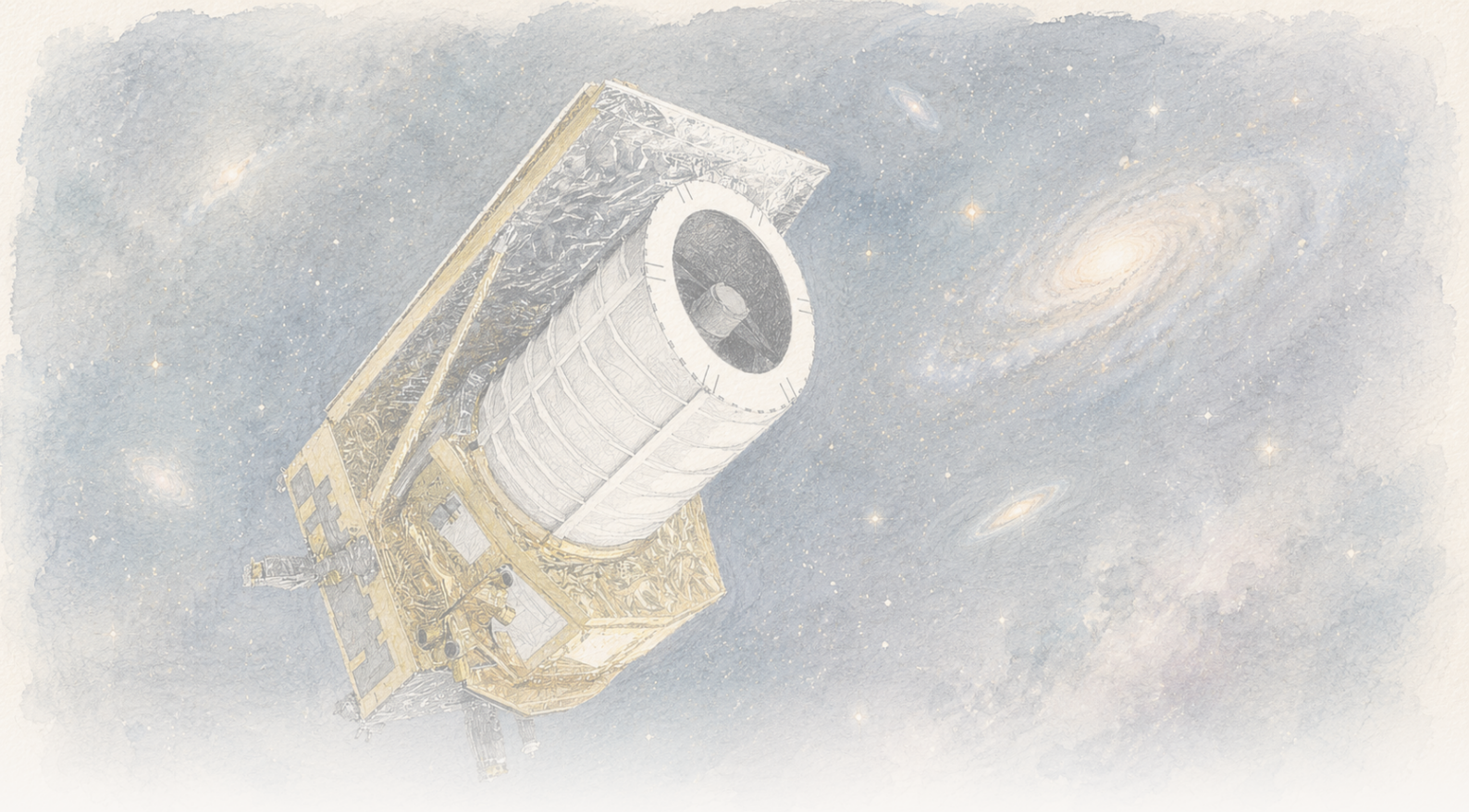


The Clean Paper

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

Az Euclid több mint megkétszerezte a 7-es vöröseltolódáson túli kvazárok kis mintáját

Az Euclid Wide Survey első másfél évében, nagyjából 3 000 négyzetfok átvizsgálásával 31 új kvazárt találtak 6,6 és 7,8 közötti vöröseltolódáson. Közülük tizenkettő vöröseltolódása 7 vagy nagyobb, ami több mint megkétszerezi az Euclid előtt ott ismert maroknyi objektum számát, egy 7,77-es kvazár pedig jelenleg a legtávolabbi ismert példány. Az igazi előrelépés nem ez az egy rekord, amely csak kis mértékben tolja ki az évek óta ~7,5 körül álló határt, hanem a felmérés képessége arra, hogy ezeket a ritka, többnyire halvány objektumokat tömegével találja meg — éppen ettől válnak hasznos szondává a fiatal Világegyetemhez. Ez kezdeti eredmény; a teljes statisztikai elemzés és a spektroszkópiai megerősítések jelentős része még hátravan.

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

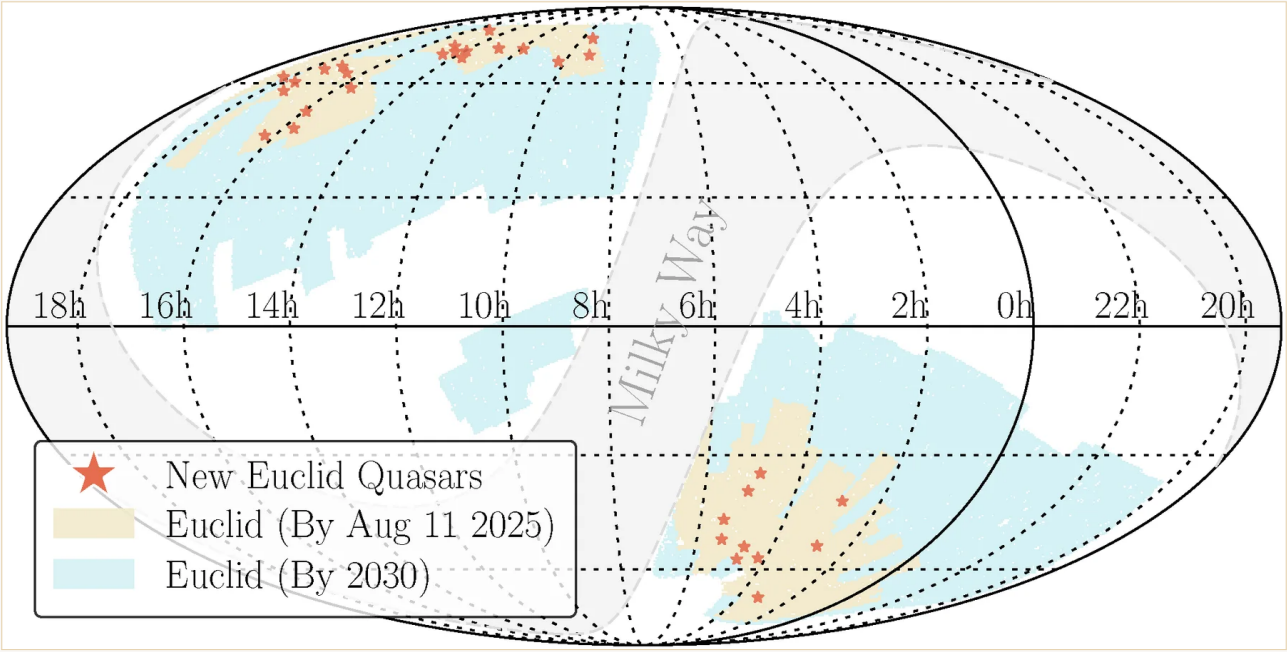
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

A ritka dolgokra tervezett égboltfelmérés most egy egész csokorra valót talált belőlük

A kvazár egy éppen táplálkozó szupernagy tömegű fekete lyuk: miközben gázt nyel el, olyan fényesen ragyoghat, hogy egész gazdagalaxisát túlragyogja. Mivel a Világegyetem legfényesebb, tartós fényforrásai közé tartoznak, a kvazárok jelzőfényként használhatók: ha elég távolit találunk, a fénye lámpaként világítja át az előttünk fekvő, több milliárd évnyi kozmikus teret.

A legtávolabbi kvazárok — amelyek fénye akkor indult útnak, amikor a Világegyetem még egymilliárd éves sem volt — egyben a legritkábbak is. Mielőtt az Euclid űrtávcső megkezdte fő égboltfelmérését, a 7-es vöröseltolódáson túl mindössze körülbelül kilencet erősítettek meg; ez a szám lassan gyűlt össze az első ilyen felfedezés 2011-es bejelentése óta.

Az *Astronomy & Astrophysics* folyóiratban megjelent új tanulmányban az Euclid Collaboration 31 új, 6,6 és 7,8 közötti vöröseltolódású kvazárról számol be, amelyeket a felmérés első másfél évében találtak. Közülük tizenkettő vöröseltolódása 7 vagy nagyobb. Ez az egyetlen korai keresés több mint megkétszerezte az ilyen vöröseltolódáson ismert populációt. Ez elsősorban a felmérés erejéről szól — és fontos pontosan megérteni, mit jelent ez, és mit nem.



Az Euclid Wide Survey eddig lefedett területe (bézs) a 2030-ig tervezett teljes megfigyelési területhez (cián) viszonyítva, a 31 újonnan felfedezett nagy vöröseltolódású kvazárral pirossal jelölve. Mindössze az első szeletből származnak egy olyan felmérésből, amely végül mintegy 14 000 négyzetfokot térképez majd fel — egyetlen képen a felmérés ereje.

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

Az Euclid előtt nagyjából kilenc kvazárt ismertek 7-es vagy nagyobb vöröseltolódáson (2011–2024). Ez az egy korai keresés további tizenkettőt adott hozzá — a „megduplázódás" konkrétan, egy továbbra is kicsi mintán.

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Miért éri meg ennyire távoli kvazárokat keresni?

A vöröseltolódás azt méri, mennyire nyújtotta meg a Világegyetem tágulása egy forrás fényét, miközben az hozzánk utazott; a nagyobb vöröseltolódás régebbi fényt és korábbi Világegyetemet jelent. A 7-es vöröseltolódásnál kevesebb mint egymilliárd évvel az ősrobbanás utánra tekintünk vissza, a reionizáció korszakának végső szakaszába, amikor az első fényes objektumok fokozatosan ionizálták a korai teret kitöltő semleges hidrogént.

Mi a vöröseltolódás, és miért működik egyszerre távolság- és időjelzőként?

Ha új ez a fogalom: a *vöröseltolódás* azt mutatja meg, mennyire nyúlt a forrás fénye hosszabb, vörösebb hullámhosszak felé, mire elért hozzánk. Egyetlen szám azért ennyire hasznos, mert két dolog kapcsolódik össze benne. Először: a fény véges, állandó sebességgel halad, ezért bármit, ami nagyon messze van, egyben nagyon régen látunk — mélyen az űrbe nézni annyi, mint visszanézni az időben. Másodszor: mivel a Világegyetem a fény útja alatt tágult, minél hosszabb volt az utazás, annál jobban megnyúlt a fény. A nagyobb vöröseltolódás tehát korábban elindult, távolabbról érkező fényt jelent, amikor a kozmosz fiatalabb volt. A 7-es vöröseltolódás itt az ősrobbanás után kevesebb mint egymilliárd évvel kibocsátott fény — jóval

> a Világegyetem mai korának tizede előtt.

E korszak kvazárjai két külön okból értékesek. Először is mindegyikük már több százmillió–több milliárd naptömegű fekete lyukat tartalmaz. Ilyen nagy tömeget ilyen korán felépíteni nehéz: a fekete lyukak szokásos akkréciós sebességkorlátai mellett csak viszonylag nagy tömegű kezdeti „magoknak” van elég idejük a rendelkezésre álló néhány százmillió év alatt ekkorára nőni. Már puszta létezésük és gyakoriságuk is korlátozza az első szupernagy tömegű fekete lyukak kialakulásának és növekedésének lehetséges történeteit. Másodszor: a kvazár fénye áthalad a környező intergalaktikus anyagon, amely lenyomatot hagy rajta arról, mennyire volt semleges a gáz — így minden kvazár a reionizáció szondája is.

A gond az, hogy ezek rendkívül ritkák és nehezen megtalálhatók. Ilyen vöröseltolódásoknál a kvazár legerősebb jellemzője, a Lyman-alfa törés, az optikai tartományból a közeli infravörösbe tolódik, ezért megtalálásukhoz nagy égterületet lefedő, mély közeli-infravörös képalkotás kell — a releváns fényességi határig nagyjából száz négyzetfokonként egy kvazár. A földről egyszerre mély és széles közeli-infravörös felmérést végezni éppen az a kombináció, amely eddig rendkívül nehéz volt. Ezt a rést hivatott betölteni az Euclid.

Mit csinált valójában az Euclid?

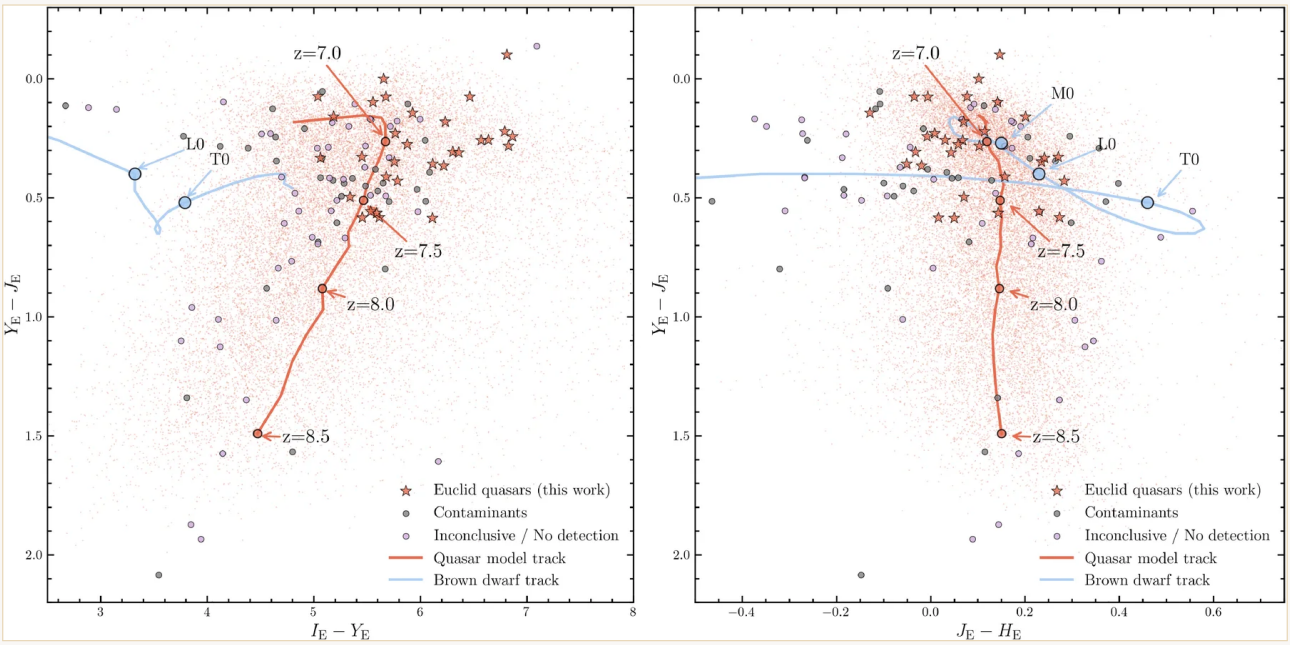
Az Euclid egy 1,2 méteres űrtávcső, amely hatéves felmérésében mintegy 14 000 négyzetfokot térképez fel optikai és közeli-infravörös fényben. A légkör felett olyan mélységet ér el nagy látómezőn, amellyel a földi közeli-infravörös felmérések nem tudnak versenyezni. Ez a tanulmány a felmérés első körülbelül másfél évében beérkezett adatokat használja — nagyjából 3 000 négyzetfokot, amelyet 2024 februárja és 2025 augusztusa között figyeltek meg.

Az Euclid űreszköz tisztatérben az indítás előtt. Az 1,2 méteres távcső a fehér henger tetején keresztül nézi az eget; a légkör fölül széles látómezejű közeli-infravörös kamerája olyan mélységet ér el nagy területen, amelyet földi keresések nem tudnak elérni.

ESA / NASA Science fair-use

A szénakazalban lévő 31 tű megtalálása nem pusztán nézelődés kérdése volt. A csapat egyedi fotometriát épített, majd több gépi tanulási és valószínűségi osztályozót futtatott rajta — extrém-dekonvolúciós sűrűségmodellt, gradiensboostolt osztályozót és sablonalapú illesztéseket —, hogy minden halvány, pontszerű forrásnál megbecsülje annak valószínűségét, hogy nagy vöröseltolódású kvazár, nem pedig valamelyik sokkal gyakoribb szennyező forrás, mindenekelőtt egy hűvös barna törpe, amelynek színei utánozzák a távoli kvazárét. A jelölteket több módszer eredményei között keresztellenőrizték, szemmel is átvizsgálták, majd prioritást adtak az utánkövetéshez. Az Euclid képei választják ki a jelölteket; a megerősítést nagy földi távcsöveken — köztük a Magellan és a Large Binocular Telescope műszerein — felvett spektrumok adják, amelyek elég finoman bontják fel a fényt ahhoz, hogy látható legyen a jellegzetes törés és az emissziós vonalak.

Ez a megerősítési lépés még folyamatban lévő munka. A spektroszkópiai utánkövetés nem teljes, különösen a déli égbolton. A követett jelöltek közül azokkal is elszámol a tanulmány, amelyek nem kerültek be a 31 megerősített kvazár közé: sok szennyező forrás volt (jelentős részük valószínűleg barna törpe), néhány eredmény bizonytalan maradt, másoknál pedig nem volt kimutatható jel. A megerősített kvazárok csoportja a főcím; annak teljes számbavétele, hogy a kiválasztás mit talál meg és mit hagy ki, későbbi tanulmányokra marad.



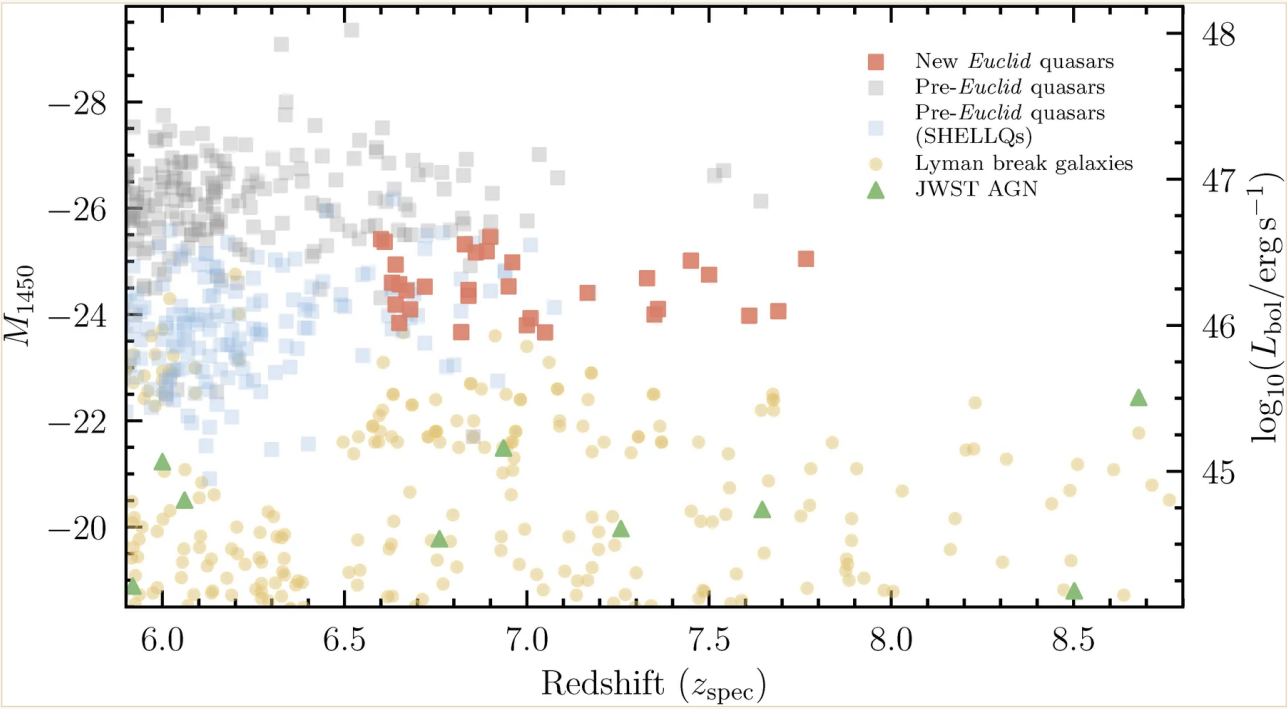
Szín–szín diagram: hogyan különbözteti meg az Euclid a távoli kvazárt a közeli barna törpétől. Mindkét tengely egy objektum két Euclid-szűrőben mért fényességének különbségét mutatja, vagyis inkább a fény színét, mint abszolút fényességét. A vörös görbe azt a tartományt követi, ahol a modellek szerint a nagy vöröseltolódású kvazároknak kell feküdniük (a címkék 7,0–8,5 közötti vöröseltolódást jelölnek); a világoskék görbe a hűvös barna törpéket — a fő utánzókat — követi M0-tól T0 típusig. A 31 új kvazár (vörös csillag) a kvazárpálya mentén sorakozik; a megerősített szennyezők (szürke), illetve a bizonytalan vagy nem detektált jelöltek (lila) ettől eltérnek. Ahol a két görbe közel fut egymáshoz, a szín önmagában nem dönt — ezért kell minden kvazárhoz spektroszkópiai megerősítés.

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

A rekord, megfelelő arányérzékkel

A 31 objektum egyike, az EUCL J1729+6410 katalógusjelű kvazár körülbelül 7,77-es vöröseltolódáson van, és jelenleg ez a legtávolabbi ismert kvazár. Valódi rekord, de érdemes világosan megmondani, mekkora lépés. Két évtizednyi célzott keresés a határt körülbelül 7,5-ös vöröseltolódásig tolta ki; a közvetlen előző rekordtartó körülbelül 7,64-nél volt. A 7,77-re lépés valódi előrelépés, de fokozatos — a tanulmány szerint mintegy 0,13 vöröseltolódási egység, nagyjából tizenötmillió év kozmikus idő. Elmozdítás, nem ugrás.

A másik szám következményesebb: a 7-es vöröseltolódás feletti minta megduplázása egyetlen korai keresésben. Egy rekordtartó egy objektum, egy adatpont. Egy megkétszerezett és tovább növekvő populáció viszont már statisztikát tesz lehetővé — megmérhető, mennyire gyakoriak, mennyire fényesek és hogyan csoportosulnak ezek a fekete lyukak. A korai Világegyetem tudománya valójában itt kezdődik. Az új kvazárok többsége ráadásul viszonylag halvány: egy-két magnitúdóval halványabb az Euclid előtt talált fényes kvazároknál. Ezt a halvány véget nehezebb elérni, de a reionizáció vizsgálatához értékesebb: a halványabb kvazárok kisebb ionizált buborékokat hoznak létre maguk körül, így fényük többet mintavételez a még semleges gázból.



Az új kvazárok helye: fényesség a kozmikus távolság függvényében. A vízszintes tengely a vöröseltolódás — jobbra haladva egyre korábbi kozmikus időbe jutunk. A függőleges tengely a kvazárok belső ultraibolya fényessége, M1450 jelöléssel; az astronomiai magnitúdók régi konvenciója miatt fordítva fut, így feljebb nagyobb fényességet jelent (a jobb oldali skála ugyanezt teljes, azaz *bolometrikus* fényességként adja meg). Így olvasva a grafikon egy népszámlálás. A fényes, korábban ismert kvazárok (szürke) az alacsonyabb vöröseltolódásoknál sűrűsödnek; a mélyebb SHELLQs felmérés (világoskék) halványabb objektumokat ért el, de időben nem sokkal korábbra. A 31 új Euclid-kvazár (vörös) ezt a fényes populációt a legnagyobb vöröseltolódásokig terjeszti ki — a jobb szélső a 7,77-es rekordtartó —, miközben nagyjából egy-két magnitúdóval halványabbak a klasszikus fényes kvazároknál. Alattuk az a tartomány van, amelyet csak mély, keskeny felmérések érnek el: Lyman-töréses galaxisok tengere (sárga) és a JWST által azonosított néhány nagyon halvány, anyagot elnyelő fekete lyuk (zöld háromszögek). Az Euclid hozzájárulása külön csoportként jelenik meg — viszonylag fényes, nagyon korai kvazárok nagy égterületen —, amely hidat képez a régi fényes minta és a jelenleg csak célzott műszerekkel elérhető halvány populáció között.

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

Mi bizonytalan még?

Három fontos fenntartás kíséri az eredményt, és mindhármat maga a tanulmány is kimondja.

Először: ez kezdeti eredmény, nem végleges mérés. A szerzők a kiválasztási függvény és a kvazárpopuláció átfogó statisztikai elemzését kifejezetten későbbi közleményekre hagyják. Az itt bemutatott fényességfüggvény-korlátok első pillantást jelentenek, nem végső szót.

Másodszor: nem garantált, hogy minden halvány „kvazár” valóban kvazár. A halvány végen egyes kvazárként azonosított objektumok kompakt korai galaxisok lehetnek, különösen, ha nincs erősen kiszélesedett Lyman-alfa vonaluk. A csapat előzetesen ellenőrizte, hogy az objektumok inkább pontforrásokkal, mint kiterjedt galaxisokkal egyeznek, de ezt maga is előzetesnek nevezi: a JWST-vel és

hasonló eszközökkel végzett mély közeli-infravörös spektroszkópia döntheti el a leghalványabbak valódi természetét.

Harmadszor: maguk az objektumok halványak, és közel vannak ahhoz a határhoz, ahol földi spektroszkópiával részletesen jellemezhetők. Fekete lyukaik tömegének, környezetüknek és a reionizáció történetében elfoglalt helyüknek meghatározásához JWST, ALMA és NOEMA megfigyelésekre lesz szükség. Az Euclid nagyon jó megtalálni ezeket az objektumokat; részletes vizsgálatukat nagyrészt más műszerekre bízza.

Miért fontos

A munka értéke demográfiai. Egy évtizeden át a Világegyetem első egymilliárd évéről a csillagászok alig néhány kvazárból próbáltak következtetni. Az Euclid felmérésének egyetlen korai szeletében annyit adott hozzá, hogy a lista mintává kezdett válni — és az indulás előtti előrejelzésekkel összhangban jó úton van, hogy tovább növelje.

Ez azért számít, mert a nyitott kérdések populációs kérdések. Hogyan nőttek ilyen gyorsan ekkorára a fekete lyukak? Mennyire foltos és mennyire semleges volt az intergalaktikus gáz különböző időpontokban? Ezekre nem egyetlen látványos objektum ad választ, hanem sok objektum megszámlálása, összehasonlítása és feltérképezése. Az Euclid azt demonstrálta, hogy képes felépíteni ezt a népszámlálást — a halvány végen is, amely összekapcsolódik azzal a rejtélyes, anyagot elnyelő fekete lyukpopulációval, amelyet a JWST ugyanebből a korszakból kezdett feltárni. Ez a tanulmány nem oldja meg az első fekete lyukak keletkezését, és önmagában nem méri meg a reionizációt. Tömegével szolgáltatja viszont azt a nyersanyagot, amelyre ezekhez a mérésekhez szükség van, és világos célterületet ad a már zajló utánkövetési kampányoknak.

Röviden

Az Euclid Wide Survey első mintegy 3 000 négyzetfoknyi területét használva az Euclid Collaboration 31 új kvazárt fedezett fel 6,6 és 7,8 közötti vöröseltolódáson; közülük tizenkettő vöröseltolódása 7 vagy nagyobb, ami több mint megkétszerezi az ott ismert populációt, egy 7,77-es objektum pedig jelenleg a legtávolabbi ismert kvazár. Az igazi jelentőség a felmérés bizonyított képessége arra, hogy ezeket a ritka, többnyire halvány objektumokat nagy számban találja meg, nem a vöröseltolódási rekord kis elmozdítása. Ezek kezdeti eredmények: a teljes statisztikai elemzés, a spektroszkópiai megerősítések jelentős része és az egyes objektumok részletes jellemzése még hátravan.

Tárgyilagos mérleg

Mit mutat a tanulmány: Az Euclid Wide Survey első ~1,5 évében, ~3 000 négyzetfokon olyan számban képes nagy vöröseltolódású kvazárokat találni, amire korábbi felmérés nem volt képes — 31 megerősített objektum 6,6 és 7,8 között, közülük tizenkettő 7-es vagy nagyobb vöröseltolódáson, nagyjából megkétszerezve az ott ismert számot; a legtávolabbi ~7,77-es.

Mi hihető, de nem ez a lényeg: Maga a vöröseltolódási rekord. Valódi, de csak mintegy 0,13-mal tolja ki a határt — a korábbi ~7,64-ről 7,77-re, körülbelül tizenötmillió évnyi kozmikus idővel. A tartósan fontos főcím a megduplázott, növekvő és szokatlanul halvány minta, nem az egyetlen rekordtartó.

Mit nem mutat: Hogyan keletkeztek az első szupernagy tömegű fekete lyukak, vagy milyen volt pontosan a reionizáció. Ezek a kvazárok eszközök e kérdésekhez, nem válaszok. És ez még nem végleges populációs népszámlálás — a teljes statisztikai elemzést kifejezetten későbbi tanulmányokra hagyják.

Fő korlátok egy általános olvasó számára: A spektroszkópiai utánkövetés hiányos, különösen délen; a fényességfüggvény eredményei előzetesek; és a leghalványabb kvazárként jelölt objektumok közül néhányról JWST-szintű spektroszkópia derítheti ki, hogy valójában korai galaxis.

Mennyire bízhat benne egy általános olvasó? Nagy bizalommal abban, hogy az Euclid megváltoztatta, mi található meg ilyen vöröseltolódásokon, és nagy bizalommal a fényesebb objektumok szakmailag lektorált megerősítésében. Kisebb bizalommal — a szerzők saját keretezése szerint — a halvány populáció pontos számaiban és a leghalványabb jelöltek természetében: ezek első eredmények, nem lezárt kérdések.

Források

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