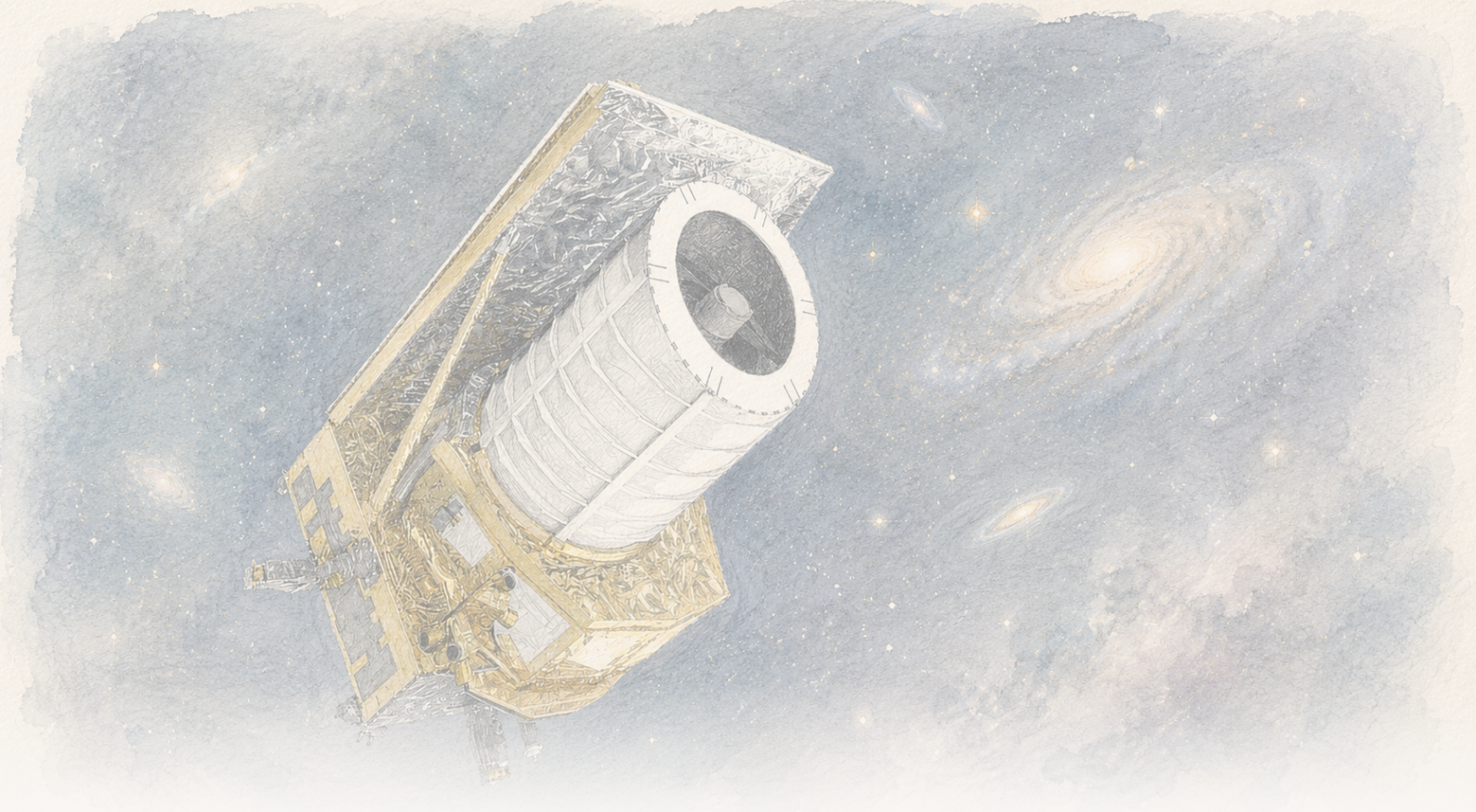


The Clean Paper

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

Euclid je više nego udvostručio mali uzorak kvazara iznad crvenog pomaka 7

U prvih godinu i pol Euclid Wide Surveyja, pretragom približno 3000 kvadratnih stupnjeva pronađen je 31 novi kvazar između crvenog pomaka 6.6 i 7.8. Dvanaest ih je na crvenom pomaku 7 ili većem, što je više nego udvostručilo šačicu poznatu prije Euclida, a jedan na crvenom pomaku 7.77 sada je najudaljeniji zabilježeni kvazar. Pravi napredak nije taj pojedinačni rekord, koji samo malo pomiče granicu koja je godinama bila blizu crvenog pomaka 7.5: to je sposobnost pregleda da u velikom broju nalazi te rijetke, uglavnom slabe objekte, što ih čini korisnima kao sonde mladog Svemira. Ovo je početni rezultat, a potpuna statistička analiza i velik dio spektroskopske potvrde tek slijede.

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

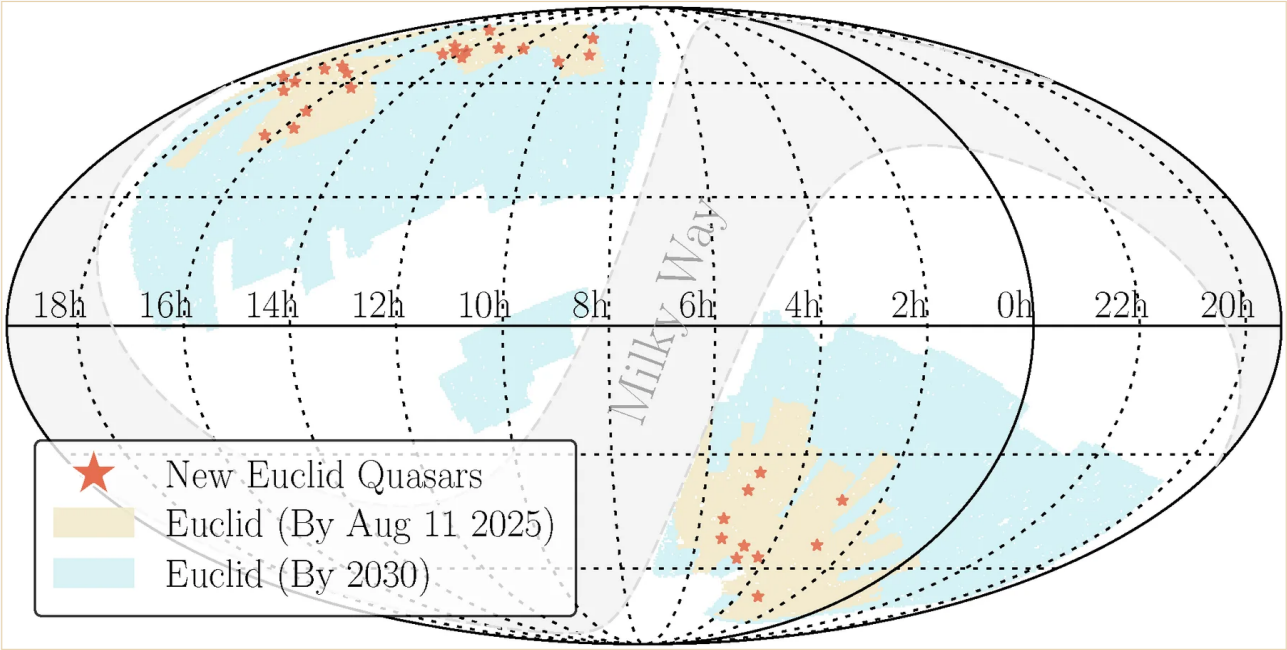
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Pregled neba napravljen za rijetke objekte upravo je pronašao cijelu skupinu

Kvazar je supermasivna crna rupa uhvaćena dok se hrani, toliko sjajna dok guta plin da može nadjačati svjetlost cijele svoje matične galaksije. Budući da su među najsjajnijim stalnim izvorima u Svemiru, kvazari služe kao svjetionici: pronađete li jedan dovoljno daleko, njegova svjetlost postaje svjetiljka postavljena iza milijardi godina međuprostora.

Najudaljeniji kvazari, čija je svjetlost krenula prema nama kada je Svemir bio mlađi od milijardu godina, ujedno su i najrjeđi. Prije nego što je svemirski teleskop Euclid započeo glavni pregled, bilo ih je potvrđeno samo oko devet iznad crvenog pomaka 7 — broj koji se polako skupljao od prvog takvog otkrića 2011.

U novom radu u časopisu *Astronomy & Astrophysics* suradnja Euclid izvještava o 31 novom kvazaru između crvenog pomaka 6.6 i 7.8, pronađenom u samo prvih godinu i pol pregleda. Dvanaest ih je na crvenom pomaku 7 ili većem. Taj je jedan rani niz više nego udvostručio poznatu populaciju na tim crvenim pomacima. Ovo je priča o snazi pregleda neba i vrijedi precizno reći što to znači, a što ne.



Dosad pokriveno područje Euclid Wide Surveyja (bež) u odnosu na puni otisak planiran do 2030. (cijan), s 31 novootkrivenim kvazarom visokog crvenog pomaka označenim crveno. Dolaze iz samo prvog dijela pregleda koji je osmišljen da naposljetku mapira oko 14,000 kvadratnih stupnjeva — priča o snazi pregleda u jednoj slici.

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

Prije Euclida bilo je poznato oko devet kvazara iznad crvenog pomaka 7 (2011–2024). Ovaj rani niz dodao je još dvanaest — konkretan prikaz „udvostručenja" na još uvijek malom uzorku.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Zašto se isplati tražiti tako udaljene kvazare

Crveni pomak mjeri koliko je širenje Svemira rastegnulo svjetlost izvora na putu do nas; veći crveni pomak znači stariju svjetlost i raniji Svemir. Na crvenom pomaku 7 gledamo manje od milijardu godina nakon Velikog praska, prema kraju epohe reionizacije, kada su prvi sjajni objekti rastjerivali maglu neutralnog vodika koja je ispunjavala rani svemir.

Što je crveni pomak i zašto istodobno služi kao udaljenost i sat

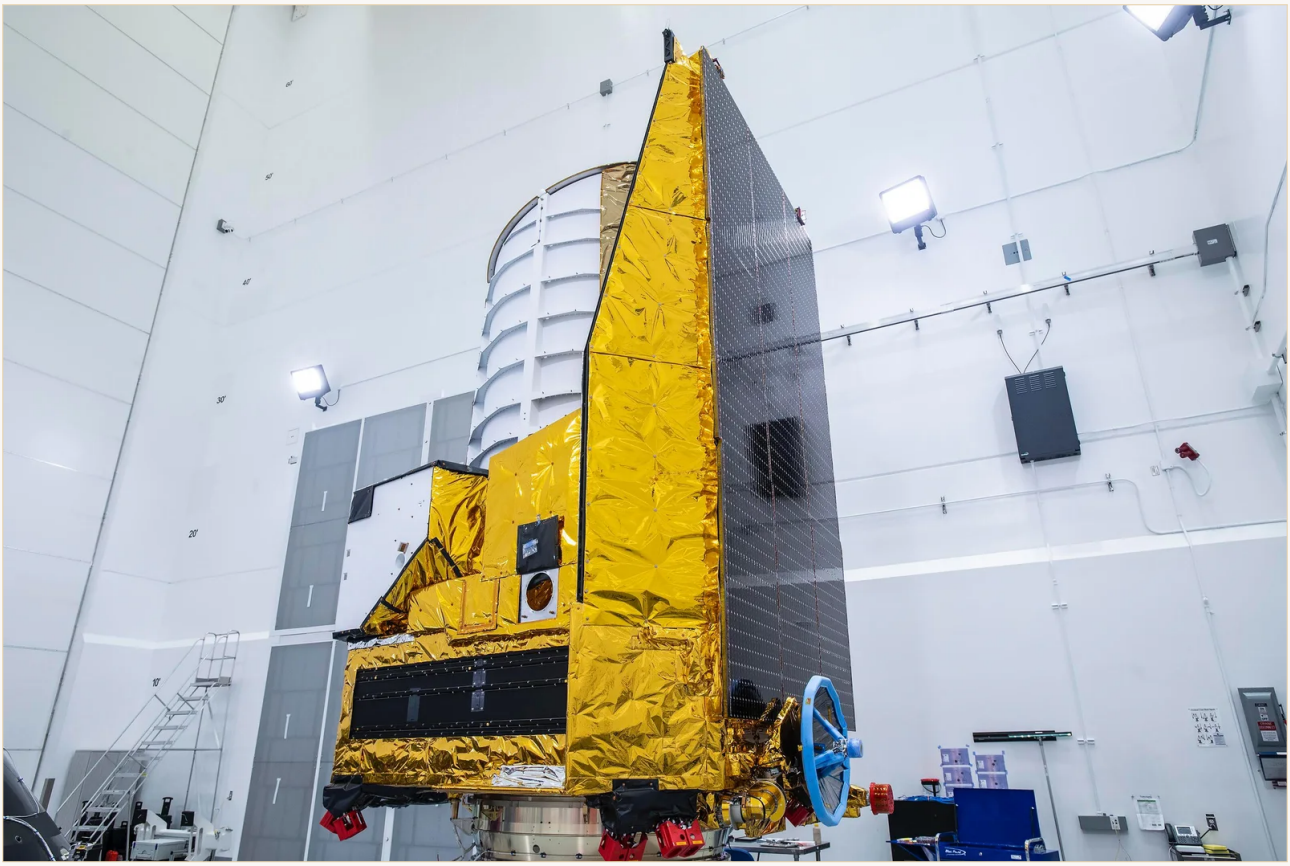
Ako vam je terminologija nova: *crveni pomak* opisuje koliko se svjetlost nekog izvora do dolaska do nas rastegnula prema duljim, crvenijim valnim duljinama. Dvije stvari čine taj jedan broj toliko korisnim. Prvo, svjetlost putuje konačnom i stalnom brzinom, pa sve što je daleko vidimo i davno — gledati duboko u svemir znači gledati unatrag u vremenu. Drugo, budući da se Svemir širio tijekom cijelog putovanja svjetlosti, što je put dulji, svjetlost je više rastegnuta. Zato veći crveni pomak znači svjetlost koja je krenula ranije, iz veće udaljenosti, kada je kozmos bio mlađi. Crveni pomak 7 ovdje znači svjetlost iz vremena manje od milijardu godina nakon Velikog praska — znatno manje od desetine današnje starosti Svemira.

Kvazari iz tog razdoblja korisni su iz dva odvojena razloga. Prvo, svaki već sadrži crnu rupu od stotina milijuna do milijardi Sunčevih masa. Teško je tako rano narasti do tolikih masa: uz uobičajena ograničenja brzine akrecije samo dovoljno masivni početni „zametci" imaju vremena dosegnuti te mase u nekoliko stotina milijuna raspoloživih godina. Sama činjenica da ti objekti postoje, i koliko ih ima, ograničava scenarije nastanka i rasta prvih supermasivnih crnih rupa. Drugo, svjetlost kvazara koja prolazi kroz okolni međugalaktički medij nosi otisak udjela neutralnog plina, pa svaki kvazar postaje sonda same reionizacije.

Problem je u tome što su iznimno rijetki i teško ih je pronaći. Na tim crvenim pomacima najjača značajka kvazara, Lyman-alpha prijelom, pomaknuta je iz optičkog u blisko infracrveno područje, pa su potrebna duboka blisko-infracrvena snimanja velikog dijela neba — otprilike jedan kvazar na sto kvadratnih stupnjeva do relevantne granice sjaja. Duboko i široko snimanje u bliskom infracrvenom s tla upravo je kombinacija koja je bila iznimno zahtjevna. Euclid je napravljen da zatvori tu prazninu.

Što je Euclid zapravo napravio

Euclid je svemirski teleskop promjera 1.2 metra koji provodi šestogodišnji pregled osmišljen da mapira oko 14,000 kvadratnih stupnjeva neba u optičkoj i blisko-infracrvenoj svjetlosti. Iznad atmosfere može postići dubinu na širokom polju koju zemaljski blisko-infracrveni pregledi ne mogu dosegnuti. Ovaj rad koristi podatke prikupljene tijekom otprilike prvih godinu i pol pregleda — oko 3000 kvadratnih stupnjeva promatranih između veljače 2024. i kolovoza 2025.

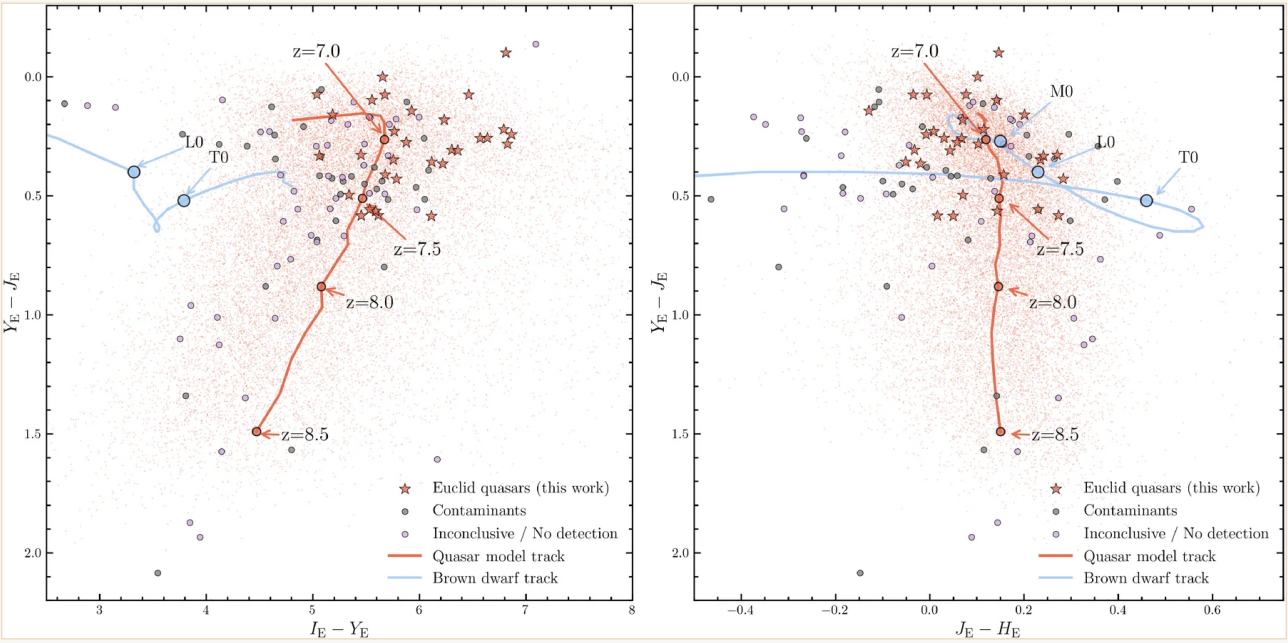


Svemirska letjelica Euclid u čistoj sobi prije lansiranja. Teleskop promjera 1.2 metra promatra nebo kroz vrh bijelog cilindra; iznad atmosfere njegova širokokutna blisko-infracrvena kamera doseže dubine na velikom području koje zemaljske pretrage ne mogu postići.

ESA / NASA Science fair-use

Pronaći 31 iglu u tom plastu sijena nije bilo pitanje običnog gledanja. Tim je izradio prilagođenu fotometriju, a zatim kroz nju proveo više modela strojnog učenja i probabilističkih klasifikatora — model gustoće s ekstremnom dekonvolucijom, klasifikator s gradijentnim pojačavanjem i prilagodbe predložaka — kako bi za svaki slab, točkasti izvor procijenio vjerojatnost da je kvazar visokog crvenog pomaka, a ne jedan od mnogo brojnijih kontaminanata, prije svega hladni smeđi patuljci čije boje oponašaju udaljeni kvazar. Kandidati su uspoređivani među metodama, pregledavani ručno i rangirani za daljnja promatranja. Euclidove slike odabiru kandidate; potvrda dolazi iz spektara s velikih zemaljskih teleskopa — među njima Magellana i Large Binocular Telescopea — koji dovoljno fino rastavljaju svjetlost da se vide karakteristični prijelom i emisijske linije.

Taj korak potvrde pošteno je posao u tijeku. Spektroskopsko praćenje još traje i, prema samom radu, još nije potpuno, osobito na južnom nebu. Za kandidate koji su praćeni, ali nisu postali jedan od 31 potvrđenog kvazara, rad jasno navodi što se s njima dogodilo: mnogi su bili kontaminanti (velik dio vjerojatno smeđi patuljci), neki neodređeni, a neki nisu dali mjerljiv signal. Naslov pripada potvrđenim kvazarima; potpuna procjena što selekcija hvata i propušta ostavljena je budućim radovima.



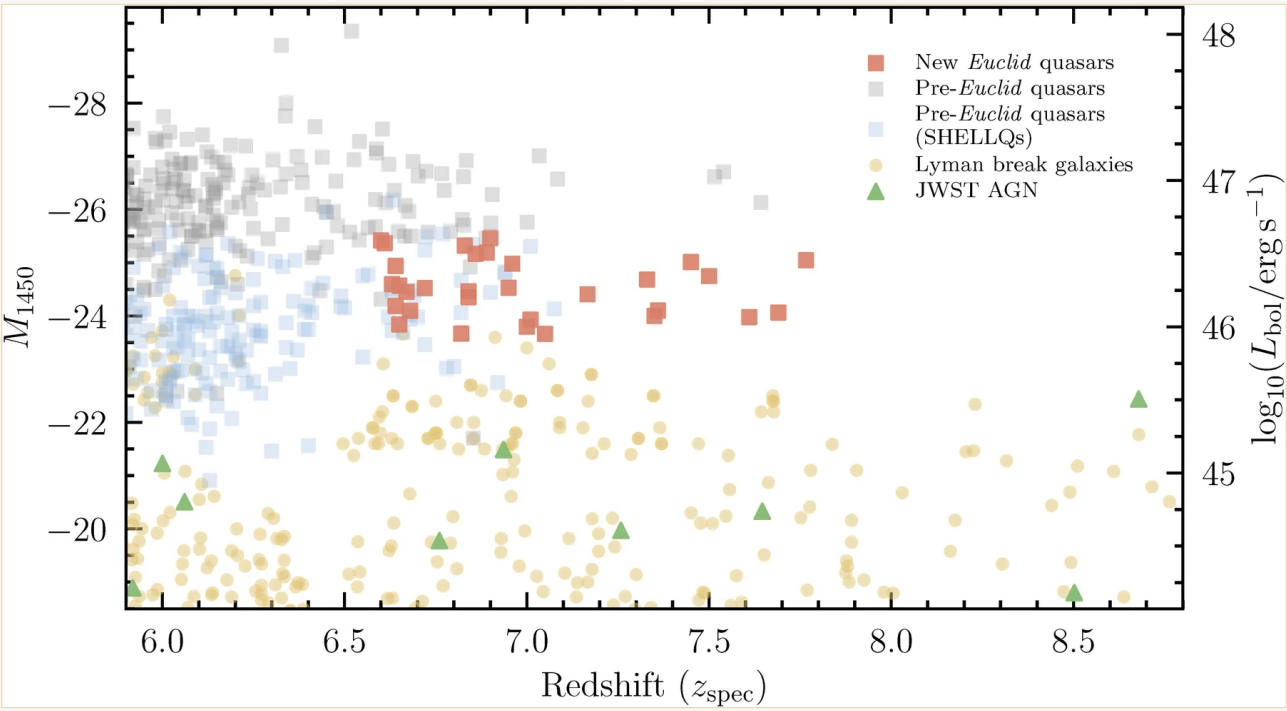
Dijagram boja–boja: kako Euclid razlikuje udaljeni kvazar od obližnjeg smeđeg patuljka. Svaka os prikazuje razliku u sjaju objekta između dva Euclidova filtra, dakle boju njegove svjetlosti, a ne ukupni sjaj. Crvena krivulja pokazuje gdje se očekuju kvazari visokog crvenog pomaka (oznake označavaju crveni pomak 7.0 do 8.5); svijetloplava krivulja prati hladne smeđe patuljke — glavne imitatore — označene tipovima od M0 do T0. 31 novi kvazar (crvene zvijezde) niže se duž kvazarske putanje; potvrđeni kontaminanti (sivo) i neodređeni ili nedetektirani kandidati (ljubičasto) odmiču se od nje. Gdje su putanje blizu, sama boja ne može odlučiti — zato svaki kvazar i dalje treba spektroskopsku potvrdu.

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

Rekord u pravoj mjeri

Jedan od 31 objekta, katalogiziran kao EUCL J1729+6410, nalazi se na crvenom pomaku oko 7.77 i sada je najudaljeniji poznati kvazar. To je stvaran rekord i vrijedi jasno reći koliko je taj korak velik. Tijekom dva desetljeća posvećenih pretraga granica je pomaknuta do oko crvenog pomaka 7.5, a neposredni prethodni rekorder bio je na oko 7.64. Pomak na 7.77 pravi je napredak, ali inkrementalan — rad ga procjenjuje na oko 0.13 u crvenom pomaku, odnosno otprilike petnaest milijuna godina kozmičkog vremena. Pomak, ne skok.

Važniji je drugi broj: udvostručenje uzorka iznad crvenog pomaka 7 u jednom ranom nizu. Rekorder je jedan objekt, a jedan objekt je jedna podatkovna točka. Udvostručena i rastuća populacija omogućuje statistiku — mjerenje koliko su te crne rupe bile česte, koliko sjajne i kako grupirane — a statistika je mjesto na kojem stvarno živi znanost ranog Svemira. Većina novih kvazara također je relativno slaba, jednu do dvije magnitude slabija od sjajnih kvazara poznatih prije Euclida. Taj slabiji kraj raspodjele teže je dohvatiti, ali je vredniji za proučavanje reionizacije: slabiji kvazari oko sebe stvaraju manje ionizirane mjehure, pa njihova svjetlost uzorkuje veći dio još neutralnog plina.



Gdje se nalaze novi kvazari: sjaj prema kozmičkoj udaljenosti. Vodoravna os je crveni pomak — desnije znači ranije u kozmičkoj povijesti. Okomita os je intrinzični ultraljubičasti sjaj svakog kvazara, na grafu označen M1450; prema staroj konvenciji astronomskih magnituda ide „unatrag", pa više znači sjajnije (desna skala isto izražava kao ukupnu, odnosno *bolometrijsku*, luminoznost). Tako pročitan, graf je popis stanovništva. Sjajni, ranije poznati kvazari (sivo) gomilaju se na manjim crvenim pomacima; dublji pregled SHELLQs (svijetloplavo) dosegnuo je slabije objekte, ali ne mnogo dalje u prošlost. 31 novi Euclidov kvazar (crveno) proširuje tu sjajnu populaciju do najvećih crvenih pomaka — krajnji desni je rekorder na 7.77 — uz sjaj otprilike jednu do dvije magnitude slabiji od klasičnih sjajnih kvazara. Ispod njih leži područje koje mogu dosegnuti samo duboki, uski pregledi: mnoštvo galaksija s Lymanovim prijelomom (žuto) i nekolicina vrlo slabih akretirajućih crnih rupa koje je pronašao JWST (zeleni trokuti). Euclidov doprinos pojavljuje se kao zasebna skupina — razmjerno sjajni kvazari, vrlo rano, na velikom području — koja povezuje stari sjajni uzorak sa slabom populacijom koju zasad

mogu dosegnuti samo usmjereni instrumenti.

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

Što je još neizvjesno

Tri ograde prate rezultat, a rad ih sam navodi.

Prvo, ovo je početni rezultat, ne završno mjerenje. Autori izričito odgađaju potpunu statističku analizu funkcije selekcije i populacije kvazara za buduće publikacije. Ograničenja funkcije luminoznosti ovdje su prvi pogled, ne posljednja riječ.

Drugo, nije zajamčeno da je svaki slabi „kvazar” doista kvazar. Na slabom kraju neki objekti identificirani kao kvazari mogli bi zapravo biti kompaktne rane galaksije, osobito ako nemaju jako proširenu Lyman-alpha liniju. Tim daje preliminarnu provjeru da su objekti konzistentni s točkastim izvorima, a ne proširenim galaksijama, ali je naziva preliminarnom: duboka blisko-infracrvena spektroskopija JWST-a i sličnih instrumenata utvrdit će pravu narav najslabijih.

Treće, sami su objekti slabi i blizu granice onoga što zemaljska spektroskopija može karakterizirati. Određivanje masa njihovih crnih rupa, okoline i mjesta u priči reionizacije zahtijevat će JWST, ALMA-u i NOEMA-u. Euclid je vrlo dobar u pronalaženju tih objekata; velik dio daljnjeg proučavanja prepušta drugim instrumentima.

Zašto je to važno

Vrijednost rada je demografska. Desetljeće je prvih milijardu godina Svemira astronomima nudilo tek šačicu kvazara iz kojih su pokušavali zaključivati. Euclid je u jednom ranom dijelu pregleda dodao dovoljno objekata da se popis pretvori u uzorak — i, u skladu s predviđanjima prije lansiranja, na putu je da nastavi.

To je važno jer su otvorena pitanja ovdje pitanja populacije. Kako su crne rupe tako brzo narasle? Koliko je međugalaktički plin bio nehomogeno i koliko neutralan u različitim vremenima? Na to ne odgovara jedan spektakularan objekt; odgovara se brojenjem, uspoređivanjem i mapiranjem mnogih. Euclid je pokazao sposobnost gradnje tog popisa — uključujući slabiji kraj, koji se povezuje sa zagonetnom populacijom akretirajućih crnih rupa koju JWST pronalazi u istoj eri. Ovaj rad ne rješava kako su prve crne rupe nastale i sam po sebi ne mjeri reionizaciju. On u velikoj količini isporučuje sirovinu potrebnu za ta mjerenja i postavlja jasnu granicu za kampanje praćenja koje već traju.

Sažetak bez ukrasa

Koristeći prvih otprilike 3000 kvadratnih stupnjeva Euclid Wide Surveyja, suradnja Euclid otkrila je 31 novi kvazar između crvenog pomaka 6.6 i 7.8, njih dvanaest na crvenom pomaku 7 ili većem — više nego udvostručivši tamo poznatu populaciju — uključujući jedan na crvenom pomaku 7.77 koji je sada najudaljeniji poznati kvazar. Važnost je u dokazanoj sposobnosti pregleda da takve rijetke, uglavnom slabe objekte pronalazi u velikom broju, a ne u inkrementalnom rekordu crvenog pomaka. Rezultati su početno izdanje podataka: potpuna statistička analiza, velik dio spektroskopske potvrde i detaljna karakterizacija pojedinačnih objekata tek slijede.

Provjera bez uljepšavanja

Što rad pokazuje: Da Euclid Wide Survey u prvih ~1.5 godina preko ~3000 kvadratnih stupnjeva može pronalaziti kvazare visokog crvenog pomaka u broju koji prethodni pregledi nisu mogli — 31 potvrđen između crvenog pomaka 6.6 i 7.8, dvanaest na crvenom pomaku 7 ili većem, otprilike udvostručivši tamo poznati broj, s najudaljenijim na crvenom pomaku ~7.77.

Što je vjerojatno, ali nije poanta: Sam rekord crvenog pomaka. Stvaran je, ali pomiče granicu za samo oko 0.13 — s prethodnog rekorda blizu 7.64 na 7.77, otprilike petnaest milijuna godina kozmičkog vremena. Naslov koji će trajati jest udvostručen, rastući i neobično slab uzorak, ne pojedinačni rekorder.

Što ne pokazuje: Kako su nastale prve supermasivne crne rupe niti mjerenje reionizacije. Ti kvazari alati su za ta pitanja, ne odgovori. Nije ni konačan popis populacije — puna statistička analiza izričito je ostavljena kasnijim radovima.

Glavna ograničenja za općeg čitatelja: Spektroskopsko praćenje nije potpuno, osobito na jugu; rezultati funkcije luminoznosti preliminarni su; a neki od najslabijih objekata označenih kao kvazari mogli bi se pokazati ranim galaksijama dok ih ne potvrdi spektroskopija klase JWST.

Koliko povjerenja treba imati opći čitatelj? Visoko da je Euclid promijenio što se na tim crvenim pomacima može pronaći i visoko za recenzirane potvrde sjajnijih objekata. Niže, prema vlastitom okviru autora, za precizne brojke slabog kraja populacije i narav najslabijih kandidata — to su prvi rezultati, ne riješena pitanja.

Izvori

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