

Հաստատում եմ՝

Երևանի պետական համալսարանի
գիտական հարցերի գծով պրոռեկտոր՝





Ռ.Հ. Բարխուդարյան

«09» հունիսի 2026թ.

ՔԱՂՎԱԾՔ

Երևանի պետական համալսարանի ֆիզիկայի ինստիտուտի տեսական և մաթեմատիկական ֆիզիկայի ամբիոնի 2026թ. մայիսի 13-ին կայացած գիտական սեմինարի արձանագրությունից:

ՆԵՐԿԱ ԷԻՆ՝ Ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորներ՝ Ռ. Ավագյանը, Ա. Մուրադյանը, Գ. Հաջյանը, Մ. Գրիգորյանը, Ա. Սահարյանը, Կ. Շահաբասյանը, Մ. Առաքելյանը, Տ. Հակոբյանը, Ն. Սահակյանը, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուներ՝ Գ. Ալավերդյանը, Պ. Պետրոսյանը, Լ. Գրիգորյանը, Վ. Օհանյանը, Դ. Սիմոնյանը, Տ. Պետրոսյանը, Վ. Քոթանջյանը, Ժ. Ադամյանը, Հ. Ասատրյանը, ասպիրանտներ և մագիստրատուրայի ուսանողներ:

ԼՍԵՑԻՆ՝ ԻԿՐԱՆԵՏ-կենտրոն ՄԿ-ի ասպիրանտ Մհեր Հրաչյաի Խաչատրյանի ղեկուցումը «Մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառում բլազարների դասակարգման և դրանց ճառագայթման մոդելավորման համար» Ա.03.02 «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

Մենք Հրաչյաի Խաչատրյանի «Մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառում բլազարների դասակարգման և դրանց ճառագայթման մոդելավորման համար» թեմայով, Ա.03.02 «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

Թեմայի արդիականությունը: Ժամանակակից աստղաֆիզիկական մեծապես հիմնվում է բազմաալիքային դիտումների, մեծ ծավալի կատալոգների և բարդ թվային մոդելավորման վրա: Այդ համատեքստում բլազարները առանձնահատուկ կարևորություն ունեն, քանի որ նրանց ռելյատիվիստական շիթերից առաջացող ոչ ջերմային ճառագայթումը բնութագրվում է արագ փոփոխականությամբ և դիտվում է էլեկտրամագնիսական սպեկտրի լայն տիրույթում՝ ռադիոալիքներից մինչև բարձր և գերբարձր էներգիաների գամմա տիրույթ: Նման աղբյուրների ուսումնասիրությունը հնարավորություն է տալիս հետազոտել մասնիկների արագացման և ճառագայթման մեխազնիմների, շիթերի էներգետիկան և գերմասիվ կենտրոնի վրա ակրեցիայի հետ կապված հարցերը:

Միաժամանակ, բլազարների դասակարգումը և նրանց էներգիայի սպեկտրալ բաշխման ֆիզիկական մոդելավորումը մնում են հաշվարկային տեսանկյունից բարդ խնդիրներ: Այդ սպեկտրների մանրամասն մոդելավորումը կարևոր նշանակություն ունի բլազարների շիթերում տեղի ունեցող ֆիզիկական պրոցեսների ուսումնասիրության համար: Բացի այդ, Fermi-LAT-ի և այլ սպեկտրալ տիրույթներում գործող դիտակների կատալոգներում առկա են անորոշ ենթադասի բազմաթիվ բլազարային աղբյուրներ, որոնց դասակարգումը կարևոր նշանակություն ունի բլազարների պոպուլյացիոն հատկությունների և ըստ ենթադասերի բաշխման ուսումնասիրման համար Այսպիսով, բլազարների դասակարգումն ու դրանց ճառագայթման մոդելավորումը շարունակում են մնալ բարձր էներգիաների աստղաֆիզիկայի կարևոր խնդիրներ: Մեքենայական ուսուցման մեթոդների կիրառումը դրանցում ոչ միայն արագացնում է տվյալների մշակումը, այլև մեծացնում է մեծ նմուշների վիճակագրական վերլուծության և տարբեր ժամանակահատվածներում գրանցված ճառագայթման սպեկտրերի մոդելավորման հնարավորությունները: Ուստի ատենախոսության ընտրված թեման արդիական է և համապատասխանում է բարձր էներգիաների աստղաֆիզիկայի արդի խնդիրներին:

Ատենախոսությունը շարադրված է 129 էջում և բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլուխներից, եզրակացությունից ու 144 անուն օգտագործված գրականության ցանկից:

Ներածությունում հիմնավորվում է թեմայի ընտրությունը, ներկայացվում են բլազարների ուսումնասիրության հիմնական բաց հարցերը, օգտագործվող դիտողական տվյալների շրջանակը և մեքենայական ուսուցման մեթոդների ներգրավման անհրաժեշտությունը:

Առաջին գլխում տրված է ակտիվ գալակտիկական միջուկների և բլազարների ընդհանուր նկարագիրը, քննարկված են նրանց ճառագայթման հիմնական մեխանիզմները, բազմաալիքային դիտողական տվյալների աղբյուրները և այն մեքենայական ուսուցման մոտեցումները, որոնք հետագայում կիրառվում են ատենախոսության խնդիրների լուծման համար:

Երկրորդ գլխում ուսումնասիրվել է Fermi-LAT 4FGL-DR3 կատալոգում ներառված անորոշ ենթադասի բլազարների դասակարգումը: Օգտագործելով գամմա տիրույթի սպեկտրալ և ժամանակային 18 հատկանիշներ՝ կիրառվել են gradient boosting decision trees-ի վրա հիմնված ալգորիթմներ BL Lac և FSRQ ենթադասերը տարբերակելու համար: Մշակված մոդելների արդյունավետությունը բնութագրվում է բարձր ROC-AUC արժեքներով, իսկ դրանց կիրառումը 1493 անորոշված ենթադասի բլազարների վրա թույլ է տվել իրականացնել շուրջ 1230 աղբյուրների ենթադասային կանխատեսում և զգալիորեն նվազեցնել չդասակարգված աղբյուրների քանակը:

Երրորդ գլխում մշակվել է կոնվոլյուցիոն նեյրոնային ցանցի վրա հիմնված մոդել՝ մեկ գոտանոց Synchrotron Self-Compton (SSC) ճառագայթման մոդելի փոխարինման համար: Մոդելի ուսուցման նպատակով գեներացվել են սինթետիկ տվյալներ, որոնք ընդգրկում են SSC մոդելի ֆիզիկական պարամետրերի լայն տիրույթ: Այդ տվյալների հիման վրա նեյրոնային ցանցը սովորում է մոդելի մուտքային պարամետրերի և համապատասխան սինքրոտրոնային ու հակադարձ Կոմպտոնյան ճառագայթման բաղադրիչների միջև կապը: Ցույց է տրվել, որ առաջարկված մոդելը բարձր ճշգրտությամբ վերարտադրում է երկու ճառագայթային բաղադրիչները, իսկ ավանդական թվային հաշվարկների համեմատ հաշվարկային ժամանակը կրճատվում է մի քանի կարգով: Սա հնարավորություն է տալիս կատարել SSC մոդելի պարամետրերի որոնում լայն տիրույթում և իրականացնել բայեսյան inference:

Չորրորդ գլխում, մշակված մոտեցումը կիրառվել է PKS 2155-304 բլազարի ուսումնասիրության համար: 2008-2023թթ. ընթացքում գրանցված դիտողական տվյալներից առանձնացվել և մոդելավորվել են միաժամանակյա տվյալներով կազմված 253

բազմաալիքային սպեկտրալ էներգիայի բաշխումներ, ինչի շնորհիվ հնարավոր է դարձել հետևել աղբյուրի ֆիզիկական պարամետրերի փոփոխությանը տարբեր ակտիվության վիճակներում: Արդյունքները ցույց են տալիս, որ ճառագայթման փոփոխականությունը կապված է մագնիսական դաշտի, էլեկտրոնային լուսատվության, էլեկտրոնների առավելագույն էներգիայի և Դոպլերյան գործակցի փոփոխությունների հետ:

Հինգերորդ գլխում ուսումնասիրվել են PKS 1441+25 աղբյուրի բազմաալիքային տիրույթում ճառագայթման մեխանիզմները՝ արտաքին ֆոտոնային դաշտերի հակադարձ Կոմպտոնյան ցրման մոդելի շրջանակում: Առանձին իրականացվել է հունվարին գրանցված բարձր էներգիայի բռնկման, ապրիլին գերբարձր էներգիաների գամմա տիրույթում դիտված բռնկման, ինչպես նաև մայիս-հունիս ամիսների հանգիստ վիճակի ճառագայթման մոդելավորումը: Յուրաքանչյուր ժամանակահատվածի համար գնահատվել են համապատասխան ֆիզիկական պարամետրերը: Ցույց է տրվել, որ հունվարյան բռնկման ժամանակ ճառագայթող տիրույթը գտնվել է լայն գծերի շրջանի ներսում, ինչի հետևանքով գերբարձր էներգիայի ֆոտոնները ենթարկվում են զգալի կլանման: Մինչդեռ ապրիլյան բռնկման դեպքում ճառագայթող տիրույթը տեղակայված է եղել այդ շրջանից դուրս՝ հավանաբար փոշային տորուսի շրջակայքում, ինչը հնարավորություն է տվել գրանցել աղբյուրի ճառագայթումը գերբարձր էներգիաների գամմա տիրույթում:

Ատենախոսությունը թողնում է դրական տպավորություն: Աշխատանքում համադրված են ժամանակակից դիտողական աստղաֆիզիկայի, վիճակագրական դասակարգման և արագացված ճառագայթային մոդելավորման մեթոդները: Ստացված արդյունքները ունեն գիտական նորություն և կարող են օգտագործվել բլազարների մեծ նմուշների վերլուծության, աղբյուրների ընտրության, ինչպես նաև շիթերը նկարագրող ֆիզիկական պարամետրերի ժամանակային էվոլյուցիայի հետագա ուսումնասիրությունների համար:

Միաժամանակ կարելի է նշել հետևյալ դիտողությունները:

- 1) Դասակարգման արդյունքների կիրառման տեսանկյունից ցանկալի կլիներ ավելի մանրամասն քննարկել հավանականային շեմերի ընտրության ազդեցությունը և սահմանային աղբյուրների հնարավոր սխալ դասակարգման հետևանքները:
- 2) PKS 2155-304 և PKS 1441+25 աղբյուրների մոդելավորման բաժիններում կարելի էր ավելի ընդարձակ անդրադառնալ մագնիսական դաշտի, Դոպլերյան գործակցի, էլեկտրոնային բաշխման և արտաքին ֆոտոնային դաշտերի պարամետրերի միջև հնարավոր դեգեներացիաներին:

Նշված դիտողությունները ունեն քննարկման և հետագա զարգացման բնույթ, չեն վերաբերում ատենախոսության հիմնական արդյունքների հավաստիությանը և չեն նվազեցնում կատարված աշխատանքի գիտական արժեքը: Աշխատանքը մեթոդական առումով հիմնավորված է, իսկ եզրակացությունները բխում են կատարված վերլուծությունից և մոդելավորման արդյունքներից:

Ատենախոսությունն իր արդիականությամբ, գիտական նորույթով, արդյունքների հիմնավորվածությամբ և կիրառական նշանակությամբ համապատասխանում է ՀՀ Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին: Աշխատանքի հիմնական դրույթները և եզրահանգումները պատշաճ կերպով արտացոլում են ներկայացված հետազոտության բովանդակությունը:

Եզրակացություն

Մենք Հրաչյաի Խաչատրյանի «Մեքենայական ուսուցման ալգորիթմների կիրառում բլազարների դասակարգման և դրանց ճառագայթման մոդելավորման համար» թեմայով թեկնածուական ատենախոսությունը ավարտուն գիտական աշխատանք է, կատարված է պատշաճ մասնագիտական մակարդակով և բովանդակությամբ համապատասխանում է Ա.03.02 «Աստղաֆիզիկա, ռադիոաստղագիտություն» մասնագիտությանը: Հեղինակն արժանի է ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Երևանի պետական համալսարանի
Տեսական և մաթեմատիկական ֆիզիկայի
ամբիոնի վարիչ՝

Ս. Ա. Սահարյան Ա. Ա. Սահարյան

Պրոֆ. Ա. Ա. Սահարյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

Երևանի պետական համալսարանի
Գիտական քարտուղար՝

Մ. Վ. Հովհաննիսյան Մ. Վ. Հովհաննիսյան

08.06.26 թ.

