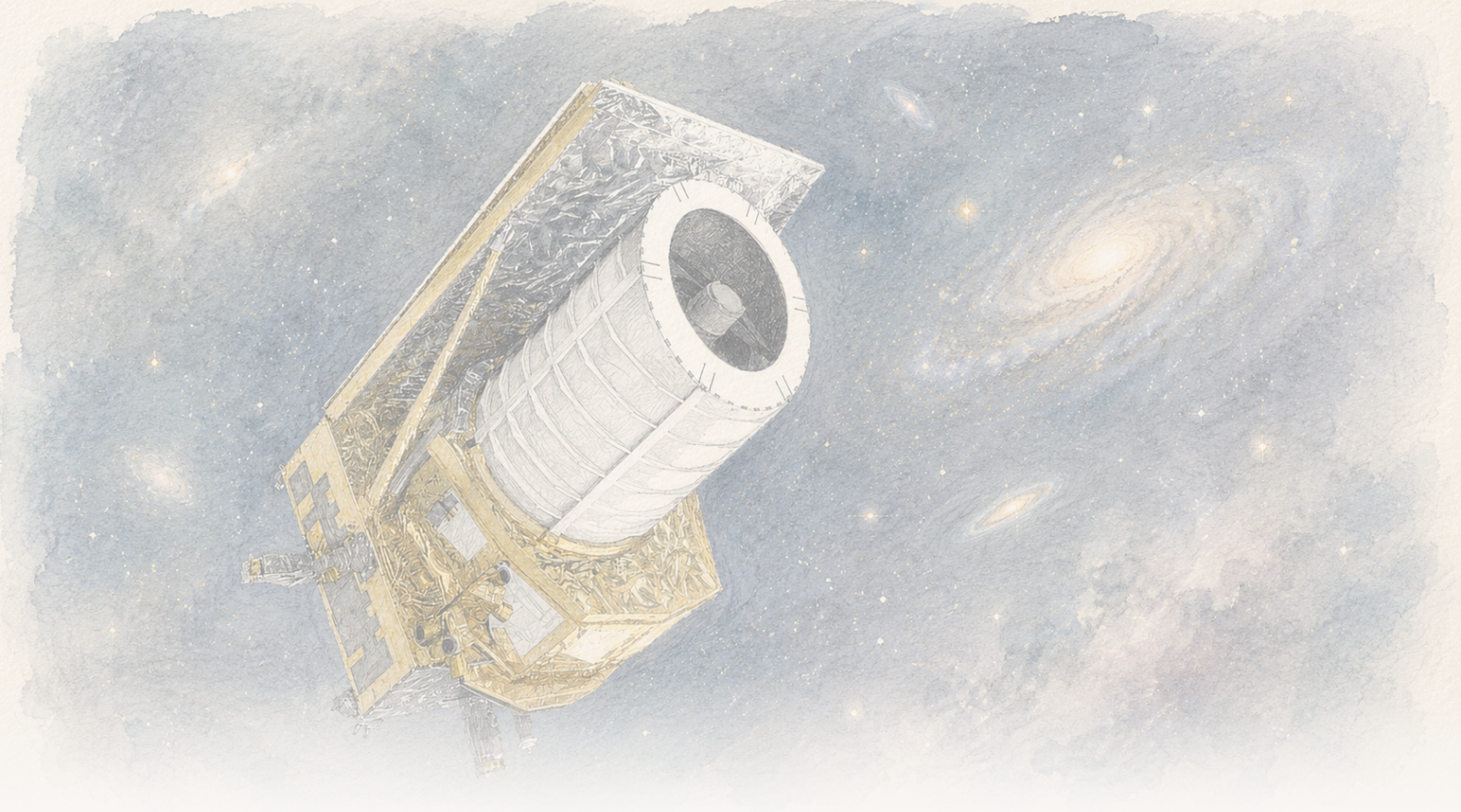


The Clean Paper

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

Euclid redshift 7-dən o tərəfdə məlum olan kiçik kvazar nümunəsini iki dəfədən çox artırdı

Euclid Wide Survey-in ilk il yarımında təxminən 3000 kvadrat dərəcədə aparılan axtarış redshift 6.6 ilə 7.8 arasında 31 yeni kvazar tapdı. Onlardan on ikisi redshift 7 və ya daha yuxarıdadır və bununla Euclid-dən əvvəl orada məlum olan kiçik nümunəni iki dəfədən çox artırır; redshift 7.77-dəki biri isə indi rekord üzrə ən uzaq kvazardır. Əsl irəliləyiş tək rekord deyil — o, illərlə redshift 7.5 ətrafında qalan sərhədi yalnız bir qədər irəli çəkir — müşahidənin bu nadir, əsasən zəif obyektləri böyük sayda tapmaq gücüdür; gənc Kainatı öyrənmək üçün onları faydalı edən də budur. Bu ilkin nəticədir: tam statistik təhlil və spektroskopik təsdiqlərin böyük hissəsi hələ qarşıdadır.

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

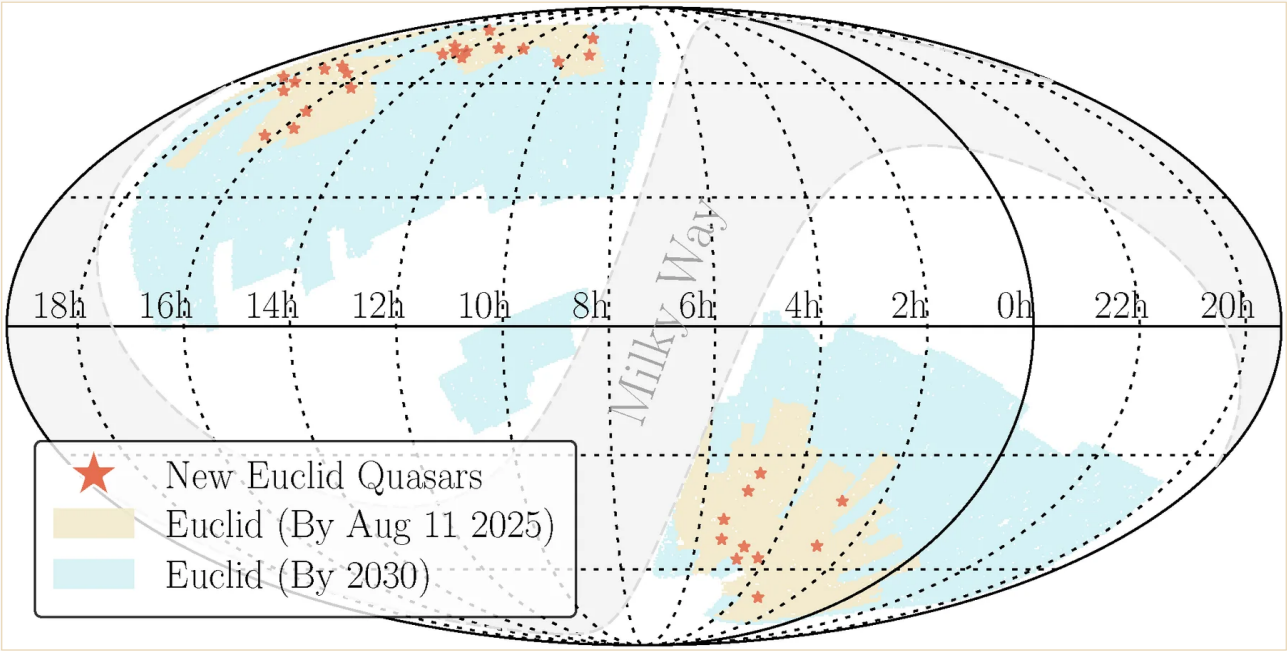
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Nadir obyektləri tapmaq üçün qurulmuş bir müşahidə proqramı onlardan bütöv bir dəstə tapdı

Kvazar qidalanma anında tutulan superkütləli qara dəlikdir: qazı udarkən o qədər parlaq şüalanır ki, yerləşdiyi qalaktikanın bütün işığını üstələyə bilər. Kainatın ən parlaq sabit mənbələri arasında olduqları üçün kvazarlar mayak kimi işləyir: kifayət qədər uzaqda birini tapsanız, onun işığı aradakı milyardlarla illik kosmosa arxadan tutulan lampa çevrilir.

Ən uzaq kvazarlar — işığı Kainatın yaşı bir milyard ildən az olanda yola çıxanlar — həm də ən nadir olanlardır. Euclid kosmik teleskopu əsas müşahidə proqramına başlamazdan əvvəl redshift 7-dən o tərəfdə yalnız təxminən doqquz belə obyekt təsdiqlənmişdi; bu say 2011-ci ildə ilk belə kəşfdən bəri yavaş-yavaş toplanmışdı.

Astronomy & Astrophysics jurnalındakı yeni məqalədə Euclid Collaboration müşahidənin cəmi ilk il yarımında tapılmış, redshift 6.6 ilə 7.8 arasında yerləşən 31 yeni kvazar haqqında məlumat verir. Onlardan on ikisi redshift 7 və ya daha yuxarıdadır. Təkcə bu ilkin mərhələ həmin redshift-lərdə məlum əhalinin sayını iki dəfədən çox artırdı. Bu, müşahidə proqramının gücü haqqında hekayədir və bunun nə demək olduğunu — və nə demək olmadığını — dəqiq ifadə etmək vacibdir.



Euclid Wide Survey-in indiyə qədər əhatə etdiyi sahə (bej) 2030-cu ilə qədər planlaşdırılan tam sahə ilə (mavi-yaşıl kontur) müqayisədə; yeni kəşf olunan 31 yüksək-redshift kvazar qırmızı ilə göstərilib. Onlar sonda təxminən 14,000 kvadrat dərəcəni xəritələmək üçün qurulmuş müşahidənin yalnız ilk hissəsindən gəlib — müşahidə gücünün bir şəkillik xülasəsi.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Euclid-dən əvvəl redshift 7-dən yuxarı təxminən doqquz kvazar məlum idi (2011–2024). Bu ilkin mərhələ daha on ikisini əlavə etdi — hələ ki kiçik nümunədə "ikiqat artım"ın konkret görünüşü.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Bu qədər uzaqdakı kvazarlar niyə zəhmətə dəyər

Redshift Kainatın genişlənməsinin mənbədən gələn işığı bizə çatana qədər nə qədər uzatdığını ölçür; daha yüksək redshift daha qədim işıq və Kainatın daha erkən dövrü deməkdir. Redshift 7-də biz Böyük Partlayışdan bir milyard ildən də az sonrakı dövrə, ilk parlaq obyektlərin erkən kosmosu dolduran neytral hidrogen dumanını ionlaşdırdığı reionizasiya epoxasının sonlarına baxırıq.

Redshift nədir və niyə həm məsafə, həm də saat kimi işləyir

Termin yenidirsə: *redshift* mənbənin işığının bizə çatana qədər daha uzun, daha qırmızı dalğa uzunluqlarına nə qədər uzandığını göstərir. Bu bir rəqəmi bu qədər faydalı edən iki səbəb var. Birincisi, işıq sabit sürətlə hərəkət edir, ona görə uzaqda olan hər şeyi həm də çox keçmişdə görürük — kosmosda dərinə baxmaq zamana geri baxmaqdır. İkincisi, işığın bütün səfəri ərzində Kainat genişləndiyi üçün yol nə qədər uzundursa, işıq da bir o qədər çox uzanır. Buna görə daha böyük redshift daha erkən yola çıxmış, daha uzaqdan, kosmosun daha gənc olduğu dövrdən gələn işıq deməkdir. Buradakı redshift 7 Böyük Partlayışdan bir milyard ildən az sonranın — Kainatın indiki yaşının onda birindən də

> xeyli azının — işığıdır.

Bu dövrün kvazarları iki ayrı səbəbdən faydalıdır. Birincisi, onların hər birində artıq yüz milyonlarla, hətta milyardlarla Günəş kütləsinə malik qara dəlik var. Bu qədər ağır bir şeyi bu qədər erkən böyütmək çətindir: qara dəliyin nə qədər sürətlə maddə uda biləcəyinə dair adi məhdudiyyətlər altında yalnız kifayət qədər böyük ilkin "toxumlar" mövcud olan bir neçə yüz milyon il ərzində bu kütlələrə çata bilir. Deməli, bu obyektlərin sadəcə mövcudluğu və sayı ilk superkütləli qara dəliklərin necə yarandığını və böyüdüyünü məhdudlaşdırır. İkincisi, kvazar işığı ətrafdakı qalaktikalararası mühitdən keçərkən qazın nə qədər neytral olduğunun izini daşıyır; bunun sayəsində hər kvazar reionizasiyanın özünü öyrənmək üçün zond olur.

Problem odur ki, onlar fövqəladə dərəcədə nadir və tapılması çətin obyektlərdir. Bu redshiftlərdə kvazarın ən güclü xüsusiyyəti olan Lyman-alpha qırılması optik diapazondan çıxıb yaxın infraqırmızıya qədər uzanır. Buna görə onları tapmaq üçün böyük sahədə dərin yaxın-infraqırmızı görüntüləmə lazımdır — uyğun parlaqlıq həddinə qədər təxminən hər yüz kvadrat dərəcəyə bir kvazar düşür. Yerdən eyni anda həm dərin, həm geniş yaxın-infraqırmızı müşahidə aparmaq indiyə qədər demək olar qadağanedici dərəcədə çətin olub. Euclid məhz bu boşluğu bağlamaq üçün qurulub.

Euclid əslində nə etdi

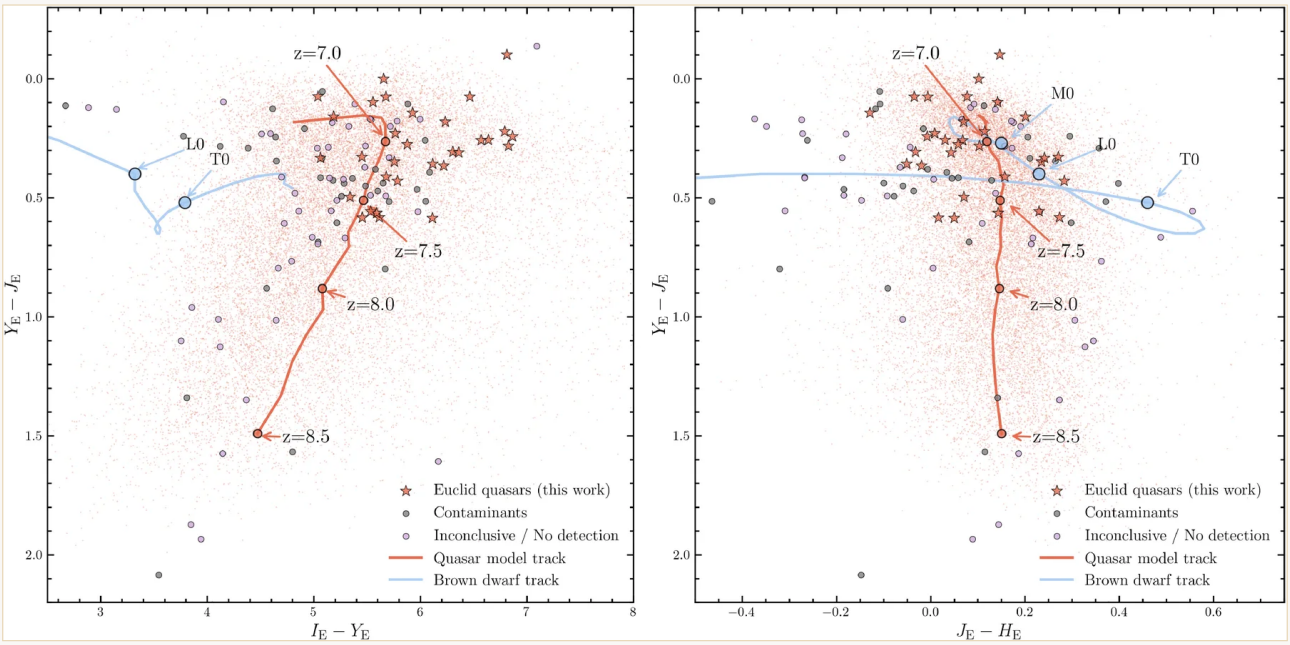
Euclid optik və yaxın-infraqırmızı işıqda səmanın təxminən 14,000 kvadrat dərəcəsini xəritələmək üçün nəzərdə tutulmuş altıillik müşahidə proqramını aparan 1.2 metrlik kosmik teleskopdur. Atmosferin üzərində olması ona böyük sahədə, yerüstü yaxın-infraqırmızı müşahidələrin çata bilmədiyi dərinliyə çatmağa imkan verir. Bu məqalə proqramın təxminən ilk il yarımında daxil olmuş məlumatlardan — 2024-cü ilin fevralı ilə 2025-ci ilin avqustu arasında müşahidə edilmiş təxminən 3000 kvadrat dərəcədən — istifadə edir.

Euclid kosmik aparatı buraxılışdan əvvəl təmiz otaqda. 1.2 metrlik teleskop səmanı ağ silindrin üst hissəsindən müşahidə edir; atmosferdən yuxarıda onun genişsahəli yaxın-infraqırmızı kamerası yerüstü axtarışların uyğunlaşa bilmədiyi qədər böyük sahədə dərin müşahidələr aparır.

ESA / NASA Science fair-use

Bu saman tayasında 31 iynəni tapmaq sadəcə baxmaqla mümkün deyildi. Komanda xüsusi fotometriya hazırladı və sonra hər zəif, nöqtəvari mənbənin yüksək-redshift kvazar olması ehtimalını, rəngləri uzaq kvazarı təqlid edən və sayca qat-qat çox olan çirkləndiricilərdən — əsasən soyuq qəhvəyi cırtdanlardan — fərqləndirmək üçün bir neçə maşın öyrənməsi və ehtimal klassifikatoru işlətdi: extreme-deconvolution sıxlıq modeli, gradient-boosted klassifikator və şablon əsaslı uyğunlaşdırmalar. Namizədlər üsullar arasında qarşılıqlı yoxlandı, vizual baxışdan keçirildi və sonrakı müşahidə üçün prioritetləşdirildi. Euclid-in öz şəkilləri namizədləri seçir; təsdiq isə Magellan və Large Binocular Telescope daxil olmaqla böyük yerüstü teleskoplarda alınan spektrlərdən gəlir. Spektroskopiya işığı kifayət qədər incə bölür ki, xarakterik qırılma və emissiya xətləri görünə bilsin.

Bu təsdiq mərhələsi açıq şəkildə davam edən işdir. Spektroskopik follow-up hələ davam edir və məqalənin öz ifadəsi ilə desək, xüsusən cənub səmasında tam əhatəyə çatmayıb. İzlənmiş, amma 31 təsdiqlənmiş kvazardan birinə çevrilməyən namizədlər də açıq şəkildə hesaba alınır: bir çoxu çirkləndirici idi (böyük hissəsi yəqin ki, qəhvəyi cırtdanlar), bəziləri qeyri-müəyyən qaldı, bəzilərində isə aşkar edilə bilən siqnal yox idi. Təsdiqlənmiş kvazar dəstəsi başlıqdır; seçim üsulunun nəyi tutub nəyi qaçırdığının tam hesabı sonrakı məqalələrə saxlanılıb.



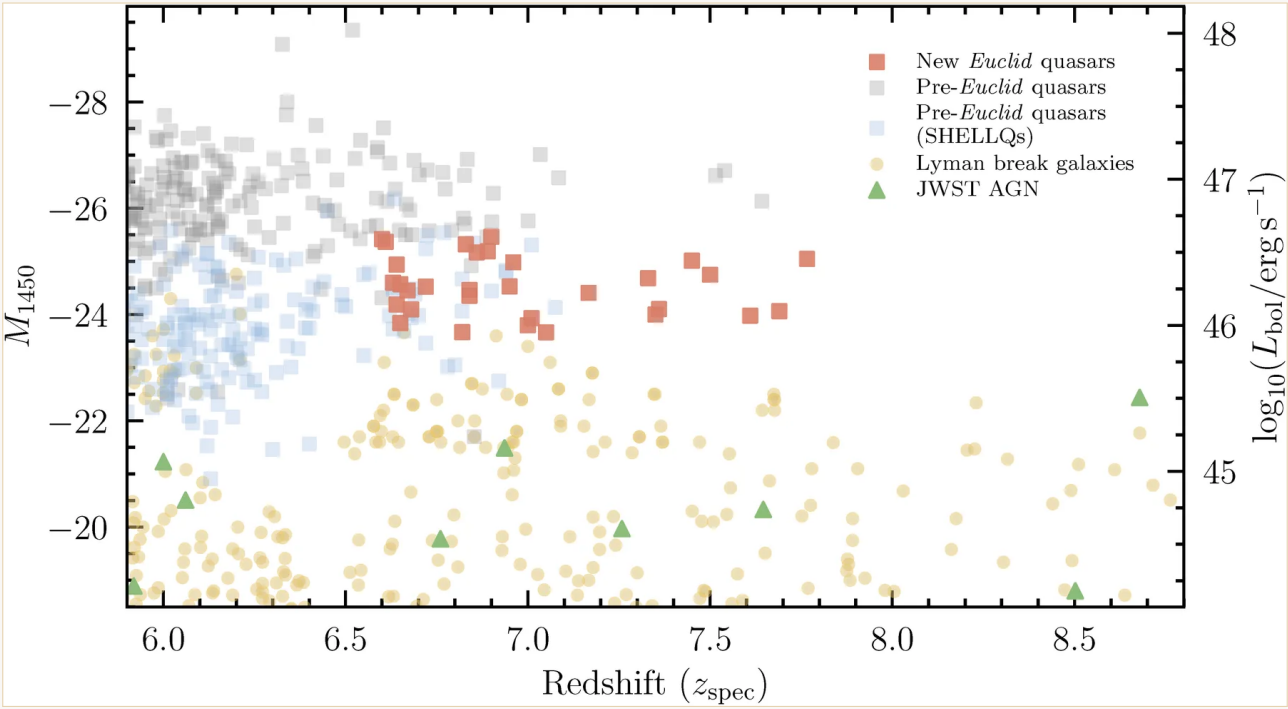
Rəng–rəng diaqramı: Euclid uzaq kvazarı yaxınlıqdakı qəhvəyi cırtdandan necə ayırır. Hər ox obyektin iki Euclid filtrində parlaqlıq fərqini göstərir və ümumi parlaqlıqdan çox işığın rəngini tutur. Qırmızı əyri yüksək-redshift kvazarların gözlənilən yerini göstərir (etiketlər redshift 7.0-dan 8.5-ə qədərdir); açıq-mavi əyri isə əsas təqlidçilər olan soyuq qəhvəyi cırtdanları M0-dan T0-a qədər tip üzrə göstərir. Yeni 31 kvazar (qırmızı ulduzlar) kvazar trayektoriyası boyunca düzülür; təsdiqlənmiş çirkləndiricilər (boz) və qeyri-müəyyən və ya aşkar edilməmiş namizədlər (bənövşəyi) ondan uzaqda qalır. İki trayektoriya yaxınlaşanda təkcə rəng qərar vermir — buna görə hər kvazar yenə də spektroskopik təsdiq tələb edir.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Rekord — ölçüsünü şişirtmədən

31 obyektdən biri, EUCL J1729+6410 kimi kataloqlaşdırılan kvazar, təxminən 7.77 redshift-dədir və hazırda məlum olan ən uzaq kvazardır. Bu real rekorddur və addımın ölçüsünü açıq deməyə dəyər. İyirmi illik məqsədli axtarışlar ərzində sərhəd təxminən redshift 7.5-ə qədər irəliləmişdi; dərhal əvvəlki rekord sahibi təxminən 7.64-də idi. Onu 7.77-yə çəkmək həqiqi irəliləyişdir, amma inkrementaldır — məqalə artımı redshift-də təxminən 0.13, kosmik zamanda təqribən on beş milyon il kimi verir. Sıçrayış yox, kiçik təkan.

Daha vacib rəqəm başqadır: təkcə bu ilkin mərhələdə redshift 7-dən yuxarı nümunənin ikiqat artması. Rekord sahibi bir obyektdir və bir obyekt bir məlumat nöqtəsidir. İkiqat böyümüş və artmaqda olan populyasiya isə statistika aparmağa imkan verir — bu qara dəliklərin nə qədər yayğın, nə qədər parlaq və nə qədər qruplaşmış olduğunu ölçmək — erkən Kainat elmi də məhz statistikada yaşayır. Yeni kvazarların çoxu da əvvəl Euclid-dən qabaq tapılmış parlaq kvazarlardan nisbətən zəifdir: bir-iki astronomik magnituda qədər. Zəif ucu görmək daha çətindir və reionizasiya tədqiqatları üçün daha qiymətlidir: daha zəif kvazarlar ətraflarında daha kiçik ionlaşmış qabarcıqlar yaradır, buna görə işıqları hələ neytral qalmış qazın daha böyük hissəsindən keçir.



Yeni kvazarların yeri: parlaqlıq kosmik məsafəyə qarşı. Üfüqi ox redshift-dir — sağa getdikcə kosmik tarixdə daha erkən dövrə gedirik. Şaquli ox hər kvazarın daxili ultrabənövşəyi parlaqlığıdır və qrafikdə M1450 kimi işarələnib; köhnə astronomik magnituda konvensiyasına görə şkala tərsdir, yəni yuxarı daha parlaq deməkdir (sağdakı şkala eyni məlumatı ümumi, yəni *bolometrik*, parlaqlıq kimi yenidən ifadə edir). Belə oxuyanda qrafik siyahıyaalmadır. Əvvəldən məlum olan parlaq kvazarlar (boz) daha aşağı redshift-lərdə toplanır; daha dərin SHELLQs müşahidəsi (açıq-mavi) daha zəif obyektlərə çatmışdı, amma zamanda xeyli daha geriyə yox. Euclid-in yeni 31 kvazarı (qırmızı) həmin parlaq populyasiyanı ən yüksək redshift-lərə qədər uzadır — ən sağdakı 7.77-də rekord sahibidir — və klassik parlaq kvazarlardan təxminən bir-iki magnituda zəifdir. Onların altında yalnız dərin, dar müşahidələrin çata bildiyi ərazi var: Lyman-break qalaktikalarının dənizi (sarı) və JWST-nin seçə bildiyi bir neçə çox zəif maddə udan qara dəlik (yaşıl üçbucaqlar). Euclid-in töhfəsi ayrıca qrup kimi görünür — nisbətən parlaq, çox erkən kvazarlar geniş sahədə — köhnə parlaq nümunə ilə hələlik yalnız hədəfli alətlərin görə bildiyi zəif populyasiya arasında körpü yaradır.

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Hələ nə qeyri-müəyyəndir

Bu nəticə ilə birlikdə üç məhdudiyyət gəlir və məqalə onların hər üçünü açıq deyir.

Birincisi, bu ilkin nəticədir, yekun ölçmə deyil. Müəlliflər seçim funksiyasının və kvazar populyasiyasının tam statistik təhlilini açıq şəkildə gələcək nəşrlərə saxlayırlar. Buradakı luminosity-function məhdudiyyətləri ilk baxışdır, son söz deyil.

İkincisi, hər zəif “kvazar”ın mütləq kvazar olduğu zəmanətli deyil. Zəif ucdakı bəzi obyektlər, xüsusən aydın genişlənmiş Lyman-alpha xətti yoxdursa, əslində kompakt erkən qalaktikalar ola bilər. Komanda obyektlərin uzanmış qalaktikalar yox, nöqtə mənbələri ilə uyğun olduğuna dair ilkin yoxlama verir, amma bunu ilkin adlandırır: ən zəif obyektlərin həqiqi təbiətini JWST və oxşar qurğularla dərin yaxın-infraqırmızı spektroskopiya müəyyən edəcək.

Üçüncüsü, obyektlərin özü zəifdir və yerüstü spektroskopiyanın xarakterizə edə biləcəyi həddə yaxındır. Onların qara dəlik kütlələrini, ətraf mühitini və reionizasiya hekayəsindəki yerini dəqiqləşdirmək üçün JWST, ALMA və NOEMA lazım olacaq. Euclid bu obyektləri tapmaqda çox yaxşıdır; onları ətraflı öyrənməyi əsasən başqa alətlərə ötürür.

Niyə vacibdir

Bu işin dəyəri demoqrafikdir. On il ərzində Kainatın ilk milyard ili astronomlara nəticə çıxarmaq üçün cəmi bir ovuc kvazar verirdi. Euclid müşahidəsinin ilkin kiçik hissəsində buna o qədər obyekt əlavə etdi ki, siyahı artıq nümunəyə çevrilməyə başladı — və buraxılışdan əvvəlki proqnozlarla uyğun olaraq proses davam edir.

Bu vacibdir, çünki açıq suallar populyasiya suallarıdır. Qara dəliklər necə bu qədər tez bu qədər böyük oldu? Qalaktikalararası qaz müxtəlif dövrlərdə nə qədər ləkəli və nə qədər neytral idi? Bunlara bircə möhtəşəm obyekt cavab vermir; çoxlu obyektin sayılması, müqayisəsi və xəritələnməsi cavab verir. Euclid-in nümayiş etdirdiyi qabiliyyət həmin siyahıyaalmanı qurmaqdır — o cümlədən JWST-nin eyni dövrdə tapdığı müəmmalı maddə udan qara dəlik populyasiyasına bağlanan zəif ucu. Bu məqalə ilk qara dəliklərin necə yarandığını həll etmir və təkbaşına reionizasiyanı ölçmür. Bu ölçmələrin tələb etdiyi xammalı böyük həcmdə verir və artıq gedən follow-up kampaniyaları üçün aydın sərhəd müəyyən edir.

Qısa xülasə

Euclid Collaboration Euclid Wide Survey-in ilk təxminən 3000 kvadrat dərəcəsindən istifadə edərək redshift 6.6 ilə 7.8 arasında 31 yeni kvazar kəşf etdi; onlardan on ikisi redshift 7 və ya daha yuxarıdadır — bununla oradakı məlum populyasiyanı iki dəfədən çox artırdı — və redshift 7.77-dəki biri indi rekord üzrə ən uzaq kvazardır. Əsas əhəmiyyət tək rekordda deyil — o, sərhədi yalnız bir qədər irəli çəkir — müşahidənin bu nadir, əsasən zəif obyektləri böyük sayda tapa bildiyini nümayiş etdirməsindədir. Nəticələr ilkin məlumat mərhələsidir: tam statistik təhlil, spektroskopik təsdiqlərin böyük hissəsi və ayrı-ayrı obyektlərin detallı xarakteristikası hələ qarşıdadır.

No-BS yoxlaması

Məqalənin göstərdiyi: Euclid Wide Survey ilk ~1.5 ildə ~3000 kvadrat dərəcədə əvvəlki heç bir müşahidə proqramının edə bilmədiyi sayda yüksək-redshift kvazar tapa bilir — redshift 6.6–7.8 arasında 31 təsdiqlənmiş obyekt, onlardan 12-si redshift 7 və ya yuxarıda, oradakı məlum sayı təxminən ikiqat artırır; ən uzağı ~7.77 redshift-dədir.

Mümkün və həqiqi, amma əsas məsələ olmayan: Redshift rekordu. O, realdır, amma sərhədi cəmi təxminən 0.13 redshift qədər — əvvəlki ~7.64-dən 7.77-yə, kosmik zamanda təxminən on beş milyon il — irəli aparır. Zamanın sınağından çıxacaq başlıq tək rekord sahibi yox, ikiqat böyüyən və qeyri-adi dərəcədə zəif nümunədir.

Göstərmədiyi: İlk superkütləli qara dəliklərin necə yarandığını və ya reionizasiyanın ölçməsini. Bu kvazarlar həmin suallar üçün alətlərdir, cavablar yox. Həm də yekun populyasiya siyahısı deyil — tam statistik təhlil açıq şəkildə sonrakı məqalələrə saxlanılıb.

Ümumi oxucu üçün əsas məhdudiyyətlər: Spektroskopik follow-up xüsusən cənubda natamamdır; luminosity-function nəticələri ilkin xarakter daşıyır; ən zəif kvazar namizədlərinin bəziləri JWST səviyyəli spektroskopiya onları təsdiqləyənə qədər erkən qalaktikalar çıxa bilər.

Ümumi oxucu nə qədər əmin ola bilər? Euclid-in bu redshift-lərdə tapıla bilən obyektlər dünyasını dəyişdirdiyinə yüksək əminlik, daha parlaq obyektlərin peer-reviewed təsdiqlərinə də yüksək əminlik. Müəlliflərin öz çərçivəsinə görə zəif ucdakı populyasiyanın dəqiq saylarına və ən zəif namizədlərin təbiətinə əminlik daha aşağıdır — bunlar ilkin nəticələrdir, bağlanmış məsələlər deyil.

Mənbələr

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