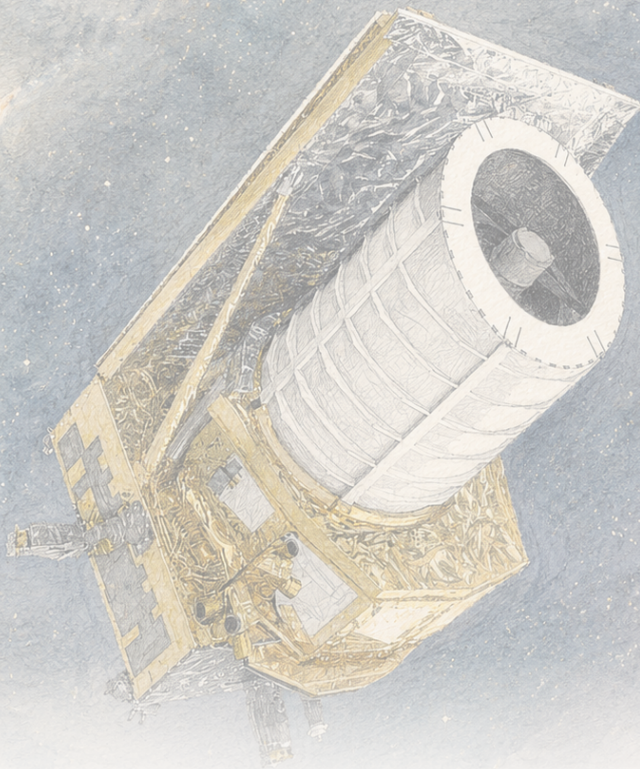




The CLEAN PAPER

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

Euclid ponad dwukrotnie zwiększa małą próbę kwazarów powyżej przesunięcia ku czerwieni 7

W pierwszym półtora roku szerokiego przeglądu Euclid poszukiwania na około 3000 stopni kwadratowych przyniosły 31 nowych kwazarów między przesunięciem ku czerwieni 6,6 a 7,8. Dwanaście leży przy wartości 7 lub wyższej, ponad dwukrotnie zwiększając garstkę znaną przed Euclidem, a obiekt przy 7,77 jest obecnie najodleglejszym znanym kwazarem. Prawdziwym postępem nie jest pojedynczy rekord, który tylko nieznacznie przesuwą granicę od lat leżącą koło 7,5, lecz zdolność przeglądu do masowego znajdowania tych rzadkich, przeważnie słabych obiektów — dzięki temu mogą badać młody Wszechświat. To wynik początkowy; pełna analiza statystyczna i duża część potwierdzeń spektroskopowych dopiero nadejdą.

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

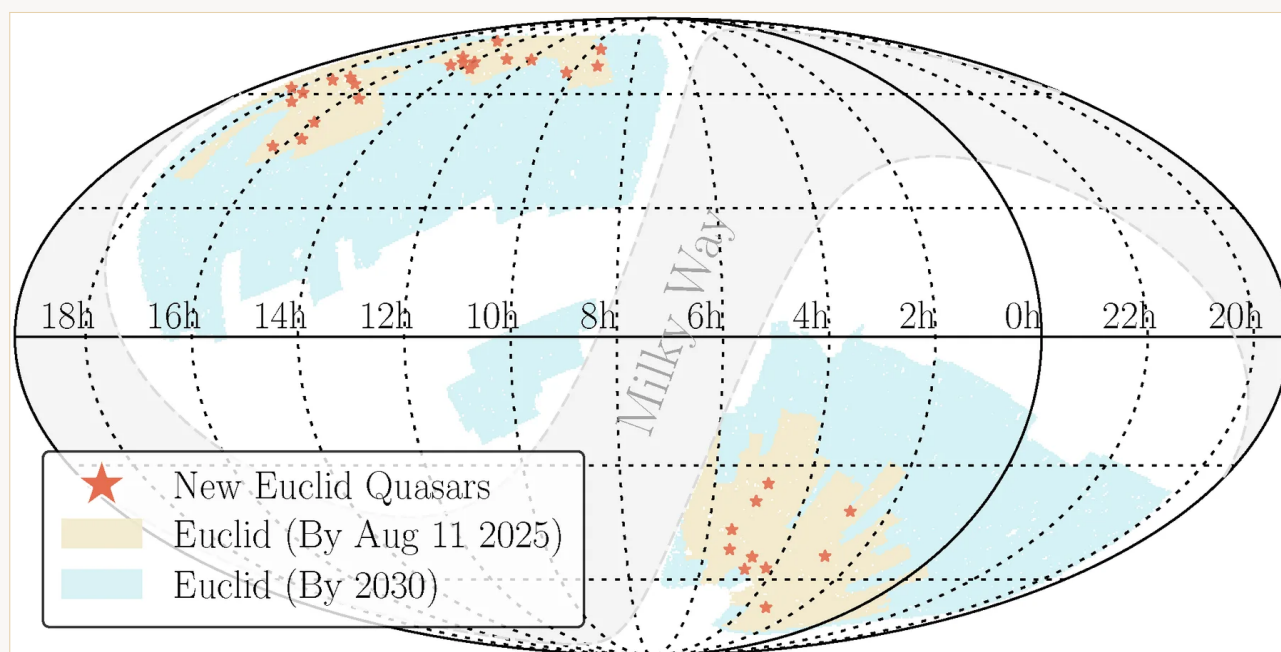
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Przegląd zaprojektowany do znajdowania rzadkich obiektów właśnie odkrył całą ich grupę

Kwazar to supermasywna czarna dziura uchwycona podczas pochłaniania materii, świecąca przy opadaniu gazu tak jasno, że może przyćmić całą galaktykę macierzystą. Ponieważ kwazary należą do najjaśniejszych stałych źródeł we Wszechświecie, działają jak latarnie: światło dostatecznie odległego kwazara staje się lampą ustawioną za miliardami lat przestrzeni leżącej między nim a nami.

Najodleglejsze kwazary, których światło wyruszyło, gdy Wszechświat miał mniej niż miliard lat, są zarazem najrzadsze. Zanim teleskop kosmiczny Euclid rozpoczął główny przegląd, potwierdzono ich tylko około dziewięciu powyżej przesunięcia ku czerwieni 7 — wynik budowany powoli od pierwszego takiego odkrycia w 2011 roku.

W nowej pracy w *Astronomy & Astrophysics* współpraca Euclid informuje o 31 nowych kwazarach między przesunięciem ku czerwieni 6,6 a 7,8, znalezionych zaledwie w pierwszym półtora roku przeglądu. Dwanaście leży na poziomie 7 lub wyżej. Ten jeden etap ponad dwukrotnie zwiększył znaną populację w tym zakresie. To opowieść o sile przeglądu i warto precyzyjnie powiedzieć, co z niej wynika, a co nie.



Dotychczas objęty obszar szerokiego przeglądu Euclid (beżowy) na tle pełnego zasięgu planowanego do 2030 roku (turkusowy), z 31 nowo odkrytymi kwazarami o wysokim przesunięciu ku czerwieni oznaczonymi na czerwono. Pochodzą zaledwie z pierwszego wycinka przeglądu, który ma ostatecznie zmapować około 14 000 stopni kwadratowych — siła przeglądu pokazana na jednym obrazie.

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.

Przed Euclidem znano około dziewięciu kwazarów powyżej przesunięcia ku czerwieni 7 (2011–2024). Ten jeden wczesny etap dodał kolejnych dwanaście — „podwojenie” przedstawione konkretnie, choć próba nadal jest mała.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Dlaczego warto szukać tak odległych kwazarów

Przesunięcie ku czerwieni mierzy, jak bardzo ekspansja Wszechświata rozciągnęła światło źródła w drodze do nas; większa wartość oznacza starsze światło i wcześniejszy Wszechświat. Przy przesunięciu 7 patrzymy na okres niecałego miliarda lat po Wielkim Wybuchu, końcówkę epoki rejonizacji, kiedy pierwsze jasne obiekty usuwały mgłę neutralnego wodoru wypełniającą wczesną przestrzeń.

Czym jest przesunięcie ku czerwieni i dlaczego służy jednocześnie jako odległość i zegar

Jeśli termin jest nowy: *przesunięcie ku czerwieni* opisuje, jak bardzo światło źródła zostało rozciągnięte ku dłuższemu, bardziej czerwonym falam, zanim do nas dotarło. Jedna liczba jest tak użyteczna z dwóch powodów. Po pierwsze, światło porusza się ze stałą prędkością, więc wszystko, co bardzo odległe, widzimy także w odległej przeszłości — spojrzenie głęboko w przestrzeń jest spojrzeniem wstecz w czasie. Po drugie, Wszechświat rozszerzał się przez całą drogę światła, więc im dłuższa była podróż, tym bardziej światło się rozciągnęło. Większe przesunięcie ku czerwieni oznacza zatem światło, które wyruszyło wcześniej i z większej odległości, gdy kosmos był młodszy. Wartość 7 oznacza tutaj światło sprzed upływu miliarda lat

od Wielkiego Wybuchu — znacznie mniej niż jedna dziesiąta obecnego wieku Wszechświata.

Kwazary z tej epoki są użyteczne z dwóch niezależnych powodów. Po pierwsze, każdy zawiera już czarną dziurę o masie od setek milionów do miliardów mas Słońca. Tak wczesne zbudowanie czegoś tak ciężkiego jest trudne: przy zwykłych ograniczeniach tempa akrecji tylko dość masywne „załączki” mają czas osiągnąć takie masy w dostępnych kilkuset milionach lat. Samo istnienie i liczebność tych obiektów ograniczają więc modele narodzin i wzrostu pierwszych supermasywnych czarnych dziur. Po drugie, światło kwazara przechodzące przez otaczający ośrodek międzygalaktyczny zachowuje ślad stopnia neutralności gazu, dzięki czemu każdy kwazar bada samą rejonizację.

Problem polega na tym, że obiekty te są niezwykle rzadkie i trudne do wychwycenia. Przy takich przesunięciach ich najsilniejsza cecha, przerwa Lyman-alfa, zostaje przesunięta ze światła widzialnego do bliskiej podczerwieni, dlatego potrzeba głębokiego obrazowania dużego obszaru właśnie w bliskiej podczerwieni — mniej więcej jeden kwazar na sto stopni kwadratowych do odpowiedniej jasności. Połączenie głębi i szerokości w bliskiej podczerwieni z powierzchni Ziemi było dotąd zaporowo trudne. Euclid zbudowano, by wypełnić tę lukę.

Co rzeczywiście zrobił Euclid

Euclid jest 1,2-metrowym teleskopem kosmicznym prowadzącym sześcioletni przegląd, który ma zmapować około 14 000 stopni kwadratowych nieba w świetle widzialnym i bliskiej podczerwieni. Położenie nad atmosferą pozwala mu osiągnąć na szerokim polu głębokość niedostępną dla naziemnych przeglądów bliskiej podczerwieni. Praca wykorzystuje dane napływające przez pierwsze mniej więcej półtora roku — około 3000 stopni kwadratowych zaobserwowanych między lutym 2024 a sierpniem 2025 roku.



Statek Euclid w pomieszczeniu czystym przed startem. Teleskop o średnicy 1,2 metra obserwuje niebo przez górną część białego cylindra; znad atmosfery jego szerokokątna kamera bliskiej podczerwieni osiąga na dużym obszarze głębokość niedostępną dla poszukiwań naziemnych.

ESA / NASA Science fair-use

Znalezienie 31 igieł w tym stogu siana nie polegało na samym patrzeniu. Zespół przygotował własną fotometrię, a następnie zastosował kilka klasyfikatorów uczenia maszynowego i metod probabilistycznych — model gęstości z ekstremalną dekonwolucją, klasyfikator wzmacniany gradientowo i dopasowania szablonów — by dla każdego słabego punktowego źródła oszacować prawdopodobieństwo, że jest kwazarem o wysokim przesunięciu, a nie jednym ze znacznie liczniejszych zanieczyszczeń, przede wszystkim chłodnym brązowym karłem o barwach przypominających odległy kwazar. Kandydatów porównywano między metodami, oglądano ręcznie i ustalano kolejność dalszych obserwacji. Obrazy Euclida wybierają kandydatów; potwierdzenie pochodzi z widm uzyskanych przez duże teleskopy naziemne — między innymi Magellana i Large Binocular Telescope — które rozdzielają światło dostatecznie dokładnie, by zobaczyć charakterystyczną przerwę i linie emisyjne.

Ten etap potwierdzania jest uczciwie przedstawiony jako praca w toku. Dalsze obserwacje spektroskopowe trwają i, jak piszą autorzy, nie osiągnęły jeszcze pełnej kompletności, zwłaszcza na południowym niebie. Praca jasno rozlicza kandydatów obserwowanych, którzy nie weszli do grupy 31 potwierdzonych kwazarów: wielu okazało się zanieczyszczeniami (duża część zapewne brązowymi karłami), część dała niejednoznaczny wynik, a w części nie wykryto sygnału. Grupa potwierdzonych kwazarów trafia do nagłówka; pełny rachunek tego, co selekcja wykrywa i pomija, odłożono do kolejnych prac.

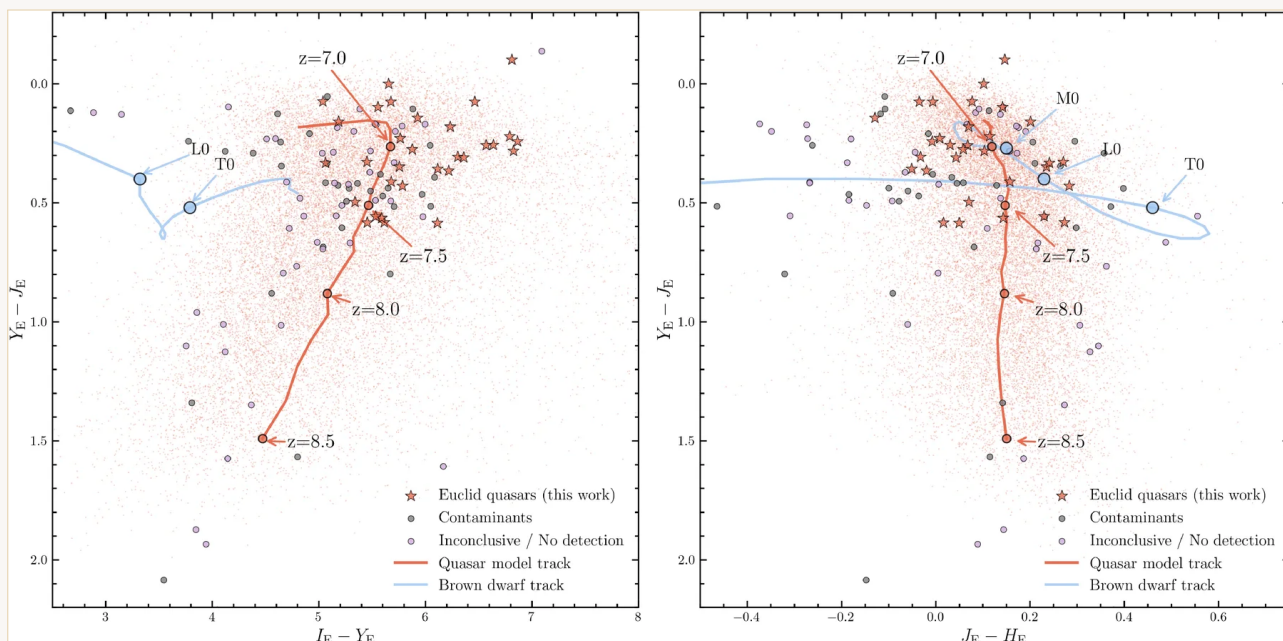


Diagram barwa–barwa pokazujący, jak Euclid odróżnia odległy kwazar od pobliskiego brązowego karła. Każda oś przedstawia różnicę jasności obiektu w dwóch filtrach Euclida, a więc barwę światła, nie jego całkowitą jasność. Czerwona krzywa pokazuje przewidywane położenie kwazarów o wysokim przesunięciu ku czerwieni (etykiety oznaczają wartości od 7,0 do 8,5); jasnoniebieska krzywa przedstawia chłodne brązowe karły — głównych naśladowców — opisane typami od M0 do T0. 31 nowych kwazarów (czerwone gwiazdy) uклада się wzdłuż toru kwazarów; potwierdzone zanieczyszczenia (szare) oraz kandydaci niejednoznaczni albo niewykryci (fioletowe) leżą poza nim. Tam, gdzie oba tory są blisko siebie, sama barwa nie rozstrzyga — dlatego każdy kwazar nadal wymaga potwierdzenia spektroskopowego.

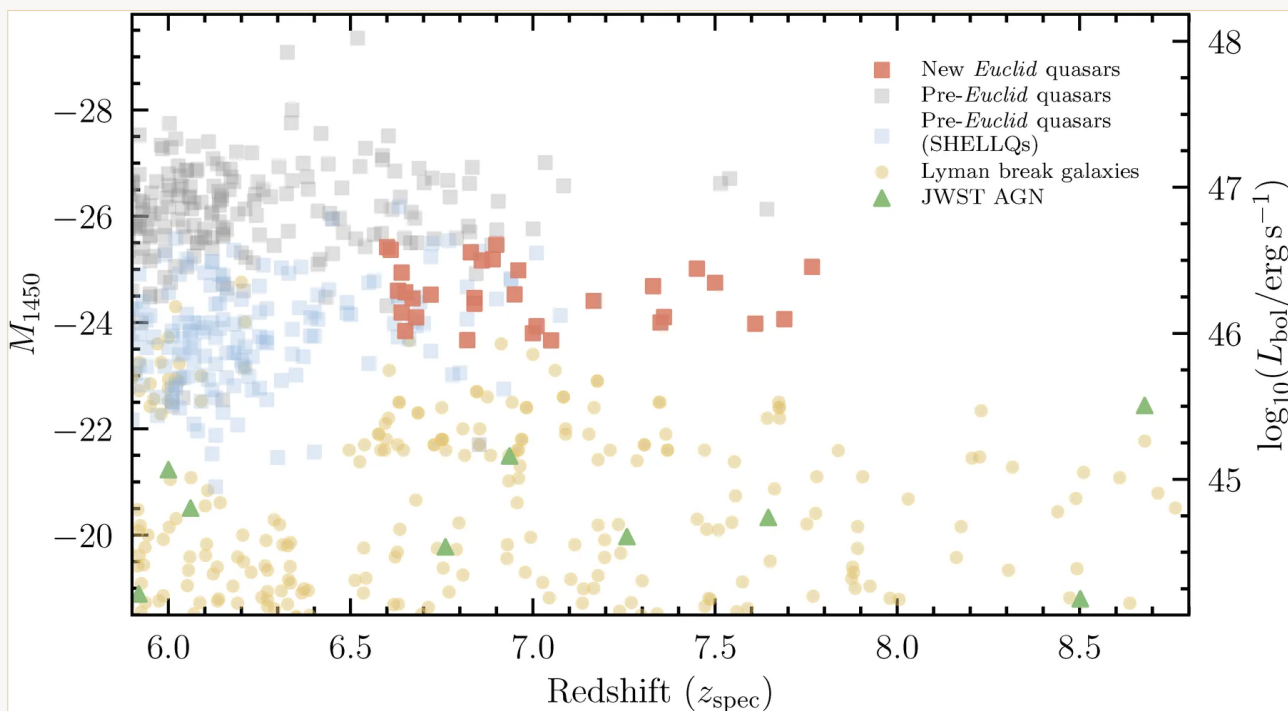
D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

Rekord we właściwej skali

Jeden z 31 obiektów, skatalogowany jako EUCL J1729+6410, leży przy przesunięciu około 7,77 i jest obecnie najodleglejszym znanym kwazarem. To prawdziwy rekord, lecz warto jasno określić wielkość kroku. Przez dwie dekady wyspecjalizowanych poszukiwań granicę przesunięto do około 7,5, a bezpośredni poprzedni rekordzista znajdował się przy około 7,64. Przejście do 7,77 jest rzeczywistym, ale stopniowym postępowaniem — według pracy różnica wynosi około 0,13 w przesunięciu ku czerwieni, czyli mniej więcej piętnaście milionów lat kosmicznego czasu. Małe przesunięcie, nie skok.

Ważniejsza jest druga liczba: podwojenie próby powyżej przesunięcia 7 w jednym wczesnym etapie. Rekordzista jest jednym obiektem, a jeden obiekt jednym punktem danych. Dopiero podwojona i rosnąca populacja umożliwia statystykę — pomiar częstości, jasności i skupienia tych czarnych dziur — a to właśnie w statystyce mieści się nauka o wczesnym Wszechświecie. Większość nowych kwazarów jest też stosunkowo słaba, o jedną do dwóch wielkości gwiazdowych słabsza od jasnych kwazarów znajdowanych przed Euclidem. Ten słaby koniec trudniej osiągnąć, ale jest cenniejszy dla badań rejonizacji: słabsze kwazary wycinają wokół siebie mniejsze zjonizowane bańki, więc ich

światło próbuje większą część wciąż neutralnego gazu.



Położenie nowych kwazarów: jasność w zależności od kosmicznej odległości. Oś pozioma to przesunięcie ku czerwieni — im dalej w prawo, tym wcześniejszy etap historii kosmicznej. Oś pionowa pokazuje wewnętrzną jasność ultrafioletową każdego kwazara, oznaczoną na wykresie M_{1450} ; zgodnie z dawną konwencją wielkości gwiazdowych skala biegnie odwrotnie, więc wyżej oznacza jaśniej (prawa skala wyraża to samo jako całkowitą, czyli *bolometryczną*, jasność). Tak czytany wykres jest spisem. Jasne, znane wcześniej kwazary (szare) skupiają się przy niższych przesunięciach; głębszy przegląd SHELLQs (jasnoniebieski) docierał do słabszych obiektów, ale niewiele dalej w przeszłość. 31 nowych kwazarów Euclida (czerwone) rozszerza tę jasną populację do najwyższych przesunięć — najbardziej prawy jest rekordzista przy 7,77 — a zarazem leży o około jedną do dwóch wielkości gwiazdowych poniżej klasycznych jasnych kwazarów. Pod nimi znajduje się obszar osiągalny tylko przez głębokie, wąskie przeglądy: morze galaktyk z przerwą Lymana (żółte) i garść bardzo słabych akreujących czarnych dziur wybranych przez JWST (zielone trójkąty). Wkład Euclida jawi się jako odrębna grupa — stosunkowo jasne, bardzo wczesne kwazary na dużym obszarze — łącząca dawną jasną próbę ze słabą populacją, do której obecnie docierają tylko instrumenty celowane.

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

Co pozostaje niepewne

Wraz z wynikiem trzeba uwzględnić trzy zastrzeżenia, każde wymienione przez samą pracę.

Po pierwsze, to wynik początkowy, a nie ostateczny pomiar. Autorzy wyraźnie odkładają pełną analizę statystyczną funkcji selekcji i populacji kwazarów do przyszłych publikacji. Ograniczenia funkcji jasności przedstawione tutaj są pierwszym spojrzeniem, nie ostatnim słowem.

Po drugie, nie każdy słaby „kwazar” musi nim być. Na słabym końcu część obiektów rozpoznanych

jako kwazary może w rzeczywistości być zwartymi wczesnymi galaktykami, szczególnie jeśli nie mają silnie poszerzonej linii Lyman-alfa. Zespół przeprowadził wstępną kontrolę zgodności obiektów ze źródłami punktowymi, a nie rozciągniętymi galaktykami, lecz sam nazywa ją wstępną: prawdziwy charakter najsłabszych obiektów rozstrzygnie głęboka spektroskopia bliskiej podczerwieni przez JWST i podobne urządzenia.

Po trzecie, same obiekty są słabe i leżą blisko granicy możliwości charakterystyki przez spektroskopię naziemną. Wyznaczenie mas ich czarnych dziur, otoczenia i miejsca w historii rejonizacji będzie wymagało JWST, ALMA i NOEMA. Euclid bardzo dobrze je znajduje, ale ich badanie w dużej mierze przekazuje innym instrumentom.

Dlaczego to ważne

Wartość tej pracy jest demograficzna. Przez dekadę astronomowie mogli wnioskować o pierwszym miliardzie lat Wszechświata na podstawie zaledwie garstki kwazarów. Euclid w jednym wczesnym wycinku przeglądu dodał ich tyle, że lista stała się próbą — i zgodnie z prognozami sprzed startu prawdopodobnie będzie dodawał kolejne.

Ma to znaczenie, ponieważ otwarte pytania dotyczą populacji. Jak czarne dziury urosły tak szybko? Jak niejednorodny i jak neutralny był gaz międzygalaktyczny w różnych okresach? Nie odpowie na nie pojedynczy spektakularny obiekt; wymagają liczenia, porównywania i mapowania wielu. Euclid zademonstrował zdolność zbudowania takiego spisu — także na słabym końcu, który łączy się z zagadkową populacją akreujących czarnych dziur znajdujących przez JWST w tej samej epoce. Praca nie rozwiązuje zagadki powstania pierwszych czarnych dziur ani sama nie mierzy rejonizacji. Dostarcza hurtowo surowca potrzebnego do tych pomiarów i wyznacza jasny front dalszych kampanii, które już trwają.

Zwięzłe podsumowanie

Wykorzystując pierwsze około 3000 stopni kwadratowych szerokiego przeglądu Euclid, współpraca Euclid odkryła 31 nowych kwazarów między przesunięciem ku czerwieni 6,6 a 7,8, z czego dwanaście przy wartości 7 lub wyższej — ponad dwukrotnie zwiększając znaną tam populację — oraz obiekt przy 7,77, który jest obecnie najodleglejszym znanym kwazarem. Znaczenie wyniku polega na wykazanej zdolności przeglądu do masowego znajdowania tych rzadkich, przeważnie słabych obiektów, a nie na niewielkim przesunięciu rekordu. To początkowa publikacja danych: pełna analiza statystyczna, duża część potwierdzeń spektroskopowych i szczegółowa charakterystyka poszczególnych obiektów dopiero nadejdą.

Kontrola bez upiększeń

Co pokazuje praca: Szeroki przegląd Euclid w pierwszych około 1,5 roku na około 3000 stopniach kwadratowych potrafi znajdować kwazary o wysokim przesunięciu w liczbach niedostępnych wcześniejszym przeglądom — 31 potwierdzonych między 6,6 a 7,8, dwanaście przy 7 lub wyżej, co w przybliżeniu podwaja znaną tam liczbę, z najodleglejszym obiektem przy około 7,77.

Co jest prawdziwe, lecz nie najważniejsze: Sam rekord przesunięcia ku czerwieni. Jest rzeczywisty, ale przesuw granicę jedynie o około 0,13 — z poprzedniego rekordu blisko 7,64 do 7,77, czyli o około piętnaście milionów lat kosmicznego czasu. Nagłówkiem, który dobrze się zestarzeje, jest podwojona, rosnąca i niezwykle słaba próba, nie jeden rekordzista.

Czego praca nie pokazuje: Jak powstały pierwsze supermasywne czarne dziury ani nie mierzy rejonizacji. Kwazary są narzędziami do tych pytań, nie odpowiedziami. Nie jest to też ostateczny spis populacji — pełną analizę statystyczną jawnie pozostawiono kolejnym pracom.

Główne ograniczenia dla niespecjalisty: Dalsze obserwacje spektroskopowe są niekompletne, szczególnie na południu; wyniki funkcji jasności są wstępne; część najślabszych obiektów oznaczonych jako kwazary może okazać się wczesnymi galaktykami, dopóki nie potwierdzi ich spektroskopia klasy JWST.

Jak duże zaufanie powinien mieć zwykły czytelnik? Duże, że Euclid zmienił możliwości znajdowania obiektów przy tych przesunięciach, oraz duże wobec recenzowanych potwierdzeń jaśniejszych obiektów. Mniejsze — zgodnie z opisem autorów — wobec precyzyjnych liczb dla słabego końca populacji i natury najślabszych kandydatów; są to pierwsze wyniki, nie ustalone fakty.

Źródła

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>