ՀՀ ԳԱԱ Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարան

Աբրահամյան Հայկ Վոլոդյայի

«Ակտիվ գալակտիկական միջուկների ռադիո և օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրություն»

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.03.02 – «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի համար

> Գիտական ղեկավար՝ ֆ.մ.գ.թ.՝ Միքայելյան Արեգ Մարտինի

Բովանդակություն

1. ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

2	հվիշ	ԱՉԵԺ ՀԱՄԱՊԱՏԱՍԽԱՆԵԳՈՒՄՆԵՐԻ (CROSS-CORRELATION)	
2,	שטע		
	2.1	ԽԱՉԱՁԵՎ ՀԱՄԱՊԱՏԱՍԽԱՆԵՑՈՒՄՆԵՐԻ ԾՐԱԳԻՐ	18
	2.2	IRAS PSC/FSC ՄԻԱՅՅԱԼ ԿԱՏԱԼՈԳԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ	20
	2.3	IRAS PSC/FSC ՄԻԱՅՅԱԼ ԿԱՏԱԼՈԳԻ ԽԱՉԱՁԵՎ ՆՈՒՅՆԱՅՈՒՄՆ	25
		ԱՅԼ ԵՆԹԱԿԱՐՄԻՐ ՇՐՋԱՀԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏ	25
	2.4	ԵՆԹԱԿԱՐՄԻՐ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՆԱԽՆԱԿԱՆ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ	31
	2.5	ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ	33
3.	ቀበቀ	ՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ	
	ቀበቀ	ՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	
	3.1	ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ԸՆՏՐԱՆՔԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ	36
	3.2	ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ	40
		ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	40
	3.3	ՄԵԾ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒՆԵՑՈՂ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ	17
		ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԴԱՍԸ	77
	3.4	ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ	50
4.	ԲԼԱԲ	ՀԱՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ POSS1/POSS2	
	<ແບ	ԵՄԱՏՈՒԹՅԱՄԲ	
	4.1	ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՊԱՏԿԵՐԱՑՈՒՄՆԵՐ ԲԼԱՋԱՐՆԵՐԻ ԵՎ ՆՐԱՆՑ	50
		ՏԱՐԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ	JZ
	4.2	ԲԼԱԶԱՐՆԵՐԻ ԲԱՑԱՐՁԱԿ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ	ГC
		ԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ	30
	4.3	ԲԼԱԶԱՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ	59
	4.4	ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ	66

4

5.	5. ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԲՆՈՒՅԹԸ ՌԱԴԻՈ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ										
	ረኮՄ	ԱՆ ՎՐԱ									
	5.1	ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԸՆՏՐԱՆՔԸ	69								
	5.2	ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ	72								
	5.3	ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԲԱՅԱՐՁԱԿ ԱՍՏՂԱՅԻՆ	02								
		ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ	83								
	5.4	ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ։	07								
		ՌԱԴԻՈ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ԻՆԴԵՔՍ	07								
	5.5	ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ԻՆԴԵՔՍԻ	02								
		ԵՎ ՆՐԱՆՅ ՖԻՀԻԿԱԿԱՆ ՉԱՓԵՐԻ ԿԱՊԸ	92								
	5.6	ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ	94								
6.	ርህጉ	ՀԱՆՈՒՐ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ԱՄՓՈՓՈՒՄ ԵՎ ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ	97								
	ՇՆՈՐՀԱԿШՈՒԹՅՈՒՆ										
	0 0111										
	ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ										

1. ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

19-րդ վերջերին աստղագետները նկատեզին, դարի np շատ միգամածությունների, մասնավորապես մոլորակաձև և դիֆուզ միգամածությունների սպեկտրում առկա են առաքման գծեր։ Իսկ 20-րդ դարի սկզբներին առաքման գծերի առկայությունը սպեկտրում հաստատվեց նաև «պարուրաձև միգամածություններում»։ առաքման գծերի ուսումնասիրությունը Հետագայում կարևոր դեր խաղաց գայակտիկաների ուսումնասիրման համար [1]։

20-րդ դարի սկզբներին (1909 թվականին) Ֆատր (Fath) Լիկի աստղադիտարանում (Lick Observatory) կատարեց մի շարք դիտումներ ուղղված միգամածությունների» բնույթը ուսումնասիրելու համար [2]։ «պարուրաձև Ալն ժամանակվա կարևորագույն խնդիրները, որոնք մեծ էին հետաքրքրություն ներկայացնում, հանդիսանում էին՝ թե ինչ հարաբերական հեռավորության վրա են պարուրաթևերը կենտրոնական մասից և գազանման օբլեկտները նման են արդյո՞ք միգամածությանը կամ իանդիսանում են Օրիոնի արդյո՞ք շատ հեռավոր չտարանջատվող աստղեր [3]։ Ֆատի (Fath) խնդիրը կայանում էր նրանում, որ նա ցանկանում էր հաստատել այն գաղափարը, որ պարուրները ցույց են տալիս անընդհատ սպեկտը, որոնք բաղկացած են բազմաթիվ աստղերի սպեկտրների հանրագումարից այլ ոչ թե նրանց սպեկտրները նման են գազային միգամածության սպեկտրներին։ Իր ուսումնասիրության աղբյուրների մեծամասնության համար նա ստացավ սպեկտրներ, որոնք իրենցից ներկայացնում են կյանման գծերով բազմաթիվ աստղերի սպեկտրների հանրագումար։ Չնայած դրան, մի շարք աղբյուրների համար, մասնավորապես NGC 1068 աղբյուրի համար սպեկտրը հանդիսանում էր հանրագումարային սպեկտը՝ առկա էին և' առաքման և' կյանման գծեր։ NGC 1068 աղբյուրի առաքման և կյանման գծերը հաստատվեց Սյայֆերի (Slipher) կողմից 1917 թվականին [4], որի սպեկտրը ստացվել էր Լովելի աստղադիտարանում (Lowell Observatory) 1913 թվականին։ Հետագա տարիներին մի շարք աստղագետներ նույնպես հաստատեցին առաքման գծերի առկայությունը «պարուրաձև միգամածություններում»։ Որպես օրինակ Հաբյը 1926 [5] թվականին զույզ տվեզ, որ մի շարք աղբյուրներ՝ NGC 1068, NGC 4051 և NGC 4151, սպեկտրները մոտ են միգամածությունների սպեկտրներին (առկա են առաքման գծեր)։

Առաջին անգամ 1845 թվականին «պարուրաձև միգամածությունների» մասին գաղափար տրվել է անգլիացի գիտնական Վիլիամ Պարսոնսի (William Parsons)՝ լորդ Ռոսսի (Earl of Rosse) կողմից [6]։ Նա հայտնաբերել է, որ M51 (Մեսյե 51) միգամածությունը պարուրաձև է, ինչպես նաև մի շարք տարատեսակ «պարուրաձև միգամածություններ» և այս աղբյուրների բնույթը հաստատվել է միայն 20-րդ դարի սկզբին։ Ապացուցվել է, որ «պարուրաձև միգամածությունները» հսկայական աստղային համակարգեր են, որոնք գտնվում են միլիոնավոր լուսատարի հեռավորությունների վրա [7]։ Այդ աղբյուրները սկսեցին անվանել գալակտիկաներ։ Գալակտիկան իրենից ներկայացնում է աստղերի, աստղերի կույտերի, գազի և փոշու, մութ նյութի և այլ երկնային մարմինների գրավիտացիոն կապված համակարգ [8,9], որոնք մասնակցում են ընդհանուր զանգվածի կենտրոնի շուրջ շարժմանը։

Գալակտիկաների սպեկտրների առաքման գծերի համակարգված ուսումնասիրություններ սկսել է կատարել Սեյֆերտը 1943 թվականից [10]։ Սեյֆերտը ստացավ 12 աղբյուրների (NGC 1068, NGC 1275, NGC 3516, NGC 4051, NGC 4151, NGC 7469 և այլ) սպեկտրները, որոնցում հստակ արտահայտված երևում էին առաքման գծերը (ջրածնի, հելիումի և իոնացված երկաթի)։

Ակտիվության տեսանկյունից, գալակտիկաների մեծամասնությունը Տիեզերքում համարվում է «նորմալ» գալակտիկաներ, առանց որևէ էական ակտիվության դրսևորման։ Գալակտիկաները բաժանվում են հիմնականում 2 տեսակի՝ «նորմալ» գալակտիկաներ և «ակտիվ» միջուկով գալակտիկաներ, կախված կենտրոնական մասի ակտիվության բնույթից [7,8,9]։ Ակտիվ միջուկով գալակտիկաները համարվում են Տիեզերքի ամենապայծառ աղբյուրները։ Այդ աղբյուրները օժտված են ուժեղ և փոփոխական ոչ ջերմային ճառագայթումով, որը պայմանավորված է կենտրոնական մասում գտնվող գերզանգվածեղ սև խոռոչի առկայությամբ (Super Massive Black Hole, SMBH) [11]. Միջուկի ծագումնաբանությունը, ներքին կառուցվածքը և նրանում տեղի ունեցող ֆիզիկական երևույթները, որոնց հիմքում ընկած են դիտողական տվյալները, հանդիսանում եմ աստղագիտության ամենակարևորագույն խնդիրներից մեկը։

Ակտիվ միջուկով գալակտիկաների բազմաթիվ առկա հատկությունները, որոնք դուրս են բերվել դիտողական տվյալներից, հնարավորություն են տալիս նրանց բաժանել մի քանի հիմնական տեսակի՝

- Ռադիո գալակտիկաներ [7,8,9],
- Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներ [10],
- Լայներներ [14],
- Քվազարներ [12],

• Բլազարներ [13]։

Ակտիվության այս տարբեր ձևերը ներկայազվում են որպես գայակտիկաների միջուկների ակտիվության նույն երևույթի տարբեր դրսևորումներ։ Ակտիվության այս դրսևորումներից բացի առաջ է քաշվել մի վարկած, որի համաձայն ակտիվ միջուկներից դուրս են շպրտվում նոր գայակտիկաներ։ Այս վարկածի, ինչպես նաև ակտիվ միջուկով գալակտիկաների ակտիվության գաղափարի մասին առաջին անգամ խոսվել է Վիկտոր Համբարձումյանի կողմից [15,16]։ Այնուհետև, Համբարձումյանից բացի, 1959 թվականին Վոյտյերն (Woltjer) իր աշխատանքում նույնպես անդրադարձել է գայակտիկաների միջուկի ակտիվությանը [17]։ Հետագայում, դիտումներից ստացված տվյայների իամեմատութունը տվեց, անկախ իրենց ակնիայտ gnijg np տարբերությունից, ալս ակտիվության դրսևորումներն ունեն միևնույն բոլորը ֆիզիկական բնույթ։ Առաջին անգամ այս եզրակացությանը եկել է Համբարձումյանը [18,19]։ Բացի այդ, հավաքագրելով 1950-ական թվականներին ակտիվ միջուկով գայակտիկաների հատկություները, 1958 թվականին Համբարձումյանը «XI Սոյվեյան» իամագումարում իանդես եկավ զեկույզով այն մասին, որ բնության մեջ գոյություն ունեն «D-մարմիներ», որոնք պատասխանատու են գայակտիկաների միջուկների ակտիվության համար։ Համբարձումյանը ենթադրում էր նաև, որ գայակտիկաները ծնվում են այդպիսի «D-մարմիների» պայթյունից և իր առաջարկով այդ մարմիները պետք է փնտրել սպեկտրի կապուլտ տիրուլթում [9]։

Համարվում է, որ գալակտիկաներ կարելի է համարել ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ, եթե նրանց միջուկները (կորիզները) դրսևորում են հետևյալ հատկությունները՝

- Սպեկտրի ոչ ջերմային տեսքը էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիոյից մինչև գամմա տիրույթները (ոչ ջերմային ճառագայթում), որը հիմնականում պայմանավորված է մագնիսական դաշտի առկայությամբ [7,8,9,20],
- Փոփոխականությունը էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո, գամմա, ռենտգենյան և օպտիկական տիրույթներում [7,8,9,20],
- Լայն առաքման գծերի առկայությունը սպեկտրում, որը պայմանավորված է տաք գազի մեծ արագությամբ շարժումով [7,9],
- Կառուցվածքային առանձնահատկություններ (օրինակ՝ արտանետումներ, որոշակի առանձնացված «տաք տիրույթներ»), որը պայմանավորված է միջուկի ակտվությամբ և որի հետևանքով միջուկից կան որոշակի արտանետումներ [9,20],

 Սպեկտրային և բևեռացված առանձնահատկություններ, որոնք պայմանավորված է որոշակի մագնիսական դաշտի առկայությամբ [9,20]։

Գալակտիկան կարելի է համարել ակտիվ միջուկով գալակտիկա, եթե ունի վերը թվարկված առանձնահատկություններից որևէ մեկը։ Որպեսզի այս պահանջներին բավարարի գալակտիկան, այն պետք է ունենա մեծ քանակությամբ գազի զանգված, որը կենտրոնացված է լինի կենտրոնական մասում, որովհետև ակտիվության դրսևորման հիմնական մոդելներում էներգիայի արտահոսքը միջուկից կապված է միջուկի կենտրոնական մասում առկա գազի քանակից [9,20]։



Նկար 1.1. Ակտիվ միջուկով գալակտիկաների «միասնական մոդելի» (Unified model) սխեմա [24,25]։

Գոյություն ունեն ակտիվ գալակտիկաների միջուկների հատկությունները բնութագրող մի շարք մոդելներ։ Ժամանակակից պատկերացումներով ընդունված է այսպես կոչված «միասնական մոդելը» (Unified model) [21,22,23]։ Այս մոդելի սխեման պատկերված է նկար 1.1-ում [24,25]։

Համաձայն այդ մոդելի (նկար 1.1), ակտիվ գալակտիկայի կենտրոնական մասում (միջուկում) գտվում է գերզանգվածեղ սև խոռոչ, որը շրջապատված է արտասովոր

տեմպերով (արագությամբ) կուտակվող նյութի մեծ սկավառակով (accretion disc) և այսպիսով ճառագայթելով էլեկտրամագնիսական այիքների ողջ երկայնքով [21,22,23]։ Համաձայն այդ մոդելի, կախված դիտողի նկատմամբ թե ինչ դիրքում է գտնվում ակտիվ միջուկով գայակտիկան, մենք ունենում ենք ակտիվության դրսևորվան տարբեր ձևեր։ Այս մոդելի նկարագրությունն առաջին անգամ տվել են Անտոնուչին և Միլլերը (Antonucci and Miller) դեռևս 1985 թվականին [21]։ Այս երևույթի հնարավոր լինելու մասին իիշատակվել է նաև ավելի վաղ մի շարք գիտնականների աշխատանքներում, Ռովան-Ռոբինսոնի (Rowan-Robinson) մասնավորապես՝ աշխատանքում 1977 թվականին [26]։ Բայց իրականում այս գաղափարի մասին դեռևս խոսվում էր 1960ական թվականներին, որտեղ որպես գերզագվածեղ սև խոռոչի շուրջ կուտակվող նյութի սկավառակի (accretion disc) համար հիշատակվում էր 10^{-3} պարսեկ չափսեր։ Կուտակվող նյութի սկավառակի (accretion disc) չափսերի գնահատականը տրվել է Չեյդովիչի և Նովիկովի (Zel'dovich & Novikov) աշխատանքում 1964 թվականին [27]։ Այս մոդելը բավականին լավ նկարագրում է ակտիվ միջուկով գալակտիկաների մինչ ալժմ հայտնի տարատեսակների բնույթը, բայց կան որոշակի խնդիրներ և որոշ հատկություններ որոնց բացատրությունը մինչ այժմ հանդիսանում է կարևորագույն խնդիրներից մեկը աստղագիտության մեջ։

Որոշ կոմպակտ ռադիոաղբյուրների նույնացումն օպտիկական քվազիաստղային աղբյուրների հետ համարվում է ամենակարևոր հայտնագործություններից մեկը ժամանակակից դիտողական աստղագիտության մեջ [9]։ Մի շարք պատկերներում, որոնք ստացվել էին մեծ աստղադիտակներով, այս աղբյուրները իրենցից ներկայացնում են թույլ աստղանման աղբյուրներ, որոնք ճառագայթում են մեծ քանակությամբ էներգիա էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո տիրույթում։ Այդ աղբյուրները ստացան քվազիաստղային աղբյուրներ կամ քվազարներ անվանումը [9]։ Ժամանակակից պատկերացումներով քվազարները հանդիսանում եմ ակտիվ գալակտիկաների միջուկները [28]։

1950-ական թվակաների վերջին շատ դիսկրետ ռադիո աղբյուրներ դեռևս մնում էին չնույնացված և համարվում էին «ռադիո աստղեր»։ Այդ գաղափարի հաստատման համար անհրաժեշտ էին այդ աղբյուրների ճշգրիտ կոորդինատները։ Տվյալ ժամանակաշրջանի ռադիո դիտակները տալիս էին շատ ցածր որակի (աղոտ) պատկերներ և այդ պատճառով կիրառվում էին կոորդինատների ճշգրիտ որոշման տարբեր եղանակներ [9]։ Շատ արդյունավետ մեթոդ էր հանդիսանում աղբյուրի «Լուսնի ծածկման» մեթոդը։ Դիտելով մի քանի անգամ, թե ինչ պահերի է ռադիո աղբյուրը թաքնվում Լուսնի սկավառակի հետևում, հնարավոր է լինում բավականին ճշգրիտ որոշել նրա կոորդինատները։ Մասնավարապես 1960-անական թվականերին ավստրալացի ռադիո աստղագետները կարողացան գնահատել 3C273 ռադիո աղբյուրի կոորդինատները և պարզել, որ այն հանդիսանում է $m_v = 12.9$ տեսանելի աստղային մեծությամբ կապտավուն աստղանման աղբյուր [9] (նկար 1.2)։



Նկար 1.2. 3C48 և 3C273 քվազարների օպտիկական պատկերներ (SDSS DR9 r շերտ) [33, 34]։

Առաջին քվազարը՝ 3C48-ը (նկար 1.2), հայտմաբերվել է 1950-ական թվականի վերջին Ալլան Սենդիջի (Allan Sandage) և Մեթյու Թոմասի (Matthew Thomas) կողմից երկնքի էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո տիրույթում ուսումնասիիրման ժամանակ [9]։ Արդեն 1963 թվականի սկզբներին հայտնի էր 3 այդպիսի աղբյուր [29,30,31,32]։ Այդ նոր հայտնաբերված աղբյուրներին միավորում էին որոշ անոմալ հատկություններ, որոնք այդ ժամանակ բացատրություն չունեին։ Նրանք ճառագայթում էին մեծ քանակությամբ էներգիա սպեկտրի լայն տիրույթում, բայց նրանց մեծամասնությունը հնարավոր չէր նույնացնել օպտիկական աղբյուրների հետ կամ նույնանում էին շատ թույլ կետային աղբյուրների հետ, որոնք նման էին հեռավոր աստղերի։ Այս աղբյուրների սպեկտրներն էապես տարբերվում էին այդ ժամանակ

Ժամանակակից աստղագիտության մեջ մեծ հետաքրքրություն և ուսումնասիրման առարկա է հանդիսանում աղբյուրի էներգիայի սպեկտրային բաշխումը (Spectral Energy Distribution, SED) էլեկտրամագնիսական ալիքների ամբողջ տիրույթում: Նկար 1.3-ում բերված է 3 աղբյուրների՝ NGC 6240 ակտիվ միջուկով գալակտիկայի, Arp220 աստղաառաջացման բռնկումով գալակտիկայի և 3C273 քվազարի էներգիայի սպեկտրային բաշխումը [9]։



Նկար 1.3. էներգիայի սպեկտրային բաշխումը (Spectral Energy Distribution) [9]։

Մեր աշխատանքներում մենք անդրադարձել ենք էներգիայի սպեկտրային բաշխմանը ռադիո տիրույթում սկսած 38 ՄՀց-ից մինչ 15.7 ԳՀց և փորձել ենք դուրս բերել որոշակի ֆիզիկական հատկություններ, որոնք բնորոշ են ակտիվ միջուկով գալակտիկաներին։

Ռադիոգալակտիկաները հանդիսանում են գալակտիկաների տեսակ, որոնք ունեն շատ ավելի մեծ ռադիոճառագայթում քան «նորմալ» գալակտիկաները։ Նրանց ռադիոճառագայթումը հասնում է 10^{45} էրգ/վ։ Համեմատության համար, «նորմալ» գալակտիկաների ռադիոճառագայթումը կազմում է 10^{37} - 10^{38} էրգ/վ։ Գալակտիկաների ռադիոճառագայթումը պայմանավորված է սինխրոտրոնային մեխանիզմով։ Որոշ «պայծառ» ռադիոգալակտիկաների ռադիոճառագայթումը շատ անգամ գերազանցում է օպտիկական ճառագայթմանը։ Ռադիոճառագայթման հիմնական աղբյուրներն են հանդիսանում՝ միջուկը, հալոն և ռադիո արտանետումները։ Առավել հայտնի ռադիոգալակտիկաների շարքում կարելի է առանձնացնել՝ Կարապ Ա (3C405), Կենտավրոս Ա (NGC 5128), Կույս Ա (NGC 4486, M 87) և Վառարան Ա (NGC 1316), որոնցից էլ սկսվել է գալակտիկաների այս դասի ուսումնասիրությունը [3, 7, 9, 35]։ Նկար 1.4-ում ներկայազված է Կարապ Ա և 3C31 աղբյուրների ռադիո պատկերները։



Կարապ Ա (FRII) [9] Նկար 1.4. *Ռադիոգալակտիկաների ռադիո պատկերներ [9]։*

Ռադիոտիրույթում իրենց պայծառությամբ քվազարները և ռադիոգալակտիկաները բաժանվում են 2 տեսակի՝ ռադիոաղմկոտ և ռադիոլուռ (ռադիոհանգիստ) աղբյուրներ։ Այս 2 տեսակների սահմանը հանդիսանում է 10²⁵ Վտ/Հցը՝ 5 ԳՀց-ում, որն իրենից ներկայացնում է միջուկի և նրան շրջապատված ձգված մասերի սպեկտրային ընդհանուր ճառագայթումը, չնայած վերջին տարիներին սկսեցին հայտնաբերել նաև միջանկյալ աղբյուրներ [9, 20]՝

- Ռադիոլուռ (ռադիոհանգիստ) $P_{59\zeta g} < 10^{25}$ Վտ/Հg,
- Ռադիոաղմկոտ $P_{59\zeta g} > 10^{25}$ Վտ/Հց:

Ռադիոաղբյուրների ռադիոսպեկտրների ուսումնասիրություները ցույց են տալիս, որ նրանք նույնպես տարբերվում են իրարից կախված ռադիոաղբյուրի կառուցվածքից (նկար 1.4) [9, 20]՝

- միջուկի ռադիոսպեկտրը հարթ է ($\alpha < 0.5$),
- միջուկից դուրս եկած շիթի (jet) ռադիոսպեկտրն ավելի թեք է ($\alpha \ge 0.7$),

 ձգված կառուցվածք ունեցողների (lobe-եր ունեցողների) ռադիոսպեկտրները շատ ավելի թեք են (α > 1):

1974 թվականին Ֆանարոֆր (B.L. Fanaroff) և Ռիլին (J.M. Rilev) ռադիոաղբյուրներն իրենց ռադիոկառուցվածքով բաժանեցին 2 մասի՝ FRI և FRII (նկար 1.4) [36]։ Որպես բաժանման պարամետը ընդունվեց գալակտիկալի ակտիվ միջուկի կամ քվազարի երկու կողմերում առկա պայծառ տիրույթների միջև հեռավորության իարաբերակցությունը ռադիոաղբյուրի լրիվ չափին, որը դիտարկվում է նրա ծալրամասալին եզրագծերով։ Եթե այդ հարաբերակցությունը փոքր է 0.5-ից, ապա այդ աղբյուրը համարվում է FRI տիպի, իսկ եթե հարաբերակցությունը մեծ է 0.5-ից՝ FRII տիպի [9, 20]:

Բլազարները համարվում են Տիեզերքի ամենաէներգետիկ աղբյուրները։ Առաջին բլազարը հայտնաբերվել է <ոֆմայստերի (Hoffmeister) կողմից 1929 թվականին Մողեսի համաստեղությունում, և այդ պատճառով այն անվանեցին «BL Lacertae» [13]։ <այտնաբերված աղբյուրը սկզբնական շրջանում համարվում էր փոփոխական աստղ։ 40 տարի անց՝ 1968 թվականին ՄաքԼեոդի և էնդրյուի (MacLeod & Andrew) կողմից հայտնաբերվեց ևս նմանատիպ մեկ աղբյուր [37]։ Այդ աղբյուրների մոտ նկատվում էր բարձր օպտիկական բևեռացում և փոփոխականություն։ Սա հանգեցրեց արտագալակտիկ օբյեկտների առանձին խմբի ճանաչմանը, որոնք գտնվում էին էլիպսաձև գալակտիկաներում և ունեն քվազարների որոշ հատկություններ [38]։

1968 թվականին Ջոն Շմիթի կողմից «Դավիդ Դունլապ (David Dunlap)» աստղադիտարանում հայտնաբերեց նմանատիպ մի աղբյուր, որն իրենից ներկայացնում էր որպես պայծառ ռադիոաղբյուր։ 1974 թվականին Օուքի և Գաննի (Oke and Gunn) կողմից գնահատվել է այդ աղբյուրի կարմիր շեղումը և այն հավասար է՝ z = 0.07, որը համապատասխանում է աղբյուրի Մեր Գալակտիկայից մոտ 21000 կմ/վ արագությամբ հեռացմանը [39]։ Կարմիր շեղման այդպիսի արժեքը խոսում է այն մասին, որ այդ աղբյուրը գտնվում է մեզանից մոտ 900 միլիոն լուսատարի հեռավորության վրա [7,9]։

Որոշակի հատկություններից ելնելով բլազարները բաժանել են երկու ենթադասի [7,9]՝

- Լացերտիդներ,
- Քվազարներ՝ օպտիկական արագ փոփոխականությամբ։

Ակտիվ միջուկով գալակտիկաները կարելի է դասակարգել որպես բլազարներ հաշվի առնելով բլազարների հետևյալ հիմնական հատկությունները [11, 20]՝

- Բոլոր աղբյուրները պետք ունենան ակտիվություն ռադիո տիրույթում,
- Փոփոխականություն օպտիկական տիրույթում,
- Փոփոխականություն ռադիո տիրույթում,
- Ակտիվություն ռենտգենյան տիրույթում,
- Ակտիվություն գամմա տիրույթում,
- Օպտիկական սպեկտրում առաքման գծերի բացակայություն (հիմնականում լացերտիդների մոտ)։

Ակտիվ միջուկով գայակտիկաների ամենահաճախ հանդիպող դասը Սեյֆերտի գայակտիկաներն են: Դրանք իիմնականում պարուրաձև են: տիպի Ալս գայակտիկաները, ինչպես վերը նշվել էր, հայտնաբերվել են Սեյֆերտի կողմից 1943 թվականին։ Սեյֆերտի տիպի գայակտիկաների առանձնահատկությունը կայանում էր նրանում, որ նրանց օպտիկական սպեկտրում նկատվում էին առաքման (պայծառ) լայն գծեր (ջրածնի, հեյիումի և իոնազված երկաթի)։ Այդ գծերի առկայությունը բազատրվում էր գայակտիկայում առկա մեծ արագությամբ շարժվող ջերմ գազով։ Մյուս կարևորագույն հատկություներից մեկը հանդիսանում է այդ գայակտիկաների պայծառության փոփոխականությունը։ Ավելին, շատ Սելֆերտի տիպի միջուկներ ունեն իզոր ճառագայթում ենթակարմիր տիրույթում, որը հիմնականում պայմնավորված է ջերմ միջաստղային փոշու կողմիզ միջուկի էներգիայի մի մասի կյանումով [10]։

Հայներները հանդիսանում են ակտիվ միջուկով գալակտիկաների տարատեսակ, որոնց օպտիկական սպեկտրային գծերն ունեն ցածր իոնիզացման աստիճան, այսինքն սպեկտրում հանդիպող գծերը՝ ատոմի թույլ իոնացված կամ չեզոք ատոմի գծերն են։ Այս դասի գալակտիկաների մասին առաջին անգամ խոսվել է <եքմանի (Heckman) կողմից 1980 թվականին։ Հայներների մոտ 75%-ը հանդիսանում են էլիպսաձև, ոսպնյակաձև կամ պարուրաձև գալակտիկաներ [14]։

Մեր աշխատանքներում օգտագործվել են մի շարք շրջահայություններ ռադիո, օպտիկական և ենթակարմիր տիրույթներում։ Ինչպես վերը նշվել էր, մեր օգտագործած շրջահայությունների ռադիո տիրույթն ընդգրկում է 38 Մ<ց-ից մինչ 15.7 Գ<ց։ Մեր աշխատանքներում օգտագործված ռադիո շրջահայություններն են.

 8C (A revised machine-readable source list for the Rees 38-MHz survey)։ Այս շրջահայությունը ծածկում է 1 ստեռադիան (մոտ 3000 քառակուսի աստիճան) տիրույթը հյուսիսային կիսագնդի +60 հակման վրա և դիտարկվում է 38 Մ<g-ում աղբյուրների ռադիո հոսքերը։ Անկյունային լուծողունակությունը կազմում է 4.5 arcmin, իսկ հոսքի խտության սահմանը կազմում է 1 Jy։ Այն ընդգրկում է 5859 ռադիո աղբյուր [40]։

- **74MHz VLA** (74MHz VLA Low-frequency Sky Survey Redux (VLSSr)): Uju 2pguhujnipjniùp δuoblniú է 3π ստեռադիան երկնքի տիրույթ δ >-30° hակման դեպքում և դիտարկվում է 74 Մ<g-nւմ աղբյուրների ռադիո հոսքերը։ Անկյունային լուծողունակությունը կազմում է 75 arcsec, իսկ պատկերների միջին զգայնությունը σ ~0.130 Jy · beam⁻¹ (RMS): Ujù pùդգրկում է 92964 ռադիո աղբյուր [41]:
- GMRT (The GMRT 150MHz all-sky radio survey): Այս շրջահայությունը ծածկում է 36900 քառակուսի աստիճան (կամ 3.6π ստեռադիան) երկնքի տիրույթը հակման -53° մինչև +90° միջակայքում, որը կազմում է ամբողջ երկնքի 90 տոկոսը: Պատկերների մեծամասնությունն ունեն 5 Ју · beam⁻¹-ից ցածր աղմուկի մակարդակ՝ 25″x25″ մոտավոր լուծողունակությամբ և դիտարկվում է 150 Մ<g-ում աղբյուրների ռադիո հոսքերը: Այն ընդգրկում է 623604 ռադիո աղբյուր [42]:
- 7C (A final non-redundant catalogue for 7C 151-MHz survey): Այս շրջահայությունն իրենից ներկայացնում է 151 Մ<g-ում վերջնական միասնական կատալոգ՝ 70x70cosec(δ) arcsec² լուծողունակությամբ: Այն ստեղծվել է մի շարք կատալոգների առանձին տիրույթներում առկա աղբյուրների համախմբմամբ: Այն պարունակում է 43683 աղբյուր երկնքի 1.7 ստեռադիան տիրույթում [43]:
- 3C (The revised 3C catalogue of radio sources): Այս շրջահայությունն իրենից ներկայացնում է Քեմբրիջի չորս տարրերից բաղկացած ինտերֆերոմետրով դիտումները 159 Մ<g-ում և երկնքի -22⁰-ից մինչև +71⁰ հակման տիրույթում։ Այն պարունակում է 471 աղբյուր, որոնց հոսքի խտությունները մեծ են 8 Jy-ից [44]:
- 4C (Fourth Cambridge Survey)։ Այս շրջահայությունը կատարվել է Քեմբրիջյան մեծ ինտերֆերաչափով 178 Մ<g-ում, որն ընդգրկում է երկնքի հակման -07º-ից մինչև +80º տիրույթը։ Այն պարունակում է 4844 աղբյուր [45]։
- Miyun (Miyun 232MHz survey): Այս շրջահայությունը կատարվել է 1985 թվականից մինչև 1993 թվականը Պեկինի աստղադիտարանում գտնվող «Miyun Synthesis Radio Telescope (MSRT)» դիտակի միջոցով երկնքի հակման՝ +30º-ից հյուսիս։ Ծածկված տիրույթը բաժանված է 156 մասի, որոնցից յուրաքանչյուրի չափը 8 աստիճան է: Այն իրենից ներկայացնում է խորը շրջահայություն 232 Մ<g-ում և պարունակում է 34426 աղբյուր [46]:
- WENSS (The Westerbork Northern Sky Survey): Այս շրջահայությունը կատարվել է Նիդերլանդների Լայդենի (Leiden Observatory) աստղադիտարանում: Այն ծածկում

է երկնքի հակման +30º-ից հյուսիս ընկած ամբողջ տիրույթը՝ 330 ՄՀց հաճախականությունում և 18 mJy սահմանային հոսքի խտությամբ։ Լուծողունակությունը՝ 54"x54"։ Այն պարունակում է 229420 աղբյուր [47]։

- WISH (The WISH (v1.1) Catalogue): Այս շրջահայությունը կատարվել է հարավային կիսագնդում, ծածկելով՝ 1.5 ստեռադիան երկնքի տիրույթը՝ հակման -9[°] մինչև 26[°] միջակայքում, իսկ հոսքի սահմանային արժեքը ~18 mJy է (352 Մ<g): Լուծողունակությունը՝ 54″x54″cos(δ). Այն պարունակում է 90357 աղբյուր [48]:
- Texas (Texas Survey of radio sources at 365MHz): Այս շրջահայությունը կատարվել է 1974 թվականից մինչև 1983 թվականը Տեխասի ռադիո աստղադիտարանում (The University of Texas Radio Astronomy Observatory (UTRAO)) գտնվող Տեխաս ինտերֆերաչափի վրա 365 Մ<ց հաճախականությունում: Այն պարունակում է 66841 դիսկրետ աղբյուրներ՝ հակման -35.5°-ից մինչև +71.5° տիրույթում (1950 թվականի կոորդինատների հիման վրա), որոնք ունեն հոսքի խտության 250 mJy սահմանային արժեք [49]:
- Molonglo (Molonglo Reference Catalogue of Radio Sources)։ Այս շրջահայությունը կատարվել է Ավստրալիայում գտնվող Մոլոնգլո (Molonglo Radio Telescope) ռադիոդիտակով՝ 408 Մ<ց հաճախականության վրա։ Այն ծածկում է 7.85 ստեռադիան տիրույթ՝ հակման -85º-ից մինչը +18.5º միջակայքում (1950 թվականի կոորդինատների հիման վրա)։ Այս շրջահայությունը պարունակում է 12141 դիսկրետ աղբյուր, որոնք ունեն հոսքի խտության 0.7 Jy սահմանային արժեք [50]:
- **SUMSS** (Sydney University Molonglo Sky Survey (SUMSS V2.1)): Uju 209uhujnipiniun կատարվել է Ավստրայիայում գտնվող Մոլոնգյո (Molonglo Radio Telescope) ռադիոդիտակի «սինտեզային» սարքավորման իիման վրա՝ 843 U<q հաճախականության վրա: Այն բաղկացած 4.3° x 4.3° պատկերներից, որոնք ունեն 45''x45''cosδ լուծողունակություն և ծածկում են երկնքի հարավային մասի (հակման -300 8000 աստիճան hunud) քառակուսի տիրույթ։ Շրջահայությունը պարունակում է 211050 աղբյուր [51]։
- NVSS (1.4GHz NRAO VLA Sky Survey (NVSS))։ Այս շրջահայությունը ծածկում է ամբողջ երկնքի 82%՝ 1400 Մ<ց հաճախականության վրա։ Այն բաղկացած է 2326 հատ 4ºx4º պատկերներից, որոնք հնարավորություն են տվել առանձնացնել 1773484 աղբյուր, որոնք ունեն հոսքի խտության 2.5 mJy սահմանային արժեք [52]։
- FIRST (The FIRST Survey Catalog)։ Այս շրջահայությունը սկսվել է 1993 թվականին «Ազգային ռադիոաստղադիտարանում (National Radio Observatory (NRAO))»՝

«VLA (Very Large Array)» սարքավորման վրա (ԱՄՆ)։ Այն ծածկում է երկնքի ~10000 քառակուսի աստիճան հյուսիսային և հարավային տիրույթներում՝ 1400 Մ<ց հաճախականության վրա։ Աղբյուրներն ունեն հոսքի խտության 1 mJy սահմանային արժեք և 5" լուծողունակություն։ Շրջահայությունը պարունակում է 943432 աղբյուր [53]։

- 87GB (87GB Catalog of radio sources): Այս շրջահայությունը կատարվել է 1987 թվականի ընթացքում ԱՄՆ-ում գտնվող «Գռին Բլանկի (Green Blank)» աստղադիտարանում՝ 91 սմ-ոց ռադիո դիտակի հիման վրա։ Այն ծածկում է երկնքի 6 ստեռադիան տիրույթ՝ հակման 0º-ից 75º միջակայքում և դիտարկվում է 4.85 Գ<ց հաճախականության վրա։ Շրջահայությունը պարունակում է 54579 դիսկրետ աղբյուր [54]:</p>
- GB6 (GB6 catalog of radio sources): Այս շրջահայությունը կատարվել է 1986-1987 թվականի ընթացքում ԱՄՆ-ում գտնվող «Գռին Բլանկի (Green Blank)» աստղադիտարանում՝ 91 սմ-ոց ռադիո դիտակի հիման վրա։ Այն հակման 0º-ից 75º տիրույթը և դիտարկվում է 4.85 Գ<ց հաճախականության վրա։ Այն պարունակում է 75162 դիսկրետ աղբյուր է, որից 54579 աղբյուրները վերցված են 87GB շրջահայությունից [55]:
- CLASS (The Cosmic Lens All-Sky Survey of radio sources): Այս շրջահայությունը կատարվել է 1994-1999 թվականներիին Ազգային ռադիոաստղադիտարանում (National Radio Observatory (NRAO))»՝ «VLA (Very Large Array)» սարքավորման վրա (ԱՄՆ) 8.4 Գ<ց հաճախականությունում: Այն պարունակում է ավելի քան 16000 պատկերներ, որի հիման վրա ստեղծվել է 23418 աղբյուրներից բաղկացած կատալոգ [56]:
- 9C (9C survey at 15GHz): Այս շրջահայությունը կատարվել է «Ռայլ (Ryle Telescope)» աստղադիտակի (Անգլիա)՝ «Very Small Array» սարքավորման միջոցով՝ 15 Գ<ց հաճախականության վրա: Այն ծածկում է երկնքի 115 քառակուսի աստիճան տիրույթ և պարունակում է 643 աղբյուր, որոնք ունեն հոսքի խտության մոտ 5.5 mJy սահմանային արժեք [57, 58]:
- 10C (10C survey of radio sources at 15.7GHz): Այս շրջահայությունը կատարվել է Անգլիայում գտնվող «Arcminute Microkelvin Imager Large Array (LA)» սարքավորման միջոցով՝ 15.7 Գ<ց հաճախականության վրա։ Շրջահայությունը ծածկում է երկնքի ~27 քառակուսի աստիճան տիրույթը, իսկ հոսքի խտության սահմանային արժեքը 1 mJy։ Այն պարունակում է 1897 աղբյուր [59]։

Ատենախոսությունը բաղկացած է 6 գլխից՝

- 1. **Ներածություն։** Այս գլխում տրված են ընդհանուր պատկերացումներ ակտիվ միջուկով գալակտիկաների վերաբերյալ։
- Խաչաձև նույնացման (Cross-Correlation) ծրագրի ստեղծում։ Այս գլխում նկարագրվում է մեր կողմից ստեղծված նույնացման ծրագիրը և նրա աշխատանքային էֆեկտիվությունը։
- Ռադիո փոփոխական աղբյուրների օպտիկական փոփոխականությունը։ գլխում դուրս են բերվել նոր աղբյուրներ, որոնք ունեն փոփոխականություն ռադիո և օպտիկական տիրույթներում։
- 4. <u>Բլազարների օպտիկական փոփոխականությունը POSS1/POSS2 տվյալների իիման վրա։</u> Այս գլխում դուրս են բերվել բլազարների օպտիկական փոփոխականության արժեքները POSS1/POSS2 ժամանակաշրջանի համար՝ կապույտ և կարմիր տիրույթներում, որոնք մինչ այս աշխատանքը հաշվարկված չեն եղել:
- 5. <u>Ակտիվ գալակտիկաների բնույթը ռադիո հատկությունների հիման վրա։</u> Այս գլխում կատարվել է որոշ ակտիվ միջուկով գալակտիկաների օպտիկական սպեկտրալ դասակարգում, ինչպես նաև կառուցվել են նրանց ռադիո սպեկտրները և դուրս են բերվել ռադիո սպեկտրային ինդեքսները։ Տրվել է գնահատական տարբեր ակտիվության դասեր ունեցող գալակտիկաների ռադիո սպեկտրային ինդեքսների մասին։
- 6. <u>Ընդհանուր արդյունքների ամփոփում և եզրակացություն</u>։ 2, 3, 4 և 5 գլուխների հիման վրա դուրս են բերվել ակտիվ միջուկով գալակտիկաների համար ստացված ընդհանուր հատկություները և կատարվել է որոշակի եզրակացություն: Շնորհակայություն:

<u>Գրականություն։</u>

2. ԽԱՉԱՁԵՎ ՀԱՄԱՊԱՏԱՍԽԱՆԵՑՈՒՄՆԵՐԻ (CROSS-CORRELATION) ԾՐԱԳՐԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ

2.1. ԽԱՉԱՁԵՎ ՀԱՄԱՊԱՏԱՍԽԱՆԵՑՈՒՄՆԵՐԻ ԾՐԱԳԻՐ

Մինչ 20-րդ դարի կեսերն աստղագետները հիմնականում ուսումնասիրություններ էին կատարում Էլեկտրամագնիսական ալիքների օպտիկական տիրույթում։ ЦI տիրույթների ուսումնասիրությունները բերեցին նրան, որ անիրաժեշտություն էր առաջանում խաչաձև նույնազումներ կատարել օպտիկական տիրույթի հետ՝ իասկանալու համար ալդ աղբյուրների բնուլթը։ Խաչաձև նույնացումները էլեկտրամագնիսական այիքների տարբեր տիրույթներում, ինչպես նաև նույն տիրույթում եղած տարբեր շրջահայությունների հետ, հանդիսանում էր և մինչև այժմ հանդիսանում է բավականին բարդ խնդիր։ Որպեսզի խաչաձև նույնացումները լինեն հավաստի, աստղագետները լուրաքանչյուր շրջահայության համար դիտարկում են որոշակի որոնման շառավիղ, որը դիտարկվում էր տվյալ շրջահայությունը կատարած դիտակի միջին սխայանքով։ Այս մեթոդով կատարված խաչաձև նույնացումները բերում են նրան, որ մենք ունենում ենք որոշակի չափով սխալ նույնացումներ և կորցնում ենք որոշակի քանակի իրական նույնացումներ։

Աստղագիտական շրջահայությունների մեծամասնությունն իր մեջ ընգրկող աղբյուրների համար տալիս է կոորդինատների սխալանքը։

Cross-correlation page

Please uj	pload catalogs to correlate those with each other or with ava	ilable on the server catalogs. Yo	u must read <u>j</u>	requirements for uploaded catalogs before starting a correlation.
0	Choose File No file chosen		0	Choose File No file chosen
۲	IRAS/PSC •		۲	IRAS/FSC v
		• By RMS - 3.0 sigma	O By F	tadius (arcsec) 10.0
			Submit	

Եկար 2.1. Խաչաձև նույնացումների ծրագրի աշխատանքային էջը [61]։

Հաշվի առնելով այդ, անհրաժեշտություն առաջացավ ստեղծել մի ծրագիր, որի միջոցով խաչաձև նույնացումներ կատարելիս հաշվի է առնվում յուրաքանչյուր աղբյուրի կոորդինատի սխալանքը [60]։ Մեր կողմից ստեղծված ծրագիրը տեղակայված է «Հայկական վիրտուալ աստղադիտարանի (ArVO)» կայքում [61]։ Ծրագիրը (նկար 2.1) հնարավորություն է տալիս կատարել խաչաձև նույնացումներ երկու շրջահայությունների միջև հաշվի առնելով յուրաքանչյուր աղբյուրի սխալանքն և վերցնել այն նույնացումները, որոնք գտնվել են ոչ ավել քան եռապատիկ սխալանքի (3*σ*) միջակայքում։ Correlation catalogs description

re. You can also d	kampiez), va				C
re. You can also d		lues in col	umns mus	each other by spaces. If you are going to correlate an uploaded catalog with or	e of avail
	ownload thes	e <u>demo1</u> .	demo2_cat	ation.	
RAJ2000	DEJ2000	RMS_x	RMS_y	RAJ2000 DEJ2000	Najor
deg	deg	arcsec	arcsec	deg deg	arcsec
000.040833	62.459167	14	42	000.001250 65.36666	7 47
000.043333	74.139444	22	21	000.006250 64.47333	3 39
000.048333	02.097500	80	68	000.007917 47.27750	30
000.053333	63.205833	32	12	000.017917 17.37111	62
000.055000	70.030833	34	74	000.018333 24.70083	3 101
000.055833	55.698333	16	12	000.020000 83.10500	15
000.055833	73.102222	37	31	000.025833 20.23611	1 27
000.060000	47.423611	18	15	000.028333 25.88638	34
000.060833	01.122778	74	57	000.029583 73.69472	19
000.061667	38.308333	68	74	000.035000 36.32500	79
000.065000	64.607778	16	12	000.035417 41.31916	7 73
000.066667	09.461111	83	77	000.036250 30.15222	65
000.067917	08.007222	33	27	000.038333 25.35027	3 53
000.067917	26.606667	41	34	000.040417 04.28250	67
000.073750	44.973333	47	40	000.040833 62.45916	7 14
000.076667	60.350556	14	30	000.043333 74.13944	1 22
000.077500	68.805278	28	29	000.048333 02.09750	08 0
000.087083	65.221944	17	25	000.053333 63.20583	3 32
000.090833	26.915278	64	70	000.055000 70.03083	3 3 4

Նկար 2.2. Խաչաձև նույնացման համար անհրաժեշտ տեքստային ֆայլի տեսքը [61]։

Նկար 2.2 ցույց է տրված, թե ինչ տեսքի ֆայլ է անհրաժեշտ ծրագրի աշխատանքի համար։ Շրջահայությունների մի մասը տալիս է առանձին կորրդինատների (α և δ) համար սխալանքներ, իսկ մյուս մասը՝ միացյալ սխալանք։ Որպեսի կատարենք նույնացում անհրաժեշտ է տեքստային ֆայլում աղյուսակի տեսքով տալ այդ աղբյուրների կոորդինատները (α և δ) և կոորդինատների սխալանքները կամ կոորդինատների միացյալ սխալանքը, ինչպես տրված է նկար 2.2-ում։

2010 թվականից ի վեր ստեղծվել են մի շարք խաչաձև նույնացումների ծրագրեր, որոնք նախատեսված են եղել բազմաթիվ խնդիրների լուծման համար։ Դրանցից ամենահայտնիներն են՝ «CDS X-Match Service» [62] և «TOPCAT» [63], բայց մինչ մեր ծրագրի ստեղծումն այդ ծրագրերից որևէ մեկը, թերի լինելու պատճառով, չէր տալիս հավաստի արդյունքներ։ Այդ պատճառով մեր ստեղծած ծրագիրն այն ժամանակ և հիմա համարվում է բավականին արդի ծրագիր։

2.2. IRAS PSC/FSC ՄԻԱՑՅԱԼ ԿԱՏԱԼՈԳԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ

Խաչաձև նույնացումների մեր ծրագրի ստուգման համար մենք ընտրել ենք ենթակարմիր տիրույթում կատարված շրջահայությունները՝ IRAS PSC [64] և IRAS FSC [65]։ Այս շրջահայությունները կատարվել են IRAS [66] արբանյակի կողմից՝

- IRAS PSC (IRAS catalogue of Point Sources, Version 2.0) շրջահայությունը կատարվել է 1986 թվականին ամբողջ երկնքի տիրույթում և պարունակում է 245889 աղբյուրներ, որոնց համար առկա են էներգիայի հոսքերի խտությունները 12 մկմ, 25 մկմ, 60 մկմ և 100 մկմ ալիքի երկարությունների վրա [64]:
- IRAS FSC (IRAS Faint Source Catalog, Version 2.0) շրջահայությունը կատարվել է 1989 թվականին |b|>10 երկնքի բարձր գալակտիկական լայնություններում, որի զգայնությունը մոտ 2.5 անգամ գերազանցում է IRAS PSC զգայնությանը և պարունակում է 173044 աղբյուրներ, որոնց համար առկա են (ինչպես IRAS PSCում) էներգիայի հոսքերի խտությունները 12 մկմ, 25 մկմ, 60 մկմ և 100 մկմ ալիքի երկարությունների վրա [65]:

Չնայած այս շրջահայությունների հին լինելուն, IRAS արբանյակի կատարած շրջահայությունները մինչև այժմ մնում են շատ ակտուալ աստղագետների շրջանում։ Այս շրջահայությունների հետ աշխատելիս առաջանում էին որոշ խնդիրներ ու դժվարություններ, քանի որ երբեմն անհրաժեշտություն էր առաջանում պարզելու թե որ աղբյուրն է IRAS PSC-ից համապատասխանում IRAS FSC աղբյուրի հետ։

Ունենալով մեր խաչաձև նույնացումների ծրագիրը մենք կատարել ենք խաչաձև նույնացում այս 2 շրջահայությունների միջև հաշվի առնելով յուրաքանչյուր աղբյուրի սխալանքն և արդյունքում ստացել ենք 73770 նույնացում [60]։ Նույնացումներն ընտրվել են հետևյալ հատկանիշներով և բաժանվել են դասերի՝

- 1. **Առաջին դաս** (լավագույն նույնացումներ)։
 - Նույնացումներ, որոնք եզակի նույնացումներ են՝ 3σ-ի շրջանակում գտնվել է մեկ աղբյուր։
 - Մեկից ավել նույնացումների դեպքում վերցվել է առաջին նույնացումը (ըստ հեռավորության), եթե երկրորդ նույնացումն (ինչպես նաև մնացած նույնացումները, եթե երկուսից ավելի են) երեք անգամ ավելի մեծ հեռավորության վրա է գտնվում քան առաջին նույնացումը։

Այս դասին պատկանող նույնացումների քանակը 58296 է, որը կազմում է ընդհանուր նույնացումների 79 %։

 Երկրորդ դաս։ Մեկից ավել նույնացումների դեպքում, որոնք գտնվում են 3ჾ-ի շրջանակում, ընտրվել են այն նույնացումները որոնց էներգիայի հոսքի խտությունները համնընկնում են (20 %-ի տիրույթում)։ Այս դասին պատկանող նույնացումների քանակը 10488 է, որը կազմում է

րնդհանոր նույնացումների 14 %։

3. Երրորդ դաս (ոչ այդքան շատ հավաստի նույնացումներ, հավանական նույնացումներ)։ Մեկից ավել նույնացումների դեպքում վերցվել է առաջին նույնացումը (ըստ հեռավորության), եթե երկրորդ նույնացումն (ինչպես նաև մնացած նույնացումները, եթե երկուսից ավել են) երկու անգամ ավելի մեծ հեռավորության վրա է գտնվում քան առաջին նույնացումը։

Այս դասին պատկանող նույնացումների քանակը 4901 է, որը կազմում է ընդհանոր նույնացումների 7 %։

73770 նույնացումից մնացել են 85 նույնացումներ, որոնք այս դասերից դուրս են և նույնպես կարելի է համարել ոչ այդքան հավաստի նույնացումներ (հավանական նույնացումներ)։



Նկար 2.3. Աղբյուրների քանակի բաշխումն ըստ նրանց նույնացումների հեռավորության [60]։

Նկար 2.3-ում ներկայացված է մեր աղբյոււրների բաշխումն ըստ նրանց հայտնաբերման շառավղի։ Նկարից երևում է, որ աղբյուրների մեծամասնությունը հայտնաբերվոլ է մինչ 75՛՛ աղեղնային վայրկյան հեռավորության վրա։

Շատ աստղագետներ այս շրջահայությունների հետ աշխատելիս սովորաբար ընտրում են 60″ աղեղնային վայրկյան, որի դեպքում կորցնում են շատ իրական նույնացումներ։ Մեր նույնացումների հավաստիությունը ստուգելու համար մենք գնահատել ենք միջին քառակուսային սխալը (rms) այս երկու շրջահայությունների միջև։ Դրա համար առանձին գնահատվել է միջին սխալանքը յուրաքանչյուր շրջահայության համար, որպես հիմք ընդունելով յուրաքանչյուր աղբյուրի սխալանքի էլիպսի մեծ կիսաառանցքը (Major axis). Արդյունքում՝ $rms_{PSC} = 50.14''$, $rms_{FSC} = 53.98''$ ։ Կատարվել է խաչաձև նույնացում IRAS PSC և IRAS FSC միջև, օգտվելով առցանց ստանդարտ խաչաձև նույնացման հարթակից (VizieR [67]) և որպես փնտրման շառավիղ ընտրվել է 3rms = 161.95''։ Արդյունքում ունենք 73801 նույնացում։ Համեմատելով մեր ծրագրով կատարված նույնացման հետ կարող ենք ասել, որ առկա են 350 կեղծ նույնացումներ և կորցրել ենք 319 իրական նույնացումներ։

Արդյունքում հնարավոր եղավ միացնել IRAS PSC և IRAS FSC շրջահայությունները, ստեղծելով միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը [60]։ Այն պարունակում է 345163 աղբյուր IRAS PSC և IRAS FSC շրջահայություններից, որից 73770՝ միաժամանակ երկու շրջահայություններից։

Ունենալով 73770 աղբյուրների համար տվյալներ IRAS-ի երկու շրջահայություններից, համեմատելու համար, մենք կառուցել ենք նրանց էներգիայի հոսքերի կապը 12, 25, 65 և 100 մկմ ալիքի երկարությունների վրա (նկար 2.4)։





Նկար 2.4. IRAS PSC և IRAS FSC աղբյուրների էներգիայի հոսքերի կապը [60]։

Նկար 2.4-ից երևում է, որ էներգիայի հոսքերը 12, 25 և 60 մկմ ալիքի երկարությունների վրա միևնույն աղբյուրի համար հիմնականում համընկնում են, բայց 100 մկմ վրա (նաև 60 մկմ վրա, որոշ աղբյուրների համար) նկատվում են մեծ շեղումներ, որը պայմանավորված է այդ ալիքի երկարությունների վրա վատ չափումներով, մասնավորապես՝ IRAS PSC շրջահայությունում։

Մեր IRAS PSC/FSC կատալոգի 73770 աղբյուրների համար, ունենալով կոորդինատները IRAS PSC և IRAS PSC շրջահայություններից, գնահատվել են լավագույն կոորդինատները վիճակագրական կշռի մեթոդով։ Այս մեթոդը կիրառվել է 2011 թվականին Ա.Միքայելյանի աշխատանքում [68]։ Գնահատվել են վիճակագրական կշիռները՝ K_{PSC} և K_{FSC} , IRAS PSC և IRAS PSC-ի կոորդինատների համար, օգտվելով ստորև բերված բանաձևերից [60]՝

$$K_{PSC} = \frac{A^2}{A^2 + B^2}$$
 (2.1)
 $K_{FSC} = \frac{B^2}{A^2 + B^2}$ (2.2)

որտեղ *A*-ն կոորդինատների միջին քառակուսային սխալն է (rms) IRAS FSC շրջահայության, իսկ *B*-ն՝ IRAS PSC շրջահայության։

Հաշվի առնելով *K_{PSC}* և *K_{FSC}*-ի արժեքները, գնահատել ենք լավագույն կոորդինատները հետևյալ բանաձևերով՝

$$\alpha_{best} = K_{PSC} * \alpha_{PSC} + K_{FSC} * \alpha_{FSC}$$
(2.3)
$$\delta_{best} = K_{PSC} * \delta_{PSC} + K_{FSC} * \delta_{FSC}$$
(2.4)

որտեղ α_{PSC} , δ_{PSC} , α_{FSC} և δ_{FSC} աղբյուրների կոորդինատներն են համապատասխանաբար IRAS PSC և IRAS PSC շրջահայություններից։

Ունենալով լավագույն կոորդինատները (α_{best}, δ_{best}) 73770 աղբյուրների համար գնահատվել են նաև այդ կոորդինատների սխալները՝

$$\alpha_e = \sqrt{\frac{((\alpha_{best} - \alpha_{PSC}) * \cos\delta)^2 + ((\alpha_{best} - \alpha_{FSC}) * \cos\delta)^2}{2}} \quad (2.5)$$
$$\delta_e = \sqrt{\frac{(\delta_{best} - \delta_{PSC})^2 + (\delta_{best} - \delta_{FSC})^2}{2}} \quad (2.6)$$

որտեղ α_e և δ_e համապատասխանաբար α_{best} և δ_{best} լավագույն կոորդինատների սխալներն են։

IRAS PSC և IRAS PSC շրջահայությունները տալիս են նաև աղբյուրների կոորդինատների էլիպսի առավելագույն (Major axis) և նվազագույն (Minor axis) առանցքներով շեղումները։ Օգտվելով դրանից գնահատվել է նաև դրանց լավագույն արժեքները հետևյալ բանաձևերով՝

$$Major = \sqrt{\frac{1}{(\frac{1}{Major_{PSC}})^{2} + (\frac{1}{Major_{FSC}})^{2}}}$$
(2.7)
$$Minor = \sqrt{\frac{1}{(\frac{1}{Minor_{PSC}})^{2} + (\frac{1}{Minor_{FSC}})^{2}}}$$
(2.8)

Այս 73770 աղբյուրների համար, որոնք ունեն տվյալներ և IRAS PSC և IRAS PSC, խորհուրդ է տրվում օգտագործել IRAS FSC-ի էներգիայի հոսքեր (բոլոր ալիքի երկարություններում), որովհետև դրանց չափումները ավելի հավաստի են և ավելի քիչ սխալներ են պարունակում։

Արդյունքում մենք ստեղծել ենք միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը, որի աղբյուրներից 73770-ի համար գնահատվել են լավագույն կոորդինատները։

2.3 IRAS PSC/FSC ՄԻԱՅՅԱԼ ԿԱՏԱԼՈԳԻ ԽԱՉԱՁԵՎ ՆՈՒՅՆԱՑՈՒՄՆ ԱՅԼ ԵՆԹԱԿԱՐՄԻՐ ՇՐՋԱՀԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏ

Որպեսի մեր միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը լինի ավելի հարուստ և արդյունավետ օգտագործման համար մենք կատարել ենք նաև խաչաձև նույնացումներ այլ ենթակարմիր շրջահայությունների հետ՝ AKARI IRC [69], AKARI FIS [70] և WISE [71, 72]: Աղյուսակ 2.1 բերված են այդ շրջահայությունների վերաբերյալ որոշ տվյալներ, ինչպես նաև համեմատելու համար IRAS PSC և IRAS FSC տվյալները։ Ինչպես երևում է աղյուսակ 2.1-ից, բոլոր շրջահայությունները ծածկում են երկնքի գրեթե ամբողջ տիրույթը։

Luununa	IRAS	IRAS	AKARI	AKARI	W/ICE
Գագյալոգ	PSC	FSC	IRC	FIS	WISE
Swph	1986	1989	2010	2010	2012
Ալիքի	12, 25, 60,	12, 25, 60,	9, 18	65, 90,	3.4, 4.6, 11.6,
երկարություն (մկմ)	100	100		140, 160	22.6, 1.25,
					1.65, 2.17
Լուծողունակություն	40″	20″	0.3″	0.8″	0.5″
Չգայնություն	0.25, 0.25,	0.1-0.5	0.05,	~0.55	0.00008-
	0,4, 1.0		0,12		0.006
Երկնքի ծածկված	All-sky	$ b > 10^{0}$	All-sky	All-sky	All-sky
փիրույթը	96 %	83 %	94 %	98 %	99 %
Աղբյուրների	245889	173044	870973	7270710	563921584
քանակը					

Աղյուսակ 2.1. Ենթակարմիր շրջահայությունների որոշ փվյալներ [60]:

WISE-ի շրջահայությունում պարունակվող էներգիայի հոսքերը 1.25, 1.65 և 2.17 մկմ ալիքի երկարություններում վերցված են 2MASS շրջահայությունից [73]։

Սկզբնական փուլում, մենք միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը խաչաձև նույնացում ենք կատարել մեր ծրագրով AKARI IRC և AKARI FIS շրջահայությունների հետ, որտեղ 73770 աղբյուրի համար IRAS PSC/FSC-ից օգտագործվել են հաշվարկված լավագույն կոորդինատները և նրանց սխալանքները։ Ինչպես վերը նշվել էր, մեր ծրագրով կատարված շրջահայության ժամանակ դիտարկվում էր յուրաքանչյուր աղբյուրի սխալանքը և վերցվում են այն նույնացումները, որոնք գտնվում են մինչ 3*σ* հեռավորության վրա։ Արդյունքում մենք ունենք 225165 նույնացում AKARI IRC-ից և 90946 նույնացում AKARI FIS-ից։ Այստեղ կան նաև աղբյուրներ, որոնք ունեն 1-ից ավելի նույնացումներ։ Նմանատիպ ձևով, ինչպես կատարվել էր միացյալ IRAS PSC/FSC-ի կատալոգի համար, 1-ից ավել նույնացումներ ունեցող աղբյուրների համար ընտրվել են իրական նույնացումները։





Նկար 2.5. Աղբյուրների քանակի բաշխումն ըստ նրանց նույնացումների հեռավորության (AKARI IRC-ի և AKARI FIS-ի համար) [60]։





Նկար 2.6. IRAS և AKARI շրջահայությունների հոսքերի համեմափություն [60]։

AKARI IRC և AKARI FIS շրջահայություներն ունեն էներգիայի հոսքի արժեքներ, որոնք ճառագայթում են IRAS PSC և IRAS FSC շրջահայությունների մոտ տիրույթում։ Համեմատության համար վերցրել ենք AKARI IRC՝ 9 մկմ, 18 մկմ և AKARI FIS՝ 65 մկմ, 90 մկմ այիքի երկարություններում ճառագայթած էներգիայի հոսքերը (նկար 2.6)։

Նկար 2.6-ից երևում է, որ էներգիայի հոսքերը AKARI 9 մկմ ու IRAS 12 մկմ և AKARI 18 մկմ ու IRAS 25 մկմ որոշակի չափով համընկնում են, իսկ AKARI 65 մկմ ու IRAS 60 մկմ և AKARI 90 մկմ ու IRAS 100 մկմ մոտ կան մեծ շեղումներ։ AKARI IRC և AKARI FIS շրջահայություններն էներգիայի հոսքերի համար ունեն մեծ սխալներ, դրանով է բացատրվում նկար 2.6-ում էներգիայի հոսքերի շեղումները, իսկ կոորդինատներն ունեն ավելի փոքր սխալանքներ քան IRAS շրջահայություններում են։

Հաջորդ քայլով, մենք կատարել ենք խաչաձև նույնացում միացյալ IRAS PSC/FSC [60] կատալոգի և WISE [71, 72] շրջահայության միջև։ WISE-ի հետ նույնացումներ կատարելու համար, որպես կոորդինատ միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի աղբյուրների համար մենք վերցրել ենք կոորդինատները հետևյալ հերթականությամբ՝

- AKARI IRC կոորդինատը, եթե առկա է խաչաձև նույնացումից,
- AKARI FIS կոորդինատը, եթե առկա է և եթե AKARI IRC կոորդինատը առկա չէ խաչաձև նույնացումից,
- մեր հաշվարկած լավագույն կոորդինատը միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի աղբյուրների համար,
- IRAS FSC-ի կոորդինատը,

• IRAS PSC-ի կոորդինատը։

Աղյուսակ 2.2-ում բերված է այն աղբյուրների քանակը (միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգից), որոնց կոորդինատները վերցված են վերը նշված մեթոդով։

Կափալոգ	IRAS PSC	IRAS FSC	IRAS PSC/FSC	AKARI IRC	AKARI FIS
Աղբյուրների	39138	31073	14332	225165	35455
քանակը	00100	01070	11002	220100	00100

Աղյուսակ 2.2. WISE հետ խաչաձև նույնացման համար վերցված կոորդինատներ միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգից [60]։

Աղյուսակ 2.1-ից երևում է, որ WISE շրջահայությունը ծածկում է երկնքի գրեթե ամբողջ տիրույթը և պարունակում է 563921584 աղբյուր։ Աղբյուրների այս մեծ քանակը հնարավորություն չի տալիս մեզ խաչաձև նույնացումներ կատարել մեր ծրագրի միջոցով, քանի որ ի սկզբանե մեր ծրագիրը նախատեսված չէր շատ մեծ քանակով աղբյուրների հետ աշխատելու համար։ Այս աշխատանքի կատարման ժամանակ այն նախատեսված էր մոտ 2 միլիոն աղբյուրների հետ աշխատելու համար, որը հետագայում շտկվեց և այժմ կարելի է աշխատել ցանկացած թվով աղբյուրների համար։ Դրա համար մենք օգտվեցինք առցանց ստանդարտ խաչաձև նույնացման հարթակից (VizieR [67]) և որպես խաչաձև նույնացման շառավիղ ընտրվեց՝

- AKARI IRC կոորդինատների համար 3՛՛ աղեղնային վայրկյան,
- AKARI FIS կոորդինատների համար 15՛՛ աղեղնային վայրկյան,
- IRAS PSC/FSC կոորդինատների համար 20՛՛ աղեղնային վայրկյան,
- IRAS FSC կոորդինատների համար 30՛՛ աղեղնային վայրկյան,
- IRAS PSC կոորդինատների համար 30՛՛ աղեղնային վայրկյան։

Այսպիսով, WISE շրջահայությունից մենք ունենք 344923 նույնացում միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի աղբյուրների համար և ընդամենը 240 աղբյուրի համար նույնացումները բացակայում են (Աղյուսակ 2.3)։ Արդյունքում մեր միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգում ունենք էներգիայի հոսքի արժեքներ 17 տարբեր ալիքի երկարություններում։

IRAS PSC	IRAS FSC	IRAS PSC/FSC	AKARI IRC	AKRAI FIS	WISE
1986	1989	2015	2010	2010	2012
245889	173044	345163	225165	90946	344923

Աղյուսակ 2.3. Խաչաձև նույնացումների քանակը AKARI և WISE շրջահայություների համար [60]: WISE-ի հետ խաչաձև նույնացումները բաժանել ենք հետևյալ դասերի՝

- Առաջին դաս (լավագույն նույնացումներ)։ Նույնացումներ, որոնք գտնվել են մինչ 1σ հեռավորության վրա, իսկ 2-րդ նույնացումը հեռու է 3σ-ից և 11.6 մկմ ու 12 մկմ ալիքի երկարություններում ունեն նմանատիպ արժեքներ (սխալանքների շրջանակում)։
- Երկրորդ դաս։ Նույնացումներ, որոնք գտնվել են մինչ 3σ հեռավորության վրա, և 11.6 մկմ ու 12 մկմ ալիքի երկարություններում ունեն նմանատիպ արժեքներ (սխալանքների շրջանակում)։
- Երրորդ դաս (հավանական նույնացումներ)։ Նույնացումներ, որոնք գտնվել են 3σ-ից մեծ հեռավորության վրա, և 11.6 մկմ ու 12 մկմ ալիք երկարություններում ունեն նմանատիպ արժեքներ (սխալանքների շրջանակում)։

Բոլոր մեր դիտարկած ենթակարմիր շրջահայություններում, բացի WISE-ից (որը պարունակում է նաև 2MASS-ի տվյալները), էներգիայի հոսքերը տրվում են յանսկիներով (Jy): Որպեսզի կարողանանք համեմատություններ անել բոլոր 17 ալիքի երկարություններում էներգիայի հոսքերի հետ անհրաժեշտ է, որ նրանց արժեքներն ունենան միևնույն չափման միավորները։ Դրա համար մենք WISE-ի էներգիայի հոսքերի միավորները բերել ենք յանսկիների հետևյալ բանաձևերի միջոցով՝

$$F_{\nu} = C * 2.512^{-F_m}$$
(2.9)
$$F_{\nu} = D * 10^{\frac{-F_m}{2.5}}$$
(2.10)

որտեղ F_{ν} և F_m էներգիայի հոսքերն են համապատասխանաբար «Jy» և «mag» միավորների դեպքում (2.9 բանաձևը 2MASS-ի էներգիայի հոսքերի համար, 2.10 բանաձևը՝ WISE-ի համար), իսկ *C* և *D* 0-ական կետերի հաստատուններ են (zero points), որոնք տրված են աղյուսակ 2.4-ում և 2.5-ում [60]:

2MASS, C հաստատուն									
Jmag (1.25 մկմ)	Hmag (1.65 մկմ)	Kmag (2.17 մկմ)							
1594	1020	666.7							

Աղյուսակ 2.4. 2MASS շրջահայության C հաստատունի արժեքները [60]։

WISE, D hաստատուն									
W1mag (3.35 մկմ)	W2mag (4.6 մկմ)	W3mag (11.6 մկմ)	W4mag (22.6 ป์นุป)						
305.54	171.782	31.674	8.363						

Աղյուսակ 2.5. WISE շրջահայության D հաստատունի արժեքները [60]։

Ունենալով էներգիայի հոսքերը յանսկիներով (Jy), կառուցել ենք միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի 12 մկմ ալիքի երկարության և WISE-ի 11.6 մկմ (W3mag) ալիքի երկարության էներգիայի հոսքերի կապը արտահայտող գրաֆիկը (Նկար 2.7)։



Նկար 2.7. IRAS 12 մկմ և WISE 11.6 կապը [60]։

Նկարից 2.7-ից երևում է, որ այս երկու շրջահայություների միջև կա համակարգված շեղում։ Եթե հաշվի առնենք այդ շեղումը, ապա հիմնականում էներգիայի հոսքի խտությունները կհամնկնեն։ Մնացած բոլոր դեպքերը, որտեղ էներգիայի հոսքերը չեն համընկնում պայմանավորված է այդ չափումների մեծ սխալանքով IRAS և WISE շրջահայություններից։

2.4. ԵՆԹԱԿԱՐՄԻՐ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՆԱԽՆԱԿԱՆ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Մեր ստեղծած միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի աղբյուրների համար մենք փորձել ենք կատարել նախնական դասակարգում, որպես «աստղ» կամ «գալակտիկա» (դասակարգումը պայմանական է, քանի որ հաշվի չեն առնված միգամածությունները, ինչպես նաև քվազարներն ունեն աստղային պատկերներ, սակայն դրսևորում են գալակտիկաների հատկություններ)։ Դրա համար մենք օգտագործել են էներգիայի հոսքերը տարբեր ալիքի երկարություններում, հաշվի առնելով այդ չափումների հավաստիությունը։ Եթե IRAS աղբյուրի համար ունենք հավաստի նույնացում AKARI IRCից և չունենք նույնացում AKARI FIS-ում, ապա մեծ հավանականությամբ այդ աղբյուրը հանդիսանում է «աստղ», իսկ եթե աղբյուրի համար ունենք հավաստի նույնացում AKARI IRCից և չունենք նույնացում AKARI FIS-ում, ապա մեծ հավանականությամբ այդ աղբյուրը հանդիսանում է «գալակտիկա»։ Ավելի պայծառ աղբյուրների համար, երբ բոլոր նույնացումներն առկա են, մենք օգտագործել են ենթակարմիր գույներն՝ այսինքն մենք դիտարկում ենք էներգիայի հոսքի փոփոխությունը կարճ ալիքից մինչ երկար ալիք [60]:



«գալակտիկա» (IRAS F00041-3446) դասակարգումների համար [60]:

Ալիքի երկարության աճման զուգընթաց, եթե էներգիայի բաշխումը նվազում է, ապա ամենայն հավանակությամբ այդ աղբյուրը «աստղ» է, իսկ եթե ալիքի երկարության աճման զուգընթաց էներգիայի բաշխումն աճում է, ապա ամենայն հավանակությամբ այդ աղբյուրը «գալակտիկա» է։

Որպես օրինակ, մենք կառուցել ենք էներգիայի բաշխումը երկու աղբյուրների համար, որոնց հանդիսանում են տիպային օրինակ «աստղի» և «գալակտիկայի» (նկար 2.8): «Աստղի» համար ընտրված է՝ TYC 4492-1689-1 (V = 10.43) աղբյուրը, որը IRAS շրջահայության մեջ հանդես է գալիս IRAS 00012+7614 = IRAS F00012+7614 անունով, իսկ «գալակտիկայի» համար ընտրել ենք ռադիոաղբյուր՝ NVSS J000639-342943, որը IRAS շրջահայության մեջ հանդես է գալիս IRAS F00041-3446 անունով։ Օգտվելով այս մեթոդից հնարավոր է եղել կատարել նախնական դասակարգում միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի աղբյուրների համար։

<ետագայում նախատեսվում է այս աղբյուրների դասակարգումների հավաստիությունը ստուգելու համար կատարել մի շարք աշխատանքներ, որոնց մի մասն այժմ գտնվում է աշխատանքային փուլում։

2.5. <ԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ

Այս աշխատանքը կատարվել է 2015 թվականին Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանում՝ Ա.Միքայելյանի ղեկավարած խմբում, և տպագրվել է «Astronomy and Computing» ամսագրում [60]։ Խնդրի հիմնական նպատակն է եղել ստեղծել մի ծրագիր, որի օգնությամբ հնարավոր կլիներ կատարել հավաստի խաչաձև նույնացումներ։

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները հետևյալն են՝

- Ստեղծվել է խաչաձև նույնացման ծրագիր, որը հնարավորություն է տալիս նույնացումներ կատարել հաշվի առնելով յուրաքանչյուր աղբյուրի կոորդիտաների սխալանքը:
- Ծրագրի արդյունավետությունը ստուգելու համար դիտարկվել են ենթակարմիր տիրույթում առկա IRAS-ի երկու շրջահայությունները (IRAS PSC և FSC)։ Արդյունքում ունեցել ենք 73770 նույնացված աղբյուր երկու շրջահայությունից։ Այս երկու շրջահայությունները միացվել են և ստեղծվել է միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը, որը պարունակում է 345163 աղբյուր։ Աղյուսակ 2.6-ում (էջ 35) բերված է այդ կատալոգի առաջին 15 աղբյուրների էներգիայի հոսքերի տվյալները (ամբողջական կատալոգը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում՝ II/338 համարի տակ)։
- 73770 աղբյուրի համար գնահատվել են լավագույն կոորդինատները և այդ կոորդինատների սխալանքները, ինչպես նաև գնահատվել են աղբյուրների կոորդինատների էլիպսի առավելագույն (Major axis) և նվազագույն (Minor axis) առանցքներով լավագույն շեղումները։
- IRAS PSC/FSC կատալոգի ավելի հարուստ և արդյունավետ օգտագործման համար մենք կատարել ենք խաչաձև նույնացումներ այլ ենթակարմիր շրջահայությունների հետ՝ AKARI IRC [69], AKARI FIS [70] և WISE [71, 72]: Արդյունքում ստացված կատալոգը պարունակում է էներգիայի հոսքի տվյալներ 17 ալիքի երկարություններում՝ 12 մկմ, 25 մկմ, 60 մկմ ու 100 մկմ IRAS PSC և IRAS FSC-hg, 9 մկմ ու 18 մկմ AKARI IRC-hg, 65 մկմ, 90 մկմ, 140 մկմ ու 160 մկմ AKARI FIS-hg, 3.4 մկմ, 4.6 մկմ, 11.6 մկմ ու 22.6 մկմ WISE-hg և 1.25 մկմ, 1.65 մկմ ու 2.17 մկմ 2MASS-hg [73]:

 Ունենալով 17 ալիքի երկարություններում էներգիայի հոսքերի տվյալները կատարվել է աղբյուրներ նախնական, որպես «աստղ» կամ «գալակտիկա» դասակարգում։

Հետագա մեր աշխատաքներում, ունենալով մեր միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը, մենք պատրաստվում ենք անդրադառնալ մի շարք խնդիրների, մասնավորապես՝

- Կատարել հավաստի դասակարգումներ օգտվելով SDSS [74] շրջահայության տվյալներից։
- Ստեղծել ծրագիր, որի միջոցով հնարավոր լինի արագ կառուցել այս աղբյուրների էներգիայի սպեկտրային բաշխումը (Spectral Energy Distribution, SED) ենթակարմիր և էլեկտրամագնիսական ալիքների ամբողջ տիրույթում։
- Ունենալով ռենտգենյան (ROSAT [76], Chandra [75], XMM [77]), օպտիկական (SDSS [74]) և ռադիո ճառագայթման տվյալները (FIRST [53], NVSS [52], GB6 [55]), փորձել հասկանալ թե ենթակարմիր տիրույթում էներգիայի հոսքերը ինչպես են կապված ռենտգենյան, օպտիկական և ռադիո ճառագայթման էներգիայի հոսքերի հետ։

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RAJ2000	DEJ2000	Fir12	Fir25	Fir60	Fir100	S09	S18	S65	S90	S140	S160	Jmag	Hmag	Kmag	W1mag	W2mag	W3mag	W4mag	cl
deg	deg	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	Jy	mag	mag	mag	mag	mag	mag	mag	Ci
0.00305194	15.87795194	0.132	0.095	0.352	1.030	-	-	0.359	0.502	0.566	0.906	-	-	-	17.284	16.365	12.798	8.643	g
0.00336694	31.53207306	0.317	0.090	0.155	0.480	0.432	-	-	-	-	-	6.275	5.561	5.412	5.362	5.304	5.371	5.256	s
0.00994694	34.51451194	0.071	0.139	0.218	0.876	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.251	14.818	12.819	9.256	g
0.01318306	-64.360805	0.071	0.054	0.178	0.618	-	-	-	-	-	-	15.672	14.993	14.546	12.911	12.613	9.181	6.891	g
0.01338306	17.37110111	0.100	0.105	0.452	1.020	-	-	0.245	0.455	-	2.050	16.579	15.647	15.031	14.023	13.408	9.515	7.059	g
0.01406	-4.46559611	0.144	0.252	0.746	0.874	-	-	0.967	0.788	2.470	1.750	14.706	14.058	13.754	13.779	13.761	12.361	8.919	g
0.01426306	-18.008535	0.397	0.185	0.264	0.749	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.396	13.264	10.051	8.266	g
0.01941306	83.10557	0.476	0.135	0.163	0.915	0.651	-	-	-	-	-	6.019	5.174	4.926	4.9	4.741	4.854	4.748	s
0.02321889	-23.59477694	0.182	0.202	0.310	1.490	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.85	14.068	9.283	5.964	g
0.02705	-18.012835	0.358	0.189	0.366	0.749	0.501	-	-	-	-	-	6.099	5.351	5.163	5.106	5.012	5.146	5.044	s
0.02734611	25.88643389	54.400	22.700	3.600	1.680	54.080	25.070	2.400	1.360	0.991	0.003	2.225	1.317	0.915	2.838	1.89	-	-	S
0.02879	20.23723	7.030	2.770	0.618	0.789	7.045	2.481	-	-	-	-	4.026	3.079	2.562	2.486	2.074	2.058	1.572	s
0.029145	-8.19889806	0.218	0.165	0.163	0.503	0.285	-	-	-	-	-	6.854	6.155	5.935	5.81	5.954	5.898	5.827	s
0.03147611	73.69711	1.480	1.000	0.823	2.480	1.351	1.048	-	-	-	-	6.747	5.751	5.24	5.066	4.785	3.601	2.392	s
0.035	36.325	1.550	0.264	-	1.970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.858	16.227	12.59	8.589	g
0.00305194	15.87795194	0.132	0.095	0.352	1.030	-	-	0.359	0.502	0.566	0.906	-	-	-	17.284	16.365	12.798	8.643	g

Աղյուսակ 2.6. Միացյալ IRAS PSC/FSC կատալոգի 15 աղբյուրների համար էներգիայի հոսքերի տվյալները [60] (ամբողջական կատալոգը VizieR-ի [67] կայքում՝ II/338 համարի տակ)։

1 և 2 սյունակ՝ աղբյուրների կոորդինատներ, 3-6 սյունակ՝ էներգիայի հոսքերի տվյալներ IRAS PSC/FSC-ից, 7-12 սյունակ՝ էներգիայի հոսքերի տվյալներ AKARI IRC-ից և AKARI FIS-ից, 13-14 սյունակ՝ էներգիայի հոսքերի տվյալներ 2MASS-ից, 16-19 սյունակ՝ էներգիայի հոսքերի տվյալներ WISE-ից, 20 սյունակ՝ մեր նախնական դասակարգումը։

3. ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

3.1 ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ԸՆՏՐԱՆՔԻ ՍՏԵՂԾՈՒՄ

Ակտիվ միջուկով գայակտիկաների կարևորագույն ֆիզիկական հատկություններից մեկը հանդիսանում է ռադիո և օպտիկական փոփոխականությունը։ Այդ նպատակով, լիարժեք հասկանալու համար նրանց բնույթը, նպատակ դրվեց բացահայտել ռադիո փոփոխականություն (1400 Մ<ց-ում) ունեցող աղբյուրներ։ Աշխատանքի համար ընտրվեց NVSS [52] և FIRST [53] շրջահայությունները 1400 ՄՀց իաճախականությունում (ներածության մեջ մանրամասն առկա է տեղեկատվության այս շրջահայությունների վերաբերյալ)։ Այս շրջահայությունները իրար հետ խաչաձև նույնացվել են օգտվելով մեր խաչաձև նույնացումների ծրագրից (գյուխ 2 [60])։ NVSS շրջահայությունում յուրաքանչյուր աղբյուրի համար առկա են կոորդինատների սխայանքները, իսկ FIRST շրջահայությունում դրանք բացակայում են։ FIRST կոորդինատների սխալանքը, րստ հեղինակների [53], շրջահայությունում sh գերազանզում 5" աղեղնալին վայրկյանը։ Այդ պատճառով շրջահայությունում պարունակող բոլոր աղբլուրների համար կոորդինատի սխայր վերցրել ենք 5"։ Մեր աշխատանքի համար, մենք վերցրել ենք այն նույնացումները, որոնք գտնվում են 3σ -ի շրջանակում և միակ նույնացումն է (2-րդ նույնացումն 3 անգամ հեռու է, եթե առկա է), որտեղ σ -ն՝ NVSS և FIRST շրջահայությունների միջև աղբյուրների կոորդինատների միջին քառակուսային սխալանքն է։ Արդյունքում ունենք 556282 նույնացում [78]։

Մեր գլխավոր խնդիրն է դուրս բերել այն աղբյուրները, որոնք ունեն ռադիո փոփոխականություն 1400 Մ<ց հաճախականությունում։ Մինչ այդ, մենք գնահատել ենք ռադիո հոսքերի համակարգված շեղումն (systematic shift) այս երկու շրջահայությունների միջև [79, 80]։ Համակարգված շեղման համար ստացել ենք՝ SS = -0.765 mJy, որը հաշվի ենք առել NVSS շրջահայության համար, քանի որ FIRST շրջահայության հոսքի սխալաները միջինում ավելի փոքր են քան NVSS շրջահայությանը։

Համակարգված շեղումը հաշվի առնելուց հետո փոփոխական ռադիո աղբյուրներն առանձնացվել ենք հետևյալ բանաձևով [78]՝
$\Delta F = |F_{FIRST} - (F_{NVSS} - SS)| - 3\sigma \qquad (3.1)$

որտեղ σ -ն որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma = \sqrt{Error_{FIRST}^2 + Error_{NVSS}^2} \qquad (3.2)$$

 ΔF ռադիո հոսքերի տարբերություն (ռադիո հոսքերի տատանման ամպլիտուդ), F_{FIRST} և F_{NVSS} ռադիո հոսքերն են համապատասխանաբար FIRST և NVSS շրջահայություններում, Error_{FIRST} և Error_{NVSS} ռադիո հոսքերի սխալանքներն են համապատասխանաբար FIRST և NVSS շրջահայություններում, *SS*-ն համակարգված շեղումը FIRST և NVSS շրջահայություններում, *SS*-ն համակարգված շեղումը FIRST և NVSS

Ինչպես երևում է 3.1 բանաձից, մենք ընտրել ենք շատ խիստ չափանիշ (3σ)։ Երբ ΔF > 0, մենք համարում են, որ այդ աղբյուրներն ունեն ռադիո փոփախանություն 1400 Մ<ց հաճախականության վրա (Աղյուսակ 3.1)։

N⁰	ΔF	Քանակ
1.	> 0 mJy	79382
2.	> 15 mJy	6301
3.	> 25 mJy	3798
4.	> 45 mJy	1917
5.	> 200 mJy	260

Աղյուսակ 3.1. *Փոփոխական ռադիո աղբյուրների քանակը տարբեր հոսքերի* տարբերության դեպքում [78]։



Նկար 3.1. ΔF ոադիո հոսքերի տարբերություն բաշխումը [78]:

Հաշվի առնելով մեր խիստ չափանիշը, մենք կարող ենք ասել, որ ռադիո փոփոխախականության ամպլիտուդան (the amplitude) այս երկու շրջահայությունների տարբեր ժամանակաշրջանում ավելի մեծ է։ Մեր գնահատականով, դիտարկելով ռադիո հոսքի սխալանքները, մենք կորցնում ենք մոտ 25%-30% տոկոս ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ, բացի այդ ռադիո հոսքերի տատանման ամպլիտուդը նույնպես թերագնահատված է 25%-30% տոկոսով։

Նկար 3.1-ում պատկերված $\Delta F > 0$ ռադիո հոսքերի տարբերության բաշխումն ըստ աղբյուրների քանակի։ Ինչպես երևում է նկարիզ՝ 15 mJy, 25 mJy և 45 հոսքերի վրա նկատվում է գրաֆիկի կոտրվածք։ Մեր չափանիշները ավելի խստազնելու և սխալ ռադիո փոփոխականություն ունեզող աղբյուրներիզ ազատվելու համար մենք մեր ուսումնասիրման համար վերզրել ենք այն աղբյուրներն որոնզ համար $\Delta F > 15$ mJy: Արդյունքում ունենք 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեզող աղբյուր (78)։ Աղյուսակ 3.2 (էջ 39) բերված են 10 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրների տվյալները (ամբորջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-h [67] կայքում՝ J/other/A+C/25.176/table2 huմuph muu):

Տյագարաջան (Thyagarajan) և այլոց կողմից 2011 թվականին նույնպես կատարվել է ռադիո փոփոխական աղբյուրների ուսումնասիրություն [81]։ Նրանք օգտագործել են ~55000 պատկերներ FIRST շրջահայությունից և առանձնացրել 1627 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ մինչ 1 mJy սահմաններում՝ մի քանի րոպեից մինչև տարի ժամանակահատվածում։ Այս մեթոդն էապես տարբերվում է մեր կատարած աշխատանքից։ Մեր աշխատանքի հետ համեմատելիս մենք ստացանք ընդամենը 5 համընկնում, թեև մենք սպասում էինք ավելի շատ համընկումների։

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RA2000 (FIRST)	DEJ2000 (FIRST)	Name (FIRST)	Fpeak (mJy) (FIRST)	Fint (mJy) (FIRST)	Rms flux (mJy) (FIRST)	RA2000 (NVSS)	DEJ2000 (NVSS)	Name (NVSS)	S1.4 (mJy) (NVSS)	e_S1.4 (mJy) (NVSS)	ΔF (mJy)	F _r	AT	IAT
000.068317	-02.613450	J000016.3-023648	5.94	16.2	0.119	000.06796	-02.61358	000016-023648	60.8	2.2	36.87	6.30	-	-
000.112642	03.121064	J000027.0+030715	97.59	98.72	0.129	000.11263	03.12125	000027+030716	64.3	2	28.80	5.51	QSO	LQAC
000.166492	04.189422	J000039.9+041121	29.58	35.49	0.125	000.16546	04.19072	000039+041126	70.3	2.6	25.87	4.16	-	-
000.305917	08.328933	J000113.4+081944	47.47	132.17	0.128	000.30629	08.33017	000113+081948	223.8	7.7	67.38	3.87	-	-
000.325108	-07.774103	J000118.0-074626	242.72	255.56	0.156	000.32500	-07.77408	000118-074626	208.4	6.3	28.56	2.47	BZB	BZCAT
000.339663	-00.194664	J000121.5-001140	37.95	78.59	0.097	000.34050	-00.19422	000121-001139	110.6	3.3	21.05	3.07	BL Lac	NED
000.506708	05.341803	J000201.6+052030	24.84	54.34	0.114	000.50650	05.34172	000201+052030	79.6	2.4	16.95	3.25	-	-
000.521613	09.967317	J000205.1+095802	10.06	10.28	0.135	000.52175	09.96717	000205+095801	37.4	1.5	21.45	5.37	-	-
000.569458	08.469964	J000216.6+082811	23.18	23.69	0.127	000.56887	08.46989	000216+082811	46.8	1.8	16.56	3.86	-	-
000.606712	-07.725492	J000225.6-074331	11.25	25.17	0.158	000.60704	-07.72619	000225-074334	248.5	8.6	196.29	8.47	-	-

Աղյուսակ 3.2. *6301 ռադիո փոփոխական աղբյուրներից 10 աղբյուրի համար փվյալներ (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել* VizieR-ի [67] կայքում՝ J/other/A+C/25.176/table2 համարի տակ) [78]:

1-2 սյունակ՝ աղբյուրների կոորդինատներ FIRST շրջահայությունից, 3 սյունակ՝ աղբյուրի անունը FIRST շրջահայությունից, 4-5 սյունակ՝ ռադիո հոսքերը FIRST շրջահայությունից, 6 սյունակ՝ ռադիո հոսքերի սխալանքը FIRST շրջահայությունից, 7-8 սյունակ՝ աղբյուրների կոորդինատներ NVSS շրջահայությունից, 9 սյունակ՝ աղբյուրի անունը NVSS շրջահայությունից, 10 սյունակ՝ ռադիո հոսքը NVSS շրջահայությունից, 11 սյունակ՝ ռադիո հոսքի սխալանքը NVSS շրջահայությունից, 11 սյունակ՝ ռադիո հոսքի սխալանքը NVSS շրջահայությունից, 12 սյունակ՝ ΔF ռադիո հոսքերի տարբերություն (ռադիո հոսքերի տատանման ամպլիտուդան, բանաձև 3.1), 13 սյունակ՝ F_r ռադիո հոսքերի տարբերությունը քանի անգամ է մեծ այդ հոսքերի ընդհանուր սխալանքից (բանաձև 3.17), 14 սյունակ՝ աղբյուրի ակտիվության դասը, 15 սյունակ՝ տեղեկատվությում աղբյուրի ակտիվության դասի արխիվներից վերցման տվյալների վերաբերյալ։

3.2. ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ունենալով մեծ հետաքրքրություն ներկալագնող 6301 ռադիո փոփոխականության ունեզող աղբյուրներ փորձել ենք հասկանալ, թե այս աղբյուրներիզ որոնք կարող են նաև ունենալ օպտիկական փոփոխականություն [78]։ Դրա համար դիտարկվել են Պայոմարի առաջին L երկրորդ ժամանակաշրջանում (POSS1 և POSS2) կատարված շրջահայությունների քարտեզների հիման վրա կազմված օպտիկական կատայոգները՝ APM (The APM-North Catalogue, 2000) [82], USNO A2.0 (The USNO-A2.0 Catalogue, 1998) [83], USNO B1.0 (The USNO-B1.0 Catalog, 2003) [84] L GSC 2.3.2 (The Guide Star Catalog, Version 2.3.2, 2008) [85]։ Այս կատայոգների հետ նույնացումների տվյայները տրված են աղլուսակ 3.3-ում։

Νίο	Կափալոգի	Aussianduranaus	Shanuan	Նույնացումների
JN≞	անունը	Ծամասակաշրջան	Տրրույթը	քանակը
1.	APM	POSS1	b, r	3823
2.	USNO A2.0	POSS1	B1, R1	4200
3.	USNO B1.0	POSS1/POSS2	B1, R1 / B2, R2	5776
4.	GSC 2.3.2	POSS2	F, j	4463

Աղյուսակ 3.3. *6301 փոփոխական ռադիո աղբյուրների օպտիկական նույնացումների* տվյալները [78]։

Լուսաչափական չափումները Պալոմարի առաջին և երկրորդ ժամանակաշրջանում (POSS1 և POSS2) կատարված շրջահայությունների քարտեզների հիման վրա բերում է որոշակի համակարգված շեղումների, որոնք գնահատվել և հաշվի են առնվել այս կատալոգների միջև։ Հաջորդ քայլով մենք գնահատել ենք կապույտ (b-APM, B1-USNO A2.0, B1/B2-USNO B1.0, j-GSC 2.3.2) և կարմիր (r-APM, R1-USNO A2.0, R1/R2-USNO B1.0, F-GSC 2.3.2) գույներում միջին աստղային մեծությունները POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար։ Ունենալով դրանք, գնահատվել է յուրաքանչյուր աղբյուրի աստղային մեծության շեղումը միջին աստղային մեծությունից (Աղյուսակ 3.4)։

POSS1										
USNC) A2.0	USNO	USNO B1.0			РМ				
$B1 - B_{ave}$	$R1 - R_{ave}$	$B1 - B_{ave}$	$R1 - R_{ave}$	b-1	B _{ave}	$r - R_{ave}$				
d_1	<i>c</i> ₁	<i>d</i> ₂	c_2 d_3		3	<i>C</i> ₃				
0.27	0.25	0.29	0.26	0.26 0.30		0.31				
		PO	SS2							
	USNO B1.0			GSC .	2.3.2					
$B2 - B_{ave}$	e R	$2 - R_{ave}$	$j - B_{ave}$ $F - R_{av}$			$F - R_{ave}$				
f_1 n_1			f_2			n_2				
0.21 0.18			0.19 0.1			0.17				

Աղյուսակ 3.4. Աղբյուրների ասփղային մեծության շեղումը (շեղման միջին արժեքը) միջին ասփղային մեծությունից [78]։

Ունենալով աստղային մեծության շեղումները միջին արժեքից գնահատվել են լավագույն աստղային մեծությունները կարմիր և կապույտ գույներում POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար։ Օգտվելով 2011 թվականին Ա.Միքայելյանի [68] և գլուխ 2-ի 2.2 բաժնից գնահատվել են լավագույն աստղային մեծությունները վիճակագրական կշռի մեթոդով [78]՝

$$B1_{Best} = B1_{USNOA2.0} * G_{USNOA2.0} + B1_{USNOB1.0} * G_{USNOB1.0} + b_{APM} * G_{APM}$$
(3.3)

$$R1_{Best} = R1_{USNOA2.0} * E_{USNOA2.0} + R1_{USNOB1.0} * E_{USNOB1.0} + r_{APM} * E_{APM}$$
(3.4)

$$B2_{Best} = B2_{USNOB1.0} * X_{USNOB1.0} + j_{GSC2.3.2} * X_{GSC2.3.2}$$
(3.5)

$$R2_{Best} = R2_{USNOB1.0} * L_{USNOB1.0} + F_{GSC2.3.2} * L_{GSC2.3.2}$$
(3.6)

որտեղ G, E, X և L կատալոգների վիճակագրական կշիռներն են, $B1_{USNOA2.0}$, $B1_{USNOB1.0}$, b_{APM} , $R1_{USNOA2.0}$, $R1_{USNOB1.0}$, r_{APM} , $B2_{USNOB1.0}$, $j_{GSC2.3.2}$, $R2_{USNOB1.0}$ և $F_{GSC2.3.2}$ աստղային մեծություներն են APM, USNO A2.0, USNO B1.0 և GSC 2.3.2 կատալոգներից։ Կատալոգների վիճակագրական կշիռներն գնահատվել են հետևյալ բանաձերի միջոցով՝

$$G_{USNOA2.0} = \sqrt{\frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}}, \quad G_{USNOB1.0} = \sqrt{\frac{d_2^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}}, \quad G_{APM} = \sqrt{\frac{d_3^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2}} \quad (3.7)$$

$$E_{USNOA2.0} = \sqrt{\frac{c_1^2}{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}}, \quad E_{USNOB1.0} = \sqrt{\frac{c_2^2}{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}}, \quad E_{APM} = \sqrt{\frac{c_3^2}{c_1^2 + c_2^2 + c_3^2}} \quad (3.8)$$

$$X_{USNOB1.0} = \sqrt{\frac{f_1^2}{f_1^2 + f_2^2}}, \quad X_{GSC2.3.2} = \sqrt{\frac{f_2^2}{f_1^2 + f_2^2}} \quad (3.9)$$
$$L_{USNOB1.0} = \sqrt{\frac{n_1^2}{n_1^2 + n_2^2}}, \quad L_{GSC2.3.2} = \sqrt{\frac{n_2^2}{n_1^2 + n_2^2}} \quad (3.10)$$

որտեղ $d_1, d_2, d_3, c_1, c_2, c_3, f_1, f_2, n_1$ և n_2 աստղային մեծության շեղումը (շեղման միջին արժեքը) միջին աստղային մեծությունից, որոնք տրված են աղյուսակ 3.4-ում։

Այս մեթոդի էությունը կայանում է նրանում, որ յուրաքանչյուր մեծություն մասնակցում է լավագույն աստղային մեծության գնահատման մեջ այն մասով, ինչքան ճշգրիտ է նրա չափումը տվյալ կատալոգում։ Այս մեթոդով հնարավոր է լինում գնահատել լավագույն աստղային մեծությունը [68]։

Նման ձևով մենք գնահատել ենք նաև աղբյուրների լավագույն աստղային մեծությունների սխալանքները (3.3-3.10 բանաձևերի միջոցով)։ Նույնացված աղբյուրների ընդհանուր սխալանքը՝ *σ*-ն, կարմիր և կապույտ գույներում գնահատել ենք հետևյալ բանաձևերով [78]՝

$$\sigma_B = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \qquad (3.11)$$

$$\sigma_R = \sqrt{t_1^2 + t_2^2} \qquad (3.12)$$

որտեղ l_1 և t_1 աղբյուրի լավագույն B և R աստղային մեծությունների սխալներն են POSS1 ժանակաշրջանի համար, իսկ l_2 և t_2 ՝ POSS2 ժանակաշրջանի համար։ Ընդհանուր միջին սխալանքի B աստղային մեծության համար ստացվել է՝ $\sigma_B = 0.30$, R աստղային մեծության համար ստացվել է՝ $\sigma_B = 0.30$, R աստղային մեծության համար ստացվել է՝ $\sigma_B = 0.30$, R աստղային

Որպեսզի հասկանանք 6301 ռադիո փոփոխական աղբյուրներից որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն օգտվել են ենք երկու մեթոդներից՝ հոսքերի տարբերության և հարաբերության։ Առաջին մեթոդը հոսքերի տարբերության մեթոդն է, որը կիրառվեց փոփոխական ռադիո աղբյուրները առանձնացման համար (բանաձև 3.1)։ Այսպիսով, աստղային մեծության տարբերության մեթոդի համար կիրառել ենք հետևյալ բանաձևերը [78]՝

$$\Delta B = |B2_{Best} - B1_{Best}| - 3\sigma_B \qquad (3.13)$$

$$\Delta R = |R2_{Best} - R1_{Best}| - 3\sigma_R \qquad (3.14)$$

Δ*B* և Δ*R* մեծություներն ցույց են տալիս, թե որքան աստղային մեծության տարբերությունն եռապատիկ սխալանքից կապույտ և կարմիր գույներում։

Երկրորդ մեթոդը հոսքերի հարաբերության մեթոդն է, որոնք գնահատվել են հետևյալ բանաձևերով [78]՝

$$B_r = \frac{|B2_{Best} - B1_{Best}|}{\sigma_B} \qquad (3.15)$$

$$R_r = \frac{|R2_{Best} - R1_{Best}|}{\sigma_R} \qquad (3.16)$$

B_r և *R_r* ցույց են տալիս, թե աստղային մեծության տարբերությունը քանի անգամ է մեծ սխալանքից։

Օգտագործելով 3.13-3.16 բանաձևերը, մենք աղբյուրները բաժանել ենք դասերի, որոնք բերված են աղյուսակ 3.5-ում։ Աղբյուրները բաժանել ենք 3 դասի. 1-ին դաս՝ թույլ փոփոխականներ, 2-րդ դաս՝ միջին փոփոխականներ և 3-րդ դաս՝ ուժեղ փոփոխականներ։

Դաս	ΔB	$\Delta \boldsymbol{R}$	∆B և ∆R (միջին)	B _r LR _r	
1-ին դաս՝ թույլ	0 10 1 44	0 10 1 49	0 10 1 47	1 50 1 99	
փոփոխականներ	0.10-1.44	0.10-1.43	0.10-1.47	1.30-1.33	
2-րդ դաս՝ միջին	1 45 2 50	1 50 2 40	1 48 2 50	2 00 2 00	
փոփոխականներ	1.43-2.30	1.30-2.49	1.40-2.30	2.00-2.99	
3-րդ դաս՝ ուժեղ	<u>∖</u> 2 51	>2.50	<u>∖</u> 2 51	<u>^3 00</u>	
փոփոխականներ	≥2.J1	≥2.50	22.51	≥3.00	

Աղյուսակ 3.5. Աղբյուրների փոփոխական դասերն ըստ աստղային մեծության

դարբերության և հարաբերականության մեթոդի [78]։



Նկար 3.2. Δ*B-ի և ΔR-ի բաշխումն ըստ աղբյուրների քանակի [78]*:

Աղյուսակ 3.5-ում ΔB և ΔR առկա սահմանային արժեքները վերզրել ենք օգտվելով նրանց, ըստ աղբյուրների քանակի, բաշխումից (նկար 3.2)։ Նկար 3.2-ից երևում է, որ կապուլտ գույնի (ΔB) գրաֆիկի բաշխման մեջ մենք ունենք կոտրվածքներ 1.45-ի և 2.51h dnu, huh hundhn απιμπιά (ΔR) 1.5-h μ 2.5-h dnu:

 μη μηστρύτη τη dth the dth ենք տարբերությամբ դասակարգման համար որպես սահմանային արժեքներ։ Իսկ հարաբերության համար (B_r և R_r) հայտնի են ստանդարտ արժեքներ, որ օրինակ, եթե աստղային մեծության տարբերությունն եռապատիկ կամ ավելի անգամ մեծ է իր սխայանքից, ապա այդ աղբյուրներն ամենուժեղ փոփոխականներն են։ Այս ինարավոր պայմաններիզ եյնելով եղավ առանձնացնել օպտիկական փոփոխականություն ունեցող ռադիո փոփոխական աղբյուրները, որոնց քանակը տրված է աղյուսակ 3.6-ում։

	Դաս	$\Delta \boldsymbol{B}$	B _r	$\Delta \boldsymbol{R}$	R _r
1-ին դաս	թույլ փոփոխականներ	914	276	819	286
2-րդ դաս	միջին փոփոխականներ	142	382	42	325
3-րդ դաս	ուժեղ փոփոխականներ	38	861	17	672
	Ընդհանուր	1094	1519	878	1283

Աղյուսակ 3.6. *Օպտիկական փոփոխանություն ունեցող աղբյուրների քանակը [78]*։

Այսպիսով մենք ունենք 4 դասեր՝ 2 կապույտ և 2 կարմիր տիրույթում (տարբերության և հարաբերական մեթոդներով), որոնց միջոցով առանձնացրել ենք օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրները։ Հաշվի առնելով այս դասերը, մենք դիտարկել ենք ընդհանուր դաս և ելնելով այդ ընդհանուր դասից տվել ենք գնահատական տվյալ աղբյուրի փոփոխականության վերաբերյալ։

Ընդհանուր դաս (բոլոր հնարավոր կոնֆիգուրացիաները)	Փոփոխական աղբյուրների քանակը	Ընդիանուր քանակը	Մեկնաբանություն
3333 3332	-	4	Ծայրահեղ ուժեղ
3322, 3331	4		փոփոխականներ
3330, 3321, 3222	21		Oudta
3221, 3311, 2222	167	279	ւիուհոեսվայններ
3310, 3220, 3211	81		գուզուլսազաններ

3300, 3210, 3111, 22203200, 3110, 2210, 2111	189 216	1001	Միջին		
2200, 2110, 1111	596		qinqintaaqaadaqi		
3000, 2100, 1110	188		പ		
2000, 1100	470	1141	ւթութերություններ		
1000	483		գուղուլսագաններ		
Ընդհանուր		2425			

Աղյուսակ 3.7. *Օպտիկական փոփականություն ունեցող աղբյուրների քանակն ըստ* ընդհանուր դասի [78]։

Օրինակ՝ ենթադրենք աղբյուրն ունի կապույտ գույնում 3-րդ դաս (ուժեղ փոփոխական) տարբերության մեթոդով և 2-րդ դաս (միջին փոփոխական)՝ հարաբերության մեթոդով, կարմիր գույնում՝ 1-ին դաս (թույլ փոփոխական) տարբերության մեթոդով և 2-րդ դաս (միջին փոփոխական)՝ հարաբերության մեթոդով, ապա այդ աղբյուրի ընդհանուր դասը՝ 3212 է, որից ելնելով մենք աղբյուրները բաժանել ենք նոր դասերի, ելնելով ընդհանուր դասից։

Աղյուսակ 3.7-ում բերված են այդ աղբյուրի նոր դասերն ըստ օպտիկական փոփոխականության և ինչպես երևում է աղյուսակից ունենք 4 «ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն» ունեցող աղբյուրներ։ Այն աղբյուրները որոնք որևէ գույնում չունեն փոփոխականություն, մենք նշանակել ենք «Օ» դասի տակ։

Արդյունքում մենք ունենք 2425 փոփոխական ռադիո աղբյուր, որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն որևէ գույնում POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար [78]։ Աղյուսակ 3.8-ում (էջ 46), որպես օրինակ, բերված 10 օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրների տվյալները (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում՝ J/other/A+C/25.176/table8 համարի տակ)։

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RA2000	DEJ200	B1(POSS1	R1(POSS1	B2(POSS2	R2(POSS2	B1 err.	R1 err.	B2 err.	R2 err.	$\Delta \boldsymbol{B}$	P	$\Delta \boldsymbol{R}$	D	Vr.
(FIRST)	(FIRST)	BEST)	BEST)	BEST)	BEST)	POSS1	POSS1	POSS2	POSS2	mag	D_r	mag	n _r	cat.
000.068317	-02.613450	18.07	20.70	18.50	-	0.00	0.20	0.03	-	-	-	0.36	17.38	0013
000.112642	03.121064	19.38	18.90	18.57	18.67	0.02	0.10	0.07	0.18	0.56	9.79	-	0.85	1300
000.325108	-07.774103	16.72	16.05	17.83	17.60	0.28	0.34	0.30	0.40	-	1.94	-	2.10	0102
000.339663	-00.194664	19.97	18.85	20.30	19.20	0.06	0.20	0.04	0.07	0.04	3.46	-	1.28	0300
000.521613	09.967317	19.56	18.89	19.89	19.39	0.09	0.25	0.01	0.23	0.04	3.42	-	1.04	0300
000.569458	08.469964	21.83	19.79	20.61	20.13	0.00	0.00	0.41	0.00	-	2.97	0.34	-	0210
000.606712	-07.725492	17.50	17.50	18.14	17.79	0.30	0.27	0.12	0.28	-	1.52	-	0.54	0100
000.897650	-08.566286	18.77	16.77	18.15	16.60	0.13	0.10	0.11	0.16	-	2.58	-	0.62	0200
000.971917	12.173375	21.17	19.85	21.36	-	0.00	0.00	0.00	-	0.19	-	-	-	1000
001.311954	04.419511	20.77	19.95	20.02	-	0.00	0.24	0.00	-	0.10	3.42	-	-	1300

Աղյուսակ 3.8. 2425 ռադիո և օպտիկական փոփոխական աղբյուրներից 10 աղբյուրի համար տվյալներ (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում՝ J/other/A+C/25.176/table8 համարի տակ) [78]:

1-2 սյունակ՝ աղբյուրների կոորդինատներ FIRST շրջահայությունից, 3-6 սյունակ՝ գնահատված լավագույն աստղային մեծությունների մեծությունները POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար, 7-10 սյունակ՝ գնահատված լավագույն աստղային մեծությունների սխալները POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար, 11 և 13 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխության շեղումը եռապատիկ սխալանքից, 12 և 14 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխության շեղումը եռապատիկ սխալանքից, 12 և 14 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխության շեղումը եռապատիկ սխալանքից, 12 և 14 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխություն հարաբերությունը սխալանքից, 15 սյունակ՝ օպտիկական փոփոխականության ընդհանուր դաս։

3.3 ՄԵԾ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒՆԵՑՈՂ ՌԱԴԻՈ ԱՂԲՅՈՒՐՆԵՐ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԴԱՍԸ

Որպեսզի հասկանանք 6301 ռադիո փոփոխական աղբյուրների ֆիզիկական բնույթը մենք փորձել ենք հասկանալ, թե այս աղբյուրներն ինչ օպտիկական սպեկտրային դասին են պատկանում։ Դրա համար օգտվել ենք մի շարք շրջահայություններից և տվյալների շտեմարաններից՝ VCV-13 (The Catalogue of Quasars and Active Nuclei, 13th version) [86], BZCAT v.5 (Roma Multi-Frequency Catalogue of Blazars 5th version) [87], SDSS DR9Q (SDSS-DR9 Quasar Catalog) [88], SDSS DR10Q (SDSS-DR10 Quasar Catalog) [89], LQAC-3 (Large Quasar Astrometric Catalogue 3rd Release) [90], Lowfrequency radio catalogue of flat-spectrum sources [91] և NED (NASA/IPAC Extragalactic Database) [92]։ Աղյուսակ 3.9-ում բերված է 6301 փոփոխական ռադիո աղբյուրների օպտիկական դասակարգումը։

N⁰	Ակտիվության դաս	Քանակ				
1.	Blazar (BZB, BZG, BZQ, BZU)	308				
2.	QSO	639				
3.	Sy 1.0 / Sy 1	19				
4.	Sy 1.2	2				
5.	Sy 1.5	6				
6.	Sy 1.9	2				
7.	Sy 2.0 / Sy 2	9				
8.	AGN	97				
9.	Starburst	1				
10.	FSS (Flat-Spectrum radio source)	87				
11.	USS (Ultra-Steep-Spectrum radio source)	36				
	Հայտնի (ընդհանուր)					
	Անհայտ (ընդհանուր)					
	Ընդհանուր					

Աղյուսակ 3.9. *6301 փոփոխական ռադիո աղբյուրների օպտիկական սպեկտրային* դասը [78]: Ինչպես երևում է աղյուսակ 3.9-ից ընդամենը մեր աղբյուրներից օպտիկական սպեկտրային ակտիվության դաս ունեն միայն 1206 (19 %) աղբյուր։ Իսկ աղյուսակ 3.10ում բերված են 2425 ռադիո և օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրների օպտիկական սպեկտրային դասակարգումները։

N⁰	Ակտիվության դաս	Քանակ				
1.	Blazar (BZB, BZG, BZQ, BZU)	176				
2.	QSO	333				
3.	Sy 1.0 / Sy 1	9				
4.	Sy 1.5	6				
5.	Sy 2.0 / Sy 2	5				
6.	AGN	45				
7.	FSS (Flat-Spectrum radio source)	41				
8.	USS (Ultra-Steep-Spectrum radio source)	4				
	Հայտնի (ընդհանուր)					
	Անհայտ (ընդհանուր)					
	Ընդհանուր	2425 (100 %)				

Աղյուսակ 3.10. 2425 ռադիո և օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրների օպտիկական սպեկտրային դասը [78]։

Ինչպես երևում է աղյուսակ 3.10-ից ընդամենը 2425 ռադիո և օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներից օպտիկական սպեկտրային ակտիվության դաս ունեն միայն 619 (25.5 %) աղբյուր։ <ետագա մեր աշխատանքերում, ունենալով սպեկտրներ SDSS [74] շրջահայությունից, մենք նախատեսում ենք կատարել 6301 ռադիո փոփոխական աղբյուրների սպեկտրային դասակարգում և որոշ դեպքերում վերադասակարգում։

Որպես մեր փոփոխական աղբյուրների ընտրանք, մենք դիտարկել են ռադիո հոսքերի տարբերության շեղումը հոսքերի եռապատիկ սխալանքից (բանաձև 3.1)։ Օպտիկական փոփոխականությունը համար մենք դիտարկեցինք երկու մեթոդ՝ տարբերության և հարաբերության (բանաձևեր 3.13-3.16)։ Որպեսզի հնարավոր լինի առանձնացնել մեծ ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրները անհրաժեշտ է դիտարկել նաև ռադիո հոսքերի տարբերությունը քանի անգամ է մեծ այդ հոսքերի ընդհանուր սխալանքից՝

$$F_r = \frac{|(F_{FIRST} + SS) - F_{NVSS}|}{Error_{FIRST} + Error_{NVSS}}$$
(3.17)

որտեղ *SS*-ը համակարգված շեղումն է FIRST և NVSS շրջահայությունների միջև, *F_{FIRST}* և *F_{NVSS}* ռադիո հոսքերն են համապատասխանաբար FIRST և NVSS շրջահայություններում, *Error_{FIRST}* և *Error_{NVSS}* ռադիո հոսքերի սխալներն են համապատասխանաբար FIRST և NVSS շրջահայություններում։

Այն ռադիո աղբյուրները, որոնց համար $F_r > 3$ համարվում են մեծ ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ։ Դիտարկելով հետևյալ պայմանները՝ $F_r > 3$ և $\Delta F > 200$ mJy, մենք առանձնացրել ենք 260 ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն ունեցող ռադիո աղբյուրներ։ Նման ձևով, ինչպես դիտարկվել էր 6301 փոփոխական ռադիո աղբյուրների համար, աղյուսակ 3.11-ում դիտարկված է այդ աղբյուրների օպտիկական սպեկտրային դասերը։

Nº	Ակտիվության դաս	Քանակ
1.	Blazar (BZB, BZG, BZQ, BZU)	20
2.	QSO	62
3.	Sy 1.0 / Sy 1	2
4.	Sy 1.2	1
5.	Sy 1.5	1
6.	Sy 2.0 / Sy 2	2
7.	AGN	20
8.	FSS (Flat-Spectrum radio source)	1
9.	USS (Ultra-Steep-Spectrum radio source)	1
	110 (42 %)	
	150 (58 %)	
	260 (100 %)	

Աղյուսակ 3.11. 260 փոփոխական ռադիո աղբյուրների օպտիկական սպեկտրային դասը [78]։

Ինչպես երևում է աղյուսակ 3.11-ից ընդամենը 260 փոփոխական ռադիո աղբյուրներից օպտիկական սպեկտրալ ակտիվության դաս ունեն միայն 110 (42 %) աղբյուր։ Այս 260 փոփոխական ռադիո աղբյուրներիը մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մեր հետագա ուսումնասիրման համար։

3.4. ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ

Այս աշխատանքը կատարվել է 2018 թվականին Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանում՝ Ա.Միքայելյանի ղեկավարած խմբում, և տպագրվել է «Astronomy and Computing» ամսագրում [78]։ Խնդրի հիմնական նպատակն է եղել դուրս բերել, եղած արխիվային տվյալների հիման վրա, ռադիո փոփոխականություն (1400 Մ<ց հաճախականությունում) ունեցող աղբյուրներն և հասկանալ արդյոք նրանք ունեն նաև օպտիկական փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար։

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները հետևյալն են՝

- NVSS [52] և FIRST [53] շրջահայությունների (1400 Մ<g հաճախականությունում) ուսումնասիրություներից հնարավոր եղավ առանձնացնել 79382 ռադիո փոփոխականությու ունեցող աղբյուրներ, որոնց համար $\Delta F > 0$ mJy (բանաձև 3.1)։ Թեպետ ΔF -ի միջոցով առանձնացված ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրները ընտրվել են բավականին խիստ չափանիշներով, այնուհանդերձ սխալանքից ազատվելու համար մենք ավելի ենք խստացրել այդ չափանիշը։ Դրա համար կառուցել ենք ΔF -ի բաշխումն (նկար 3.1) և այդ բաշխումից ելնելով մեր ուսումնասիրման համար վերցրել ենք այն աղբյուրները, որոնց համար $\Delta F > 15$ mJy։ Արդյունքում մենք ունենք 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ։
- Դիտարկելով մի շարք շրջահայություններ (APM [82], USNO A2.0 [83], USNO B1.0 [84] և GSC 2.3.2 [85]) POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար, մենք առաջին քայլով գնահատել ենք 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրների լավագույն աստղային մեծություներն և նրանց սխալանքները կապույտ և կարմիր գույներում (բանաձևեր 3.3-3.4) վիճակագրական կշռի մեթոդով [68]։ Ունենալով լավագույն աստղային մեծության տվյալներն տարբերության և հարաբերության (բանաձևեր 3.13-3.16) մեթոդներով, հնարավոր է եղել առաձնացնել 2425 աղբյուրներ, որոնք ունեն նաև օպտիկական փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանում։
- Որպեսզի հասկանանք, թե ինչ օպտիկական սպեկտրային դաս ունեն մեր 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրները, դիտարկել ենք մի շարք շրջահայություններ և տվյալների շտեմարաններ՝ VCV-13 [86], BZCAT v.5 [87],

SDSS DR9Q, SDSS DR10Q, LQAC-3, Low-frequency radio catalogue of flat-spectrum sources [91] և NED [92]։ Արդյունքում մենք ստացել ենք, որ 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներից օպտիկական սպեկտրային դաս ունեն ընդամենը 1206 (աղյուսակ 3.9), իսկ 2425 ռադիո և օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներից՝ 619 (աղյուսակ 3.10)։

• Մեծ ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներն առանձնացնելու համար գնահատվել, թե քանի անգամ է ռադիո հոսքերի տարբերությունը մեծ այդ հոսքերի ընդհանուր սխալանքից (բանաձև 3.17)։ Դիտարկելով հետևյալ պայմանները՝ $F_r > 3$ և $\Delta F > 200$ mJy, մենք առանձնացրել ենք 260 ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն ունեցող ռադիո աղբյուրներ, որոնք մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում։ Այս 260 ռադիո աղբյուրներից օպտիկական սպեկտրային ակտիվության դաս ունեն միայն 110 (աղյուսակ 3.11) աղբյուր։

<ետագա մեր աշխատանքներում, այս աղբյուրների համար ունենալով տվյալներ էլեկտրամագնիսական ալիքների բոլոր տիրույթներում, մենք պատրաստվում ենք անդրադառնալ մի շարք խնդիրների, մասնավորապես՝

- Կատարել հավաստի դասակարգումներ և վերադասակարգումներ օգտվելով SDSS [74] շրջահայության տվյալներից։
- Ստեղծել ծրագիր, որի միջոցով հնարավոր լինի արագ կառուցել այս աղբյուրների էներգիայի սպեկտրային բաշխումը (Spectral Energy Distribution, SED) էլեկտրամագնիսական ալիքների ամբողջ տիրույթում։
- Ունենալով ռենտգենյան (ROSAT [76], Chandra [75], XMM [77]), օպտիկական (SDSS [74]) և ռադիո ճառագայթման տվյալները (FIRST [53], NVSS [52], GB6 [55]), փորձել հասկանալ թե այդ հոսքերը ինչպես են կապված իրար հետ։

4. ԲԼԱԶԱՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ POSS1/POSS2 ՀԱՄԵՄԱՏՈՒԹՅԱՄԲ

4.1. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՊԱՏԿԵՐԱՅՈՒՄՆԵՐ ԲԼԱՋԱՐՆԵՐԻ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՏԱՐԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ակտիվ միջուկով գալակտիկաների կարևորագույն տեսակներից մեկն են հանդիսանում բլազարները [13]։ Մինչ այժմ հայտնի է ընդամենը 3561 բլազար, որոնք 2015 թվականին Մասարոյի և այլոց կողմից հավաքագրվել է ներկայացված են BZCAT v.5 կատալոգում [87]։ Բլազարներ, ինչպես ներկայացված էր ներածության մեջ (գլուխ 1), ի սկզբանե համարվում էին այն ռադիո աղբյուրները, որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն։ Բայց մինչև այժմ, որևէ տեղ, ընդհանրացված չկա այս աղբյուրների օպտիկական փոփոխականության մասին տեղեկատվություն։

Մի շարք աստղագետներ կատարել են տարբեր մեթոդներով ուսումնասիրություններ սահմանափակ թվով բլազարների օպտիկական փոփոխականության վերաբերյալ։ Այդ աշխատանքերից կարևորագույնները և վերջին տարիներին կատարված աշխատանքներն են՝

- Աբասթումանի աստղադիտարանում (Abastumani Astrophysical Observatory), որը գտնվում է Վրաստանում, 2007 թվականին Կուրտանիձեյի և այլոց (Kurtanidze et al.) կողմից կատարվել է 9 ընտրված ռենտգենյան բլազարների օպտիկական ուսումնասիրություն այնտեղ գտնվող 70 սմ տրամագիծ ունեցող դիտակի ST-9 CCD խցիկի միջոցով։ Արդյունքում հաստատվել է նրանց բլազար լինելու փաստը և փոփոխականությունը [93]:
- Յունանի աստղադիտարանում (Yunnan Astrophysical Observatory), որը գտնվում է Չինաստանում, 2007 թվականին Ալոկի և այլոց (Alok et al.) կողմից կատարվել է 5 բլազարների ուսումնասիրություն այնտեղ գտնվող 1.02 մ տրամագիծ ունեցող դիտակի CCD խցիկի և BVRI Ջոնսոնի ֆիլտրերի միջոցով։ Այս բլազարներն ուսումնասիրվել են 2006 թվականի հոկտեմբերի 27-ից մինչև 2007 թվականի մարտի 20-ը։ Արդյունքում հաստատվել է նրանց բլազար լինելու փաստը և

փոփոխականությունը [94], ինչը մենք հաստատեցինք նաև POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար [95]։

- 2012 թվականին Ժանգի և այլոց (Zhang et al.) կողմից կատարվել են 71 բլազարների (49 հարթ սպեկտրով ռադիո քվազարներ (flat spectrum radio quasars)) և 22 BL Lac աղբյուրների ուսումնասիրություններ և գնահատվել է նրանց փոփոխականության տիրույթը օպտիկական R շերտում և ենթակարմիր J շերտում [96]: Այս աղբյուրներից 68-ի համար մենք նույնպես հաստատել են փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար [95]:
- 2012 թվականին Գաուրի և այլոց (Gaur et al.) կողմից տպագրվեց մի աշխատանք, որում նկարագրվում էր, որ կատարվել է 11 բլազարների օպտիկական ուսումնասիրություն 2009-2011 թվականների ընթացքում վեց օպտիկական դիտակների միջոցով՝ չորսը Բուլղարիայից, մեկը <ունաստանից և մեկը <նդկաստանից [97]:
- 2014 թվականին <ովատայի և այլոց (Hovatta et al.) կողմից Palomar Transient Factory (PTF) [98] և Catalina Real-Time Transient Survey (CRTS) [99] շրջահայություններից առանձնացվել են 1958 բլազարներ և ուսումնասիրվել է նրանց փոփոխականությունը գամմա տիրույթում [100]։
- Եվրոպական հարավային աստղադիտարանում (European Southern Observatory), որը գտնվում է Չիլիում (Chile), 2014 թվականին Սանդրինելիի և այլոց (Sandrinelli et al.) կողմից տպագրվեց մի աշխատանք, որում նկարագրվում էր, որ ուսումնասիրվել է 7 բլազար օպտիկական և մոտ ենթակարմիր VRIJHK ֆիլտրերի տիրույթում՝ 2005 թվականի ապրիլից մինչև 2012 թվականի հուլիսը [101]։ Այս աղբյուրներից 6-ի համար մենք նույնպես հաստատել են փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար [95]։
- 2017 թվականին Լիու և այլոց (Liu et al.) կողմից ուսումնասիրվել է 5 բլազար տարբեր դիտակներով և տարբեր էլեկտրամագնիսական ալիքների տիրույթներում (Weihai 1 m, Urumqi 1 m, և Abastumani 70 cm, University of Athens Observatory 40 cm) [102]:

Որպեսզի հասկանանք ակտիվ միջուկով գալակտիկաների կարևորագույն հատկություներից մեկը՝ օպտիկական փոփոխությունը, խնդիր առաջացավ՝ ունենալով BZCAT v.5 (Roma Multi-Frequency Catalogue of Blazars 5th version) կատալոգը հասկանալ թե այս աղբյուրների ինչպիսի փոփոխականություն ունեն Պալոմարի առաջին և երկրորդ շրջահայությունների ժամանակաշրջանում (POSS1 և POSS2): Մասարոն իր կատալոգում առկա 3561 բլազարները բաժանեց 4 հիմնական դասի՝

- *BZB.* BL Lac աղբյուրներ՝ լացերտիդներ։ Այս դասի օպտիկական սպեկտրում կամ ընդհանրապես բացակայում են սպեկտրալ գծերը, կամ նկատվում են միայն կլանման գծեր գալակտիկական բնույթի կամ թույլ արտահայտված նեղ առաքման գծեր [87],
- BZG. գրականության մեջ հանդես են գալիս որպես BL Lac դասի նման աղբյուրներ, բայց նրանք ունեն էներգիայի սպեկտրային բաշխում (Spectral Energy Distribution), որոնցում հիմնականում գերիշխում են գալակտիկաների նման առաքման գծեր [87],
- BZQ. hարթ սպեկտրով ռադիո քվազարներ (flat spectrum radio quasars): Այս դասի բլազարներն ունեն օպտիկական սպեկտրներում լայն առաքման գծեր և գերիշխող բլազարների բնութագրեր [87],
- BZU. անորոշ դաս ունեցող բլազարներ։ Այս դասի մեջ մտնում են այն բլազարները, որոնք ունեն բլազարների որոշակի բնութագրեր, բայց դրանք ունեն հստակեցման կարիք [87]:

Աղյուսակ 4.1-ում բերված է այդ 3561 բլազարների քանակն ըստ տարատեսակների BZCAT v.5 կատալոգից [87]։

N⁰	Տեսակ	Քանակ	Snynu
1.	BZB	1151	32.3 %
2.	BZG	274	7.7 %
3.	BZQ	1909	53.6 %
4.	BZU	227	6.4 %
Ընդհանուր		3561	100 %

Աղյուսակ 4.1. *Բլազարների փեսակները BZCAT v.5 կափալոգից [95]*։

Ինչպես երևում է աղյուսակ 4.1-ից հիմնական բլազարների դասերը հանդիսանում են՝ BZB և BZQ դասերը։

Նկար 4.1-ում բերված է բլազարների կարմիր շեղումների բաշխումն ըստ ընդհանուր բլազարների թվի և առանձին տարատեսակների։ Նկարից կարելի է տեսնել, որ հիմնականում մեծ կարմիր շեղումներ ունեն BZQ դասի բլազարնեը, իսկ մնացած դասերը հիմնականում գտնվում են համեմատաբար մոտակա տիրույթներում։



4.2. ԲԼԱԶԱՐՆԵՐԻ ԲԱՑԱՐՁԱԿ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հասկանալու համար, թե ինչպես են տարբերվում իրարից բլազարների տարբեր դասերը, մենք գնահատել ենք այդ աղբյուրների բացարձակ աստղային մեծությունն և լուսատվությունը [95]։ BZCAT v.5 կատալոգում բոլոր աղբյուրների համար տրվում է R շերտում տեսանելի աստղային մեծությունները։ Հաշվի առնելով այդ աղբյուրների տեսանելի աստղային մեծությունները և կարմիր շեղումները գնահատել են բացարձակ աստղային մեծությունը հետևյալ բանաձևով [86]՝

$$M = m + 5 - 5LogD - f(z) + \Delta m(z) \qquad (4.1)$$

որրտեղ *M*-բացարձակ աստղային մեծությունն է, *m*-տեսանելի աստղային մեծությունը, *D*- հեռավորությունն է աղբյուրի, որ որոշվում է հետևյալ բանաձևով [103]՝

$$D = \frac{c(1+z)}{H_0} \times \int_0^z [(1+z)^3 \times \Omega_M + \Omega_\Lambda]^{-0.5} dz \qquad (4.2)$$

z-կարմիր շեղումն է, իսկ f(z) ուղղումն է, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$f(z) = -2.5 \times Log(1+z)^{1-\alpha}$$
(4.3)

 $\Delta m(z)$ -ը f(z)-ի ուղղումն է, որտեղ հաշվի է առնված այն հանգամանքը $S \sim \vartheta^{-\alpha}$ ($\alpha = 0.3$ ըստ Վերոնի աշխատանքի [86])։ Մեր հաշվարկներում տիեզերաբանական հաստատունների համար վերցրել ենք հետևյալ արժեքները՝ $\Omega_M = 0.29$, $\Omega_{\Lambda} = 0.71$ և $H_0 = 71$ կմ×վ⁻¹/Մպկ։

Նկար 4.2-ում ներկայացված է բացարձակ աստղային մեծության կապը կարմիր շեղումից։ Նկարից երևում է, որ հիմնականում նկատվում է երեք առանձնացված տիրույթ՝ BZB, BZQ և BZG։ Չնայա այդ առանձնացումների, այդ տիրույթերն ունեն իրար հետ որոշակի համընկումներ։

Ունենալով բացարձակ աստղային մեծությունը, մենք գնահատել ենք բլազարների լուսատվությունները հետևյալ բանաձևով [95]՝

$$L = L_{\odot} \times 2.512^{M_{\odot} - M}$$
 (4.4)

որտեղ L_{\odot} և M_{\odot} Արեգակի լուսատվությունը և բացարձակ աստղային մեծությունն են ($L_{\odot} = 3.83 \times 10^{33}$ Էրգ×վ⁻¹, $M_{\odot} = 4.83$):



Նկար 4.2. Բացարձակ աստղային մեծության և կարմիր շեղման կապը [95]։

Աղյուսակ 4.2-ում բերված են բլազարների բոլոր դասերի լուսատվության և բացարձակ աստղային մեծության միջին արժեքները և արժեքների միջակայքերը։ Գալակտիկաների համար բացարձակ աստղային մեծության և լուսատվության արժեքների մեջ, ի տարբերություն քվազարների, ներդնում ունեն ոչ միայն միջուկները այլև նրանց շրջապատող միջավայրը։ Սակայն, աղյուսակ 4.2-ից երևում է, որ նրանք միջինում ունեն գրեթե նույն արժեքները, միայն BZB դասի բլազարների լուսատվությունը մի կարգ ցածր է մնացած դասերից։

-					
N⁰	Տեսակ	Լուսատվության տիրույթը (Էրգ×վ-՛)	Միջին լուսափվությունը (Էրգ×վ¹)	Բացարձակ ասփղային մեծության փիրույթը	Միջին բացարձակ ասփղային մեծությունը
1.	BZB	7.72×10 ⁴² ÷ 1.33×10 ⁴⁶	5.05×1044	-18.43÷-26.52	-22.19
2.	BZG	1.03×10 ⁴³ ÷ 2.57×10 ⁴⁶	1.12×10 ⁴⁵	-18.74÷-27.24	-22.44
3.	BZQ	8.92×10 ⁴¹ ÷ 6.62×10 ⁴⁶	1.10×10 ⁴⁵	-16.09÷-28.26	-22.97
4.	BZU	2.07×10 ⁴² ÷ 2.91×10 ⁴⁶	1.14×10 ⁴⁵	-17.00÷-27.73	-22.42
Ըն	դիանուր	8.92×10 ⁴¹ ÷ 6.62×10 ⁴⁶	1.02×10 ⁴⁵	-16.09÷-28.26	-22.78

Աղյուսակ 4.2. *Բլազարների լուսափվության և բացարձակ ասփղային մեծության արժեքները [95]:*

4.3. ԲԼԱԶԱՐՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ունենալով 3561 բլազար BZCAT v.5 կատալոգից [87], մենք փորձել ենք դուրս բերել նրանց փոփոխականությունը POSS1 և POSS2 համեմատությամբ [95]։ Գլուխ 3-ի 3.2-րդ բաժնի նման դիտարկվել են Պալոմարի առաջին և երկրորդ ժամանակաշրջանում (POSS1 և POSS2) կատարված շրջահայությունների քարտեզների հիման վրա կազմված օպտիկական կատալոգները՝ APM [82], USNO A2.0 [83], USNO B1.0 [84] և GSC 2.3.2 [85]։ Այս կատալոգների հետ նույնացումների տվյայները տրված են աղյուսակ 4.3-ում։

N (o	Կափալոգի	duusuutuu anausi	Shanuan	Նույնացումների
JN≃	անունը	Ծամասակաշրջան	Տրրույթը	քանակը
1.	APM	POSS1	b, r	1977
2.	USNO A2.0	POSS1	B1, R1	3151
3.	USNO B1.0	POSS1/POSS2	B1, R1 / B2, R2	3492
4.	GSC 2.3.2	POSS2	F, j	3501

Աղյուսակ 4.3. Բլազարների օպտիկական նույնացման տվյալները [95]։

Լուսաչափական չափումները Պալոմարի առաջին և երկրորդ ժամանակաշրջանում (POSS1 և POSS2) կատարված շրջահայությունների քարտեզների հիման վրա բերում են որոշակի համակարգված շեղումների, որոնք գնահատվել և հաշվի են առնվել այս կատալոգների միջև։ Հաջորդ քայլով մենք գնահատել ենք կապույտ (b-APM, B1-USNO A2.0, B1/B2-USNO B1.0, j-GSC 2.3.2) և կարմիր (r-APM, R1-USNO A2.0, R1/R2-USNO B1.0, F-GSC 2.3.2) շերտերում միջին աստղային մեծությունները POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար (նմանատիպ ձևով, ինչպես կատարել ենք փոփոխական ռադիո աղբյուրների համար, գլուխ 3-ի 3.2-րդ բաժին)։ Ունենալով դրանք, գնահատվել է յուրաքանչյուր աղբյուրի աստղային մեծության շեղումը միջին աստղային մեծությունից (Աղյուսակ 4.4)։

POSS1					
USNO	A2.0	USNC) B1.0	Al	PM
$B1 - B_{ave}$	$R1 - R_{ave}$	$-R_{ave}$ $B1-B_{ave}$ $R1-R_{ave}$		$b - B_{ave}$	$r - R_{ave}$

0.28	0.24	0.31	0.20	0.33	0.32	
	POSS2					
USNO B1.0				GSC 2.3	2	
$B2 - B_{ave}$	e i	$R2 - R_{ave}$	$j - B_{av}$	e	$F - R_{ave}$	
0.22		0.17	0.22		0.17	

Աղյուսակ 4.4. Աղբյուրների ասփղային մեծության շեղումը (շեղման միջին արժեքը) միջին ասփղային մեծությունից [95]։

Ունենալով աղյուսակ 4.4 տվյալները և օգտվելով գլուխ 3-ի 3.3-ից 3.10 բանաձևերից՝ գնահատվել են լավագույն աստղային մեծությունները վիճակագրական կշռի մեթոդով [68]։ Ինչպես նաև, այդ բանաձերի միջոցով, գնահատվել են լավագույն աստղային մեծությունների սխալանքները։ Նույնացված աղբյուրների ընդհանուր սխալանքը՝ σ -ն, կարմիր և կապույտ գույներում գնահատել ենք հետևյալ 3.11 և 3.12 բանաձևերով, որոնց միջին արժեքների համար ստացել ենք՝ $\sigma_B = 0.48$ և $\sigma_R = 0.38$:

Որպեսզի հասկանանք, թե բլազարներից որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն օգտվել են ենք երկու մեթոդներից՝ հոսքերի տարբերության (բանաձևեր 3.13, 3.14) և հարաբերության (բանաձևեր 3.15, 3.16)։ Այս մեթոդները կիրառեցինք նաև փոփոխական ռադիո աղբյուրների օպտիկական փոփոխականությունը դիտարկելու համար (գլուխ 3)։

Ունենալով արդեն Δ*B*, Δ*R* և *B_r*, *R_r* արժեքները հնարավոր եղավ առանձնացնել այդ աղբյուրներրը երեք հիմնական դասերի, որոնց տվյալները տրված են աղյուսակ 4.5ում։

Դաս	ΔB	$\Delta \boldsymbol{R}$	∆B և ∆R (միջին)	B _r LR _r
1-ին դաս՝ թույլ	0 10-0 74	0 10-0 74	0 10-0 74	1 50_1 99
փոփոխականներ	0.10-0.74	0.10-0.74	0.10-0.74	1.50-1.55
2-րդ դաս՝ միջին	0 75 1 24	0 75 1 24	0 75 1 24	2 00 2 00
փոփոխականներ	0.75-1.24	0.75-1.24	0.75-1.24	2.00-2.33
3-րդ դաս՝ ուժեղ	<u>\1 25</u>	<u>\125</u>	<u>\1 25</u>	<u>\3 00</u>
փոփոխականներ	≤1.2J	≤1.2J	≥1.2J	≥3.00

Աղյուսակ 4.5. Աղբյուրների փոփոխական դասերն ըստ աստղային մեծության տարբերության և հարաբերականության մեթոդի [95]։

Աղյուսակ 4.5-ում ΔB և ΔR առկա սահմանային արժեքները վերցրել ենք օգտվելով նրանց՝ ըստ աղբյուրների քանակի, բաշխումից (նկար 4.3)։ Նկար 4.3-ից երևում է, որ կապույտ (ΔB) և կարմիր (ΔR) գույներում գրաֆիկի բաշխման մեջ մենք ունենք կոտրվածքներ 0.75-ի, 1.25-ի և 1.75 վրա։ <ենց այդ արժեքներն էլ վերցրել ենք տարբերությամբ դասակարգման համար որպես սահմանային արժեքներ։ Իսկ հարաբերության համար (B_r և R_r) հայտնի են ստանդարտ արժեքներ, որ օրինակ, եթե աստղային մեծության տարբերությունն եռապատիկ կամ ավել անգամ մեծ է իր սխալանքից, ապա այդ աղբյուրներն ամենուժեղ փոփոխականներն են։



Նկար 4.3. Δ*B-ի և ΔR-ի բաշխումն ըստ աղբյուրների քանակի* [95]։

Օգտվելով աղյուսակ 4.5-ից և նկար 4.3-ից առանձնացրել ենք բլազարներն ըստ մեր ընտրված չափանիշներով օպտիկական փոփոխականության դասերի։ Ըստ այդ դասերի բլազարների քանակը ներկայացված են աղյուսակ 4.6-ում։

Դաս		ΔB	B _r	$\Delta \boldsymbol{R}$	R _r
1-ին դաս	թույլ փոփոխականներ	428	576	419	639
2-րդ դաս	միջին փոփոխականներ	88	562	96	574
3-րդ դաս	ուժեղ փոփոխականներ	71	248	83	217
Ընդհանուր		587	1386	598	1430
Ընդհանուր			21	21	

Աղյուսակ 4.6. *Օպտիկական փոփոխականություն ունեցող բլազարների քանակը [95]*։

Արդյունքում, 3561-ից բլազարներից 2121-ն որևէ գույնում և որևէ մեթոդով ունեն օպտիկական փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար։

Այսպիսով մենք ունենք 4 դասեր՝ 2 կապույտ և 2 կարմիր տիրությում (տարբերության և հարաբերական մեթոդներով), որոնց միջոցով առանձնացրել ենք օպտիկական փոփոխականություն ունեցող աղբյուրները։ Հաշվի առնելով այս դասերը, մենք դիտարկել ենք ընդհանուր դաս և ելնելով այդ ընդհանուր դասից տվել ենք գնահատական տվյալ աղբյուրի փոփոխականության վերաբերյալ (մանրամասն բացատրությունը տրված է՝ ռադիո փոփոխական աղբյուրի օպտիկական փոփոխանության բաժնում, գլուխ 3)։

Ընդհանուր դաս (բոլոր հնարավոր կոնֆիգուրացիաները)	Փոփոխական աղբյուրների քանակը	Ընդիանուր քանակը	Մեկնաբանություն	
3333 3332 3322, 3331	23 10 18	51	Ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականներ	
3330, 3321, 3222 3221, 3311, 2222 3310, 3220, 3211	23 42 61	126	Ուժեղ փոփոխականներ	
3300, 3210, 3111, 22203200, 3110, 2210, 21112200, 2110, 1111	122 118 243	483	Միջին փոփոխականներ	
3000, 2100, 1110 2000, 1100 1000	299 670 492	1461	Թույլ փոփոխականներ	

Ընդհանուր	2121

Աղյուսակ 4.7. *Օպտիկական փոփականություն ունեցող բլազարների քանակն ըստ* ընդհանուր դասի [95]։

Արդյունքում մենք ունենք 2121 փոփոխական ռադիո աղբյուր, որոնք ունեն օպտիկական փոփոխականություն որևէ գույնում POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար [95]։ Աղյուսակ 4.8-ում (էջ 65), որպես օրինակ, բերված 10 օպտիկական փոփոխականություն ունեցող բլազարների տվյալները (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում՝ J/AN/340/437/table8 համարի տակ)։

Աղյուսակ 4.7-ում բերված են այդ աղբյուրի նոր դասերն ըստ օպտիկական փոփոխականության և, ինչպես երևում է աղյուսակից, ունենք 51 «ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն» և 121 «ուժեղ փոփոխականություն» ունեցող աղբյուրներ (ընդհանուր՝ 177 բլազար)։ Այն աղբյուրները, որոնք որևէ գույնում չունեն փոփոխականություն, մենք նշանակել ենք «Օ» դասի տակ։ Աղյուսակ 4.9-ում բերված են այդ «ծայրահեղ և ուժեղ փոփոխականություն» ունեցող աղբյուրների դասերը։

0,,,,,,	Ծայրահեղ	Ուժեղ	Otinhuitinin
rwu	փոփոխականներ	փոփոխականներ	Հնդրանուր
BZB	7 (13 %)	43 (43 %)	50 (28 %)
BZG	5 (10 %)	16 (13 %)	21 (12 %)
BZQ	34 (67 %)	61 (48 %)	95 (54 %)
BZU	5 (10 %)	6 (5 %)	11 (6 %)
Ընդիանուր	51 (100 %)	126 (100 %)	177 (100 %)

Աղյուսակ 4.9. «Ծայրահեղ և ուժեղ փոփոխականություն» ունեցող բլազարներ [95]։

Աղյուսակ 4.10 բերված է բոլոր 2121 օպտիկական փոփոխականություն ունեցող բլազարների քանակն ըստ իրենց դասի։

Դաս	Քանակ	%-ը բլազարների յուրաքանչյուր
		դասի ընդհանուր թվից
BZB	681 (32 %)	59 %
BZG	192 (9 %)	70 %
BZQ	1118 (53 %)	59 %

BZU	130 (6 %)	57 %
Ընդհանուր	2121 (100 %)	60 %

Աղյուսակ 4.10	. Փոփոխական	բլազարների	քանակը [95].
---------------	-------------	------------	--------------

Ժամանակակից աստղագիտության մեջ մեծ հետաքրքրություն է իրենից ներկայացնում Gaia DR2 շրջահայությունը, որը տալիս է որոշակի ինֆորմացիա աղբյուրների փոփոխականության վերաբերյալ պայմանական կարճ ժամանակահատվածի համար (POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համեմատ) [104]։ Մենք կատարել ենք բոլոր բլազարների խաչաձև նույնացում Gaia DR2-ի հետ և արդյունքում ունենք 3318 (93 %) նույնացում, որոնցից միայն ըստ Gaia DR2-ի միայն փոփոխական են երեք աղբյուր՝ 5BZBJ0615-3117, 5BZBJ1233-0144 և 5BZQJ1415+0832։ Այս աղբյուրներից երկուսը՝ 5BZBJ0615-3117 և 5BZBJ1233-0144 նաև փոփոխական են POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանում։

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		R	M (R)	L	B1	B1	R1	R1	B2	B2	R2	R2	ΔB	ΔR			Vr.
Source	Redshift	mag	abs.	x 10 ⁴³	Best	mag	mag	B	R	cat.							
name	Reasinit		mag	(erg/s)	(mag)	error	(mag)	error	(mag)	error	(mag)	error			D_r	n _r	
						(mag)		(mag)		(mag)		(mag)					
5BZQJ0001-1551	2.044	18.1	-24.10	142.73	17.60	0.38	17.90	0.22	18.41	0.00	18.14	0.04	-0.31	-0.56	2.17	0.89	0020
5BZQJ0001+1914	3.1	21.6	-20.07	3.49	21.74	0.39	20.00	0.00	21.37	0.18	20.45	0.05	-1.32	0.28	0.66	8.09	0101
5BZBJ0001-0746	-	17.9	-	-	16.47	0.03	16.01	0.32	17.99	0.15	17.62	0.43	0.99	-0.64	8.67	2.14	2032
5BZBJ0001-0011	0.462	19.6	-	-	19.71	0.34	18.75	0.23	20.44	0.18	19.24	0.04	-0.82	-0.34	1.42	1.77	0001
5BZBJ0004-1148	-	18.8	-	-	18.61	0.11	18.53	0.25	17.93	0.00	19.07	0.02	0.37	-0.28	6.49	1.97	1011
5BZQJ0004+4615	1.81	20.4	-21.76	16.61	20.50	0.00	16.90	0.00	20.76	0.23	20.35	0.10	-0.42	3.16	1.13	36.26	0303
5BZQJ0004+2019	0.677	21.6	-19.68	2.45	21.70	0.33	20.00	0.00	21.12	0.31	20.15	0.10	-1.34	-0.15	0.91	1.50	0001
5BZQJ0005-1648	0.78	18.4	-23.00	51.88	16.66	0.25	16.28	0.20	18.00	0.11	18.17	0.21	0.29	0.67	3.82	4.65	1133
5BZBJ0006-0623	0.347	17.9	-22.39	29.66	19.13	0.02	17.83	0.04	19.40	0.68	17.28	0.14	-1.86	0.03	0.38	3.15	0001
5BZGJ0006+1051	0.168	15.6	-23.35	71.91	18.02	0.51	14.74	0.07	15.49	0.59	14.19	0.50	-0.74	-1.15	2.32	0.96	0020

Աղյուսակ 4.8. 2121 օպտիկական փոփոխականաություն բլազարներից 10 աղբյուրի համար տվյալներ (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում՝ J/AN/340/437/table8 համարի տակ) [95]։

1 սյունակ՝ աղբյուրի անուն, 2 սյունակ՝ կարմիր շեղում, 3 սյունակ՝ R գույնում տեսանելի աստղային մեծություն, 4 սյունակ՝ R գույնում բացարձակ աստղային մեծություն, 5 սյունակ՝ լուսատվություն, 6-13 սյունակներ՝ կապույտ և կարմիր գույներում գնահատված լավագույն աստղային մեծություններն ու սխալանքներն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանում, 14 և 15 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխության շեղումը եռապատիկ սխալանքից, 16 և 17 սյունակ՝ համապատասխանաբար կապույտ և կարմիր գույներում աստղային մեծությունների փոփոխություն հարաբերությունը սխալանքից, 18 սյունակ՝ օպտիկական փոփոխականության ընդհանուր դաս։

4.4. ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ

Այս աշխատանքը կատարվել է 2019 թվականին Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանում՝ Ա.Միքայելյանի ղեկավարած խմբում, և տպագրվել է «Astronomische Nachrichten (Astronomical Notes)» ամսագրում [95]։ Խնդրի հիմնական նպատակն է եղել դուրս բերել, եղած արխիվային տվյալների հիման վրա, օպտիկական փոփոխականություն ունեցող բլազարները POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար։ Մեր աշխատանքը համեմատել ենք նաև 2014 թվականին Հովատայի և այլոց կողմից (Hovatta et al.) կատարված աշխատանքի հետ [105]։ Նա ուսումնասիրել է գամմա տիրույթում 714 և 1244 տարբեր մեթոդներով առանձնացված բլազարների օպտիկական փոփոխականությունը։ Համեմատելով մեր օպտիկական փոփոխականություն ունեցող բյազարների հետ ունենք 704 համընկնում։

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները հետևյալն են՝

- Բոլոր բլազարներն ունեն ռադիո հոսքեր տարբեր ռադիո հաճախականություններում։
- Գնահատվել են բացարձակ աստղային մեծությունները և լուսատվությունները բլազարների 4.1 և 4.4 բանաձևերի միջոցով: Արդյունքում աղյուսակ 4.2 բերված են այդ արժեքների տիրույթը և նրանց միջին արժեքները տարբեր տարատեսակ բլազարների համար՝ $\overline{M_{BZB}} = -22.19$, $\overline{M_{BZG}} = -22.44$, $\overline{M_{BZQ}} = -22.97$, $\overline{M_{BZU}} = -22.42$, $\overline{M_{All}} = -22.78$, $M_{BZB}(range) = -18.43 \div -26.52$, $M_{BZG}(range) = -18.74 \div -27.24$, $M_{BZQ}(range) = -16.09 \div -28.26$, $M_{BZU}(range) = -17.00 \div -27.73$, $M_{All}(range) = -16.09 \div -28.26$, $\overline{L_{BZB}} = 5.05 \times 10^{44} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $\overline{L_{BZG}} = 1.12 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $\overline{L_{BZQ}} = 1.10 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $\overline{L_{BZU}} = 1.14 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $\overline{L_{BZG}} = 1.020 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $L_{BZB}(range) = 7.72 \times 10^{42} \div 1.33 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $L_{BZG}(range) = 1.03 \times 10^{43} \div 2.57 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$, $L_{BZQ}(range) = 8.92 \times 10^{41} \div 6.62 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}$,

 $L_{BZU}(range) = 2.07 \times 10^{42} \div 2.91 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ L_{All}(range) = 8.92 \times 10^{41} \div 6.62 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}:$

- Նկար 4.2-ում կառուցված է բացարձակ աստղային մեծության կապը կարմիր շեղումից։ Նկարից երևում է, որ հիմնականում նկատվում է երեք առանձնացված տիրույթ՝ BZB, BZQ և BZG։ Չնայած այդ առանձնացումների, այդ տիրույթներն ունեն իրար հետ որոշակի համընկումներ։
- Օգտագործելով մի շարք շրջահայություններ POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար (APM [82], USNO A2.0) [83], USNO B1.0 [84] և GSC 2.3.2 [85]) ցույց ենք բյազարների 60%-n (2121 բլազար) ունեն օպտիկական տվել, np փոփոխականություն (աղյուսակ 4.10)։ Աղյուսակ 4.10 բերված են այդ բյազարների դասերը։ Մնացած 40%-ը կամ չունեն բավարար տվյայներ POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանի համար կամ փոփոխական չեն օպտիկական տիրույթում։ Արդյունքում կապույտ և կարմիր գույներում բյազարների փոփոխման տիրույթի hամար ստացել ենք՝ $\Delta B(\text{mag}) = 0.1 \div 5.60$, $\overline{\Delta B(\text{mag})} = 0.65$, $\Delta R(\text{mag}) = 0.1 \div$ 6.94, $\overline{\Delta R(\text{mag})} = 0.72$: իարաբերության մեթոդով Իսկ առանձնազված niutup' $B_r(range) = 1.50 \div 357, \ \overline{B_r} = 5.71, \ R_r(range) =$ արժեքների համար $1.50 \div 563, \ \overline{R_r} = 6.92$:
- Առանձնացվել են (աղյուսակ 4.7) 51 «ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն» և 121 «ուժեղ փոփոխականություն» ունեցող աղբյուրներ (ընդհանուր՝ 177 բլազար), որոնց դասերը տրված են աղյուսակ 4.9-ում։
- Օգտագործելով մի շարք ռենտգենյան և գամմա շրջահայություններ (XMM [77], ROSAT [76], Chandra [75], INTEGRAL [106] և FERMI [107]) մենք ստացել ենք, որ 63% բլազարներն ակտիվ են ռենտգենյան տիրույթում, իսկ 28%՝ գամմա տիրույթում։

<ետագա մեր աշխատանքներում, այս աղբյուրների համար ունենալով տվյալներ էլեկտրամագնիսական ալիքների բոլոր տիրույթներում, մենք պատրաստվում ենք անդրադառնալ մի շարք խնդիրների, մասնավորապես՝

- Կատարել բլազարների օպտիկական հավաստի դասակարգումներ օգտվելով SDSS [74] շրջահայության տվյալներից։
- Ստեղծել ծրագիր, որի միջոցով հնարավոր լինի արագ կառուցել այս աղբյուրների էներգիայի սպեկտրային բաշխումը (Spectral Energy Distribution, SED) էլեկտրամագնիսական ալիքների ամբողջ տիրույթում։

- Ունենալով ռենտգենյան, գամմա ((XMM [77], ROSAT [76], Chandra [75], INTEGRAL [106] և FERMI [107]), օպտիկական (SDSS [74]) և ռադիո ճառագայթման տվյալները (FIRST [53], NVSS [52], GB6 [55]), փորձել հասկանալ թե այդ հոսքերը ինչպես են կապված իրար հետ։
- Կատարել բլազարների բազմալիքային ուսումնասիրություններ։
- Դուրս բերել բլազարների ընդհանուր հատկությունները։

5. ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԲՆՈՒՅԹԸ ՌԱԴԻՈ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ 5.1 ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԸՆՏՐԱՆՔԸ

Ակտիվ միջուկով գալակտիկաները, ինչպես վերը նշվել էր (ներածության մեջ, գլուխ 1), բաժանվում են մի քանի դասի՝ ռադիո գալակտիկաներ, Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներ, քվազարներ, բլազարներ, լայներներ և այլ։ Ակտիվ գալակտիկաների կարևորագույն ռադիո հատկություններից մեկը նրանց ռադիո սպեկտրային ինդեքսն է [108, 109], որը բնութագրում է աղբյուրի էներգիայի սպեկտրային բաշխման (Spectral Energy Distribution, SED) թեքվածությունն էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո տիրույթում [110]։

Մի շարք աստղագետներ կատարել են տարբեր մեթոդներով ուսումնասիրություններ և դուրս են բերել այդ աղբյուրների ռադիո սպեկտրային ինդեքսները։ Այդ աշխատանքերից կարևորագույներն և վերջին տարիներին կատարվածներն են՝

- 2019 թվականին Տիվարիի (Tiwari) կողմից գնահատվեցին NVSS [52] և TGSS (TIFR GMRT Sky Survey) [111] շրջահայություններից մոտ կես միլիոն ընդհանուր աղբյուրների ռադիո սպեկտրային ինդեքսները [112]։
- 2019 թվականին Հայաչեկի և այլոց (Zajaček et al.) կողմից գնահատվեց և դուրս բերվեց մի շարք ակտիվ գալակտիկաների ռադիո սպեկտրային ինդեքսների բաշխումը [113]:
- 2017 թվականին Գասպերինի և այլոց (F. de Gasperin et al.) կողմից հրատարակվեց մի կատալոգ, որը պարունակում էր մի շարք ակտիվ միջուկով գալակտիկաների ռադիո սպեկտային ինդեքսները [114]:
- 2017 թվականին Կոպպեջանսի և այլոց (Coppejans et al.) կողմից ներկայացվեց ութ աղբյուրների (z>4.5) բազմալիքային ուսումնասիրությունները, որը կատարվել էր Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT) v<1 GHz VLBI ինտերֆերաչափի վրա [115]:

- 2013 և 2014 թվականներին Լայնգի և Բրայդլի (Laing and Bridle) կողմից կառուցվել է տասնմեկ FR1 [36] ռադիոգալակտիկաների ռադիոսպեկտրներն օգտվելով Very Large Array (VLA) դիտակից [116, 117]:
- 2014 թվականին Աբրահամյանի և այլոց (Abrahamyan et al.) կողմից ուսումնասիրվել են 26 ռադիո աղբյուրներ 7C II [43] տիրույթից և գնահատվել են նրանց ռադիո սպեկտրային ինդեքսները [118]։

Այս աշխատանքում մենք ուսումնասիրել ենք 198 ակտիվ գալակտիկաներ, որոնք ունեն ակտիվություն էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո տիրույթում։

Որպեսզի հասկանանք ակտիվ միջուկով գալակտիկաների ռադիո և օպտիկական հատկությունները, մենք դիտարկել ենք VCV-13 (The Catalogue of Quasars and Active Nuclei, 13th version) կատալոգը [86]։ Այս կատալոգը պարունակում է՝ 133336 քվազար, 1374 բլազարներ և 34231 ակտիվ գալակտիկաներ (ներառյալ 16517 Seyfert 1.0)։ Մեր ուսումնասիրման համար մենք դիտարկել ենք 34231 ակտիվ գալակտիկաները, որոնց մասին մանրամասն տեղեկատվությունը տրված է աղյուսակ 5.1-ում։

Ակտիվության դասը	Քանակը
Seyfert (Sy)	23258
LINER	907
HII	167
Unknown (Unk.)	9899
Ընդիանուր	34231

Աղյուսակ 5.1. *Ակտիվ գալակտիկաների դասակարգումները VCV-13 կատալոգից [110]։*

VCV-13 կատալոգը իրատարակվել է Վերոն-Սետիի և Վերոնի կողմից 2010 թվականին [86]։ Այն պարունակում է մինչ 2010 թվականը հայտնաբերված բոլոր քվազարները, բլազարները և ակտիվ գալակտիկաները։ Դրանից հետո նմանատիպ կատալոգ, որում առկա են հավաքագրված ակտիվ գալակտիկաները չի հրատարակվել։ 2019 թվականին Սուշեի և այլոց (Souchay et al.) կողմից հրատարակվեց LQAC-5 (Large Quasar Astrometric Catalogue 5, LQAC-5) կատալոգը, որը պարունակում էր VCV-13 կատալոգի բոլոր աղբյուրները։ Այս կատալոգում հեղինակներն ավելացնում էին միայն նոր քվազարների տվյալներ։ Այսինքն, ակտիվ միջուկով գալակտիկաների հավաքագրված թիվը մինչև այժմ մնում 34321 [119]։ Աշխատանքի համար ընտրվել այն աղբյուրները, որոնց տեսանելի աստղային մեծություններն ընկած են 12^m մինչև 19^m միջակայքում։ Հաջորդ քայլով, ընտրված աղբյուրները մեր ծրագրի միջոցով (գլուխ 2 [60, 61]) նույնացրել ենք հետևյալ ռադիո շրջահայությունների հետ՝ FIRST [53], NVSS [52], 87GB [54], GB6 [55], 3C [44], 4C [45], 7C [43], 8C [40], 9C [57,58], 10C [59], SUMSS [51], WISH [48], WENSS [47], Molonglo Reference Catalogue of Radio Sources [50], Texas Survey of radio sources at 365 MHz [49], Miyun 232 MHz survey [46], CLASS survey of radio sources [56], 74 MHz VLA Low-frequency Sky Survey Redux [41] և The GMRT 150 MHz all-sky radio survey [42]։ Այս բոլոր շրջահայությունների մասին մանրամասն տեղեկատվությունը տրված է ներածության մեջ (գլուխ 1), որ ընդգրկում է 38 Մ<g-ից մինչև 15.7 Գ<g հաճախականությունը։

Արդյունքում մենք ունեն 4437 աղբյուր, որոնք ակտիվություն են դրսևորում էլեկտրամագնիսական ալիքների ռադիո տիրույթում (աղյուսակ 5.2)։

Ռադիո կատալոգների քանակը,	
որոնց հեպ աղբյուրներն ունեն	Նույնացումների քանակը
նույնացումներ	
10	6
9	10
8	33
7	58
6	91
5	116
4	139
3	361
2	629
1	2994
Ընդիանուր	4437

Աղյուսակ 5.2. Ակտիվ գալակտիկաների նույնացումների քանակը [110]։

Ինչպես երևում է աղյուսակից 5.2-ից 4437 աղբյուրներն ունեն ռադիո հոսքեր 1-ից 10 տարբեր հաճախականություններում։ Մեր ուսումնասիրության համար մենք վեցրել ենք այն աղբյուրները, որոնք ունեն ռադիո հոսքեր ամենաքիչը 6 հաճախականությունում։ Այդ աղբյուրների քանակը 198 է։

5.2 ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Մինչ ռադիո հատկություններին անցնելը, մենք կատարել ենք 198 ակտիվ գալակտիկաների դասակարգում և վերադասակարգում օգտվելով SDSS DR15 [74] շրջահայության սպեկտրներից [120]։ Այդ գալակտիկաների նախնական դասակարգման վերաբերյալ տեղեկատվությունը տրված է աղյուսակի 5.3-ում, որոնք վերցված են հետևյալ կատալոգներից և տվյալների բազայից՝ VCV-13 [86], BZCAT [87], NED [92] և SDSS [74]:

Ակտիվության դասը	Քանակը	Snynun		
Seyfert	157	79.4 %		
LINER	25	12.6 %		
HII	4	2.0 %		
AGN	8	4.0 %		
Unknown	4	2.0 %		
Ընդիանուր	198	100 %		

Աղյուսակ 5.3 *198 ակտիվ գալակտիկաների դասակարգումները VCV-13, BZCAT, NED* և SDSS-ից [110]։

Օգտվելով SDSS DR 15 [74] շրջահայությունից, այս 198 ակտիվ գալակտիկաներից միայն 96-ի համար են առկա սպեկտրները։ Այդ 96 ակտիվ գալակտիկանրի համար կատարվել է դասակարգում և վերադասակարգում։ Աղյուսակ 5.4 բերված են այդ աղբյուրների նախնական դասակարգումները։

Ակտիվության դասը	Քանակը	Snynun		
Seyfert	76	79.1 %		
LINER	8	8.3 %		
HII	2	2.1 %		
AGN	6	6.3 %		
Unknown	4	4.2 %		
Ընդիանուր	96	100 %		
Աղյուսակ 5.4. *96 ակտիվ գալակտիկաների դասակարգումները՝ VCV-13*, BZCAT, NED և SDSS-ից [120]։

Այս աշխատանքում, դասակարգման համար օգտագործել ենք մի շարք մեթոդներ [120]՝

- Սպեկտրի դիտարկում աչքով (հաշվի է առնվում սպեկտրի որոշ նրբություններ և էֆեկտներ)։
- Դիագնոստիկական դիագրամով, օգտագործվել են սպեկտրում առկա գծերի [OIII]/H_β և [OI]/H_α հարաբերությունները [121]:
- Դիագնոստիկական դիագրամով, օգտագործվել են սպեկտրում առկա գծերի [OIII]/H_β և [NII]/H_α hարաբերությունները [121]:
- Դիագնոստիկական դիագրամով, օգտագործվել են սպեկտրում առկա գծերի
 [OIII]/H_β և [SII]/H_α հարաբերությունները [121]:

Սպեկտրի դիտարկումն աչքով կատարվել է ոչ միայն սպեկտրի nnn₂ նրբություններ և էֆեկտներ հաշվի առնելու համար, այլ նաև ուղղակի աղբյուրների դասակարգման համար, քանի որ որոշ դեպքերում բազակալում են անհրաժեշտ դիագնոստիկական դիագրամաների սպեկտրի գծերը համար։ Բազի ալդ դիագնոստիկական դիագրամաներով հնարավոր չէ դիտարկել այն սպեկտրները, որոնց առաքման գծերում առկա է լայն բաղադրիչ, որը կարևոր նշանակություն կարող է ունենալ Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաների 1.0-1.9 ենթադասերի դասակարգման իամար։ Դիագնոստիկական դիագրամների միջոզով մենք առանձնացնում ենք Սեյֆերտի տիպի գայակտիկաների Լայներներից հետևյալ կերպ՝ [OIII]/ $H_{\beta} > 4$, AGN-երր HII-hg' [*NII*]/ $H_{\alpha} > 2/3$ L [OI]/ $H_{\alpha} > 0.1$ [120]:

Նկար 5.1-ում բերված են մեր դիտարկվող ակտիվ գալակտիկաների տարբեր դասերի սպեկտրների օրինակներ (դասակարգումից հետո) [120]։







Նկար 5.1. Ուսումնասիրվող գալակտիկաների տարբեր ակտիվության դասերի սպեկտրների օրինակներ SDSS DR15 շրջահայությունից [120]։



Օգտագործելով սպեկտրի տվյալները կառուցվել է դիագնոստիկական դիագրամներն ուսումնասիրվող ակտիվ գալակտիկաների համար (նկար 5.2)։

Նկար 5.2. *Դիագնոստիկական դիագրամներ ակտիվ գալակտիկաների համար [120]*։

Ուսումնասիրվող աղբյուրների մոտ նկատվում են հետևյալ ակտիվության դասերը՝ Sy1.0, NLS1.0, Sy1.2, NLS1.2, Sy1.5, NLS1.5, Sy1.8, Sy1.9, Sy2.0, LINER, HII, Composite (բաղադրյալ), AGN, Em և Abs, որոնց նկարագրությունները բերված են ստորև [122, 123, 124, 125, 126]՝

 Sy 1.0 – լայն սպեկտրային գծերով Սեյֆերտ 1։ Այս դասի աղբուրները սպեկտրում ունեն թույլատրված լայն բալմերյան HI գծեր և արգելված նեղ գծեր։ Սպեկտրում ջրածնի նեղ գծերն ամբողջությամբ կորչում են ուժեղ լայն գծերի բաղադրիչներում։ Այս աղբյուրները ֆիզիկապես նույն քվազարներն են, բայց ունեն ցածր լուսատվություն ($M_{abs}>-23$) [127] և սպեկտրալ գծերում՝ $H_{eta}/[0111]5007>5$ [128]։

- NLS 1.0 նեղ սպեկտրային գծերով Սեյֆերտ 1։ Այս դասի աղբուրները բնորոշվում են «փափուկ» ռենտգենյան ճառագայթմամբ, թույլատրված սպեկտրային գծերը հարաբերական նեղ են (~2000 կմ/վ) և իրենց լայնությամբ շատ քիչ են գերազանցում արգելված գծերին։ Նրանց սպեկտրում առկա են երկաթի տարբեր առաքման գծեր՝ Fel, Fell, Fell, ինչպես նաև ավելի բարձր իոնիզացմամբ գծեր՝ [FeVII] և [FeX] [129]:
- **Sy 1.2** ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ են, որոնք համարվում են միջանկյալ դաս դասական Sy 1 և Sy 2 գալակտիկաների միջև։ Այս դասի աղբյուրների սպեկտրում առկա են թույլատրված և' լայն և' նեղ գծերի բաղադրիչներ (մասնավորապես՝ H_{α} և H_{β} գծերը [127]), բայց լայն գծերն ավելի ուժեղ են և $2.0 < H_{\beta}/[OIII]5007 < 5.0$ [128]:
- NLS 1.2 նեղ սպեկտային գծերով Sy 1.2: Այս դասի աղբուրները բնորոշվում են «փափուկ» ռենտգենյան ճառագայթմամբ, թույլատրված սպեկտրային գծերը հարաբերական նեղ են (~2000 կմ/վ) և իրենց լայնությամբ շատ քիչ են գերազանցում արգելված գծերին։ Նրանց սպեկտրում առկա են երկաթի տարբեր առաքման գծեր՝ Fel, Fell, Fell և հաճախ ավելի բարձր իոնացման գծեր՝ [FeVII] և [FeX], ինչպես նաև այլ առաքման գծեր [129]։
- Sy 1.5 ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ են, որոնք համարվում են միջանկյալ դաս դասական Sy 1 և Sy 2 գալակտիկաների միջև։ Այս դասի աղբյուրների սպեկտրում առկա են գրեթե նույն ինտեսնիվության ջրածնի Բալմերյան սերիայի գծեր [127], բայց 0.333 < H_β/[OIII]5007 < 2.0 [128]։ Այս դասի սպեկտրում նեղ և լայն գծերի բաղադրիչների ինտեսիվությունը գրեթե նույնն է։
- NLS 1.5 նեղ սպեկտային գծերով Sy 1.5: Այս դասի աղբուրները բնորոշվում են «փափուկ» ռենտգենյան ճառագայթմամբ, թույլատրված սպեկտրային գծերը հարաբերական նեղ են (~2000 կմ/վ) և իրենց լայնությամբ շատ քիչ են գերազանցում արգելված գծերին։ Նրանց սպեկտրում առկա են երկաթի տարբեր առաքման գծեր՝ Fel, Fell, Fell և հաճախ ավելի բարձր իոնացման գծեր՝ [FeVII] և [FeX], ինչպես նաև այլ առաքման գծեր [129]:
- Sy 1.8 ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ են, որոնք համարվում են միջանկյալ դաս դասական Sy 1 և Sy 2 գալակտիկաների միջև։ Այս դասի աղբյուրների սպեկտրում առկա են հարաբերական թույլ լայն H_α և H_β գծերի բաղադրիչներ,

որոնց վրա վերադրված ավելի ուժեղ նեղ գծերի բաղադրիչներ և *Η_β*/[OIII]5007 < 0.333 [128]։

- **Sy 1.9** ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ են, որոնք համարվում են միջանկյալ դաս դասական Sy 1 և Sy 2 գալակտիկաների միջև։ Այս դասի աղբյուրների սպեկտրում առկա են հարաբերական թույլ լայն H_{α} գծի բաղադրիչ, որի վրա վերադրված ավելի ուժեղ նեղ գծի բաղադրիչ։ H_{β} գծի համար լայն բաղադրիչ չի դիտվում [127] և H_{β} /[OIII]5007 < 0.333 [128]:
- Sy 2.0 ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ են, որոնց սպեկտրում առկա են հիմնականում հարաբերական նեղ (Sy 1.0 հետ համեմատ) թույլատրված Բալմերյան սերիայի և արգելված գծեր միևնույն FWHM-ով՝ 300-ից 1000 կմ/վ տիրույթում։ Սպեկտրալ գծի լայն բաղադրիչն ընդհանրապես բացակայում է և [OIII]5007/H_β ≥ 3, որը հնարավորություն է տալիս տարբերակել այս դասը Sy 1n և NLS 1 դասերից [129]:
- ΗΙΙ արտագալակտիկական ΗΙΙ տիրույթներ։ Այս դասի սպեկտրները նման են SB (StarBurst) սպեկտրներին, որոնք ունեն ուժեղ նեղ (FWHM≤300 կմ/վ) առաքման գծեր, բայց նրանց համար՝ [OIII]5007/*H_β* ≥ 3 և [*NII*]6583/*H_β* < 0.6 անընդհատ սպեկտրի կապույտ մասի հետ համատեղ [129, 131]։ Բայց ի տարբերություն HII, SB (StarBurst) դասակարգման համար անհրաժեշտ է ունենալ աստղառաջացման արագությունը։
- Composite (բաղադրյալ) օբյեկտներ, որոնց սպեկտրներում առկա են մի քանի տարբեր դասերի հատկություններ՝ HII և LINER կամ HII և Sy կամ LINER և Sy, որոշ դեպքերում նաև թվարկած բոլոր 3 դասերի հատկություները միաժամանակ [132]։ Նախկինում այս տիպի գալակտիկաները դասակարգում էին որպես գալակտիկաներ «անցումային» (transition) սպեկտրով։

- AGN աղբյուրներ, որոնց սպեկտրներն հարաբերական ցածր որակի են, որոնցում առկա են մի քանի առաքման գծեր, մասնավորապես՝ H_α և NII, և որոնց հարաբերությունը (*NII*/H_α) բնորոշ է AGN-երին (Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներին և լայներներին)։ Չնայած, լայներների ճառագայթումը պարտադիր չէ կախված լինի միջուկի ճառագայթումից, այնուհանդերձ այն բավարար է «կոպիտ» դասակարգման համար [132]։
- Em աղբյուրներ, որոնց սպեկտրները հարաբերական ցածր որակի են, որոնցում առկա են մի քանի առաքման գծեր և որոնցով չի կարելի կատարել ճշգրիտ դասակարգում։ Սովորաբար այս օբյեկտների սպեկտրներն ունեն ուժեղ աստղային կոմպոնենտ (անհընդատ սպեկտր կլանման գծերով) և առաքման գծերը շատ դժվար տարբերակել [131]։
- Abs օբյեկտներ, որոնց անընդհատ սպեկտրում առկա են միայն կլանման գծեր։ <իմնականում, սպեկտրում շատ վառ արտահայտված երևում են հետևյալ աստղային գծերը՝ MgII 5175, NaI 5890-96, ինչպես նաև Բալմերյան սերիայի գծերը։ Ենթակարմիր, ռադիո և ռենգենյան ճառագայթում ունեցող աղբյուրները նաև հաճախ կարող են հանդիսանալ որպես «թաքնված» AGN-եր։

Աղյուսակ 5.5-ում բերված է 96 ակտիվ գալակտիկաների հին և նոր (մեր կողմից կատարված) դասակարգումների մասին տեղեկատվություն։

	VCV	/-13			Դասակարգում					
Ν	RAJ2000	DEJ2000	u	g	r	i	z	Կարմիր	C 1-5	1
	deg	deg	mag	mag	mag	mag	mag	շեղում	Հրս	սոր
1	7.139167	0.919444	19.528	17.879	17.214	16.808	16.66	0.10429	Sy2	Sy2.0/LINER
2	15.523750	14.723611	20.125	18.334	17.166	16.654	16.296	0.18817	Sy2	Sy2.0/LINER
3	25.579167	13.462778	18.578	18.249	17.867	17.775	17.338	0.26685	Sy1	Sy1.5
4	27.067917	00.329167	18.492	16.909	16.009	15.526	15.212	0.092	Sy1	Sy1.9/LINER
5	117.150833	24.006667	19.792	19.188	18.558	18.15	18.153	0.40972	BZQ	Em
6	118.184167	45.949444	17.154	15.372	14.429	13.946	13.608	0.05145	Sy1.9	Sy1.9/LINER
7	121.395833	24.164167	18.118	16.231	15.371	14.879	14.563	0.05968	Sy2	LINER
8	123.349167	07.568056	18.754	16.759	15.735	15.204	14.863	0.11239	Sy1	LINER
9	124.480000	31.473889	19.412	17.627	16.805	16.28	16.007	0.12376	-	Sy2.0/LINER
10	125.390417	47.043333	19.315	17.859	16.894	16.37	16.095	0.12825	Sy1	Sy1.5/LINER
11	125.539583	47.098056	18.429	17.207	15.683	15.135	14.852	0.12708	Sy1.5	LINER
12	125.752083	6.891667	18.994	18.742	18.347	18.091	17.818	0.25224	Sy1	NLS1.8
13	129.470000	44.840556	20.307	18.498	17.144	16.615	16.309	0.20657	Sy2	Sy2.0
14	135.224167	38.937778	21.701	19.733	18.416	18.003	17.703	0.22828	AGN	Sy2.0
15	135.272083	29.029444	20.488	18.639	17.629	17.193	16.923	0.19405	Sy2	LINER
16	137.891250	44.380556	18.571	18.412	17.918	17.68	17.134	0.29753	Sy1	Sy1.2
18	138.006667	53.343333	19.102	16.964	15.939	15.495	15.2	0.10173	Sy2/BZG	LINER
19	140.285833	45.649444	19.299	17.905	16.805	16.285	16.101	0.17456	Sy1.9	Sy1.9/LINER
20	143.965417	61.353333	16.584	14.887	14.081	13.594	13.143	0.03939	Sy1	LINER
21	144.970000	35.899444	19.414	17.872	16.763	16.337	16.119	0.13657	Sy2	Sy2.0/LINER
22	145.015833	51.072500	20.531	18.871	17.632	17.058	16.75	0.20661	Sy1	LINER
23	145.350000	39.745000	18.657	17.08	16.113	15.646	15.322	0.1075	Sy2	Sy2.0
24	145.436667	57.856667	18.48	17.744	16.858	16.41	16.117	0.15855	Sy1	Sy1.8
25	146.357917	35.350833	19.074	18.324	17.633	17.34	17.209	0.20777	Sy?	Sy1.8
26	146.937917	07.422222	17.345	16.636	16.123	15.396	15.387	0.08556	Sy1.5	Sy1.5

27	148.737083	09.498611	18.145	18.054	17.698	17.819	17.183	0.29825	Sy1.5	Sy1.5
28	150.456250	28.786111	18.548	17.955	16.828	16.627	16.811	0.1849	Sv1.9	Sv1.9
29	150.493750	55.680556	13.723	12.155	11.249	10.719	10.31	0.00393	Sv2	Em
30	151 507083	34 903056	17 799	16 108	15 088	14 625	14 267	0.09936		
31	157,931250	52,426389	19 999	18,489	17.338	16,797	16,492	0.16651	AGN	Sv1.9/LINER
32	163,751667	52.033333	19.272	18,606	17,726	17.228	17,168	0.18753	AGN	Sv1.5
33	167 189583	02.044444	18 989	17 608	16 618	16 134	15 819	0 15764	Sv1/BZG	Sv1 9/LINER
34	168 636667	10 842778	20 121	18 65	17 414	16.893	16 568	0 19327	Sv1	Sv1 9
35	168 662083	32 692500	21 219	18 949	17 133	16.096	15 805	0.18758	Sv1n	NI S1 8
36	169 779167	60 075000	19 11	18 091	17.100	17 143	16.600	0 26428	Sv2	LINER
37	170 114583	58 936944	19 535	18 111	17.039	16 631	16.338	0.15875	Sv2	LINER
38	171 158750	37 377778	18 796	18 548	17.000	17.23	17 088	0.22689	Sv1	Sv1 5
39	171 494583	20.098333	18 376	17 355	16 617	16 193	15 907	0.13297	-	
40	172 131667	58 562222	13 977	13 161	12 643	12 347	12 023	0.00999	нш	HII
41	172 589167	0 972778	18 454	17 153	16 208	15 749	15 54	0.13258	Sv1 8	Sv1 9
42	172.303107	61 333611	10.454	17.133	16.200	16 347	16.096	0.13230	Sy7.0	
42	175 200000	46 368056	16.01	15.802	15 628	15 249	15 259	0.11452	Sy1/B70	NI SI 2
43	175 745000	1 906111	19 453	18 322	17 638	17 259	16 969	0.113244	Sy7/DZQ	LINER
45	175 915000	46 355556	18 508	16.322	15 382	14 895	14 578	0.13244	Sy2	
46	176 410417	44 339167	19 309	18 599	17 808	17 392	17.033	0.29974	Sy2	
40	176.842083	35 018880	17 101	15.333	1/ 589	1/.332	13 838	0.25574	Sy2/B7G	
18	178 586250	15 301380	10 1/0	18 220	17 31	16 905	16 736	0.00205	Sy2/D20	Sy1.9/LINER
40	170.00230	31 468056	10.736	18 808	18 585	17 070	17 742	0.1313	Syn	
50	179.070333	13 201380	19.230	18.056	17 582	17.373	17.742	0.41743	Sy2	
51	179.303000	45.501503	17 268	16.030	17.302	17.243	17.234	0.23033	JINED/R7R	Em
52	182 540417	54 526280	14 445	12 728	12 224	12 146	12 750	0.0033		
52	184 707017	50 428056	10 702	19 292	17 176	16 992	12.739	0.00010	 Sv2	
54	185 805000	54 151044	17 257	16.050	16 574	16 170	16.12	0.15570	Sy2	Sy2.0/111
55	186 30/167	37 733880	16.69	14 803	13 802	13 /13	13 060	0.15575	Sy1.5	
56	188 567017	50 007222	10.05	18 144	16 003	16.46	16 133	0.03323	Sy2	
57	188 626250	11 159111	19.030	18 //8	17 203	16 952	16 775	0.17240	Sy:	Sv2 0
58	193 550000	27 625556	18 477	16 544	15.613	15 157	14 871	0.08582	Sy2	
59	195 997917	3 658889	20 544	18.74	17 504	16 983	16.67	0.18392	Sy2	Sv1 9
60	197 769583	27 468611	19 976	18 692	17.304	16 989	16 708	0.10002	Sy2	зун.э Нії
61	200 555833	21 789167	17 203	16.617	16.25	15.78	15 744	0.08519	- -	Sv1 8
62	203 222083	2 012500	18 856	18 374	17 631	17.096	16 942	0.21582	Sv1	Sv1 5/LINER
63	203.656250	56 530000	18.397	18.382	18.342	18.371	17 832	0.34262	Sv1/BZ0	Sv1 2
64	204 572083	48 276111	15.78	14 429	13 836	13 443	13 115	0.02758	Sv2	HII
65	204 574167	48 277778	15 773	14 488	13 839	13 537	13 289	0.0277	LINFR	
66	205.395417	53,745278	19.325	17,723	16.673	16,182	15.864	0.14094	AGN	Sv1.9/LINER
67	205.681667	5.075833	18.52	17.367	16.432	15.987	15.648	0.13648	Sv1	LINFR
68	206.175417	55,886944	16.584	14.98	14.304	13.845	13,704	0.03734	Sv2	LINER
69	206.182500	55.050000	19,151	17,123	15,961	15.48	15,167	0.15291	AGN	Sv2.0/LINFR
70	206.438333	53.547500	18.082	17.651	17.011	16.471	16.322	0.13561	Sv1	NI S1.2
71	206.573333	62.346111	17.137	16.877	16.497	15.978	15.961	0.11618	Sv1	Sv1.5
72	208.075000	31.446111	16.857	15.056	14.125	13.615	13.261	0.04519	LINER	LINER
73	208.213333	65.686944	17.921	17.173	16.356	16.08	16.117	0.20644	Sv2	Sy2.0/HII
74	210.631667	2.262778	19.443	17.906	16.942	16.556	16.299	0.17965	Sv2.0	Sv2.0
75	218,166250	36.302500	15.445	13.564	12.485	11.975	11.545	0.01325	LINER	Em
76	220,761250	52.026944	18.549	17.572	16.671	16.104	15.901	0.14121	Sv1.5	Sv1.5/LINFR
77	222.340000	63.270556	16.118	14.281	13.523	13.118	12.859	0.04168	Sv2	LINER
78	225.914583	10.267500	19.863	17.859	16.891	16.396	16.087	0.09511	Sv2	LINER/HII
79	228.065833	2.054444	19.123	18.436	17.645	17.196	16.897	0.21985	Sy1/BZG	Sy1.9/LINER
80	228.416667	26.124167	20.004	17.872	16.83	16.394	16.013	0.10853	Sv2	Abs
81	229.167500	0.250556	17.229	15.679	14.801	14.332	14	0.05259	LINER/BZG	LINER
82	229,185417	7.021389	15.717	13.656	12.76	12.332	12.007	0.03453	Sv2	LINER
83	229,288333	33,890000	18.68	16.887	15.753	15.191	15.054	0.13515	Sv2	LINER
84	229,525833	42.745278	16.278	15.298	14.757	14.318	14.013	0.04027	LINER	HII
85	231.525417	41.670833	15.442	13.759	12.894	12.659	12.168	0.00829	LINER	LINER
86	232.425833	35,147500	18.37	18,565	18.058	17.891	16.966	0.28712	-	Sv1.2
87	233.418333	35.739167	18.63	18.515	18.228	17.777	17.783	0.15637	Sv1	Sv1.5
88	239.865417	53,515000	20.42	18.626	17.54	17.172	16.879	0.17921	Sv2	LINER
89	240.693333	52.732778	18.272	16.62	15.694	15.148	14.857	0.10569	Sv1	AGN
										1

90	241.327083	37.948056	17.308	17.192	17.063	16.829	16.932	0.20096	Sy1n/AGN	NLS1.5
91	243.582083	50.465556	17.439	15.475	14.456	14.003	13.705	0.06026	Sy2	LINER
92	244.427917	32.376111	18.249	17.498	16.81	16.072	16.119	0.151	Sy1	Sy1.5
93	250.952500	17.263333	18.704	17.272	16.138	15.647	15.245	0.163	Sy2	LINER
94	258.344167	32.941111	17.901	17.224	16.641	16.145	15.927	0.10158	Sy1	NLS1.5
95	263.099167	55.414722	18.153	16.107	15.139	14.682	14.341	0.06187	Sy?	Em
96	353.305000	0.820000	19.454	18.07	17.121	16.661	16.486	0.1699	Sy2	Sy2.0/LINER

Աղյուսակ 5.5. Տեղեկատվոթյուն 96 գալակտիկաների հին և նոր դասակարգումների

վերաբերյալ [120]։

Աղյուսակ 5.3 և 5.4-ից երևում է, որ 4 աղբյուրներ ընդհանրապես որևէ դասակարգում չեն ունեցել։ Օգտվելով SDSS DR15 [74] շրջահայության սպեկտրներից մենք առաջին անգամ կատարել ենք նրանց օպտիկական դասակարգում (աղյուսակ 5.5 և աղյուսակ 5.6)։

Illunhulnunutunuu	<ին դաս	ակարգում	Նոր դասակարգում		
Ակկության դան	Քանակ	%	Քանակ	%	
Seyfert 1.0, 1.2, 1.5	33	34.38	12	12.50	
Seyfert 1.8, 1.9, 2.0	39	40.63	12	12.50	
Seyfert/Seyfert?	4	4.17	-	-	
NLS1 (all subclasses)	-	-	7	7.29	
LINER	8	8.33	30	31.25	
HII	2	2.08	6	6.25	
Composite (AGN)	-	-	18	18.75	
Composite (AGN/HII)	-	-	3	3.13	
AGN	6	6.25	2	2.08	
Em	-	-	5	5.21	
Abs	-	-	1	1.04	
Unknown	4	4.17	-	-	
Ընդիանուր	96	100.00	96	100.00	

Աղյուսակ 5.6. 96 գալակտիկաների դասակարգումը [120]։

Ինչպես երևում է աղյուսակ 5.6-ից, մեր դասակարգումից հետո ավելացել են մի շարք այլ դասեր, մասնավորապես՝ Composite և NLS: Արդյունքում այս 96 գալակտիկաներից 85 % փոխել են իրենց դասը։

Հաշվի առնելով 96 գալակտիկաների նոր դասակարգումը՝ կառուցել ենք այս աղբյուրների և մեր ընդհանուր ուսումնասիրվող 198 գալակտիկաների (այստեղ հաշվի են առնված նոր դասակարգումները) կարմիր շեղման բաշխումը (նկար 5.3)։ Ինչպես երևում է նկար 5.3-ից գալակտիկաների կարմիր շեղումը հասնում է մինչ 0.42-ի։ Նկարից երևում է նաև, որ ընդհանուր բաշխման մեջ 0.37-0.42 կարմիր շեղումների դեպքում ունենք գալակտիկաների քանակի աճ, որը չի արտացոլվում այլ բաշխումների մեջ։ Դա պայմանավորված է այլ ակտիվության դասեր ունեցող գալակտիկաների առկայությամբ (Abs, Em և Unk.), որոնց բաշխումը մենք չենք դիտարկել։



Նկար 5.3. *А) 96 գալակտիկաների կարմիր շեղման բաշխում [120], В) 198* գալակտիկաների կարմիր շեղման բաշխում [110]։

Հաշվի առնելով մեր նոր դասակարգումները, աղյուսակ 5.7-ում ներկայացված է մեր կողմից ուսումնասիրվող 198 ակտիվ գալակտիկաների քանակն ըստ ակտիվության դասերի։

Ակտիվության դասը	Քանակը	Snynun
Seyfert	112	56.7 %
LINER	47	23.7 %
HII	8	4 %
Composite	21	10.6 %
AGN	4	2.0 %
Em	5	2.5 %
Abs	1	0.5 %
Ընդիանուր	198	100 %

Աղյուսակ 5.7 198 ակտիվ գալակտիկաների դասակարգումը [110]։

5.3 ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ԲԱՑԱՐՁԱԿ ԱՍՏՂԱՅԻՆ ՄԵԾՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Հասկանալու համար, թե մեր դիտարկած 198 ակտիվ գալակտիկաների որոշ օպտիկական հատկություններ ինչպես են կապված ռադիո հատկությունների հետ, գնահատվել են այդ աղբյուրների բացարձակ աստղային մեծությունը և լուսատվությունը։ Այդ մեծությունները գնահատվել են օգտվելով 4.1-ից 4.4 բանաձևերից (ինչպես կատարվեց բլազարների համար 4-րդ գլխում)։ Հաշվարկների համար որպես տեսանելի աստղային մեծություն վերցվել է «V» շերտի արժեքը VCV-13 [86] կատալոգից, իսկ կարմիր շեղման արժեքները SDSS [74] շրջահայությունից։

Աղյուսակ 5.8-ում բերված են այդ ակտիվ գալակտիկաների համար գնահատված բացարձակ աստղային մեծության և լուսատվության միջին արժեքներն և արժեքների տիրույթը։

Դաս	Լուսափվության փիրույթը (Էրգ/վ)	Միջին Լուսափվություն (Էրգ/վ)	Բացարձակ ասփղային մեծության փիրույթը («V» շերփում)	Միջին բացարձակ ասփղային մեծություն («V» շերփում)
Seyfert	$5.01 \times 10^{42} \div 8.38 \times 10^{44}$	8.08×10^{43}	-17.98÷-23.52	-20.98
LINER	$1.78 \times 10^{42} \div 3.46 \times 10^{44}$	4.20×10^{43}	-16.84÷-22.56	-20.27
HII	$7.23 \times 10^{42} \div 1.87 \times 10^{44}$	3.91×10^{43}	-18.36÷-21.89	-20.13
Composite	$2.17 \times 10^{43} \div 1.21 \times 10^{44}$	4.48×10^{43}	-19.55÷-21.42	-20.34
Ընդհանուր	$1.78 \times 10^{42} \div 8.38 \times 10^{44}$	5.75×10^{43}	-16.84÷-23.52	-20.61

Աղյուսակ 5.8. Ակտիվ գալակտիկաների բացարձակ աստղային մեծությունը և լուսատվությունը [110]։

Նկար 5.4-ում ներկայացված է բացարձակ աստղային մեծության և կարմիր շեղման կապը բնութագրող գրաֆիկը։



Նկար 5.4. Բացարձակ աստղային մեծության և կարմիր շեղման կապը [110]։

Նկար 5.4-ից և աղյուսակ 5.8-ից երևում է, որ միջինում LINER-ներն ավելի մոտ են գտնվում քան Seyfert-ները և միջինում Seyfert-ներն ավելի պայծառ են քան LINER-ները։

Ունենալով SDSS DR15 [74] շրջահայությունից տեսանելի աստղային մեծության տվյալները (u, g, r, i, z) կառուցել ենք գույն-գույն և գույն-աստղային մեծություն դիագրամները (նկար 5.5 և 5.6)։





Նկար 5.5. *Գույն-գույն դիագրամներ [110]։*



Նկար 5.6. *Գույն-ասփղային մեծություն դիագրամներ [110]*:

Ուսումնասիրելով նկար 5.5-ում և 5.6-ում կառուցված դիագրամները կարող ենք ասել, որ միջինում Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներն ավելի կապույտ են, իսկ լայներները՝ կարմիր։ Մնացած դասերը (Hll, Comp.) գրեթե հավասարաչափ բաշխված են ամբողջ դիագրամով։

Այսպիսով, այս մեթոդով աղբյուրների տարանջատումը հնարավորություն է տալիս գիտակցելու, որ հզոր ռադիո ճառագայթում ունեցող աղբյուրները հիմնականում երկու տեսակի են՝ Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներ և լայներներ։ Այս աշխատանքում հենց հիմնականում դիտարկվել են այդ երկու ակտիվության դասերը։

5.4. ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ։ ՌԱԴԻՈ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ԻՆԴԵՔՍ

Ակտիվ գալակտիկաները, ինչպես վերը նշվել էր, Տիեզերքի ամենահետաքրքիր աղբյուրների թվում են։ Այս աղբյուրների որոշակի ֆիզիկական հատկությունները հասկանալու համար առաջին հերթին անհրաժեշտ է հասկանալ, թե ինչ ֆիզիկական իատկություններ ունեն այս աղբյուրները ռադիո տիրույթում։ Մեր ուսումնասիրման իամար ունենք 198 ակտիվ գայակտիկաներ, որոնք ռադիո հոսքեր ունեն ամենաքիչը 6 տարբեր հաճախականություններում (38 U<a-hq մինչև 15.7 **ዓ**ረq): Ակտիվ գայակտիկաների ամենակարևոր բնութագրիչներից մեկը հանդիսանում է ռադիո սպեկտրային ինդեքսր։ Այն բնութագրում է ռադիո սպեկտրի թեքվածության չափր։ Ունենալով 6 և ավել ռադիո հոսքեր տարբեր հաճախականություններում այդ աղբյուրների համար կառուզել ենք ռադիո սպեկտրները (lg[flux] vs lg[frequencies])։ Յուրաքանչյուր աղբյուրի ռադիո սպեկտրում տարված է համապատասախան միջին գծային սպեկտրայ գիծը։ «OriginPro» [133] ծրագիրը տայիս է յուրաքանչյուր սպեկտրային գծի բնութագրական բանաձևը։ Հաշվի առնելով այդ մենք գնահատել են ռադիո սպեկտրային ինդեքսները 198 ակտիվ գայակտիկաների համար [110]։



Նկար 5.7. *Ակտիվ գալակտիկաների միջին ռադիոսպեկտրները [110]*։

Նկար 5.7-ում բերված են մեր դիտարկված 198 ակտիվ գալակտիկաների միջին ռադիոսպեկտրները տարբեր ակտիվության դասերի համար։ Այս ռադիո սպեկտրները «նորմավորված» են ըստ Texas Survey [49] շրջահայության և որպես հիմք ընդունված է Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաների միջին ռադիոսպեկտրը։ Նկարից երևում է որ HII և Composite դասերը միջինում ունեն ավելի թեք սպեկտրներ քան Sy-երն և LINER-ները։ Աղյուսակ 5.9-ում բերված են մեր աղբյուրների միջին ռադիո սպեկտրային ինդեքսի տվյալները։

Ակտիվության	Ռադիո սպեկտրային ինդեքս			
កុយប				
Seyfert	-0.6013±0.027			
LINER	-0.5955±0.025			
HII	-0.6672±0.039			
Composite	-0.7128±0.043			
Ընդհանուր	-0.6089±0.056			

Աղյուսակ 5.9. *Ակտիվ գալակտիկաների միջին ռադիո սպեկտրային ինդեքսները* [110]:

Գնահատվել են նաև այս աղբյուրների ռադիո սպեկտրային ինդեքսի սխալանքները։ Դրա համար առաջին հերթին գնահատվել է յուրաքանչյուր սպեկտրում տվյալ կետի (տվյալ հաճախականությունում ռադիո հոսքի) հեռավորությունը (շեղումը) սպեկտրային գծից։ Ունենալով այդ հեռավորությունները (շեղումները) գնահատել ենք ռադիո սպեկտրային ինդեքսի սխալանքները հետևյալ բանաձևով՝

$$\sigma_{error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} k_n^2}{n}} \qquad (5.1)$$

որտեղ _{σerror}-ռադիո սպեկտրային ինդեքսի սխալանքն է, _{kn}- տվյալ կետի (տվյալ հաճախականությունում ռադիո հոսքի) հեռավորությունը (շեղումը) սպեկտրային գծից, <u>n</u> -չափումների քանակը [110]:

Աղյուսակ 5.10-ում (էջ 91), որպես օրինակ, բերված դիտարկվող 198 ակտիվ գալակտիկաներից 10-ի համար տվյալները՝ ռադիո սպեկտրային ինդեքսները, բացարձակ աստղային մեծությունները, լուսատվությունները և այլն (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում)։

Նկար 5.8-ում բերված է ռադիո սպեկտրային ինդեքսի բաշխման գրաֆիկը։



Նկար 5.8. *Ռադիո սպեկտրային ինդեքսի բաշխումը [110]*։

Նկար 5.8-ից երևում է, որ մեր աղբյուրներն ունեն երկու գագաթ՝ -0.75 և -0.35-ի վրա, բայց -0.35-ի վրա առկա գագաթն ապահովում են մոտ 5 աղբյուր։ Այդ քանակը շատ քիչ է համեմատած ընդհանուր թվի և -0.75 գագաթն ապահովող թվի հետ։ Դրանից ելնելով կարելի է ասել, որ մեր աղբյուրները հիմնականում ունեն թեք ռադիո սպեկտրներ $(-0.9 < \alpha < -0.5)$:

Նկար 5.9-ում բերված է ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և կարմիր շեղման կապը արտահայտող գրաֆիկը։



Նկար 5.9. *Ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և կարմիր շեղման կապը [110]*:

Նկար 5.9-ից երևում է, որ ավելի հեռավոր ակտիվ գալակտիկաներն ունեն ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ։

Աղյուսակ 5.9-ից և նկար 5.7-ից կարելի է ասել, որ Տy-ներն և LINER-ները միջինում ունեն միանման ռադիո սպեկտրներ, իսկ HII-երն ունեն միջինում ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ քան Sy-ներն և LINER-ները։ Մեր հիմնական ուսումնասիրման տիույթները 1420 Մ<g-ից ցածր հաճախականությունում են և դա է կարող է պատճառ լինել, որ HII տիրույթները ցույց են տալիս ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ քան Sy-ներն և LINER-ները։

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
\mathcal{N}°	RAJ 2000	DEJ 2000	Rødshift	Activity	y type	Absolute	L (erg/s)	Radio sp.	Radio sp.
	deg	deg	Reastint	Old	New	magnitude	$\times 10^{43}$	index	index (error)
1	005.305000	-19.178889	0.095	Sy1.9	Sy1.9	-20.84	7.127	-0.6561	0.052
2	006.673750	35.145278	0.333	Sy2	Sy2	-21.16	9.578	-0.37027	0.033
3	007.139167	00.919444	0.104	Sy2	S2.0/LINER	-19.85	2.865	-0.87907	0.035
4	007.841667	30.266944	0.2	Sy1	Sy1	-21.08	8.835	-0.52622	0.047
5	010.200833	-20.727500	0.092	Sy	Sy	-21.28	10.647	-0.34856	0.045
6	010.210833	10.057778	0.188	Sy1	Sy1	-20.66	6.034	-0.68925	0.034
7	011.145417	12.186389	0.226	Sy1	Sy1	-20.50	5.185	-0.76769	0.046
8	011.888333	-25.288056	0.001	Sy	Sy	-18.00	0.502	-0.14928	0.033
9	012.196667	31.956944	0.014	Sy1h/BZG	Sy1h/BZG	-19.24	1.633	-0.23939	0.031
10	014.004167	68.375278	0.184	Sy2	Sy2	-20.93	7.739	-0.68569	0.041

Աղյուսակ 5.10. *198 ակտիվ գալակտիկաներից 10-ի համար տվյալները (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի* [67] կայքում) [110]։

1 և 2 սյունակ՝ աղբյուրի կոորդինատները, 3 սյունակ՝ կարմիր շեղում, 4 և 5 սյունակ՝ աղբյուրի հին և նոր (մեր կողմից կատարված) օպտիկական դասակարգումները, 6 սյունակ՝ բացարձակ աստղային մեծություն («V» շերտում), 7 սյունակ՝ լուսատվություն, 8 սյունակ՝ ռադիո սպեկտրային ինդեքս, 9 սյունակ՝ ռադիո սպեկտրային ինդեքսի սխալանք։

5.5 ԱԿՏԻՎ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ԻՆԴԵՔՍԻ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՖԻՋԻԿԱԿԱՆ ՉԱՓԵՐԻ ԿԱՊԸ

2019 թվականին Տիվարին (Tiwari) ներկայացրեց մի աշխատանք, որտեղ նկարագրվում էր ռադիո սպեկտրային ինդեքսի կապն աղբյուրի անկյունային չափերից [112]։ Որպես անկյունային չափ Տիվարին վերցրել էր՝ \sqrt{ab} (աղեղնային վայրկյան չափողականությամբ), որտեղ *a* և *b* հանդիսանում են աղբյուրի անկյունային առավելագույն (Major axes) և նվազագույն (Minor axes) չափսերը։

Քանի որ 198 ակտիվ գալակտիկաների կարմիր շեղումներն առկա են, մենք գնահատել ենք այդ աղբյուրների ֆիզիկական չափերը։ Դրա համար օգտագործել ենք հետևյալ հայտնի բանաձևը՝

$$\tan(\theta/2) = \frac{x}{2D} \tag{5.2}$$

որտեղ *θ*-ն աղբյուրի անկյունային չափն է, *x*-ը աղբյուրի ֆիզիկական չափն է և *D*-ն աղբյուրի հեռավորությունն է, որը գնահատվել է 4.2 բանաձևի միջոցով [110]։ Որպես *θ*ի արժեք վերցվել է աղբյուրների ամենամեծ անկյունային արժեքը (Major axes) APM [82] շրջահայությունից։

Ակտիվության	Ֆիզիկական չափերի	Միջին ֆիզիկական	RMS
դши	փիրույթը (կիլոպարսեկ)	չափը (կիլոպարսեկ)	(կիլոպարսեկ)
Seyfert	2.39÷305.46	44.88	35.62
LINER	7.36÷190.19	50.15	36.14
HII	5.4÷116.35	46.81	33.81
Comp.	22.27÷107.51	50.23	22.46
Ընդիանուր	2.39÷305.46	46.97	32.26

Աղյուսակ 5.11-ում բերված է դիտարկվող ակտիվ գալակտիկաների ֆիզիկական չափերի վերաբերյալ տեղեկատվություն։

Աղյուսակ 5.11. Ակտիվ գալակտիկաների ֆիզիկական չափերը [110]։

Մեր դիտարկվող աղբյուրներից 8-ն ունեն HII օպտիկական դաս (աղյուսակ 5.7)։ Բոլոր օպտիկական դասերի հետ գնահատվել են նաև HII ֆիզիկական չափերը (աղյուսակ 5.11) և դրանցից մեկի համար ֆիզիկական չափը շատ մեծ է համեմատ մնացածների (832.32 կպս)։ Միջին արժեքի գնահատման և այլ համեմատություների համար մենք այդ աղբյուրը բացառել ենք։

Ունենալով ֆիզիկական չափերը կառուցել ենք այդ չափերի և ռադիո սպեկտրային ինդեքսի կապը բնութագրող գրաֆիկը (նկար 5.10)։



Նկար 5.10. *Ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և ֆիզիկական չափերի կապը [110]*։

Նկար 5.10-ից և աղյուսակ 5.11-ից երևում է, որ տարբեր ակտիվության դասերի աղբյուրները միջինում ունեն միանման ֆիզիկական չափեր։

Այնուամենայնիվ, օբյեկտների փոքր քանակի պատճառով այս արդյունքը վիճակագրորեն հիմնավորված չէ, հետևաբար, մեզ անհրաժեշտ է հետագա ուսումնասիրություններ կատարել օգտագործելով ավելի մեծ թվով օբյեկտներ՝ հասկանալու համար տարբեր ակտիվության դասերի ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և ֆիզիկական չափերի իրական տարբերություններն և նմանությունները։

Չափերից կախված ռադիո սպեկտրային ինդեքսի ուսումնասիրությունը կարող է պարզաբանել, թե գայակտիկայի իատկապես n'p տիրույթներից n'p հաճախականության ճառագայթում է գալիս, քանի որ ռադիո սպեկտրային ինդեքսը տայիս, թե ինչպես է փոխվում ճառագայթման բաշխումն gnug f ըստ պատկեր իաճախականությունների։ Իհարկե, լիարժեք կունենանք մեծ վիճակագրության դեպքում։

5.6. ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ

Այս աշխատանքները կատարվել են 2020 թվականին Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանում՝ Ա.Միքայելյանի ղեկավարած խմբում, և տպագրվել են «Astronomische Nachrichten (Astronomical Notes)» [110] և «Astrophysics (Астрофизика)» [120] ամսագրերում։ Խնդրի հիմնական նպատակն է եղել հասկանալ, թե ինչպիսի ռադիո հատկություններ ունեն ակտիվ գալակտիկաները։

Նմանատիպ աշխատանքներ կատարվել են 2014 թվականին Աբրահամյանի և այլոց (Abrahamyan et al.) [118] կողմից և 2013 թվականին Լայնգի և այլոց (Laing et al.) կողմից [116]: Նրանք գնահատել են որոշ ակտիվ գալակտիկաների ռադիո սպեկտրային ինդեքսները, որոնք համընկում են մեր ստացած արդյունքների հետ։

Աշխատանքի հիմնական արդյունքները հետևյալն են՝

- Ուսումնասիրման համար վերցվել է VCV-13 [86] կատալոգը, որից առանձնացվել են այն աղբյուրները որոնք ունեն 6 կամ ավել ռադիո հոսքեր տարբեր հաճախականություններում (FIRST [53], NVSS [52], 87GB [54], GB6 [55], 3C [44], 4C [45], 7C [43], 8C [40], 9C [57,58], 10C [59], SUMSS [51], WISH [48], WENSS [47], Molonglo Reference Catalogue of Radio Sources [50], Texas Survey of radio sources at 365 MHz [49], Miyun 232 MHz survey [46], CLASS survey of radio sources [56], 74 MHz VLA Low-frequency Sky Survey Redux [41] և The GMRT 150 MHz all-sky radio survey [42]: Ռադիո հոսքերի տիրույթն ընկած է 38 U<g-իg մինչև 15.7 Գ<g հաճախականությունների վրա։ Արդյունքում ունենք 198 ակտիվ գալակտիկաներ (աղյուսակ 5.3):
- 198 ակտիվ գալակտիկաներից 96-ն ունեն սպեկտրներ SDSS DR15 [74] շրջահայությունից։ Այս 96 ակտիվ գալակտիկաների համար կատարել ենք դասակարգում և վերադասակարգում, որի արդյունքւմ 85%-ը փոխել են իրենց օպտիկական դասը (աղյուսակներ 5.5, 5.6 և 5.7)։ Արդյունքում 56.7%-ը 198 ակտիվ գալակտիկաներից հանդիսանում են Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներ։

- 4 աղբյուրներ ընդհանրապես որևէ դասակարգում չեն ունեցել։ Օգտվելով SDSS DR15 [74] շրջահայության սպեկտրներից մենք առաջին անգամ կատարել ենք նրանց օպտիկական դասակարգում (աղյուսակ 5.5 և աղյուսակ 5.6)։
- Գնահատվել է 198 ակտիվ գալակտիկաների բացարձակ աստղային մեծութուններն ու լուսատվություները (աղյուսակ 5.8)՝ $\overline{M_{seffert}} = -20.98$, $\overline{M_{LINER}} = -20.27$, $\overline{M_{HII}} = -20.13$, $\overline{M_{comp.}} = -20.34$, $\overline{L_{seffert}} = 8.08 \times 10^{43}$ էրզ/վ, $\overline{L_{LINER}} = 4.20 \times 10^{43}$ էրզ/վ, $\overline{L_{HII}} = 3.91 \times 10^{43}$ էրզ/վ, $\overline{L_{comp.}} = 4.48 \times 10^{43}$ էրզ/վ:
- Նկար 5.5-ում և 5.6-ում կառուցված գույն-գույն և գույն-աստղային մեծություն դիագրամաններից կարող ենք ասել, որ Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաները առանձնանում են լայներներից՝ միջինում Սեյֆերտի տիպի գալակտիկաներն ավելի կապույտ են, իսկ լայներները՝ կարմիր։ Մնացած դասերը (HII, Comp.) գրեթե հավասարաչափ բաշխված են ամբողջ դիագրամով։
- 198 ակտիվ գալակտիկաների համար կառուցել ենք ռադիո սպեկտրները (նկար 5.7) և գնահատել են նրանց ռադիո սպեկտրային ինդեքսները (աղյուսակներ 5.9 և 5.10)՝ $\overline{\alpha_{Seyfert}} = -0.6013 \pm 0.027$, $\overline{\alpha_{LINER}} = -0.5955 \pm 0.025$, $\overline{\alpha_{HII}} = -0.6672 \pm 0.039$, $\overline{\alpha_{Comp.}} = -0.7128 \pm 0.043$: Աղյուսակ 5.10 բերված է 198 ակտիվ գալակտիկաներից 10-ի համար տվյալները (ամբողջական աղյուսակը կարող եք գտնել VizieR-ի [67] կայքում): Աղյուսակ 5.9-ից և նկար 5.7-ից կարելի է ասել, որ Sy-ներն և LINER-ները միջինում ունեն միանման ռադիո սպեկտրներ, իսկ HII ունեն միջինում ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ քան Sy-ներն և LINER-ները:
- Նկար 5.9-ում պատկերված է ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և կարմիր շեղման կապը արտահայտող գրաֆիկը։ Նկարից երևում է, որ ավելի հեռավոր ակտիվ գալակտիկաներն ունեն ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ։
- Գնահատել ենք ակտիվ գալակտիկաների ֆիզիկական չափերը՝ $\overline{x_{All}} = 46.97 \pm 32.26$ կպկ, $\overline{x_{Seyfert}} = 44.88 \pm 35.62$ կպկ, $\overline{x_{LINER}} = 50.15 \pm 36.14$ կպս, $\overline{x_{HII}} = 46.81 \pm 33.81$ կպկ, $\overline{x_{Comp.}} = 50.23 \pm 22.46$ կպկ։ Օգտվելով աղյուսակ 5.11-ից և նկար 5.10-ից կարելի է ասել, որ տարբեր օպտիկական դասերի աղբյուրները միջինում ունեն միանման ֆիզիկական չափեր։ Այնուամենայնիվ, օբյեկտների փոքր քանակի պատճառով այս արդյունքը վիճակագրորեն հիմնավորված չէ, հետևաբար, մեզ անհրաժեշտ է հետագա ուսումնասիրություններ կատարել օգտագործելով ավելի մեծ թվով օբյեկտներ՝ հասկանալու համար տարբեր ակտիվության դասերի ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և ֆիզիկական չափերը։ Չափերից կախված ռադիո սպեկտրային ինդեքսի ուսումնասիրությունները։ Դասիքսից կախված հաղիո

գալակտիկայի հատկապես ո՛ր տիրույթներից ո՛ր հաճախականության ճառագայթում է գալիս, քանի որ ռադիո սպեկտրային ինդեքսը ցույց է տալիս, թե ինչպես է փոխվում ճառագայթման բաշխումն ըստ հաճախականությունների։ Իհարկե, լիարժեք պատկեր կունենանք մեծ վիճակագրության դեպքում։

Հետագա մեր աշխատանքներում, մենք պլանավորում ենք ունենալով ավելի մեծ ընտրանք անդրադառնալ մի շարք հարցերի, մասնավորապես՝

- Ավելի ճշգրիտ պատկերացում կազմել ակտիվ գալակտիկաների տարբեր ակտիվության դասերի ռադիո սպեկտրային ինդեքսների վերաբերյալ։
- Մեծ թվով ակտիվ գալակտիկաներ ունենալով, փորձել հասկանալ այդ գալակտիկաների տարբեր ակտիվության դասերի ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և ֆիզիկական չափերի իրական տարբերություններն և նմանություները։
- Կատարել դիտարկված 198 աղբյուրների բազմալիքային ուսումնասիրություններ։

6. ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ ԱՄՓՈՓՈՒՄ ԵՎ ԵՉՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

Ատենախոսությունը վերաբերում է «Ակտիվ գալակտիկական միջուկների ռադիո և օպտիկական հատկությունների ուսումնասիրությանը»։ Ատենախոսության հիմք են հանդիսացել հինգ հոդված, որոնք տպագրվել են արտասահմանյան և տեղական հայտնի ամսագրերում՝

- «The IRAS PSC/FSC Combined Catalogue», Astronomy and Computing (q[n1/u 2) [60]:
- «Radio variable sources at 1400 MHz and their optical variability», Astronomy and Computing (qlntu 3) [78]:
- «Optical variability of blazars», Astronomische Nachrichten (q[nıfu 4) [95]:
- «The Nature of Active Galaxies Based on Their Radio Properties», Astronomische Nachrichten (qlnlu 5) [110]:
- «Classification by activity type of a sample of galaxies with radio emission», Astrophysics (Астрофизика) (qlnlfu 5) [120]:

Խնդրի նպատակն է եղել հասկանալ, թե ինչպիսի ռադիո և օպտիկական իատկություններով են օժտված ակտիվ միջուկով գայակտիկաները և այդ գայակտիկաների տարբեր տարատեսակները։ Կան կատարված բազմաթիվ աշխատանքներ, որոնք բնութագրում են ակտիվ միջուկով գալակտիկաները, բայց չկա իստակ դուրս բերված այն իատկությունները, որոնց իիման վրա կարելի է առանձնացնել ակտիվ միջուկով գալակտիկանները։ Մասնավորապես, ալդպիսի հատկություններից մեկը հանդիսանում է ակտիվ միջուկով գալակտիկաների փոփոխականությունը ռադիո և օպտիկական տիրույթներում։ Սակայն մինչ այժմ չկա հստակ վերյուծություն, թե ամենաքիչն ինչքան պետք է լինի գալակտիկալի (կամ քվազարի) փոփոխականությունը ռադիո և օպտիկական տիրույթներում, որպեսզի այդ աղբյուրը համարենք ակտիվ միջուկով գալակտիկա։ Ատենախոսության մեջ մենք անդրադարձել ենք այդ հարցերին՝ ունենալով տարբեր մեթոդներով առանձնացված ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ, փորձել ենք դուրս բերել մի շարք ռադիո և օպտիկական հատկություններ, որոնք հիմք կիանդիասանան ակտիվ միջուկով գայակտիկաների բնորոշման համար։

Գյուխ 2 [60]։ Մինչ ակտիվ միջուկով գայակտիկաներին անդրադառնայն անիրաժեշտ է ունենալ հավաստի ընտրված աղբուրներ, որոնց ընտրանքի համար անհրաժեշտ է կատարել ճշգրիտ խաչաձև նույնացումներ։ Դրա համար, ինչպես մանրամասն նկարագրված է գյուխ 2-ում, ստեղծվել է խաչաձև համապատասխանեզման ծրագիր։ Այդ ծրագրի միջոցով ինարավոր է կատարել խաչաձև նույնացումներ հաշվի առնելով յուրաքանչյուր աղբյուրի կոորդինատի սխայանքներերը և վերզնել այն նույնացումները, որոնք գտնվում են սխայանքի 3σ շրջանակում։ Այս ծրագիրը հնարավություն է տայիս ինարավորինս ճշգրիտ կատարել խաչաձև նույնացումներ։ Ծրագրի հավաստիություն ստուգելու համար դիտարկվել են ենթակարմիր տիրույթում առկա IRAS-ի երկու շրջահայությունները (IRAS PSC [64] և FSC [65])։ Արդյունքում ունեզել ենք 73770 նույնացված աղբյուր երկու շրջահայությունից։ Այս երկու շրջահայությունները միացվել են և ստեղծվել է միազյալ IRAS PSC/FSC կատալոգը, որը պարունակում է 345163 աղբյուր։ IRAS PSC/FSC կատայոգի ավելի հարուստ և արդյունավետ օգտագործման իամար մենք կատարել ենք խաչաձև նույնացումներ ալլ ենթակարմիր շրջահայությունների հետ՝ AKARI IRC [69], AKARI FIS [70] և WISE [71, 72]։ Արդյունքում ստազված կատալոգը պարունակում է էներգիալի հոսքի տվյալներ 17 ալիքի երկարություններում՝ 12 մկմ, 25 մկմ, 60 մկմ ու 100 մկմ IRAS PSC և IRAS FSC-ha, 9 մկմ ni 18 մկմ AKARI IRC-hg, 65 մկմ, 90 մկմ, 140 մկմ ni 160 մկմ AKARI FIS-hg, 3.4 մկմ, 4.6 մկմ, 11.6 մկմ ու 22,6 մկմ WISE-ից և 1.25 մկմ, 1.65 մկմ ու 2.17 մկմ 2MASS-ից [73]։ Ավելի մարամասն արդյունքները ներկայազված են գյուխ 2-ի 2.5 բաժնում (էջ 33)։

Գյուխ 3 [78]։ Ակտիվ գայակտիկաների ռադիո և օպտիկական փոփոխականության մասին պատկերացում կազմելու համար վերցրել ենք NVSS [52] և FIRST [53] շրջահայությունները (1400 Մ<ց հաճախականությունում) և որպեսզի մեր ընտրանքը լինի հավաստի օգտվել ենք խաչաձև համապատասխանեզման մեր ծրագրիզ (գյուխ 2) Այս շրաջահայությունների ուսումնասիրություներից հնարավոր եղավ առանձնացնել 79382 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ, որոնց համար $\Delta F > 0$ mJy (բանաձև 3.1)։ Մեր ուսումնասիրման համար ընտրված է ավելի խիստ չափանիշ $\Delta F > 15$ mJy (նկար 3.1)։ Արդյունքում մենք ունենք 6301 ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ։ Դիտարկելով մի շարք օպտիկական շրջահայություններ պարզվեց, որ այդ 6301-ից 2425 ունեն նաև օպտիկական փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ռադիո ժամանակաշրջանների դիտումների իամեմատությամբ։ Մեծ փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներն առանձնացնելու համար գնահատվել է, թե քանի անգամ է ռադիո հոսքերի տարբերությունը մեծ այդ հոսքերի ընդհանուր

սխալանքից (բանաձև 3.17)։ Դիտարկելով հետևյալ պայմանները՝ *F_r* > 3 և Δ*F* > 200 mJy, մենք առանձնացրել ենք 260 ծայրահեղ ուժեղ փոփոխականություն ունեցող ռադիո աղբյուրներ, որոնք մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում։ Ավելի մարամասն արդյունքները ներկայացված են գլուխ 3-ի 3.4 բաժնում (էջ 50)։ Այսպիսով, որպես աղբյուրի ակտիվության բնութագրիչ դիտարկվող ռադիո և օպտիկական փոփոխականությունների համար ունենք՝

- Ռադիո փոփոխականություն՝ $\Delta F > 15$ mJy:
- Ծայրահեղ ուժեղ ռադիո փոփոխականություն ունեցող աղբյուրներ $F_r>3$ և $\Delta F>200$ mJy:
- Օպտիկակական փոփոխականություն ունեցող ռադիո աղբյուրներ POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանների դիտումների համեմատությամբ (աղյուսակ 3.5)՝
 - Դ-ին դաս՝ թույլ փոփոխականներ. ΔB=0.10-1.44, ΔR=0.10-1.49, B_r=1.50 1.99 և R_r=1.50-1.99:
 - > 2-րդ դաս՝ միջին փոփոխականներ. ΔB=1.45-2.50, ΔR=1.50-2.49,
 B_r=2.00-2.99 և R_r=2.00-2.99:
 - > 3-րդ դաս՝ ուժեղ փոփոխականներ. ∆B≥2.51, ∆R≥2.50, B_r≥3.00 և R_r≥3.00:

Այս պայմաններին բավարարող աղբյուրների համար կարելի է համարել, որ նրանք դրսևորում են ակտիվություն և կարելի է փորձել հասկանալ այդ ակտիվության դրսևորման բնույթը։

Գյուխ 4 [95]։ Որպեսզի հասկանանք արդեն հայտնի ակտիվ միջուկով գայակտիկաների որոշ հատկություններ ընտրվեց Մասարոլի և այլոց կողմից ներկայացված BZCAT v.5 կատալոգը, որում ընդգրկված են մինչ ալժմ հայտնի ընդամենը 3561 բլազաը [87]։ Ի սկզբանե, այս աղբյուրներն ընտրված են որպես ռադիո ակտիվություն դրսևորող հեղինակների է աղբյուրներ, որոնք րստ պետք ունենան օպտիկական փոփոխականություն։ Սակայն օպտիկական փոփոխականության և այդ փոփոխականության ամպլիտուդայի մասին որևէ տեղեկատվություն չկա։ Օգտվելով մի շարք օպտիկական շրջահայություններից հնարավոր եղավ հասկանալ, որ այս 3561 աղբյուրներից 60%-ը (2121 բյազար) ունեն օպտիկական փոփոխականություն POSS1 և POSS2 ժամանակաշրջանում, որոնց համար՝

- $\Delta B(\text{mag}) = 0.1 \div 5.60, \ \overline{\Delta B(\text{mag})} = 0.65, \ \Delta R(\text{mag}) = 0.1 \div 6.94, \ \overline{\Delta R(\text{mag})} = 0.72:$
- $B_r(range) = 1.50 \div 357$, $\overline{B_r} = 5.71$, $R_r(range) = 1.50 \div 563$, $\overline{R_r} = 6.92$:

$$\begin{split} & \text{P}[\text{uquphtph hudup qtuhunqt} \text{ th tull tiputg puguptug uunqujht uunqujht dtonionionic tipit ni [niuuunqnoinit tipit] } \overline{M_{BZB}} = -22.19, \ \overline{M_{BZG}} = -22.44, \ \overline{M_{BZQ}} = -22.97, \ \overline{M_{BZU}} = -22.42, \ \overline{M_{All}} = -22.78, \ M_{BZB}(range) = -18.43 \div -26.52, \\ & M_{BZG}(range) = -18.74 \div -27.24, \ M_{BZQ}(range) = -16.09 \div -28.26, \ M_{BZU}(range) = -17.00 \div -27.73, \ M_{All}(range) = -16.09 \div -28.26, \ \overline{L_{BZB}} = 5.05 \times 10^{44} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ \overline{L_{BZG}} = 1.12 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ \overline{L_{BZQ}} = 1.10 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ \overline{L_{BZU}} = 1.14 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ \overline{L_{All}} = 1.020 \times 10^{45} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ \overline{L_{BZB}}(range) = 7.72 \times 10^{42} \div 1.33 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ L_{BZG}(range) = 1.03 \times 10^{43} \div 2.57 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ L_{BZQ}(range) = 8.92 \times 10^{41} \div 6.62 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ L_{BZU}(range) = 2.07 \times 10^{42} \div 2.91 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}, \ L_{All}(range) = 8.92 \times 10^{41} \div 6.62 \times 10^{46} \frac{\text{Epq}}{\text{q}}; \end{split}$$

Օգտագործելով մի շարք ռենտգենյան և գամմա շրջահայություններ մենք ստացել ենք, որ 63% բլազարներն ակտիվ են ռենտգենյան տիրույթում, իսկ 28%՝ գամմա տիրույթում։ Այսինքն, ռենտգենյան և գամմա ակտիվությունը հանդիսանում է ակտիվ միջուկով գալակտիկաների կարևորագույն հատկություններից մեկը։ Ավելի մարամասն արդյունքները ներկայացված են գլուխ 4-ի 4.4 բաժնում (էջ 66)։

Այս պայմաններին բավարարող աղբյուրները կարելի է համարել բլազարների թեկնածուներ և փորձել դիտումների կամ այլ մեթոդներով հաստատել նրանց բլազար լինելու փաստը։

Գլուխ 5 [110, 120]։ Այս բաժնում դիտարկվել է VCV-13 [86] կատալոգը, որից առանձնացվել են այն աղբյուրները, որոնք ունեն 6 կամ ավել ռադիո հոսքեր տարբեր հաճախականություններում (38 Մ<g-ից մինչև 15.7 Գ<g հաճախականությունում)։ Արդյունքում առանձնացվել է 198 ակտիվ գալակտիկաներ (աղյուսակ 5.3)։ Կատարվել է այդ ակտիվ գալակտիկաների 96-ի համար օպտիկական դասակարգում և վերադասակարգում (որոնց սպեկտրները առկա են SDSS DR15 [74]), որի հետևնաքով 85%-ը փոխել են իրենց օպտիկական դասը։ 4 աղբյուրներ ընդհանրապես որևէ դասակարգում չեն ունեցել, և մենք առաջին անգամ կատարել ենք նրանց օպտիկական դասակարգում (աղյուսակ 5.5 և աղյուսակ 5.6)։ Այս աղբյուրների համար գնահատվել են բացարձակ աստղային մեծությունները, լուսատվությունները, ռադիո սպեկտրային ինդեքսները և նրանց ֆիզիկական չափերը՝

• $\overline{M_{seffert}} = -20.98$, $\overline{M_{LINER}} = -20.27$, $\overline{M_{HII}} = -20.13$, $\overline{M_{comp.}} = -20.34$, $\overline{L_{seffert}} = 8.08 \times 10^{43} \text{ kpq/l}$, $\overline{L_{LINER}} = 4.20 \times 10^{43} \text{ kpq/l}$, $\overline{L_{HII}} = 3.91 \times 10^{43} \text{ kpq/l}$, $\overline{L_{comp.}} = 4.48 \times 10^{43} \text{ kpq/l}$ (unjiniumly 5.8):

- $\overline{\alpha_{Seyfert}} = -0.6013 \pm 0.027$, $\overline{\alpha_{LINER}} = -0.5955 \pm 0.025$, $\overline{\alpha_{HII}} = -0.6672 \pm 0.039$, $\overline{\alpha_{Comp.}} = -0.7128 \pm 0.043$ (ພղງուսակներ 5.9 և 5.10):
- $\overline{x_{All}} = 46.97 \pm 32.26$ կակ, $\overline{x_{Seyfert}} = 44.88 \pm 35.62$ կակ, $\overline{x_{LINER}} = 50.15 \pm 36.14$ կակ, $\overline{x_{HII}} = 46.81 \pm 33.81$ կակ, $\overline{x_{Comp.}} = 50.23 \pm 22.46$ կակ:

Աղյուսակ 5.9-ից և նկար 5.7-ից կարելի է ասել, որ Տy-ները և LINER-ները միջինում ունեն միանման ռադիո սպեկտրներ, իսկ HII ունեն միջինում ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ, քան Sy-ներն և LINER-ները։

Նկարից 5.9-ից երևում է, որ ավելի հեռավոր ակտիվ գալակտիկաներն ունեն ավելի թեք ռադիո սպեկտրներ։

Այստեղ դիտարկվել է նաև, ռադիո սպեկտրային ինդեքսի և աղբյուրների չափերի միջև կապը (նկար 5.10), սակայն աղբյուրների քանակի քիչ լինելու պատճառով որևէ վիճակագրական ենթադրություն չի կարելի անել։ Չափերից կախված ռադիո սպեկտրային ինդեքսի ուսումնասիրությունը կարող է պարզաբանել, թե գալակտիկայի հատկապես ո՛ր տիրույթներից ո՛ր հաճախականության ճառագայթում է գալիս, քանի որ ռադիո սպեկտրային ինդեքսը ցույց է տալիս, թե ինչպես է փոխվում ճառագայթման բաշխումն ըստ հաճախականությունների։ Իհարկե, լիարժեք պատկեր կունենանք մեծ վիճակագրության դեպքում։ Ավելի մարամասն արդյունքները ներկայացված են գլուխ 5ի 5.6 բաժնում (էջ 94)։

Բոլոր աշխատանքներում աղբյուրների խաչաձև համապատասխանեցումների համար օգտագործվել է մեր ծրագիրը, որը նկարագրված է գլուխ 2-ում։

Այսպիսով, մենք ուսումնասիրել ենք տարբեր շրջահայություններից առանձնացված ակտիվ միջուկով գալակտիկաներ և դուրս ենք բերել որոշ ակտիվության հատկություններ ռադիո և օպտիկական տիրույթների համար։ Այս հատկությունները հնարավորություն են տալիս որոշակի պատկերացում ունենալ ակտիվ միջուկով գալակտիկաների վերաբերյալ։ Բնականաբար այս աղբյուրների մասին լիարժեք պատկերացում կազմելու համար անհրաժեշտ է ուսումնասիրություններ կատարել նաև էլեկտրամագսնիսական ալիքների այլ տիրույթներում, ինչը մենք նախատեսում են կատարել մոտ ապագայում։

ՇՆՈՐՀԱԿԱԼՈՒԹՅՈՒՆ

ես՝ Հայկ Վոլոդյայի Աբրահամյանս, կցանկանայի իմ խորին երախտագիտությունը հայտնել իմ ղեկավար՝ ֆ.մ.գ.թ.՝ Արեգ Մարտինի Միքայելյանին, մասնագիտական աճի և աշխատանքներում արժեքավոր խորհուրդների համար։ «Ատենախոսության» բոլոր աշխատանքները, ինչպես նաև այլ աշխատանքները, լիարժեք իրականություն դարձան իր շնորհիվ։ Մասնավորապես շնորհակալություն եմ հայտնում «անհատական» հոդվածի համար, որում իմ ղեկավարի ներդրումը շատ մեծ է։ Յանկանում եմ նաև շնորհակալություն հայտնել իմ գործընկերներին՝ նպաստավոր և արդյունավետ գիտական մթնոլորտում աշխատելու համար, ինչպես նաև Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարանի ողջ անձնակազմին։

«Ատենախոսության» աշխատանքները մասնակիորեն աջակցություն են ստացել՝

- << Գիտության կոմիտեի կողմից՝ թեմատիկ դրամաշնորի 15T-1C257 (2015-2017 թթ.),
- Գիտության և կրթության հայկական ազգային հիմնադրամի (ANSEF) կողմից՝ PS-2968 (2012թ.), PS-3605 (2014թ.), astroex-4193 (2016թ.), astroex-4195 (2016թ.),
- ակադ. Վիկտոր Համբարձումյանի անվան միջազգային գիտական մրցանակի կողմից (գիտահետազոտական դրամաշնորհ 2019-2020թթ.):

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- A.M. Mickaelian «AGN Zoo and Classifications of Active Galaxies», 2015, Iranian Journal of Astronomy and Astrophysics, Vol. 2, p. 1-38
- E.A. Fath «The spectra of some spiral nebulae and globular star clusters», 1909, Lick Observatory Bulletin, Vol. 5, p. 71-77
- 3. G.A. Shields «A Brief History of Active Galactic Nuclei», 1999, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 111, p. 661-678
- V.M. Slipher «The spectrum and velocity of the nebula N.G.C. 1068», 1917, Lowell Observatory Bulletin, Vol. 3, p. 59-62
- 5. E.P. Hubble «Extragalactic nebulae», 1926, Astrophysical Journal, 64, 321-369
- 6. John Gribbin «The Quest to Find the True Age of the Universe and the Theory of Everything», 2016, Icon Books Ltd, 304 pages
- 7. Э.В. Кононович, В.И. Мороз «Общий Курс Астрономии», 2017, 6-е издание, 544 страниц
- 8. А.В. Засов, К.А. Постнов «Общая Астрофизика», 2016, 3-е издание, 576 страниц
- 9. В.Г. Сурдин «Галактики», 2017, 2-е издание, 432 страниц
- C.K. Seyfert «Nuclear Emission in Spiral Nebulae» 1943, Astrophysical Journal, Vol. 97, p. 28-40
- B. Kapanadze «BL Lacertae Objects: A Short Review», 2019, Communications of BAO, Vol. 66, Issue 2, p. 121-142
- A. Sandage «The Existence of a Major New Constituent of the Universe: the Quasistellar Galaxies» 1965, Astrophysical Journal, Vol. 141, p. 1560-1578
- C. Hoffmeister «354 neue Veränderliche», 1929, Astronomische Nachrichten, Vol. 236, p. 233-245
- 14. T.M. Heckman «An optical and radio survey of the nuclei of bright galaxies. Activity in normal galactic nuclei» 1980, Astronomy and Astrophysics, Vol. 500, p. 187-199
- 15. V.A. Ambartsumian «Some Remarks on Multiple Galaxies», 1955, Yerevan
- V.A. Ambartsumian «The hypothesis on the activity of galactic nuclei», 1956, Izv. Acad. Sci. ArmSSR 9, No. 1, 23
- L. Woltjer «Emission Nuclei in Galaxies», 1959, Astrophysical Journal, Vol. 130, p. 38-44
- V.A. Ambartsumian «Proc. 11th Solvay Conf. on Physics: Structure and Evolution of the Universe», 1958, Univ. of Brussels, Ed. R. Stoops, Brussels, p. 241

- V.A. Ambartsumian «Instability phenomena in systems of galaxies», 1961, Astronomical Journal, Vol. 66, p.536-540
- 20. Г.М. Рудницкий «Конспект лекций по курсу «Радиоастрономия»», 2001, Нижний Архыз, «CYGNUS», 208 страниц
- R.R.J. Antonucci, J.S. Miller «Spectropolarimetry and the nature of NGC 1068», 1985, Astrophysical Journal, Vol. 297, p. 621-632
- R.R.J. Antonucci «Unified models for active galactic nuclei and quasars» 1993, ARAA, Vol. 31, p. 473-521
- C.M. Urry, P. Padovani «Unified Schemes for Radio-Loud Active Galactic Nuclei» 1995, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 107, p. 803-845
- V. Beckmann and C.R. Shrader «Active Galactic Nuclei», 2012, ISBN-13: 978-3527410781. 350 pages. Wiley-VCH Verlag GmbH
- 25. R.J. Britto, E. Bottacini, M. Böttcher, D.A.H. Buckley, S. Buson, B. Lott, J.P. Marais, P.J. Meintjes, S. Razzaque and B. van Soelen «Multiwavelength study of FERMI-LAT Blazars variability and radiation production mechanisms», 2016, Annual Meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics - SF2A 2016, At: Université de Lyon, France, p. 93-101
- M. Rowan-Robinson «On the unity of activity in galaxies», 1977, Astrophysical Journal, Vol. 213, p. 635-647
- 27. Ya.B. Zel'dovich, I.D. Novikov «The Radiation of Gravity Waves by Bodies Moving in the Field of a Collapsing Star», 1964, Soviet Physics Doklady, vol. 9, p. 246
- 28. Г. Даукурт «Что такое квазары?», Радяньска школа, 1985, 131 страниц
- 29. T.A. Matthews, A.R. Sandage «Optical Identification of 3C 48, 3C 196, and 3C 286 with Stellar Objects», 1963, Astrophysical Journal, Vol. 138, p.30-56
- 30. A.R. Sandage «Intensity Variations of 3c 48; 3c 196, and 3c 273 IN Optical Wavelengths», Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse, Proceedings of the 1st Texas Symposium on Relativistic Astrophysics. Edited by Ivor Robinson, Alfred Schild and E.L. Schucking. Chicago: University of Chicago Press, 1965, p.265
- J.G.Bolton, M.E. Clarke, A.R. Sandage, P.Veron «Identifications of Six Faint Radio Sources with Quasi-Stellar Objects», Astrophysical Journal, 1965, Vol. 142, p.1289
- 32. T.A. Matthews, A.R. Sandage «Optical Identification of 3c 48, 3c 196, and 3c 286 with Stellar Objects» Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse, Proceedings of the 1st Texas Symposium on Relativistic Astrophysics. Edited by Ivor Robinson, Alfred Schild and E.L. Schucking. Chicago: University of Chicago Press, 1965., p.231
- 33. https://skyview.gsfc.nasa.gov/current/cgi/titlepage.pl
- 34. https://www.sdss.org/dr16/

- 35. <u>https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B3%</u> D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0
- B.L.Fanaroff, J.M. Riley «The morphology of extragalactic radio sources of high and low luminosity», 1974, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 167, p. 31P-36P
- J. M. MacLeod, B.H. Andrew «The Radio Source VRO 42.22.01», 1968, Astrophysical Letters, Vol. 1, p. 243-246
- P.A. Strittmatter, K. Serkowski, R. Carswell, W.A. Stein, K.M. Merrill, E.M. Burbidge «Compact Extragalactic Nonthermal Sources», 1972, Astrophysical Journal, 175, p. L7-L13
- J.B. Oke, J.E. Gunn «The Distance of BL Lacertae», 1974, Astrophysical Journal, Vol. 189, p. L5-L8
- S.E.G. Hales, E.M. Waldram, N. Rees, P.J. Warner «A revised machine-readable source list for the Rees 38-MHz survey», 1995, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 274, Issue 2, pp. 447-451
- W.M. Lane, W.D. Cotton, S. van Velzen, T.E. Clarke, N.E. Kassim, J.F. Helmboldt, T.J.W. Lazio, A.S. Cohen «74MHz VLA Low-frequency Sky Survey Redux (VLSSr)», 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 440, Issue 1, p.327-338
- H.T. Intema, P. Jagannathan, K.P. Mooley, and D.A. Frail «The GMRT 150 MHz all-sky radio survey. First alternative data release TGSS ADR1», 2017, Astronomy & Astrophysics, Vol. 598, id. A78, p. 1-28
- S.E.G. Hales, J.M. Riley, E.M. Waldram, P.J. Warner and J.E. Baldwin «A final nonredundant catalogue for the 7C 151-MHz survey», 2007, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 382, Issue 4, p. 1639–1642
- D.O. Edge, J.R. Shakeshaft, W.B. McAdam, J.E. Baldwin, S. Archer «A survey of radio sources at a frequency of 159 Mc/s», 1959, Memoirs of the Royal Astronomical Society, Vol. 68, p. 37-60
- J.D.H. Pilkington, J.F. Scott «A survey of radio sources between declinations 20 and 40», 1965, Memoirs of the Royal Astronomical Society, Vol. 69, p.183-224
- X. Zhang, Y. Zheng, H. Chen, S. Wang, A. Cao, B. Peng, R. Nan «The Miyun 232 MHz survey», 1997, Astronomy and Astrophysics Supplement Series, Vol. 121, p. 59-63
- G. de Bruyn, G. Miley, R. Rengelink, Y. Tang, M. Bremer, H. Rottgering, R. Raimond, M. Bremer, D. Fullagar, 1998, VizieR On-line Data Catalog: VIII/62. Originally published in: WENSS Collaboration NFRA/ASTRON and Leiden Observatory
- 48. C. De Breuck, Y. Tang, A.G. de Bruyn, H. Rottgering, W. van Breugel «A sample of ultra steep spectrum sources selected from the Westerbork In the Southern Hemisphere (WISH) survey», 2002, Astronomy and Astrophysics, Vol.394, p.59-69

- J.N. Douglas, F.N. Bash, F.A. Bozyan, G.W. Torrence, C. Wolfe «The Texas survey of radio sources covering -35.5°<δ<71.5° at 365MHz», 1996, Astronomical Journal, Vol.111, p.1945-1963
- 50. M.I. Large, L.E. Cram, A.M. Burgess «A machine-readable release of the Molonglo Reference Catalogue of Radio Sources», 1991, The Observatory, Vol. 111, p. 72-75
- T. Mauch, T. Murphy, H.J. Buttery, J. Curran, R.W. Hunstead, B. Piestrzynski, J.G. Robertson, E.M. Sadler «SUMSS: a wide-field radio imaging survey of the southern sky II. The source catalogue», 2003, Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, Vol. 342, Issue 4, p. 1117-1130
- 52. J.J. Condon, W.D. Cotton, E.W. Greisen, Q.F. Yin, R.A. Perley, G.B. Taylor, J.J. Broderick «The NRAO VLA Sky Survey», 1998, The Astronomical Journal, Vol. 115, Issue 5, p. 1693-1716
- D.J. Helfand, R.L. White, R.H. Becker «The Last of FIRST: The Final Catalog and Source Identifications», 2015, The Astrophysical Journal, Vol. 801, Issue 1, article id. 26, p. 1-17
- 54. P.C. Gregory, J.J. Condon «The 87GB Catalog of Radio Sources Covering 0⁰<δ<+75⁰ degrees at 4.85 GHz», 1991, Astrophysical Journal Supplement, Vol. 75, p.1011-1291
- 55. P.C. Gregory, W.K. Scott, K. Douglas, J.J. Condon «The GB6 Catalog of Radio Sources», 1996, Astrophysical Journal Supplement, Vol. 103, p. 427-432
- 56. S.T. Myers, N.J. Jackson, I.W.A. Browne, A.G. de Bruyn, T.J. Pearson, A.C.S. Readhead, P.N. Wilkinson, A.D. Biggs, R.D. Blandford, C.D. Fassnacht, L.V.E. Koopmans, D.R. Marlow, J.P. McKean, M.A. Norbury, P.M. Phillips, D. Rusin, M.C. Shepherd, C.M. Sykes «The Cosmic Lens All-Sky Survey I. Source selection and observations», 2003, Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, Vol. 341, Issue 1, p. 1-12
- E.M. Waldram, G.G. Pooley, K.J.B. Grainge, M.E. Jones, R.D.E. Saunders, P.F. Scott, A.C. Taylor «9C: a survey of radio sources at 15 GHz with the Ryle Telescope», 2003, Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, Vol. 342, Issue 3, p. 915-925
- E.M. Waldram, G.G. Pooley, M.L. Davies, K.J.B. Grainge, P.F. Scott «9C continued: results from a deeper radio-source survey at 15 GHz», 2010, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 404, Issue 2, p. 1005-1017
- AMI Consortium: M.L. Davies, T.M.O. Franzen, E.M. Waldram, K.J.B. Grainge, M.P. Hobson, N. Hurley-Walker, A. Lasenby, M. Olamaie, G.G. Pooley, J.M. Riley, C. Rodriguez-Gonzalvez, R.D.E. Saunders, A.M.M. Scaife, M.P. Schammel, P.F. Scott, T.W. Shimwell, D.J. Titterington, J.T.L. Zwart «10C survey of radio sources at 15.7 GHz II. First results», 2011, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 415, Issue 3, p. 2708-2722

- 60. H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, A.V.Knyazyan «The IRAS PSC/FSC Combined Catalogue», 2015, Astronomy and Computing, Vol. 10, p. 99-106
- 61. https://www.aras.am/Arvo/arvo.htm
- 62. http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/
- 63. <u>https://www.g-vo.org/</u>
- 64. G.Helou, D.W.Walker «IRAS Catalog of Point Sources», 1988, Infrared astronomical satellite (IRAS) catalogs and atlases, Vol. 7, p.1-265
- M.Moshir, G.Copan, T.Conrow, H.McCallon, P.Hacking, D.Gregorich, G.Rohrbach, M.Melnyk, W.Rice, L.Fullmer, and T.J.Chester «IRAS Faint Source Catalogue, version 2.0.», 1989
- 66. https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/iras.html
- 67. https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR
- A.M.Mickaelian, G.A.Mikayelyan, P.K.Sinamyan «Accurate photometry and variability of First Byurakan Survey blue stellar objects», 2011, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol, 415, Issue 2, p. 1061-1073
- D.Ishihara, T.Onaka, H.Kataza, A.Salama, C.Alfageme, A.Cassatella, N.Cox, P.Garcia-Lario, C.Stephenson, M.Cohen, N.Fujishiro, H.Fujiwara, S.Hasegawa, Y.Ita, W.Kim, H.Matsuhara, H.Murakami, T.G.Muller, T.Nakagawa, Y.O.S.Ohyama, J.Pyo, I.Sakon, H.Shibai, S.Takita, T.Tanabe, K.Uemizu, M.Ueno, F.Usui, T.Wada, H.Watarai, I.Yamamura, C.Yamauchi «The AKARI/IRC mid-infrared all-sky survey», 2010, Astronomy and Astrophysics, Vol. 514, id.A1, p.1-14
- I.Yamamura, S.Makiuti, N.Ikeda, Y.Fukuda, S.Oyabu, T.Koga, G.J.White «VizieR Online Data Catalog: II/298. Originally published in: ISAS/JAXA (2010)», 2010
- R.M.Cutri, E.L.Wright, T.Conrow, J.Bauer, D.Benford, H.Brandenburg, J.Dailey, P.R.M.Eisenhardt, and et al. «WISE All-Sky Data Release, VizieR On-line Data Catalog: II/311. Originally published in: 2012yCat.2311....0C», 2012
- E.L.Wright, P.R.M.Eisenhardt, A.K.Mainzer, M.E.Ressler, R.M.Cutri, T.Jarrett, J.D.Kirkpatrick, D.Padgett, R.S.Mcmillan, M.Skrutskie, S.A.Stanford, M.Cohen, R.G.Walker, J.C.Mather, D.Leisawitz, T.N.Gautier, I.Mclean, D.Benford, C.J.Lonsdale, A.Blain, B.Mendez, W.R.Irace, V.Duval, F.Liu, D.Royer, I.Heinrichsen, J.Howard, M.Shannon, M.Kendall, A.L.Walsh, M.Larsen, J.G.Cardon, S.Schick, M.Schwalm, M.Abid, B.Fabinsky, L.Naes and C.-W.Tsai «THE WIDE-FIELD INFRARED SURVEY EXPLORER (WISE): MISSION DESCRIPTION AND INITIAL ON-ORBIT PERFORMANCE», 2010, The Astronomicaf Journal, Vol. 140, Number 6, p. 1868–1881
- 73. R.M.Cutri, M.F.Skrutskie, S.van Dyk, C.A.Beichman, J.M.Carpenter, T.Chester, L.Cambresy, T.Evans, J.Fowler, J.Gizis, E.Howard, J.Huchra, T.Jarrett, E.L.Kopan, J.D.Kirkpatrick, R.M.Light, K.A.Marsh, H.McCallon, S.Schneider, R.Stiening, M.Sykes,

M.Weinberg, W.A.Wheaton, S.Wheelock, N.Zacarias «VizieR On-line Data Catalog: II/246. Originally published in: 2003yCat.2246....0C», 2003

- 74. D.S.Aguado, R.Ahumada, A.Almeida, S.F.Anderson, and et al., «The Fifteenth Data Release of the Sloan Digital Sky Surveys: First Release of MaNGA-derived Quantities, Data Visualization Tools, and Stellar Library», 2019, The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 240, Issue 2, article id. 23, p. 1-25
- I.N.Evans, F.A.Primini, K.J.Glotfelty, C.S.Anderson, N.R.Bonaventura, J.C.Chen, J.E.Davis, S.M.Doe, J.D.Evans, G.Fabbiano, E.C.Galle, D.G.Gibbs, J.D.Grier, R.M.Hain, D.M.Hall, P.N.Harbo, X.H.He, J.C.Houck, M.Karovska, V.L.Kashyap, J.Lauer, M.L.McCollough, J.C.McDowell, J.B.Miller, A.W.Mitschang, D.L.Morgan, A.E.Mossman, J.S.Nichols, M.A.Nowak, D.A.Plummer, B.L.Refsdal, A.H.Rots, A.Siemiginowska, B.A.Sundheim, M.S.Tibbetts, ; D.W.Van Stone, S.L.Winkelman, P.Zografou «The Chandra Source Catalog», 2010, The Astrophysical Journal Supplement, Vol, 189, Issue 1, p. 37-82
- 76. W.Voges, B.Aschenbach, T.Boller, H.Brauninger, U.Briel, W.Burkert, K.Dennerl, J.Englhauser, R.Gruber, F.Haberl, G.Hartner, G.Hasinger, E.Pfeffermann, W.Pietsch, P.Predehl, J.Schmitt, J.Trumper, U.Zimmermann «ROSAT all-sky survey faint source catalogue», 2000, IAU Circ., No. 7432, #1
- S.R.Rosen, N.A.Webb, M.G.Watson, J.Ballet, D.Barret, V.Braito, F.J.Carrera, M.T.Ceballos, M.Coriat, R.Della Ceca, G.Denkinson, P.Esquej, S.A.Farrell, M.Freyberg, F.Grise, P.Guillout, L.Heil, F.Koliopanos, D.Law-Green, G.Lamer, D.Lin, R.Martino, L.Michel, C.Motch, A.Nebot Gomez-Moran, C.G.Page, K.Page, M.Page, M.W.Pakull, J.Pye, A.Read, P.Rodriguez, M.Sakano, R.Saxton, A.Schwope, A.E.Scott, R.Sturm, I.Traulsen, V.Yershov and I.Zolotukhin «The XMM-Newton serendipitous survey», 2016, Astronomy and Astrophysics, Vol. 590, A1, p.1-22
- H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.M.Paronyan, G.A.Mikayelyan, M.V.Gyulzadyan «Radio variable sources at 1400 MHz and their optical variability», 2018, Astronomy and Computing, Vol. 25, p. 176-182
- M.A.Gendre, P.N.Best, J.V.Wall «The Combined NVSS-FIRST Galaxies (CoNFIG) sample - II. Comparison of space densities in the Fanaroff-Riley dichotomy», 2010, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 404, Issue 4, p. 1719-1732
- A.E.Kimball, Z.Ivezic «A Unified Catalog of Radio Objects Detected by NVSS, First, WENSS, GB6, and SDSS», 2008, The Astronomical Journal, Vol. 136, Issue 2, p. 684-712
- N.Thyagarajan, D.J.Helfand, R.L.White, R.H.Becker «Variable and Transient Radio Sources in the FIRST Survey», 2011, The Astrophysical Journal, Vol. 742, Issue 1, article id. 49, p. 1-15
- 82. R.G.McMahon, M.J.Irwin, S.J.Maddox «The APM-North Catalogue», 2000, Institute of Astronomy, Cambridge, UK
- D.Monet, A.Bird, B.Canzian, C.Dahn, H.Guetter, H.Harris, A.Henden, S.Levine, C.Luginbuhl, A.K.B.Monet, A.Rhodes, B.Riepe, S.Sell, R.Stone, F.Vrba, R.Walker «USNO-A V2.0, A Catalog of Astrometric Standards», 1998, USNO Flagstaff Station and Universities Space Research Association (USRA)
- D.G.Monet, S.E.Levine, B.Canzian, H.D.Ables, D.Harold, A.R.Bird, C.C.Dahn, H.H.Guetter, H.C.Harris, A.A.Henden, S.K.Leggett, H.F.Levison, C.B.Luginbuhl, J.Martini, A.K.B.Monet, J.A.Munn, J.R.Pier, A.R.Rhodes, B.Riepe, S.Sell, R.Stone, C.V.Ronald, J.Frederick, R.L.Walker, G.Westerhout, R.J.Brucato, I.N.Reid, W.Schoening, M.Hartley, M.A.Read, S.B.Tritton «The USNO-B Catalog», 2003, The Astronomical Journal, Vol. 125, Issue 2, pp. 984-993
- B.M.Lasker, M.G.Lattanzi, B.J.McLean, B.Bucciarelli, R.Drimmel, J.Garcia, G.Greene, F.Guglielmetti, C.Hanley, G.Hawkins, V.G.Laidler, C.Loomis, M.Meakes, R.Mignani, R.Morbidelli, J.Morrison, R.Pannunzio, A.Rosenberg, M.Sarasso, R.L.S.A.Smart, C.R.Sturch, A.Volpicelli, R.L.White, D.Wolfe, A.Zacchei «The Second-Generation Guide Star Catalog: Description and Properties», 2008, The Astronomical Journal, Vol. 136, Issue 2, p. 735-766
- M.-P.Ve'ron-Cetty, P.Ve'ron «A catalogue of quasars and active nuclei: 13th edition», 2010, Astronomy and Astrophysics, Vol. 518, id.A10
- E.Massaro, A.Maselli, C.Leto, P.Marchegiani, M.Perri, P.Giommi, S.Piranomonte «The 5th edition of the Roma-BZCAT. A short presentation», 2015, Astrophysics and Space Science, Vol. 357, Issue 1, article id.75, p. 1-4
- 88. I.Pâris, P.Petitjean, É.Aubourg, S.Bailey, N.P.Ross, A.D.Myers, M.A.Strauss, S.F.Anderson, E.Arnau, J.Bautista, D.Bizyaev, A.S.Bolton, J.Bovy, W.N.Brandt, H.Brewington, J.R.Browstein, N.Busca, D.Capellupo, W.Carithers, R.A.C.Croft, K.Dawson, T.Delubac, G.Ebelke, D.J.Eisenstein, P.Engelke, X.Fan, N.Filiz Ak, H.Finley, A.Font-Ribera, J.Ge, R.R.Gibson, P.B.Hall24, F.Hamann, J.F.Hennawi, S.Ho, D.W.Hogg, Ž.Ivezić, L.Jiang, A.E.Kimball, D.Kirkby, J.A.Kirkpatrick, K.-G.Lee, J.-M.Le Goff1, B.Lundgren, C.L.MacLeod, E.Malanushenko, V.Malanushenko, C.Maraston, I.D.McGreer, R.G.McMahon30, J.Miralda-Escudé, D. Muna, P.Noterdaeme, K.Pan, D.Oravetz, N.Palanque-Delabrouille, I.Perez-Fournon, M.M.Pieri, G.T.Richards, E.Rollinde, E.S.Sheldon, D.J.Schlegel, D.P.Schneider, A.Slosar, A.Shelden, Y.Shen, A.Simmons, S.Snedden, N.Suzuki, J.Tinker, M.Viel, B.A.Weaver, D.H.Weinberg, M.White, W.M.Wood-Vasey and C.Yèche «The Sloan Digital Sky

Survey quasar catalog: ninth data release», 2012, Astronomy and Astrophysics, Vol. 548, A66, p. 1-28

- 89. I.Pâris, P.Petitjean, E.Aubourg, N.P.Ross, A.D.Myers, A.Streblyanska, S.Bailey, P.B.Hall, M.A.Strauss, S.F.Anderson, D.Bizyaev, A.Borde, J.Brinkmann, J.Bovy, W.N.Brandt, H.Brewington, J.R.Brownstein, B.A.Cook, G.Ebelke, X.Fan, N.Filiz Ak, A.Font-Ribera, I.Ge. F.Hamann, S.Ho. L.liang. K.Kinemuchi, H.Finley, E.Malanushenko, V.Malanushenko, M.Marchante, I.D.McGreer, R.G.McMahon, J.Miralda-Escudé, D.Muna, P.Noterdaeme, D.Oravetz, N.Palanque-Delabrouille, K.Pan, I.Perez-Fournon, M.Pieri, R.Riffel, D.J.Schlegel, D.P.Schneider, A.Simmons, M.Viel, B.A.Weaver, W.M.Wood-Vasey, C.Yèche, and D.G.York «The Sloan Digital Sky Survey quasar catalog: tenth data release», 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 563, A54, p. 1-15
- J.Souchay, A.H.Andrei, C.Barache, T.Kalewicz, C.Gattano, B.Coelho, F.Taris, S.Bouquillon, O.Becker «The third release of the Large Quasar Astrometric Catalog (LQAC-3): a compilation of 321957 objects», 2015, Astronomy & Astrophysics, Vol. 583, id.A75, p. 1-9
- F.Massaro, M.Giroletti, R.D'Abrusco, N. Masetti, A.Paggi, P.S.Cowperthwaite, G.Tosti, and S.Funk «The low-frequency radio catalog of flat-spectrum sources», 2014, The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 213, Number 1, p. 1-10
- 92. https://ned.ipac.caltech.edu/
- 93. O.M.Kurtanidze, M.G.Nikolashvili, G.N.Kimeridze, L.A.Sigua, and B.Z.Kapanadze «Optical variability of X-ray selected blazars», 2007, Black Holes from Stars to Galaxies
 -- Across the Range of Masses. Edited by V. Karas and G. Matt. Proceedings of IAU Symposium № 238, 399
- 94. C.G.Alok, J.H.Fan, J.M.Bai and S.J.Wagner «Optical Intra-Day Variability in Blazars» 2008, The Astronomical Journal, Vol. 135, Issue 4, p. 1384-1394
- 95. H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.M.Paronyan, G.A.Mikayelyan «Optical variability of blazars», 2019, Astronomische Nachrichten, Vol. 340, Issue 5, pp. 437-444
- 96. B.-K.Zhang, X.-S.Zhou, X.-Y.Zhao, and B.-Z.Dai «Long-term optical-infrared color variability of blazars», 2012, Research in Astronomy Astrophysics, 15, id1784, p.1-11, arXiv:1504.00837, <u>https://arxiv.org/abs/1504.00837</u>
- 97. H.Gaur, A.C.Gupta, A.Strigachev, R.Bachev, E.Semkov, P.J.Wiita, S.Peneva, S.Boeva, L.Slavcheva-Mihova, B.Mihov, G.Latev, U.S.Pandey «Optical flux and spectral

variability of blazars», 2012, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 425, Issue 4, p. 3002–3023

- I.Arcavi, A.Gal-Yam, M.Sullivan, Y.-C.Pan, S.B.Cenko, A.Horesh, E.O.Ofek, A.De Cia, L.Yan, C.-W.Yang, D.A.Howell, D.Tal, S.R.Kulkarni, S.P.Tendulkar, S.Tang, D.Xu, A.Sternberg, J.G.Cohen, J.S.Bloom, P.E.Nugent, M.M.Kasliwal, D.A.Perley, R.M.Quimby, A.A.Miller, C.A.Theissen, R.R.Laher «A continuum of H- to He-rich tidal disruption candidates with a preference for E+A galaxies», 2014, The Astrophysical Journal, Vol. 793, Issue 1, article id. 38, p. 1-16
- A.J.Drake, S.G.Djorgovski, A.Mahabal, E.Beshore, S.Larson, M.J.Graham, R.Williams, E.Christensen, M.Catelan, A.Boattini, A.Gibbs, R.Hill, R.Kowalski «First Results from the Catalina Real-Time Transient Survey», 2009, The Astrophysical Journal, Vol. 696, Issue 1, p. 870-884
- 100. T.Hovatta, V.Pavlidou, O.G.King, A.Mahabal, B.Sesar, R.Dancikova, S.G.Djorgovski, A.Drake, R.Laher, D.Levitan, W.Max-Moerbeck, E.O.Ofek, T.J.Pearson, T.A.Prince, A.C.S.Readhead, J.L.Richards, J.Surace «Connection between optical and γ-ray variability in blazars», 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 439, Issue 1, p. 690–702
- A.Sandrinelli, S.Covino and A.Treves «Long and short term variability of seven blazars in six near-infrared/optical bands», 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 652, A79, p. 1-19
- 102. X.Liu, P.P.Yang, J.Liu, B.R.Liu, S.M.Hu, O.M.Kurtanidze, S.Zola, A.Kraus, T.P.Krichbaum, R.Z.Su, K.Gazeas, K.Sadakane, K.Nilson, D.E.Reichart, M.Kidger, K.Matsumoto, S.Okano, M.Siwak, J.R.Webb, T.Pursimo, F.Garcia, R.Naves Nogues, A.Erdem, F.Alicavus, T.Balonek, S.G.Jorstad «Radio and optical intra-day variability observations of five blazars», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 469, Issue 2, p. 2457–2463
- 103. A.G.Riess, L.-G.Strolger, J.Tonry, S.Casertano, H.Ferguson, B.Mobasher, P.Challis, A.V.Filippenko, S.Jha, W.Li, R.Chornock, R.P.Kirshner, B.Leibundgut, M.Dickinson, M.Livio, M.Giavalisco, C.C.Steidel, T.Benitez, Z.Tsvetanov «Type la Supernova Discoveries at z > 1 from the Hubble Space Telescope: Evidence for Past Deceleration and Constraints on Dark Energy Evolution», 2004, The Astrophysical Journal, Vol. 607, Issue 2, p. 665-687
- 104. A.G.A.Brown, A.Vallenari, T.Prusti, J.H.Jde Bruijne, C.Babusiaux, C.A.L.Bailer-Jones, M.Biermann, D.W.Evans, L.Eyer, F.Jansen, C.Jordi, S.A.Klioner, U.Lammers,

L.Lindegren, X.Luri, F.Mignard, C.Panem, D.Pourbaix, S.Randich, P.Sartoretti, H.I.Siddiqui, C.Soubiran, F.van Leeuwen, N.A.Walton, F.Arenou, U.Bastian, M.Cropper, R.Drimmel, D.Katz, M.G.Lattanzi, J.Bakker, C.Cacciari, J.Castaneda, L.Chaoul, N.Cheek, F.De Angeli, C.Fabricius, R.Guerra, B.Holl, E.Masana, R.Messineo, N.Mowlavi, K.Nienartowicz, P.Panuzzo, J.Portell, M.Riello, G.M.Seabroke, P.Tanga, F.Thevenin, G.Gracia-Abril, G.Comoretto, M.Garcia-Reinaldos, D.Teyssier, M.Altmann, R.Andrae, M.Audard, I.Bellas-Velidis, K.Benson, J.Berthier, R.Blomme, P.Burgess, G.Busso, B.Carry, A.Cellino, G.Clementini, M.Clotet, O.Creevey, M.Davidson, J.De Ridder, L.Delchambre, A.Dell'Oro, C.Ducourant, J.Fernandez-Hernandez, M.Fouesneau, Y.Fremat, L.Galluccio, M.Garcia-Torres, J.Gonzalez-Nunez, J.J.Gonzalez-Vidal, E.Gosset, L.P.Guy, J.-L.Halbwachs, N.C.Hambly, D.L.Harrison, J.Hernandez, D.Hestroffer, S.T.Hodgkin, A.Hutton, G.Jasniewicz, A.Jean-Antoine-Piccolo, S.Jordan, A.J.Korn, A.Krone-Martins and et al. «Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties», 2018, Astronomy and Astrophysics, Vol. 616, id.A1, p. 1-22

- 105. T.Hovatta, V.Pavlidou, O.G.King, A.Mahabal, B.Sesar, R.Dancikova, S.G.Djorgovski, A.Drake, R.Laher, D.Levitan, W.Max-Moerbeck, E.O.Ofek, T.J.Pearson, T.A.Prince, A.C.S.Readhead, J.L.Richards, J.Surace «Connection between optical and γ-ray variability in blazars», 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 439, Issue 1, p.690-702
- 106. R.Krivonos, M.Revnivtsev, A.Lutovinov, S.Sazonov, E.Churazov, R.Sunyaev «INTEGRAL/IBIS all-sky survey in hard X-rays», 2007, Astronomy and Astrophysics, Vol. 475, Issue 2, pp.775-784
- 107. F.Acero, M.Ackermann, M.Ajello, A.Albert, W.B.Atwood, M.Axelsson, L.Baldini, J.Ballet, G.Barbiellini, D.Bastieri, A.Belfiore, R.Bellazzini, E.Bissaldi, R.D.Blandford, E.D.Bloom, J.R.Bogart, R.Bonino, E.Bottacini, J.Bregeon, R.J.Britto, P.Bruel, R.Buehler, T.H.Burnett, S.Buson, G.A.Caliandro, R.A.Cameron, R.Caputo, M.Caragiulo, P.A.Caraveo, J.M.Casandjian, E.Cavazzuti, E.Charles, R.C.G.Chaves, A.Chekhtman, C.C.Cheung, J.Chiang, G.Chiaro, S.Ciprini, R.Claus, J.Cohen-Tanugi, L.R.Cominsky, J.Conrad, S.Cutini, F.D'Ammando, A.de Angelis, M.DeKlotz, F.de Palma, R.Desiante, S.W.Digel, L.Di Venere, P.S.Drell, R.Dubois, D.Dumora, C.Favuzzi, S.J.Fegan, E.C.Ferrara, J.Finke, A.Franckowiak, Y.Fukazawa, S.Funk, P.Fusco, F.Gargano, D.Gasparrini, B.Giebels, N.Giglietto, P.Giommi, F.Giordano, T.Glanzman, G.Godfrey, I.A.Grenier, M.-H.Grondin, J.E.Grove, M.Giroletti,

L.Guillemot, S.Guiriec, D.Hadasch, A.K.Harding, E.Hays, J.W.Hewitt, A.B.Hill, D.Horan, G.Iafrate, T.Jogler, G.Johannesson, R.P.Johnson, A.S.Johnson, T.J.Johnson, W.N.Johnson, T.Kamae, J.Kataoka, J.Katsuta, M.Kuss, G.La Mura, D.Landriu, S.Larsson, L.Latronico, M.Lemoine-Goumard, J.Li, L.Li, F.Longo, F.Loparco, B.Lott, M.N.Lovellette, P.Lubrano, G.M.Madejski, F.Massaro, M.Mayer, M.N.Mazziotta, J.E.McEnery, P.F. Michelson, N.Mirabal, T.Mizuno, A.A.Moiseev, M.Mongelli, M.E.Monzani, A.Morselli, I.V.Moskalenko, S.Murgia, E.Nuss, M.Ohno, T.Ohsugi, N.Omodei, M.Orienti, E.Orlando, J.F.Ormes, D.Paneque, J.H.Panetta, J.S,Perkins, M.Pesce-Rollins, F.Piron, G.Pivato, T.A.Porter, J.L.Racusin, R.Rando, M.Razzano, S.Razzaque, A.Reimer, O.Reimer, T.Reposeur, L.S.Rochester, R.W.Romani, D.Salvetti, M.Sanchez-Conde, P.M.Saz Parkinson, A.Schulz, E.J.Siskind, D.A.Smith, F.Spada, G.Spandre, P.Spinelli, T.E.Stephens, A.W.Strong, D.J.Suson, H.Takahashi, T.Takahashi, Y.Tanaka, J.G.Thayer, J.B.Thayer, D.J.Thompson, L.Tibaldo, O.Tibolla, D.F.Torres, E.Torresi, G.Tosti, E.Troja, B.Van Klaveren, G.Vianello, B.L.Winer, K.S.Wood, M.Wood, S.Zimmer «Fermi Large Area Telescope Third Source Catalog», 2015, The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 218, Issue 2, article id. 23, p. 1-41

- 108. M.R.S.Hawkins «Variability in active galactic nuclei: confrontation of models with observations» 2002, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 329, Issue 1, p. 76-86
- 109. M.-H.Ulrich «Contribution for the Encyclopedia of Astronomy and Astrophyisics», 1999, Oxford Institute of Physics and MacMillan
- H.V.Abrahamyan «The Nature of Active Galaxies Based on Their Radio Properties»,
 2020, Astronomische Nachrichten, DOI: 10.1002/asna.202013701, accepted
- 111. A.Ghosh, J.Prasad, S.Bharadwaj, Sk.S.Ali, J.N.Chengalur «Characterizing foreground for redshifted 21 cm radiation: 150 MHz Giant Metrewave Radio Telescope observations», 2012, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 426, Issue 4, p. 3295-3314
- 112. P.Tiwari «Radio spectral index from NVSS and TGSS» 2019, Research in Astronomy and Astrophysics, Vol. 19, N 7, 96, p. 1-8
- 113. M.Zajaček, G.Busch, M.Valencia-S., A.Eckart, S.Britzen, L.Fuhrmann, J.Schneeloch, N.Fazeli, K.C.Harrington and J.A.Zensus «Radio-spectral index distribution of SDSS-FIRST sources acrossoptical diagnostic diagrams», 2019, Astronomy and Astrophysics, Vol. 630, A83, p. 1-19

- 114. F.de Gasperin, H.T.Intema, and D.A.Frail «A radio spectral index map and catalogue at 147–1400 MHz covering 80 percent of the sky» 2017, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 474, Issue 4, p. 5008-5022
- 115. R.Coppejans, S. van Velzen, H.T.Intema, C.Muller, S.Frey, D.L.Coppejans, D.Cseh, W.L.Williams, H.Falcke, E.G.Kording, E.Orru, Z.Paragi, K.E.Gabanyi «Radio spectra of bright compact sources at z > 4.5», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2017, Vol. 467, Issue 2, p. 2039–2060
- 116. R.A.Laing, A.H.Bridle «The spectra of jet bases in FR I radio galaxies: implications for particle acceleration», 2013, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol.432, Issue 2, p. 1114–1132
- 117. R.A.Laing, A.H.Bridle «Systematic properties of decelerating relativistic jets in lowluminosity radio galaxies», 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 437, Issue 4, p. 3405–3441
- 118. H.V.Abrahamyan, R.R.Andreasyan, M.A.Hovhannisyan, G.M.Paronyan «Study of Compact Radio Galaxies in the 7C II Field», 2014, Astrophysics, Vol. 57, Issue 3, p.359-369
- 119. J.Souchay, C.Gattano, A.H.Andrei, D.Souami, B.Coelho, C.Barache, F.Taris, N.Secrest, A.Berthereau «LQAC-5: The fifth release of the Large Quasar Astrometric Catalogue. A compilation of 592809 objects with 398697 Gaia counterparts», 2019, Astronomy and Astrophysics, Vol. 624, id.A145, p. 1-14
- 120. H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.M.Paronyan, G.A.Mikayelyan «Classification by activity type of a sample of galaxies with radio emission», 2020, Astrophysics, accepted (Астрофизика, том 63, выпуск 3)
- A.E.Reines, J.E.Greene, M.Geha «Dwarf Galaxies with Optical Signatures of Active Massive Black Holes», 2013, The Astrophysical Journal, Vol. 775, Issue 2, article id. 116, p.1-24
- 122. A.M.Mickaelian, G.S.Harutyunyan, A.Sarkissian «Study and Classification of SDSS Spectra for Byurakan–Iras Galaxies», 2018, Astronomy Letters., 44, 6, p. 351-361
- 123. H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.A.Mikayelyan, G.M.Paronyan «Revised optical classification of "LINERs"», 2018, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory (ComBAO), Vol. 65, Issue 1, p. 1-12
- 124. G.M.Paronyan, A.M.Mickaelian, G.S.Harutyunyan, H.V.Abrahamyan, G.A.Mikayelyan «Activity Types of Galaxies Selected from HRC/BHRC Sample», 2019, Astrophysics, 62, 2, p. 147-162

- 125. H.V.Abrahamyan, A.M.Mickaelian, G.M.Paronyan, G.A.Mikayelyan, M.V.Gyulzadyan «Classification of BZCAT objects having uncertain types», 2019, Communications of the Byurakan Astrophysical Observatory (ComBAO), Vol. 66, Issue 1, p. 1-7
- 126. G.A.Mikayelyan, A.M.Mickaelian, H.V.Abrahamyan, G.M.Paronyan, M.V.Gyulzadyan «Spectral Classification of Ultrabright IR Galaxies from The IRAS PSC/FSC Combined Catalog», 2019, Astrophysics, 62, 4, 452-466
- 127. D.E.Osterbrock «Emission-line spectra of active galactic nuclei and quasars», 1980, Texas Symposium on Relativistic Astrophysics, 9th, Munich, West Germany, December 14-19, 1978, Proceedings. (A80-42502 18-90) New York, New York Academy of Sciences, p. 22-38
- 128. H.Winkler «Variability studies of Seyfert galaxies II. Spectroscopy», 1992, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 257, p. 677-688
- 129. S.Veilleux, D.E.Osterbrock «Spectral Classification of Emission-Line Galaxies», 1987 Astrophysical Journal Supplement, Vol. 63, p.295-310
- 130. L.C.Ho, A.V.Filippenko, W.L.W.Sargent, Proceedings of IAU Colloquium, 159, 1997
- D.W.Weedman «Emission line galaxies», 1977, Vistas in Astronomy, Vol. 21, Issue 1, p. 55-70
- 132. P.Véron, A.C.Goncalves, M.P.Véron-Cetty «AGNs with composite spectra», 1997, Astronomy and Astrophysics, Vol. 319, p. 52-66
- 133. https://www.originlab.com/