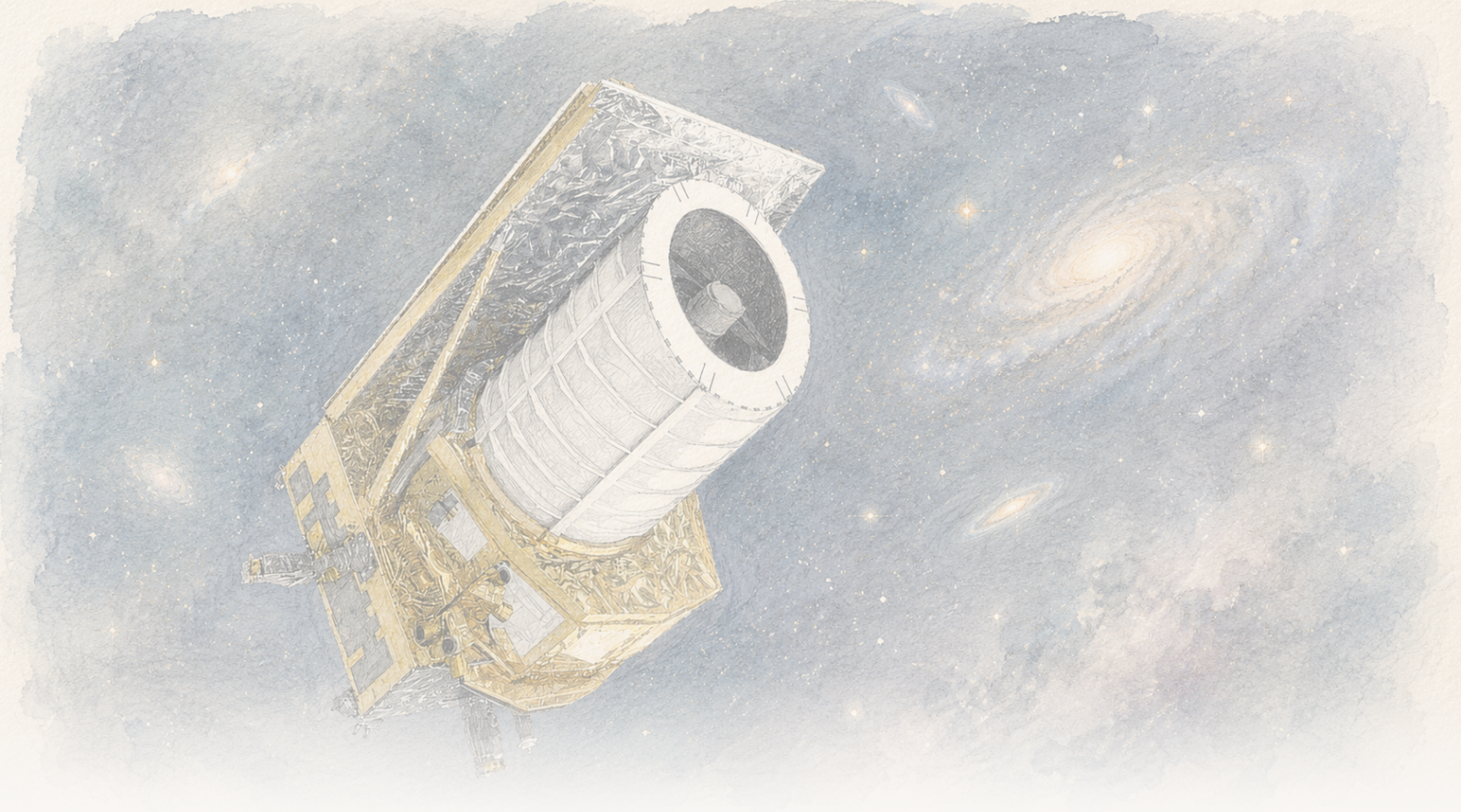


The Clean Paper

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

Euclid-ը ավելի քան կրկնապատկեց redshift 7-ից բարձր հայտնի quasars-ի փոքր sample-ը

Euclid Wide Survey-ի առաջին մոտ 1.5 տարում ~3000 square degrees որոնումը գտել է 31 նոր quasar redshift 6.6–7.8 միջակայքում: Դրանցից 12-ը redshift 7 կամ ավելի են, ավելի քան կրկնապատկելով pre-Euclid sample-ը, իսկ մեկը redshift 7.77-ով նոր record-holder է: Իրական advance-ը մեկ record-ը չէ, այլ survey-ի ability-ն rare, հիմնականում faint quasars-ը bulk-ով գտնելու համար: Սա initial result է, full statistical analysis-ը և spectroscopic confirmation-ի մի մասը դեռ առջևում են:

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

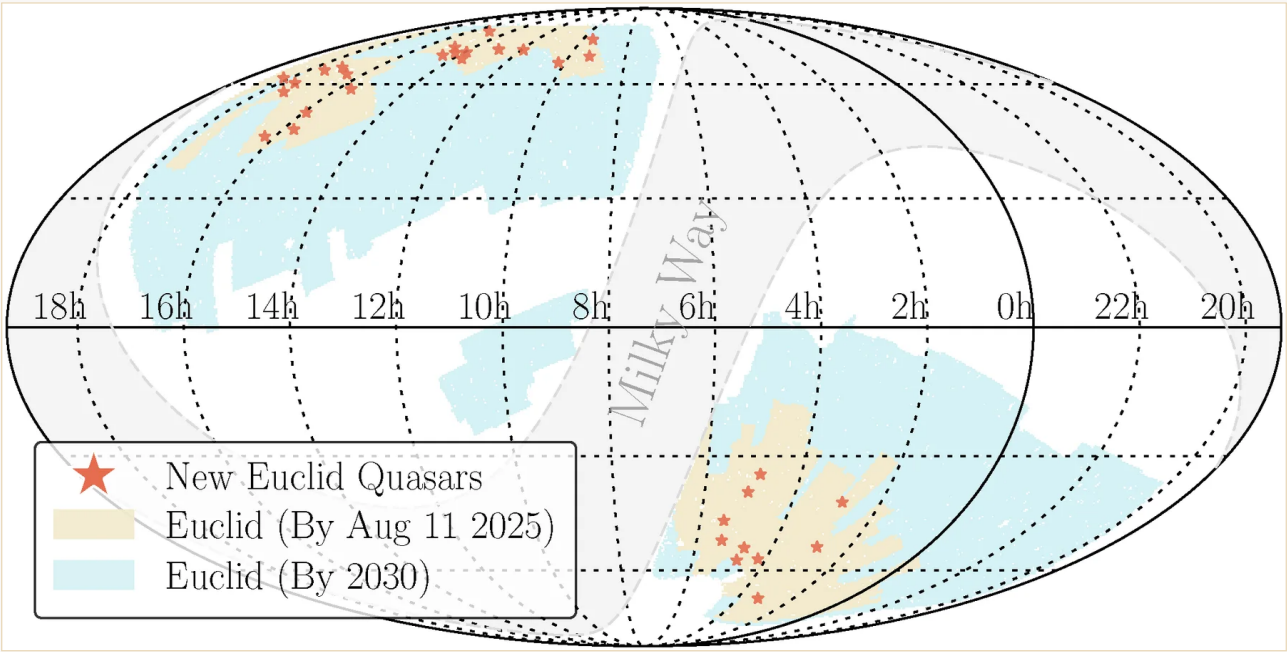
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at 6.6 < z < 7.8*, D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), Astronomy & Astrophysics · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

Հազվադեպ օբյեկտներ գտնելու համար կառուցվ դիտարկումն արդեն գտել է դրանց մի ամբողջ խումբ

Քվազարը գերզանգվածային սև խոռոչ է այն պահին, երբ այն ակտիվորեն նյութ է կլանում: Նյութի կուտակման ընթացքում քվազարը կարող է այնքան պայծառ լինել, որ գերազանցի իր ամբողջ հյուրընկալող գալակտիկայի լույսը: Քանի որ քվազարները Տիեզերքի ամենալուսավոր կայուն աղբյուրներից են, դրանք նաև տիեզերական «փարոսներ» են. բավական հեռավոր քվազարի լույսը միլիարդավոր տարիների ճանապարհին անցնում է միջանկյալ տարածքով և իր մեջ տեղեկություն պահպանում այդ տարածքի մասին:

Ամենահեռավոր քվազարները՝ նրանք, որոնց լույսը ճանապարհ է ընկել, երբ Տիեզերքը դեռ մեկ միլիարդ տարուց էլ երիտասարդ էր, նաև ամենահազվադեպն են: Euclid տիեզերական աստղադիտակի հիմնական դիտարկումից առաջ կարմիր շեղում 7-ից բարձր հաստատված քվազարների թիվը մոտ 9 էր՝ դանդաղ հավաքված 2011-ից սկսած:

Astronomy & Astrophysics-ում հրապարակված նոր հոդվածում Euclid Collaboration-ը հայտնում է **31 նոր քվազարի** մասին՝ կարմիր շեղում 6,6–7,8 միջակայքում, և դա՝ դիտարկման ընդամենը առաջին մոտ 1,5 տարվա տվյալներից: Դրանցից 12-ը կարմիր շեղում 7 կամ ավելի ունեն: Մեկ վաղ տվյալային փուլով այդ կարմիր շեղումների հայտնի պոպուլյացիան ավելի քան կրկնապատկվել է: Սա առաջին հերթին դիտարկման վիճակագրական հզորության պատմություն է, և հենց այդպես էլ արժե կարդալ այն:



Մինչ այժմ ընդգրկված Euclid Wide Survey-ի տարածքը (բեժ)՝ 2030-ին նախատեսված

ամբողջական ծածկույթի (կապտականաչ) համեմատ, և 31 նոր մեծ կարմիր շեղմամբ քվազարները՝ կարմիրով: Դրանք գալիս են դիտարկման դեռ առաջին հատվածից, մինչ վերջնական ծրագիրը պետք է քարտեզագրի մոտ 14 000 քառակուսի աստիճան:

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

Euclid-ից առաջ կարմիր շեղում 7-ից բարձր հայտնի էր մոտ 9 քվազար: Այս վաղ փուլը ավելացրեց ևս 12-ը՝ նմուշը ավելի քան կրկնապատկելով, թեև այն դեռ փոքր է:

Original diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Ինչո՞ւ են այսքան հեռավոր քվազարները կարևոր

Կարմիր շեղումը ցույց է տալիս, թե Տիեզերքի ընդարձակումը որքան է ձգել աղբյուրի լույսի ալիքի երկարությունը ճանապարհին: Ավելի մեծ կարմիր շեղումը նշանակում է ավելի հին լույս և ավելի վաղ Տիեզերք: Կարմիր շեղում 7-ի դեպքում մենք նայում ենք Մեծ պայթյունից մեկ միլիարդ տարուց էլ քիչ անց՝ վերաիոնացման դարաշրջանի վերջնամասին, երբ առաջին լուսավոր օբյեկտները իոնացնում էին վաղ Տիեզերքի չեզոք ջրածինը:

Ի՞նչ է կարմիր շեղումը, և ինչո՞ւ այն միաժամանակ հեռավորության ու ժամանակի ցուցիչ է

Եթե այս բառապաշարը նոր է. *կարմիր շեղումը* ցույց է տալիս, թե աղբյուրի լույսը մեզ հասնելու ընթացքում որքան է ձգվել դեպի ավելի երկար՝ «կարմիր» ալիքներ։ Այս մեկ թիվը երկու պատճառով օգտակար է։ Նախ՝ լույսը վերջավոր արագություն ունի, հետևաբար որքան հեռու է օբյեկտը, այնքան ավելի վաղ ժամանակաշրջանում ենք այն տեսնում։ Երկրորդ՝ Տիեզերքը լույսի ամբողջ ճանապարհի ընթացքում ընդարձակվել է, ուստի որքան երկար է ճանապարհը, այնքան մեծ է ալիքի ձգումը։ Այսինքն՝ ավելի մեծ կարմիր շեղում նշանակում է ավելի վաղ արձակված լույս, ավելի հեռավոր աղբյուր և ավելի երիտասարդ Տիեզերք։ Կարմիր շեղում 7-ը համապատասխանում է Մեծ պայթյունից մեկ միլիարդ տարուց պակաս ժամանակ անց՝ ներկայիս Տիեզերքի տարիքի նույնիսկ մեկ տասներորդից պակաս։

Այս դարաշրջանի քվազարները երկու առանձին պատճառով կարևոր են։ Առաջինը՝ դրանցից յուրաքանչյուրի կենտրոնում արդեն կա հարյուրավոր միլիոնից մինչև միլիարդավոր Արեգակի զանգված ունեցող սև խոռոչ։ Այսքան մեծ սև խոռոչ այդքան կարճ ժամանակում աճեցնելը դժվար է։ Նյութի կուտակման սովորական սահմանների պայմաններում միայն բավական զանգվածային սկզբնական «սերմերն» են ժամանակ ունենում մի քանի հարյուր միլիոն տարվա ընթացքում հասնելու այդ զանգվածներին։ Ուստի այս պոպուլյացիայի գոյությունն ու քանակն արդեն սահմանափակում են առաջին գերզանգվածային սև խոռոչների ձևավորման մոդելները։ Երկրորդը՝ միջգալակտիկական միջավայրով անցնող քվազարի լույսը տեղեկություն է կրում այն մասին, թե գազը տվյալ ժամանակաշրջանում որքանով էր չեզոք։ Այդ պատճառով յուրաքանչյուր քվազար նաև վերաիոնացման բնական զոնդ է։

Խնդիրը դրանց հազվադեպությունն ու հայտնաբերման բարդությունն է։ Այս կարմիր շեղումների դեպքում քվազարի ամենաուժեղ հատկանիշներից մեկը՝ Lyman-alpha break-ը, տեսանելի տիրույթից տեղափոխվում է մոտ ինֆրակարմիր։ Հետևաբար դրանք գտնելու համար անհրաժեշտ է շատ մեծ երկնային տարածքի խորը մոտ ինֆրակարմիր պատկերում՝ համապատասխան պայծառության սահմանում մոտավորապես մեկ քվազար յուրաքանչյուր 100 քառակուսի աստիճանի վրա։ Ցամաքից «խորը և լայն» մոտ ինֆրակարմիր դիտարկումը չափազանց դժվար է։ Euclid-ը հենց այս բացը լրացնելու համար է կառուցվել։

Իրականում ի՞նչ արեց Euclid-ը

Euclid-ը 1,2 մետրանոց տիեզերական աստղադիտակ է՝ վեցամյա դիտարկման ծրագրով, որը նախատեսված է մոտ 14 000 քառակուսի աստիճան երկինք քարտեզագրելու տեսանելի և մոտ ինֆրակարմիր տիրույթներում։ Մթնոլորտից վեր գտնվելը թույլ է տալիս լայն դաշտում հասնել այնպիսի մոտ ինֆրակարմիր խորության, որը

ցամաքային դիտարկումների համար դժվար է: Այս հոդվածն օգտագործում է դիտարկման առաջին մոտ 1,5 տարվա տվյալները՝ մոտ 3000 քառակուսի աստիճան, հավաքված 2024-ի փետրվարից մինչև 2025-ի օգոստոս:

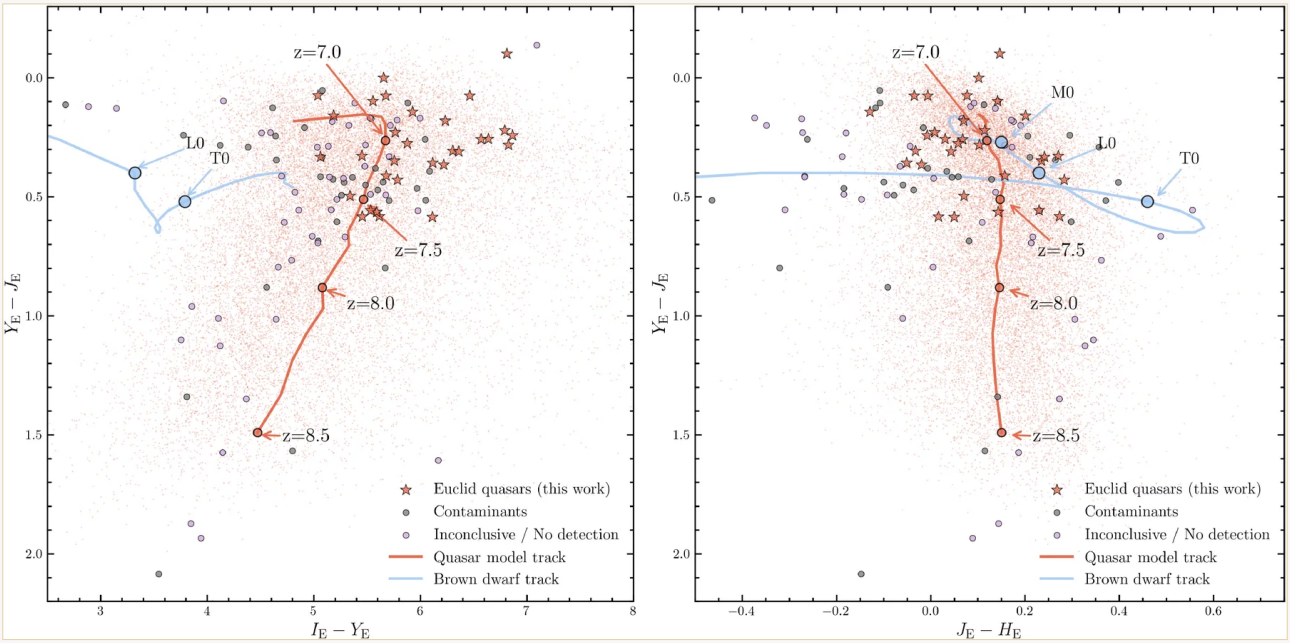
Euclid տիեզերանավը արձակումից առաջ մաքուր սենյակում: 1,2 մետրանոց աստղադիտակը երկինքը դիտում է սպիտակ գլանի վերևից, իսկ մթնոլորտից վեր գտնվող լայնադաշտ մոտ ինֆրակարմիր տեսախցիկը մեծ տարածքի վրա հասնում է այնպիսի խորության, որը ցամաքային որոնումներով դժվար է ստանալ:

ESA / NASA Science fair-use

31 օբյեկտ գտնելը պարզապես նկարները «աչքով զննելու» արդյունք չէր: Թիմը ստեղծել է հատուկ ֆոտոմետրիկ մշակում և դրա վրա կիրառել մեքենայական ուսուցման ու հավանականական դասակարգիչների մի քանի եղանակ՝ extreme-deconvolution խտության մոդել, gradient-boosted դասակարգիչ և ձևանմուշների համապատասխանեցում: Յուրաքանչյուր աղոտ կետային աղբյուրի համար գնահատվել է հավանականությունը, որ այն մեծ կարմիր շեղմամբ քվազար է, ոչ ավելի սովորական աղտոտիչ՝ հատկապես սառը շագանակագույն թզուկ: Տարբեր մեթոդներով ընտրված թեկնածուները համեմատվել են, տեսողականորեն ստուգվել և դասավորվել ըստ հետագա սպեկտրադիտման առաջնահերթության: Euclid-ի պատկերներն ընտրում են թեկնածուներին, իսկ վերջնական հաստատումը գալիս է խոշոր ցամաքային աստղադիտակների սպեկտրներից:

Այդ հաստատումը դեռ ընթացքի մեջ է: Սպեկտրադիտական հետագա դիտարկումները շարունակվում են, և հոդվածի իսկ ձևակերպմամբ ամբողջականությունը դեռ

վերջնական չէ, հատկապես հարավային երկնքում։ Այն թեկնածուները, որոնց հետևել են, բայց որոնք չեն մտել 31 հաստատված քվազարների մեջ, հիմնականում պարզվել են այլ օբյեկտներ՝ մեծ մասը հավանաբար շագանակագույն թզուկներ, մի մասը անորոշ, իսկ մի մասի դեպքում բավարար ազդանշան չի հայտնաբերվել։ 31 հաստատված քվազարները վերնագիրն են, բայց ընտրության ամբողջական ֆունկցիան՝ որքան լավ է մեթոդը գտնում և բաց թողնում իրական քվազարները, թողնված է հաջորդ աշխատանքներին։



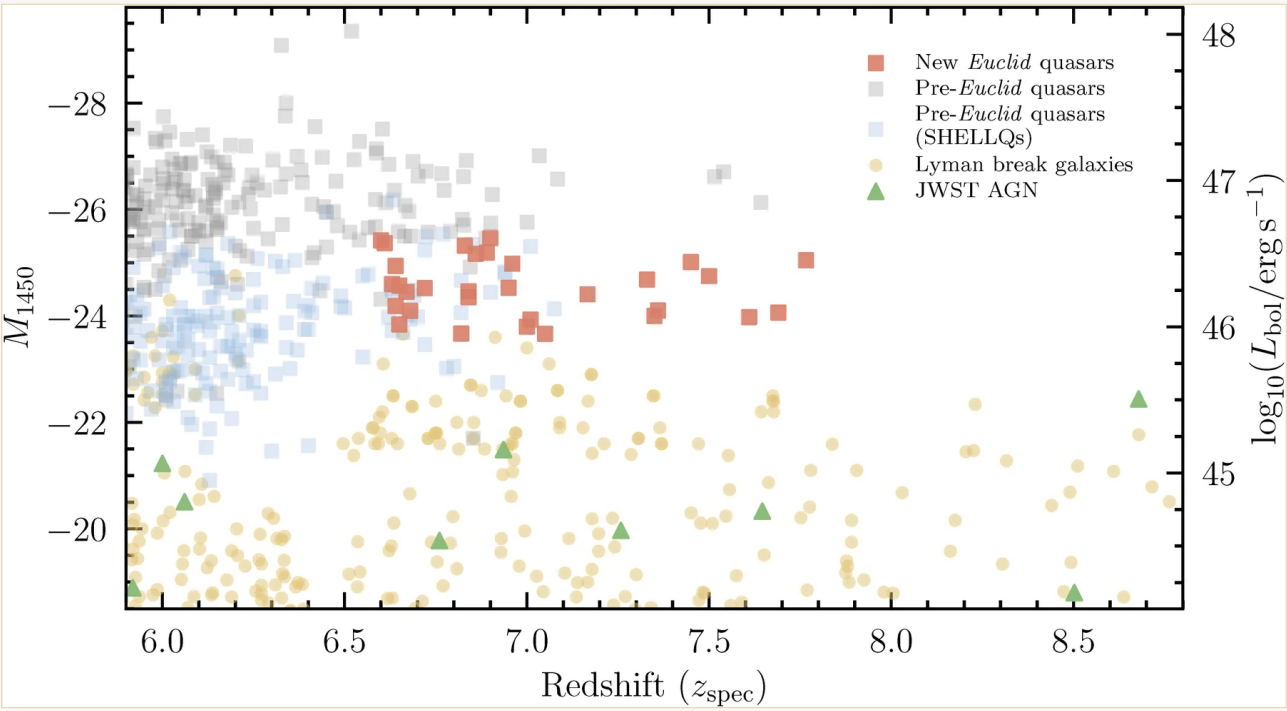
Գունային դիագրամ, որը ցույց է տալիս, թե ինչպես է Euclid-ը հեռավոր քվազարը տարբերում մոտակա շագանակագույն թզուկից։ Առանցքները տարբեր զտիչներում պայծառության տարբերություններն են՝ աղբյուրի գույները, ոչ ընդհանուր պայծառությունը։ Կարմիր կորն մեծ կարմիր շեղմամբ քվազարների սպասվող հետագիծն է՝ 7,0–8,5 կարմիր շեղման նշումներով, բաց կապույտը՝ սառը շագանակագույն թզուկների, որոնք հիմնական աղտոտիչներն են։ 31 նոր քվազարները կարմիր աստղերով մոտ են քվազարային հետագծին, աղտոտիչները՝ մոխրագույն, անորոշ կամ չհայտնաբերված թեկնածուները՝ մանուշակագույն։ Այն հատվածներում, որտեղ հետագծերը մոտ են իրար, միայն գույնը բավարար չէ, և սպեկտրադիտական հաստատումը պարտադիր է։

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

Ռեկորդը՝ ճիշտ համատեքստում

31-ից մեկը՝ EUCL J1729+6410-ը, ունի կարմիր շեղում մոտ 7,77 և այժմ ամենահեռավոր հայտնի քվազարն է։ Սա իրական ռեկորդ է, բայց քայլի չափը պետք է ճիշտ համատեքստում պահել։ Երկու տասնամյակ որոնումներից հետո սահմանը հասել էր մոտ 7,5-ի, իսկ նախորդ ռեկորդակիրը մոտ 7,64 էր։ 7,77-ը իրական առաջընթաց է, բայց աստիճանական՝ կարմիր շեղման մոտ 0,13 տարբերություն, որը համապատասխանում է մոտ 15 միլիոն տարվա տիեզերական ժամանակի։ Նուրբ առաջընթաց, ոչ թռիչք։

Ավելի կարևոր թիվը մյուսն է՝ մեկ վաղ փուլում կարմիր շեղում 7-ից բարձր հայտնի նմուշը ավելի քան կրկնապատկվել է: Ռեկորդակիրը մեկ օբյեկտ է, իսկ աճող պոպուլյացիան արդեն վիճակագրություն է տալիս՝ որքան տարածված էին այդ սև խոռոչները, որքան պայծառ և ինչպես էին բաշխված: Վաղ Տիեզերքի գիտությունը հենց պոպուլյացիոն վիճակագրության վրա է կառուցվում: Նոր քվազարների մեծ մասն էլ համեմատաբար աղոտ է՝ դասական՝ Euclid-ից առաջ հայտնի պայծառ քվազարներից մոտ 1–2 աստղային մեծությամբ թույլ: Այդ աղոտ ծայրը հատկապես կարևոր է վերաիոնացման ուսումնասիրությունների համար:



Նոր քվազարների դիրքը պայծառություն–տիեզերական հեռավորություն գրաֆիկում: Հորիզոնական առանցքը կարմիր շեղումն է՝ աջ կողմը նշանակում է ավելի վաղ տիեզերական պատմություն: Ուղղահայաց առանցքը ներքին ուլտրամանուշակագույն պայծառությունն է՝ M1450: Աստղագիտական մեծությունների պայմանականության պատճառով սանդղակը շրջված է, այսինքն՝ վերևը ավելի պայծառ է: Կարմիր կետերը նոր Euclid քվազարներն են, մոխրագույնները՝ Euclid-ից առաջ հայտնի պայծառ քվազարները, բաց կապույտները՝ SHELLQs, դեղինները՝ Lyman-break գալակտիկաները, իսկ կանաչ եռանկյունները՝ JWST-ի գտած աղոտ, նյութ կլանող սև խոռոչները: Euclid-ի ներդրումը լայն տարածքով, համեմատաբար պայծառ, բայց շատ վաղ քվազարների պոպուլյացիան է՝ մինչև 7,77 ռեկորդային կարմիր շեղում:

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

Ի՞նչն է դեռ անորոշ

Այս արդյունքի հետ երեք կարևոր վերապահում է գալիս, և հոդվածը երեքն էլ նշում է:

Առաջինը՝ սա սկզբնական արդյունք է, ոչ վերջնական հաշվառում: Հեղինակները ընտրության ամբողջական ֆունկցիան և պոպուլյացիոն վիճակագրության մանրամասն վերլուծությունը թողնում են հաջորդ հրապարակումներին: Լուսավորության ֆունկցիայի սահմանափակումներն այստեղ նախնական են:

Երկրորդը՝ յուրաքանչյուր աղոտ «քվազար» պարտադիր իրական քվազար չէ: Աղոտ ծայրում որոշ օբյեկտներ կարող են իրականում կոմպակտ վաղ գալակտիկաներ լինել, հատկապես եթե չունեն լայնացած Lyman-alpha գիծ: Թիմը նախնական ստուգում է ներկայացնում, որ օբյեկտները համահունչ են կետային աղբյուրներին, ոչ տարածված գալակտիկաներին, բայց դա դեռ վերջնական չէ: Խորը մոտ ինֆրակարմիր սպեկտրադիտումը՝ JWST-ի դասի գործիքներով, պետք է պարզի ամենաաղոտ օբյեկտների բնույթը:

Երրորդը՝ օբյեկտները աղոտ են և մոտ են ցամաքային սպեկտրադիտման սահմաններին: Սև խոռոչների զանգվածները, միջավայրերը և վերաիոնացման մեջ նրանց դերը հասկանալու համար անհրաժեշտ են JWST, ALMA և NOEMA: Euclid-ը շատ լավ է դրանք *գտնում*, բայց մանրամասն բնութագրումը մեծ մասամբ փոխանցվում է այլ գործիքների:

Ինչո՞ւ է սա կարևոր

Այս աշխատանքի հիմնական արժեքը **ժողովրդագրական** է: Մոտ մեկ տասնամյակ Տիեզերքի առաջին միլիարդ տարվա մասին աստղագետներն ունեին ընդամենը մի բուռ քվազարներ: Euclid-ը իր դիտարկման դեռ վաղ հատվածով բավական նոր օբյեկտներ է ավելացրել, որպեսզի «ցանկը» սկսի դառնալ իրական «նմուշ», և նախաարձակման կանխատեսումների համաձայն դա պետք է շարունակվի:

Սա կարևոր է, որովհետև բաց հարցերը պոպուլյացիոն հարցեր են: Ինչպե՞ս սև խոռոչները այդքան մեծ դարձան այդքան արագ: Միջգալակտիկական գազը տարբեր ժամանակներում որքան մասնատված և չեզոք էր: Այս հարցերը մեկ տպավորիչ օբյեկտով չեն լուծվում: Պետք է շատ օբյեկտներ հաշվել, համեմատել և քարտեզագրել: Euclid-ն արդեն ցույց է տվել հենց այդ հաշվառումը կառուցելու կարողությունը, ներառյալ աղոտ ծայրը, որը կապվում է JWST-ի գտած տարօրինակ՝ նյութ կլանող սև խոռոչների պոպուլյացիայի հետ: Հոդվածը չի լուծում առաջին սև խոռոչների ձևավորման խնդիրը և ինքնուրույն չի չափում վերաիոնացումը: Այն տալիս է մեծածավալ հում նյութ այդ հետագա ուսումնասիրությունների համար:

Կարճ ամփոփում

Euclid Wide Survey-ի առաջին մոտ 3000 քառակուսի աստիճանի տվյալներից Euclid Collaboration-ը հայտնաբերել է 31 նոր քվազար՝ կարմիր շեղում 6,6–7,8 միջակայքում, որոնցից 12-ը կարմիր շեղում 7 կամ ավելի ունեն: Սա ավելի քան կրկնապատկում է

այդ տիրույթում նախկինում հայտնի պոպուլյացիան։ Օբյեկտներից մեկը՝ կարմիր շեղում 7,77, դարձել է ամենահեռավոր հայտնի քվազարը։ Բայց գլխավոր առաջընթացը ոչ այդ աստիճանական ռեկորդն է, այլ Euclid-ի ցուցադրած վիճակագրական հզորությունը՝ հազվադեպ և հիմնականում աղոտ օբյեկտներ մեծ քանակով գտնելու համար։ Սա վաղ տվյալների արդյունք է. ամբողջական պոպուլյացիոն վերլուծությունը, սպեկտրադիտական հետևումների մի մասը և առանձին օբյեկտների մանրամասն բնութագրումը դեռ առջևում են։

Առանց չափազանցության

Ի՞նչ է ցույց տալիս աշխատանքը։ Euclid Wide Survey-ը իր առաջին մոտ 1,5 տարում և մոտ 3000 քառակուսի աստիճանի վրա կարող է մեծ կարմիր շեղմամբ քվազարներ գտնել նախկինում անհասանելի քանակներով՝ 31 հաստատված z=6,6–7,8 օբյեկտ, դրանցից 12-ը z≥7, ինչը ավելի քան կրկնապատկում է հայտնի քանակը, և նոր ռեկորդակիր՝ z≈7,77։

Ի՞նչն է իրական, բայց գլխավոր կետը չէ։ Կարմիր շեղման ռեկորդը։ Այն ճիշտ է, բայց սահմանը տեղափոխում է մոտ 7,64-ից 7,77՝ կարմիր շեղման միայն մոտ 0,13 տարբերությամբ, որը մոտ 15 միլիոն տարվա տիեզերական ժամանակ է։ Ավելի երկարաժամկետ կարևորությունը աճող և ավելի աղոտ նմուշն է։

Ի՞նչ չի ցույց տալիս։ Ինչպես են ձևավորվել առաջին գերզանգվածային սև խոռոչները կամ վերաիոնացման վերջնական չափումը։ Քվազարները այդ հարցերի ուսումնասիրության գործիքներ են, ոչ պատրաստ պատասխաններ։ Սա նաև վերջնական պոպուլյացիոն հաշվառում չէ։

Հիմնական սահմանափակումները։ Սպեկտրադիտական հետագա դիտարկումները դեռ ամբողջական չեն, հատկապես հարավային երկնքում, լուսավորության ֆունկցիայի արդյունքները նախնական են, իսկ ամենաաղոտ թեկնածուներից որոշները կարող են վաղ գալակտիկաներ լինել, մինչև JWST-ի դասի սպեկտրադիտումը վերջնականորեն պարզի նրանց բնույթը։

Որքա՞ն վստահություն պետք է ունենա ընդհանուր ընթերցողը։ Բարձր՝ որ Euclid-ը փոխել է այն, թե այս կարմիր շեղումների տիրույթում ինչ քանակությամբ օբյեկտ կարելի է գտնել, և հաստատված ավելի պայծառ քվազարների նկատմամբ։ Ավելի ցածր՝ աղոտ ծայրի ճշգրիտ պոպուլյացիոն վիճակագրության և ամենաաղոտ թեկնածուների բնույթի նկատմամբ, որոնք հեղինակների իսկ ձևակերպմամբ դեռ առաջին արդյունքներն են։

Աղբյուրներ

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