلول احمرارًا وأكثر أطول موجية أطوال إلى المصدر ضوء تمدد مقدار هو الأحمر الانزياح جديدًا: المصطلح كان إذا عميقًا النظر — الماضي في أيضًا نراه بعيد شيء كل فإن لذلك ثابتة، بسرعة الضوء ينتقل أولًا، جدًا. مفيدًا الرقم هذا يجعلان شيئان لذلك الضوء. تمدد ازداد الرحلة طالت فكلما الضوء، رحلة طوال يتمدد كان الكون لأن ثانيًا، الزمن. في الوراء إلى نظر هو الفضاء في زمن من ضوءًا يعني هنا 7 أحمر انزياح سنًا. أصغر الكون كان حين أبعد، مسافة من أبكر، انطلق ضوءًا الأكبر الأحمر الانزياح يعني للكون. الحالي العمر عُشر من بكثير أقل — العظيم الانفجار بعد سنة مليار عن يقل

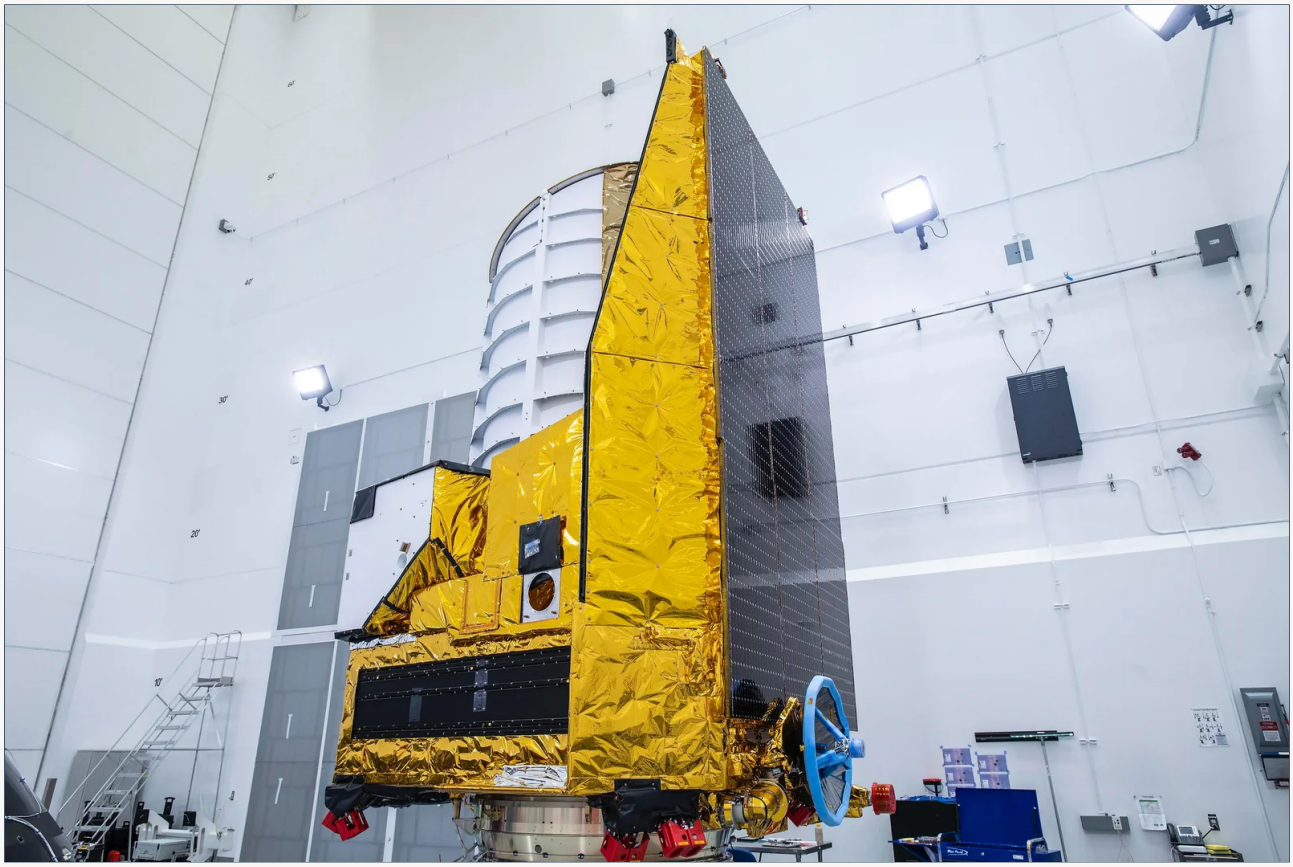
الكوازارات من هذه الحقبة مفيدة لسببين منفصلين. أولًا، كل واحد منها يستضيف بالفعل ثقبًا أسود كتلته مئات الملايين إلى مليارات الكتل الشمسية. إنماء شيء بهذه الكتلة في هذا الزمن المبكر صعب: وفق الحدود المعتادة لمعدل تراكم الثقب الأسود، لا تملك إلا «بذور» كبيرة نسبيًا

وقتًا كافيًا لتصل إلى هذه الكتل خلال بضع مئات الملايين من السنين المتاحة. لذلك فإن مجرد وجود هذه الأجسام وتعدادها يقيّد نماذج كيفية تشكل ونمو أول الثقوب السوداء فائقة الكتلة. ثانيًا، يحمل ضوء الكوازار أثناء مروره عبر الوسط بين المجرات المحيط بصمة مقدار ما كان الغاز متعادلًا، ما يجعل كل كوازار مسبارًا لإعادة التأين نفسها.

المشكلة أنها نادرة للغاية وصعبة الالتقاط. عند هذه الانزياحات الحمراء تنتقل أبرز سمة للكوازار، انقطاع لايمان-ألفا، من النطاق البصري إلى تحت الأحمر القريب؛ لذلك يلزم تصوير عميق بالأشعة تحت الحمراء القريبة عبر مساحة كبيرة للعثور عليها — تقريبًا كوازار واحد لكل مئة درجة مربعة حتى السطوع المعني. الجمع بين العمق والاتساع في تحت الأحمر القريب من الأرض كان بالضبط الجزء الباهظ الصعوبة. وهذه الفجوة هي ما صُمم Euclid لسدها.

ما الذي فعله Euclid فعليًا

Euclid تلسكوب فضائي قطره 2.1 متر ينفذ مسحًا مدته ست سنوات صُمم لرسم نحو 14 ألف درجة مربعة من السماء في الضوء البصري وتحت الأحمر القريب. وجوده فوق الغلاف الجوي يسمح له بالوصول إلى أعماق على مجال واسع لا تستطيع مسوحات تحت الأحمر القريب الأرضية مجاراتها. تستخدم هذه الورقة البيانات التي وصلت خلال نحو السنة والنصف الأولى من المسح — قرابة 3000 درجة مربعة رُصدت بين فبراير 2024 وأغسطس 2025.

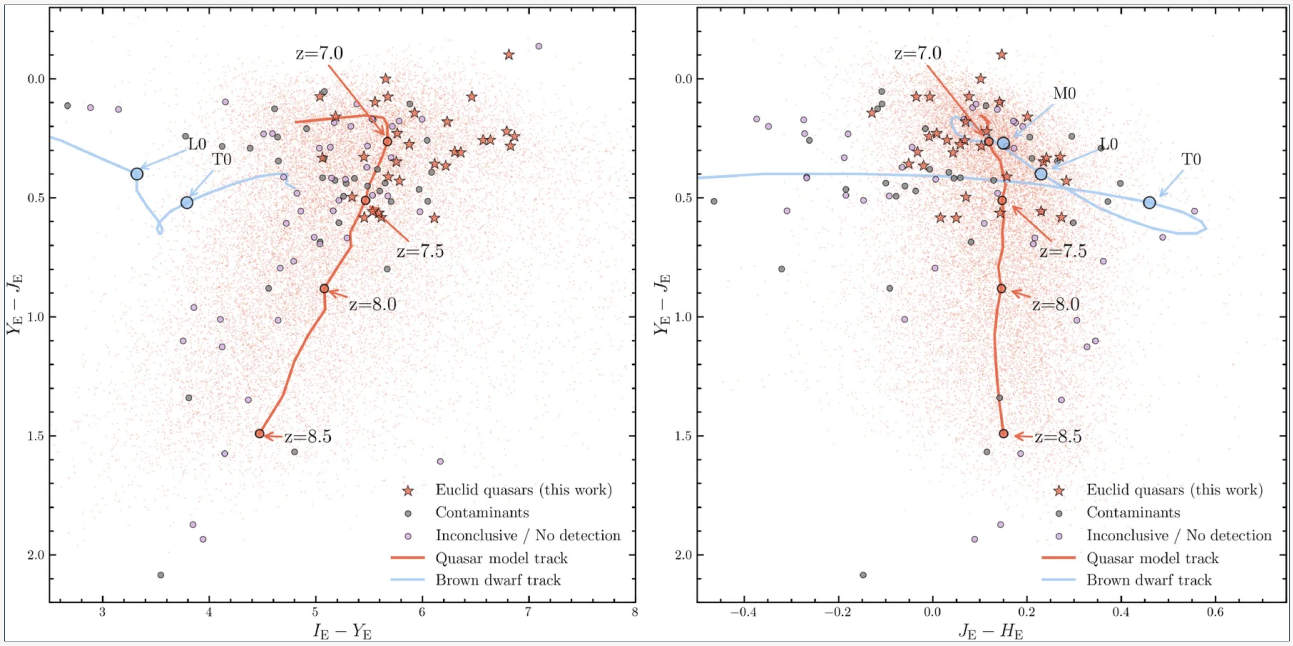


مركبة Euclid داخل الغرفة النظيفة قبل الإطلاق. يشاهد التلسكوب ذو المرآة 2.1 متر السماء عبر الجزء العلوي من الأسطوانة البيضاء، ومن فوق الغلاف الجوي تصل كاميرته واسعة المجال في تحت الأحمر القريب إلى أعماق على مساحة كبيرة لا تستطيع عمليات البحث الأرضية مجاراتها.

ESA / NASA Science fair-use

العثور على 31 إبرة في كومة القش هذه لم يكن مجرد مسألة نظر. بنى الفريق قياسًا ضوئيًا مخصصًا ثم شغّل عليه عدة مصنفات بالتعلم الآلي والاحتمالات — نموذج كثافة بفك التفاف شديد، ومصنفًا معززًا بالتدرج، وملاءمات قائمة على القوالب — لتقدير احتمال أن يكون كل مصدر نقطي خافت كوازارًا عالي الانزياح الأحمر بدل واحد من الملوثات الأكثر عددًا بكثير، وعلى رأسها الأقزام البنية الباردة التي تحاكي ألوان كوازار بعيد. قورنت المرشحات بين الطرق، وفُحصت بالعين، ورُتبت للأولوية في المتابعة. صور Euclid نفسها تختار المرشحين؛ أما التأكيد فيأتي من أطياف مأخوذة بتلسكوبات أرضية كبيرة — منها Magellan وTelescope Binocular Large — تفصل الضوء بما يكفي لرؤية الانقطاع المميز وخطوط الانبعاث.

خطوة التأكيد هذه ما زالت عملًا جاريًا، وهذا مذكور بصراحة. المتابعة الطيفية مستمرة ولم تصل بعد، بحسب الورقة، إلى اكتمال كامل، خصوصًا في السماء الجنوبية. ومن المرشحين الذين خضعوا للمتابعة ولم يصبحوا واحدًا من الكوازارات الـ31 المؤكدة، تحصي الورقة النتائج بوضوح: كثيرون كانوا ملوثات (نسبة كبيرة منها على الأرجح أقزام بنية)، وبعضهم غير حاسم، وبعضهم لم يظهر إشارة قابلة للكشف. دفعة الكوازارات المؤكدة هي العنوان؛ أما المحاسبة الكاملة لما تلتقطه عملية الاختيار وما تفوّته فتُترك لأوراق لاحقة.



مخطط لون-لون: كيف يميز Euclid كوازارًا بعيدًا من قزم بني قريب. كل محور يبين الفرق بين سطوع الجسم في مرشحين من مرشحات Euclid، أي لون ضوئه لا مقدار سطوعه. المنحنى الأحمر يتتبع الموضع المتوقع للكوازارات عالية الانزياح الأحمر (التسميات تشير إلى انزياحات من 0.7 إلى 5.8)؛ والمنحنى الأزرق الفاتح يتتبع الأقزام البنية الباردة — أهم المتنكرين — من النوع M0 إلى T0. تصطف الكوازارات الجديدة الـ31 (نجوم حمراء) على مسار الكوازارات، بينما تقع الملوثات المؤكدة (رمادي) والمرشحات غير الحاسمة أو غير المكتشفة (بنفسجي) بعيدًا عنه. وحيث يقترب المساران لا يستطيع اللون وحده الحسم — ولهذا ما زال كل كوازار يحتاج إلى تأكيد طيفي.

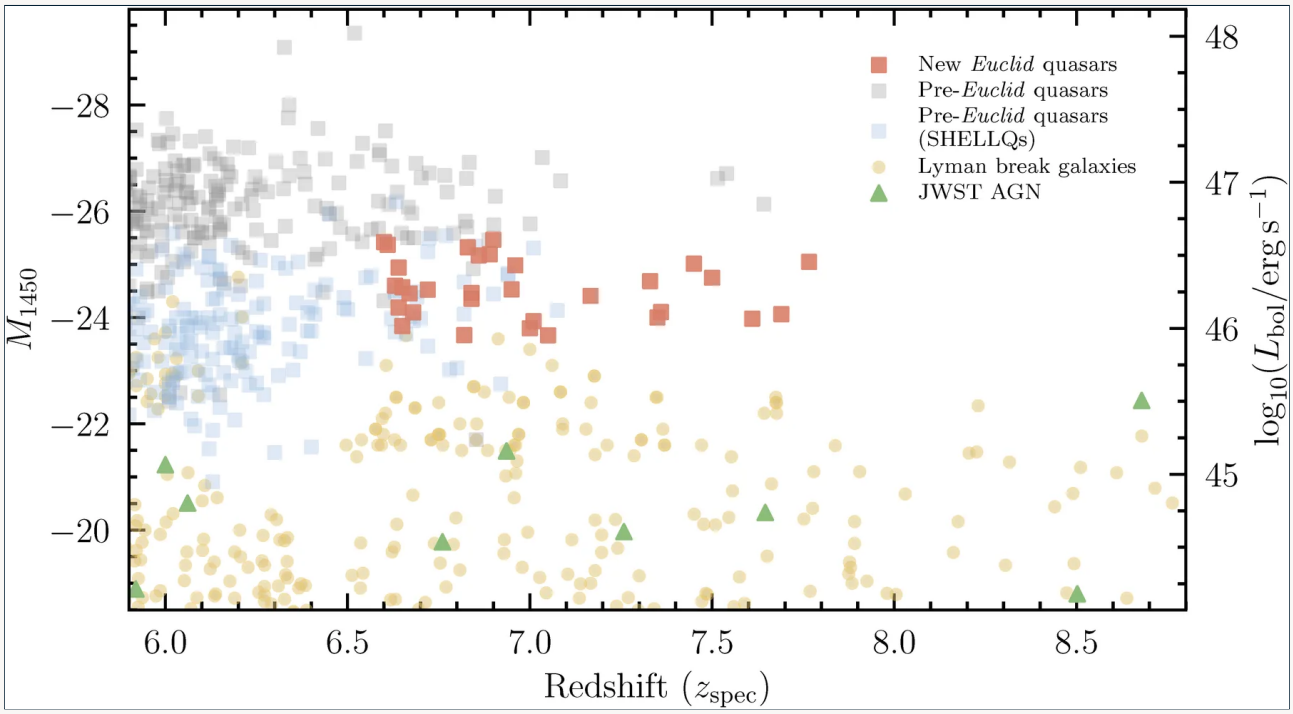
D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 0.4

الرقم القياسي، بالحجم الصحيح

أحد الـ31، المسجل باسم EUCL J1729+6410، يقع عند انزياح أحمر نحو 7.7 وهو الآن أبعد كوازار معروف. إنه رقم قياسي حقيقي، ويستحق توضيح حجم الخطوة. خلال عقدين من البحث المخصص دُفع الحد إلى نحو 5.7، وكان صاحب الرقم السابق عند نحو 6.4. نقله

إلى 77.7 تقدم حقيقي لكنه تدريجي — تقدر الورقة الزيادة بنحو 13.0 في الانزياح الأحمر، أي قرابة خمسة عشر مليون سنة من الزمن الكوني. دفعة صغيرة، لا قفزة.

الرقم الأكثر أهمية هو الآخر: مضاعفة العينة بعد انزياح أحمر 7 في تشغيل مبكر واحد. صاحب الرقم القياسي جسم واحد، والجسم الواحد نقطة بيانات. أما عينة مضاعفة ومتنامية فهي ما يسمح بالإحصاء — قياس مدى شيوع هذه الثقوب السوداء، ودرجة سطوعها، وتكتلها — والإحصاء هو المكان الذي يعيش فيه علم الكون المبكر فعلًا. كما أن معظم الكوازارات الجديدة خافتة نسبيًا، بمقدار إلى مقدارين فلكيين أخفت من الكوازارات اللامعة المكتشفة قبل Euclid. الوصول إلى هذا الطرف الخافت أصعب، وهو أكثر قيمة لدراسات إعادة التأين: الكوازارات الخافتة تخت فقاعات متأينة أصغر حول نفسها، لذلك يمر ضوؤها عبر نسبة أكبر من الغاز الذي ما زال متعادلًا.



موضع الكوازارات الجديدة: السطوع مقابل المسافة الكونية. المحور الأفقي هو الانزياح الأحمر — الاتجاه يمينًا يعني أبكر في التاريخ الكوني. المحور الرأسي هو السطوع فوق البنفسجي الذاتي لكل كوازار، المسمى M1450؛ وبحسب اصطلاح المقادير الفلكية القديم يسير المقياس بالعكس، لذلك يعني الأعلى أكثر سطوعًا (المقياس الأيمن يعيد التعبير عن الشيء نفسه كلمعان كلي أو *bolometric*). عند قراءته بهذه الطريقة، يصبح الرسم تعدادًا. الكوازارات اللامعة المعروفة سابقًا (رمادي) تتجمع عند الانزياحات الأقل، ومسح أعمق، SHELLQs (أزرق فاتح)، وصل إلى أجسام أخفت لكنه لم يصل كثيرًا إلى زمن أقدم. الكوازارات الـ31 الجديدة من Euclid (أحمر) تمدد تلك المجموعة اللامعة إلى أعلى الانزياحات — أقصاها يمينًا صاحب الرقم 77.7 — مع كونها أخفت بنحو مقدار إلى مقدارين من الكوازارات اللامعة التقليدية. أسفلها تقع المنطقة التي لا تصل إليها إلا المسوحات العميقة الضيقة: بحر من مجرات انقطاع لايمان (أصفر) وحفنة الثقوب السوداء المتنامية شديدة الخفوت التي التقطها JWST (مثلثات خضراء). تظهر مساهمة Euclid كمجموعة مميزة: كوازارات ساطعة نسبيًا، مبكرة جدًا، عبر مساحة واسعة — جسر من العينة اللامعة القديمة نحو السكان الخافتين الذين لا تستطيع الوصول إليهم حاليًا إلا أدوات موجهة بعناية.

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

ما الذي ما زال غير مؤكد

ترافق النتيجة ثلاثة تحفظات، وتذكر الورقة كل واحد منها بنفسها.

أولًا، هذه نتيجة أولية وليست قياسًا نهائيًا. يؤجل المؤلفون صراحة التحليل الإحصائي الشامل لدالة الاختيار وسكان الكوازارات إلى منشورات لاحقة. القيود على دالة اللمعان هنا نظرة أولى، لا الكلمة الأخيرة.

ثانيًا، ليس مضمونًا أن يكون كل «كوازار» خافت كوازارًا فعلًا. عند الطرف الخافت، قد تكون بعض الأجسام المحددة ككوازارات مجرات مبكرة مدمجة بدلًا من ذلك، خصوصًا إذا لم يكن لديها خط لايمان-ألفا عريض بوضوح. يقدم الفريق فحصًا أوليًا بأن الأجسام متوافقة مع كونها مصادر نقطية لا مجرات ممتدة، لكنه يسميه فحصًا أوليًا: التحليل الطيفي العميق في تحت الأحمر القريب من JWST ومنشآت مشابهة هو ما سيحسم طبيعة أخفتها.

ثالثًا، الأجسام نفسها خافتة وقريبة من حد ما يستطيع التحليل الطيفي الأرضي توصيفه. تحديد كتل ثقوبها السوداء، وبيئاتها، ودورها في قصة إعادة التأين سيحتاج JWST وALMA وNOEMA. Euclid ممتاز في العثور على هذه الأشياء؛ ثم يسلمها إلى أدوات أخرى لدراستها بالتفصيل.

لماذا يهم ذلك

قيمة هذا العمل ديموغرافية. على مدى عقد، لم يكن لدى الفلكيين في المليار سنة الأولى من عمر الكون إلا حفنة صغيرة من الكوازارات ليستنتجوا منها. أضاف Euclid، في شريحة مبكرة واحدة من مسحه، عددًا كافيًا لتحويل ذلك من قائمة إلى عينة — وهو، بما يتوافق مع توقعات ما قبل الإطلاق، في طريقه إلى الاستمرار.

وهذا مهم لأن الأسئلة المفتوحة هنا أسئلة عن السكان. كيف كبرت الثقوب السوداء بهذه السرعة؟ وكم كان الغاز بين المجرات غير متعادل، وكيف توزع ذلك مكانيًا وزمنيًا؟ لا يجيب عن ذلك أي جسم مذهل منفرد؛ بل الإجابة تأتي من عدّ كثير منها ومقارنتها ورسمها. ما أثبته Euclid هو القدرة على بناء هذا التعداد — بما في ذلك الطرف الخافت، الذي يتصل بالسكان المحيرين من الثقوب السوداء المتنامية التي بدأ JWST يجدها في الحقبة نفسها. هذه الورقة لا تحل كيفية تشكل الثقوب السوداء الأولى، ولا تقيس إعادة التأين بمفردها. إنها توفر المادة الخام، بكميات كبيرة، التي تحتاجها تلك القياسات، وتحدد جبهة واضحة لحملات المتابعة الجارية بالفعل.

خلاصة واضحة

باستخدام أول نحو 3000 درجة مربعة من Wide Euclid، Survey اكتشفت Collaboration Euclid 31 كوازارًا جديدًا بين انزياح أحمر 6.6 و8.7، اثنا عشر منها عند 7 أو أكثر — أي أكثر من مضاعفة العدد المعروف هناك — وبينها واحد عند 7.7 أصبح أبعد كوازار مسجل. الأهمية هي القدرة التي أثبتها المسح على العثور على هذه الأجسام النادرة، ومعظمها خافت، بأعداد كبيرة، لا الرقم القياسي التدريجي في الانزياح الأحمر. والنتائج إصدار أولي للبيانات: التحليل الإحصائي الكامل، وجزء كبير من التأكيد الطيفي، والتوصيف التفصيلي للأجسام الفردية ما زال قادمًا.

مراجعة بلا تهويل

ما الذي تُظهره الورقة: أن Euclid Wide Survey، في أول نحو 5.1 سنة وعلى نحو 3000 درجة مربعة، يستطيع العثور على كوازارات عالية الانزياح الأحمر بأعداد لم يصل إليها أي مسح سابق — 31 مؤكدة بين 6.6 و8.7، و12 عند 7 أو أكثر، أي تقريبًا مضاعفة العدد المعروف هناك، مع أبعد واحد عند نحو 77.7.

ما هو معقول لكنه ليس جوهر النتيجة: الرقم القياسي في الانزياح الأحمر نفسه. هو حقيقي، لكنه يحرك الحد بنحو 13.0 فقط — من رقم سابق قرب 64.7 إلى 77.7، أي نحو خمسة عشر مليون سنة من الزمن الكوني. العنوان الذي سيصمد هو العينة المتضاعفة والمتنامية والخافتة على نحو غير معتاد، لا صاحب الرقم القياسي الواحد.

ما الذي لا تُظهره: كيف تشكلت أول الثقوب السوداء فائقة الكتلة، أو قياسًا لإعادة التأين. هذه الكوازارات أدوات لتلك الأسئلة، وليست الإجابات. كما أنها ليست التعداد النهائي للسكان — فالتحليل الإحصائي الكامل مؤجل صراحة لأوراق لاحقة.

أهم القيود للقارئ العام: المتابعة الطيفية غير مكتملة، خصوصًا في الجنوب؛ ونتائج دالة اللمعان أولية؛ وبعض أخفت الأجسام المصنفة ككوازارات قد يتبين أنها مجرات مبكرة إلى أن يؤكدها تحليل طيفي بمستوى JWST.

ما مقدار الثقة المناسب للقارئ العام؟ ثقة عالية بأن Euclid غيّر ما يمكن العثور عليه عند هذه الانزياحات، وثقة عالية في التأكيدات المحكّمة للأجسام الأكثر سطوعًا. وثقة أقل — كما يصف المؤلفون أنفسهم — في الأرقام الدقيقة لسكان الطرف الخافت وطبيعة أخفت المرشحين؛ فهذه نتائج أولى وليست أمورًا محسومة.

المصادر

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