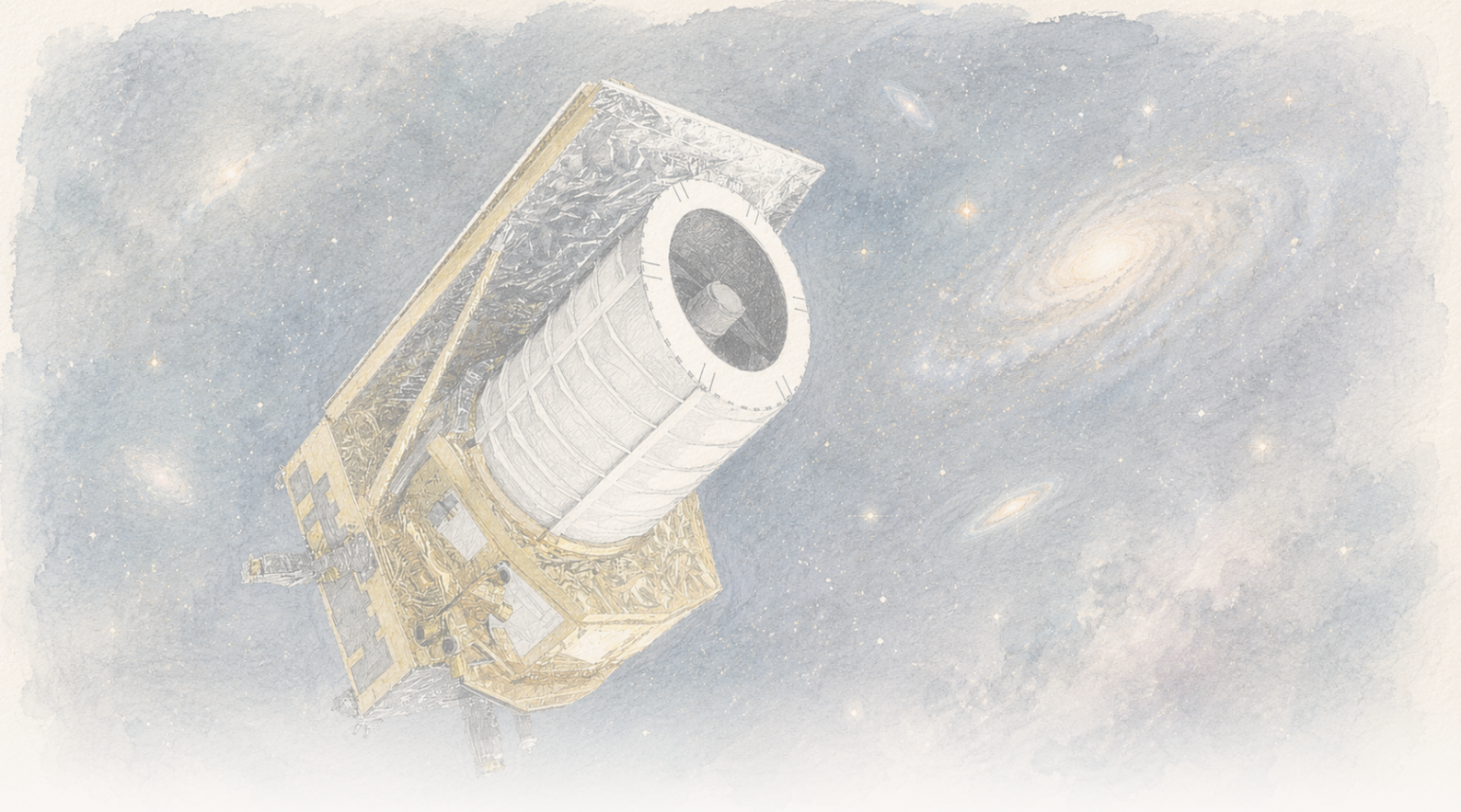


The Clean Paper

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

Euclid më shumë se dyfishon kampionin e vogël të kuazarëve përtej redshift-it 7

Në vitin e parë e gjysmë të Euclid Wide Survey, një kërkim mbi rreth 3000 gradë katrore gjeti 31 kuazarë të rinj mes redshift 6.6 dhe 7.8. Dymbëdhjetë janë në redshift 7 ose më lart, duke më shumë se dyfishuar numrin e vogël të njohur më parë, dhe njëri në redshift 7.77 është tani kuazari më i largët i regjistruar. Përparimi real nuk është ai rekord i vetëm, që vetëm e shtyn pak kufirin: është fuqia e survey-it për t'i gjetur këto objekte të rralla, kryesisht të zbehta, në numër — pikërisht ajo që i bën të dobishëm si sonda të Universit të ri. Ky është rezultat fillestar; analiza e plotë statistikore dhe një pjesë e madhe e konfirmimit spektroskopik ende duhet të vijnë.

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

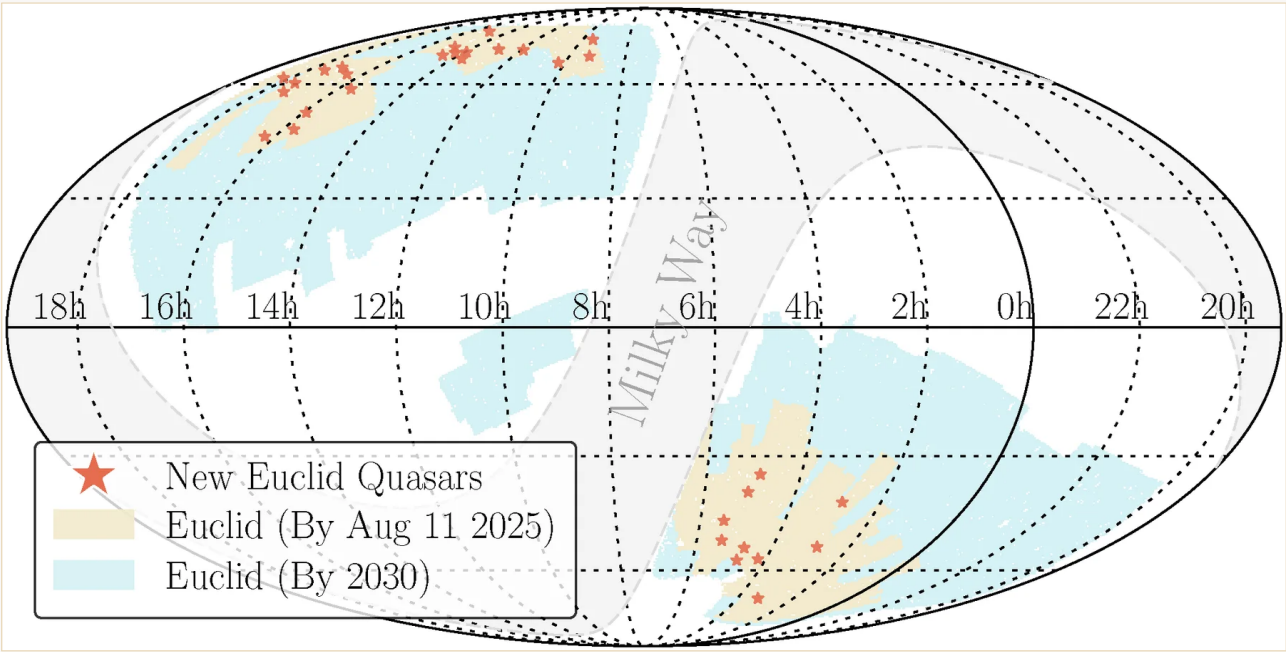
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Një survey i ndërtuar për gjëra të rralla sapo gjeti një grup të tërë

Një kuazar është një vrimë e zezë supermasive e kapur teksa ushqehet, aq e ndritshme ndërsa gëlltit gaz sa mund ta tejkalojë në dritë të gjithë galaktikën pritëse. Meqë kuazarët janë ndër burimet e qëndrueshme më të ndritshme në Univers, ata shërbejnë si fenerë: gjej një mjaft larg dhe drita e tij bëhet si një llambë e vendosur pas miliarda vjetësh hapësirë ndërmjetëse.

Kuazarët më të largët, ata drita e të cilëve u nis kur Universi ishte më pak se një miliard vjet i vjetër, janë edhe më të rrallët. Para se teleskopi hapësinor Euclid të niste survey-n kryesor, vetëm rreth nëntë ishin konfirmuar përtej redshift-it 7 — një numër i ndërtuar ngadalë që nga zbulimi i parë i tillë në 2011.

Në një punim të ri në *Astronomy & Astrophysics*, Euclid Collaboration raporton 31 kuazarë të rinj mes redshift 6.6 dhe 7.8, të gjetur vetëm në vitin e parë e gjysmë të survey-t. Dymbëdhjetë prej tyre janë në redshift 7 ose më lart. Vetëm ky cikël më shumë se dyfishoi popullatën e njohur në këto redshift-e. Kjo është histori për fuqinë e një survey-i, dhe ia vlen të jemi të saktë për atë që do dhe nuk do të thotë.



Zona e Euclid Wide Survey e mbuluar deri tani (bezhë), krahas gjurmës së plotë të planifikuar deri në 2030 (cian), me 31 kuazarët e rinj me redshift të lartë të shënuar me të kuqe. Ata vijnë vetëm nga feta e parë e një survey-i të projektuar për të hartëzuar rreth 14,000 gradë katrore — fuqia e survey-it në një figurë.

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

Para Euclid-it njiheshin rreth nëntë kuazarë përtej redshift-it 7 (2011–2024). Ky cikël i hershëm shtoi edhe dymbëdhjetë — "dyfishimi" i bërë konkret, në një kampion që ende mbetet i vogël.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Pse kuazarët kaq larg ia vlejnë mundimin

Redshift-i mat sa shumë zgjerimi i Universit e ka zgjatur dritën e një burimi gjatë rrugës drejt nesh; redshift më i lartë do të thotë dritë më e vjetër dhe një Univers më i hershëm. Në redshift 7 shikojmë më pak se një miliard vjet pas Big Bang-ut, drejt fundit të epokës së rejonizimit, kur objektet e para të ndritshme po largonin mjegullën e hidrogjenit neutral që mbushte hapësirën e hershme.

Çfarë është redshift-i dhe pse shërben njëkohësisht si distancë dhe orë

Nëse termi është i ri: *redshift* është masa se sa shumë drita e një burimi është zgjatur drejt gjatësive valore më të gjata dhe më të kuqe deri sa arrin te ne. Dy gjëra e bëjnë këtë numër kaq të dobishëm. Së pari, drita udhëton me shpejtësi të fiksuar, ndaj çdo gjë shumë larg shihet edhe shumë kohë më parë — të shikosh thellë në hapësirë do të thotë të shikosh prapa në kohë. Së dyti, sepse Universi është zgjeruar gjatë gjithë udhëtimit të dritës, sa më e gjatë të ketë qenë rruga, aq më shumë është zgjatur drita. Pra redshift më i madh do të thotë dritë që u nis më herët, nga më larg, kur kozmosi ishte më i ri. Redshift 7 këtu është dritë nga më pak se një miliard vjet pas Big Bang-ut — shumë më pak se një e dhjeta e moshës së sotme të Universit.

Kuazarët e kësaj epoke janë të dobishëm për dy arsye të ndryshme. Së pari, secili tashmë strehon

një vrimë të zezë me qindra miliona deri miliarda masa diellore. Të rritësh diçka aq të rëndë kaq herët është e vështirë: nën kufijtë e zakonshëm për shpejtësinë me të cilën një vrimë e zezë mund të akretojë, vetëm "fara" mjaft masive kanë kohë të arrijnë ato masa brenda disa qindra milionë viteve në dispozicion. Pra vetë ekzistenca dhe numërimi i këtyre objekteve vendosin kufizime mbi mënyrën si u formuan dhe u rritën vrimat e zeza supermasive të para. Së dyti, drita e një kuazari që kalon nëpër mjedisin ndërgalaktik përreth mban gjurmën e asaj se sa neutral ishte ai gaz, ndaj çdo kuazar bëhet sondë e vetë rejonizimit.

Problemi është se janë jashtëzakonisht të rrallë dhe të vështirë për t'u kapur. Në këto redshift-e, veçoria më e fortë e kuazarit, ndërprerja Lyman-alpha, është zhvendosur nga optika në infra të kuqe të afërt, ndaj duhen imazhe të thella në near-infrared mbi sipërfaqe shumë të mëdha — afërsisht një kuazar për çdo njëqind gradë katrore deri te ndriçimi relevant. Të jesh njëkohësisht i thellë dhe i gjerë në near-infrared nga toka ka qenë tepër e vështirë. Pikërisht këtë boshllëk u ndërtua Euclid për të mbyllur.

Çfarë bëri në të vërtetë Euclid

Euclid është teleskop hapësinor 1.2-metërsh që po kryen një survey gjashtëvjeçar të projektuar për të hartëzuar rreth 14,000 gradë katrore qiell në dritë optike dhe near-infrared. Të qenit mbi atmosferë i lejon të arrijë thellësi në një fushë të gjerë që survey-t near-infrared nga toka nuk mund t'i barazojnë. Ky punim përdor të dhënat e mbledhura gjatë afërsisht vitit e gjysmë të parë — rreth 3000 gradë katrore të vëzhguara nga shkurti 2024 deri në gusht 2025.

Anija Euclid në cleanroom para nisjes. Teleskopi 1.2-metërsh shikon qiellin përmes pjesës së sipërme të cilindrit të bardhë; nga mbi atmosfera, kamera e tij near-infrared me fushë të gjerë arrin thellësi në sipërfaqe të mëdha që kërkimet nga toka nuk i barazojnë dot.

ESA / NASA Science fair-use

Gjetja e 31 gjilpërave në këtë kashtë nuk ishte thjesht çështje shikimi. Ekipi ndërtoi fotometri të posaçme dhe pastaj aplikoi disa klasifikues machine-learning dhe probabilistikë — një model dendësie me extreme deconvolution, një klasifikues gradient-boosted dhe përshtatje me template — për të vlerësuar, për çdo burim të zbehtë pikësor, probabilitetin që ishte kuazar me redshift të lartë e jo një nga ndotësit shumë më të shumtë, kryesisht xhuxhë kafe të ftohtë, ngjyrat e të cilëve imitojnë një kuazar të largët. Kandidatët u krahasuan mes metodave, u inspektuan me sy dhe u prioritizuan për follow-up. Imazhet e Euclid-it zgjedhin kandidatët; konfirmimet vijnë nga spektra të marrë me teleskopë të mëdhenj tokësorë — ndër ta Magellan dhe Large Binocular Telescope — që e ndajnë dritën mjaft imët për të parë ndërprerjen karakteristike dhe vijat e emisionit.

Ky hap konfirmimi është punë ende në vazhdim. Follow-up-i spektroskopik vazhdon dhe, sipas vetë punimit, nuk ka arritur ende plotësinë e plotë, sidomos në qiellin jugor. Për kandidatët që u ndoqën por nuk u bënë pjesë e 31 kuazarëve të konfirmuar, punimi jep llogari qartë: shumë ishin ndotës (një pjesë e madhe me gjasë xhuxhë kafe), disa mbetën të paqartë dhe disa nuk dhanë sinjal të detektueshëm. Një grup kuazarësh të konfirmuar është titulli; llogaritja e plotë e asaj që seleksionimi kap dhe humbet lihet për punime të mëvonshme.

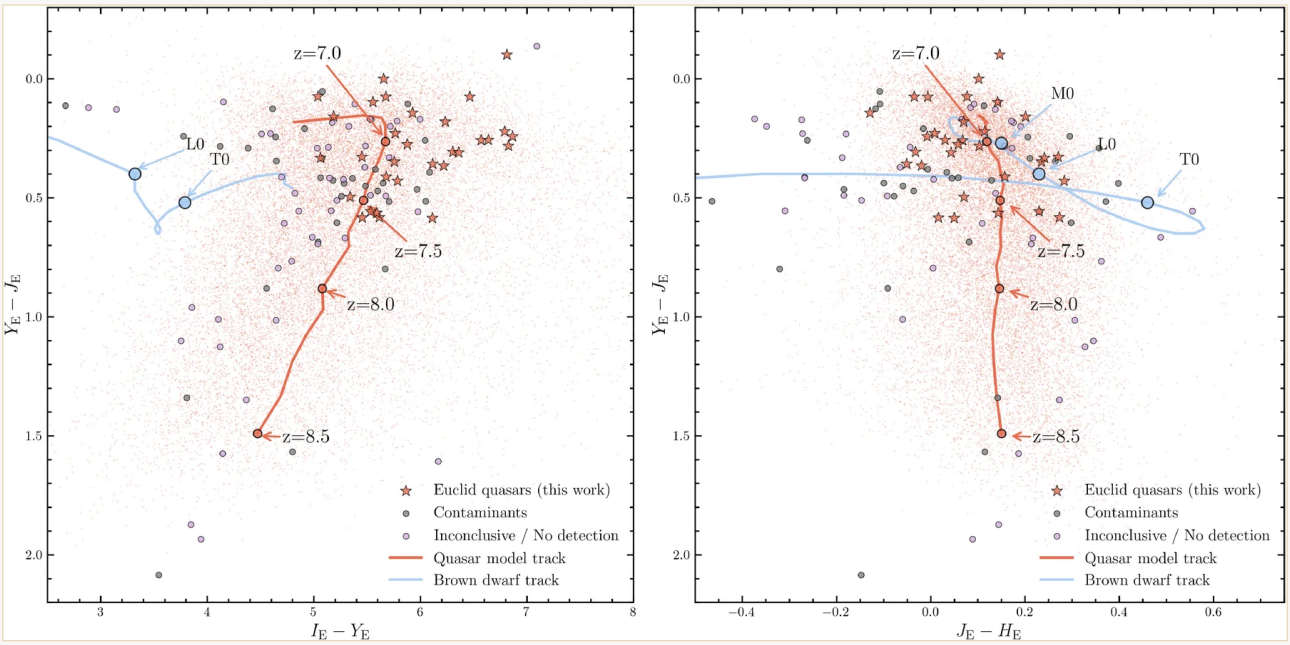


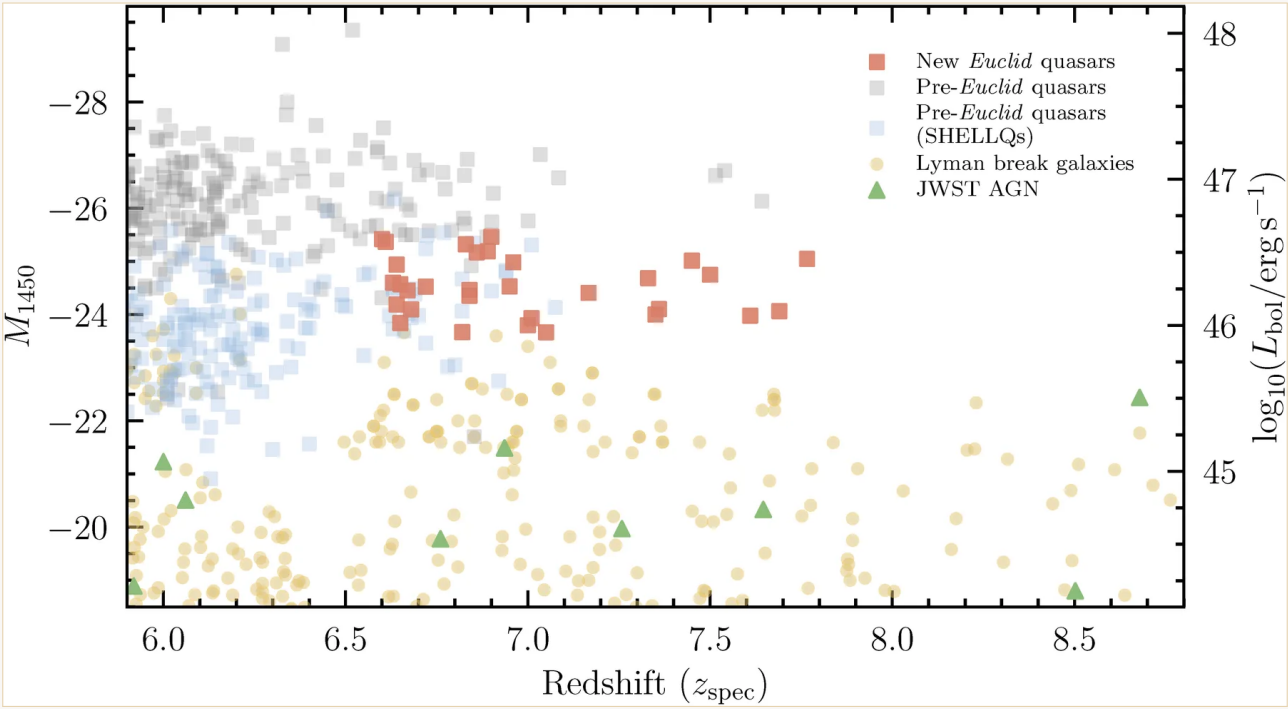
Diagram ngjyrë–ngjyrë: si dallon Euclid një kuazar të largët nga një xhuxh kafe i afërt. Secili bosht tregon diferencën mes ndriçimit të një objekti në dy filtra Euclid, pra ngjyrën e dritës më shumë se ndriçimin absolut. Kurba e kuqe tregon ku pritet të gjenden kuazarët me redshift të lartë (etiketat shënojnë redshift 7.0 deri 8.5); kurba blu e hapur tregon xhuxhët kafe të ftohtë — imituesit kryesorë — të etiketuar nga M0 në T0. Të 31 kuazarët e rinj (yje të kuq) rreshtohen përgjatë gjurmës së kuazarëve; ndotësit e konfirmuar (gri) dhe kandidatët e paqartë ose të padetektuar (vjollcë) largohen prej saj. Kur dy gjurmët afrohen, vetëm ngjyra nuk mjafton — prandaj çdo kuazar ende kërkon konfirmim spektroskopik.

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

Rekordi, në përmasën e duhur

Njëri nga 31, EUCL J1729+6410, ndodhet në redshift rreth 7.77 dhe tani është kuazari më i largët i njohur. Është rekord real, por ia vlen të thuhet qartë sa i madh është hapi. Në dy dekada kërkimesh të dedikuara, kufiri ishte shtyrë afër redshift 7.5, me rekordmenin e menjëhershëm të mëparshëm rreth 7.64. Kalimi në 7.77 është përparim i vërtetë, por inkremental — punimi e vendos diferencën rreth 0.13 në redshift, afërsisht pesëmbëdhjetë milionë vjet kohë kozmike. Një shtytje, jo një kërcim.

Numri më i rëndësishëm është tjetri: dyfishimi i kampionit mbi redshift 7 në një cikël të vetëm të hershëm. Rekordmeni është një objekt, dhe një objekt është një pikë të dhënash. Një popullatë e dyfishuar dhe në rritje është ajo që lejon statistikë — sa të zakonshme ishin këto vrima të zeza, sa të ndritshme, sa të grupuara — dhe statistika është aty ku jeton shkenca e Universit të hershëm. Shumica e kuazarëve të rinj janë edhe relativisht të zbehtë, një deri dy magnituda më të zbehtë se kuazarët e ndritshëm të gjetur para Euclid-it. Ky skaj i zbehtë është më i vështirë për t'u arritur dhe, për studimet e rejonizimit, më i vlefshëm: kuazarët më të zbehtë hapin flluska të jonizuara më të vogla rreth vetes, ndaj drita e tyre kalon nëpër më shumë nga gazi ende neutral.



Ku bien kuazarët e rinj: ndriçimi kundrejt distancës kozmike. Boshti horizontal është redshift — më djathtas do të thotë më herët në historinë kozmike. Boshti vertikal është ndriçimi i brendshëm ultravjollcë i secilit kuazar, i shënuar M1450; sipas konventës së vjetër të magnitudave astronomike ai ecën "mbrapsht", prandaj më lart do të thotë më i ndritshëm (shkalla në të djathtë e shpreh të njëjtën gjë si luminositet total, ose *bolometrik*). Lexuar kështu, grafiku është census. Kuazarët e ndritshëm të njohur më parë (gri) grumbullohen në redshift-e më të ulëta; survey-i më i thellë SHELLQs (blu e hapur) kishte arritur objekte më të zbehta, por jo shumë më larg në kohë. Të 31 kuazarët e rinj Euclid (të kuq) e zgjasin këtë popullatë të ndritshme deri në redshift-et më të larta — më i djathti është rekordmeni në 7.77 — ndërsa janë rreth një deri dy magnituda më të zbehtë se kuazarët klasikë të ndritshëm. Poshtë tyre është territori që arrijnë vetëm survey-t e thellë e të ngushtë: shumë galaktika Lyman-break (të verdha) dhe pak vrima të zeza shumë të zbehta në akrecion që JWST ka gjetur (trekëndësha të gjelbër). Kontributi i Euclid-it shfaqet si grup i dallueshëm — kuazarë relativisht të ndritshëm, shumë të hershëm, mbi zonë të gjerë — që lidh kampionin e vjetër të ndritshëm me popullatën më të zbehtë që, për momentin, vetëm instrumentet e orientuara drejt objektivave të caktuara mund ta arrijnë.

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

Çfarë mbetet ende e pasigurt

Tri kufizime shoqërojnë këtë rezultat, dhe punimi i thotë vetë.

Së pari, ky është rezultat fillestar, jo matje përfundimtare. Autorët e lënë qartë analizën gjithëpërfshirëse statistikore të funksionit të seleksionimit dhe popullatës së kuazarëve për publikime të ardhshme. Kufizimet mbi luminosity function këtu janë një vështrim i parë, jo fjala e fundit.

Së dyti, jo çdo "kuazar" i zbehtë është i garantuar të jetë i tillë. Në skajin e zbehtë, disa objekte të identifikuara si kuazarë mund të jenë në fakt galaktika kompakte të hershme, sidomos nëse u mungon vijë Lyman-alpha e zgjeruar fort. Ekipi jep një kontroll paraprak se objektet përputhen më shumë me burime pikësore sesa galaktika të shtrira, por e quan vetë paraprak: spektroskopia

e thellë near-infrared nga JWST dhe instrumente të ngjashme do ta sqarojë natyrën e vërtetë të më të zbehtëve.

Së treti, vetë objektet janë të zbehta dhe pranë kufirit të asaj që spektroskopia tokësore mund të karakterizojë. Për të përcaktuar masat e vrimave të zeza, mjediset e tyre dhe vendin e tyre në historinë e rejonizimit do të duhen JWST, ALMA dhe NOEMA. Euclid është shumë i mirë për t'i gjetur; studimin e hollësishëm ua kalon kryesisht instrumenteve të tjera.

Pse ka rëndësi

Vlera e kësaj pune është demografike. Për një dekadë, miliardi i parë i viteve të Universit u jepte astronomëve vetëm një grusht kuazarësh nga të cilët të arsyetonin. Euclid, në një fetë të hershme të survey-it, shtoi aq sa ta kthejë këtë nga listë në kampion — dhe është në rrugë, në përputhje me parashikimet para nisjes, të vazhdojë.

Kjo ka rëndësi sepse pyetjet e hapura këtu janë pyetje popullate. Si u bënë vrimat e zeza kaq të mëdha kaq shpejt? Sa i copëzuar dhe sa neutral ishte gazi ndërgalaktik në kohë të ndryshme? Ato nuk marrin përgjigje nga një objekt i vetëm spektakolar; marrin përgjigje duke numëruar, krahasuar dhe hartëzuar shumë prej tyre. Ajo që Euclid ka demonstruar është aftësia për ta ndërtuar këtë census — përfshirë skajin e zbehtë, që lidhet me popullatën enigmatike të vrimave të zeza në akrecion që JWST po gjen në të njëjtën epokë. Ky punim nuk zgjidh si u formuan vrimat e zeza të para dhe nuk mat vetë rejonizimin. Jep në sasi materialin bazë që u duhet atyre matjeve dhe vendos një kufi të qartë për fushatat e follow-up-it që tashmë kanë nisur.

Përmbledhje e shkurtër

Duke përdorur rreth 3000 gradët katrore të para të Euclid Wide Survey, Euclid Collaboration zbuloi 31 kuazarë të rinj mes redshift 6.6 dhe 7.8, dymbëdhjetë prej tyre në redshift 7 ose më lart — më shumë se dyfishim i popullatës së njohur aty — përfshirë një në redshift 7.77 që tani është kuazari më i largët i regjistruar. Rëndësia është fuqia e demonstruar e survey-it për t'i gjetur këto objekte të rralla, kryesisht të zbehta, në numër, jo rekordi inkremental i redshift-it. Rezultatet janë të dhëna fillestare: analiza e plotë statistikore, një pjesë e madhe e konfirmimit spektroskopik dhe karakterizimi i detajuar i objekteve individuale ende duhet të vijnë.

Kontroll pa teprime

Çfarë tregon punimi: Se Euclid Wide Survey, në rreth 1.5 vitet e para mbi rreth 3000 gradë katrore, mund të gjejë kuazarë me redshift të lartë në numra që asnjë survey i mëparshëm nuk mundi — 31 të konfirmuar mes redshift 6.6 dhe 7.8, dymbëdhjetë në redshift 7 ose më lart, duke dyfishuar afërsisht

numrin e njohur, me më të largëtin në redshift ~7.77.

Çfarë është e besueshme, por jo pika kryesore: Vetë rekordi i redshift-it. Është real, por e lëviz kufirin vetëm rreth 0.13 — nga rekordi i mëparshëm pranë 7.64 në 7.77, rreth pesëmbëdhjetë milionë vjet kohë kozmike. Titulli që do të plaket mirë është kampioni i dyfishuar, në rritje dhe jashtëzakonisht i zbehtë, jo rekordmeni i vetëm.

Çfarë nuk tregon: Si u formuan vrimat e zeza supermasive të para, ose një matje të rejonizimit. Këta kuazarë janë mjetet për ato pyetje, jo përgjigjet. As nuk është censusi përfundimtar i popullatës — analiza e plotë statistikore lihet shprehimisht për punime të mëvonshme.

Kufizimet kryesore për një lexues të përgjithshëm: Follow-up-i spektroskopik është i paplotë, sidomos në jug; rezultatet e luminosity function janë paraprake; dhe disa nga objektet më të zbehta të etiketuara si kuazarë mund të dalin galaktika të hershme derisa spektroskopia e klasës JWST t'i konfirmojë.

Sa besim duhet të ketë një lexues i përgjithshëm? Të lartë se Euclid ka ndryshuar atë që mund të gjendet në këto redshift-e dhe të lartë për konfirmimet peer-reviewed të objekteve më të ndritshme. Më të ulët, sipas vetë kornizës së autorëve, për numrat e saktë të popullatës në skajin e zbehtë dhe për natyrën e kandidatëve më të zbehtë — këto janë rezultate të para, jo çështje të mbyllura.

Burimet

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