

ՀՀ ԳԱԱ Վ.Համբարձումյանի անվան Բյուրականի աստղադիտարան

Կոստանդյան Գայանե Ռազմիկի

ԲԱՐՁՐ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱԿԱՆ ԼԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՒՄ DFBS ՈՒՇ
ԴԱՍԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆ

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

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Բյուրական – 2021

Бюраканская Астрофизическая Обсерватория имени Виктора
Амбарцумяна НАН РА

Костандян Гаяне Размиковна


ИССЛЕДОВАНИЕ DFBS ЗВЕЗД ПОЗДНИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ
КЛАССОВ НА ВЫСОКИХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности
А.03.02 – “Астрофизика, радиоастрономия”

АВТОРЕФЕРАТ

Бюракан-2021

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Վ. Համբարձումյանի անվան
Բյուրականի աստղադիտարանի (ԲԱ) գիտական խորհրդում:
Գիտական ղեկավար՝ ֆ.մ.գ.թ. Գիգոյան Կամո
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
ֆ.մ.գ.դ. Արթուր Նիկողոսյան
ֆ.մ.գ.թ. Ժակլին Մարտիրոսյան
Առաջատար կազմակերպություն՝ Ռուսաստանի գիտությունների ակադեմիայի
աստղագիտության ինստիտուտ:
Պաշտպանությունը կայանալու է 2021թ.դեկտեմբերի 2-ին ժամը 14:00-ին, ՀՀ
ԳԱԱ Բյուրականի աստղադիտարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի
«Աստղագիտություն» 048 մասնագիտական խորհրդի նիստում (0213,
Բյուրական, Արագածոտնի մարզ):
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Բյուրականի
աստղադիտարանի գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 2021թ.հոկտեմբերի 15-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝
ֆ.մ.գ.թ.  Ե.Հ.Նիկողոսյան

Тема диссертации утверждена ученым советом Бюраканской астрофизической
обсерватории им. В. А. Амбарцумяна НАН РА.

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук К. С. Гигоян

Официальные
оппоненты: д-р физ.-мат. наук А. Г. Никогосян

канд. физ.-мат. наук Ж. Р. Мартиросян

Ведущая организация: ИНАСАН - Институт астрономии Российской академии
наук.

Защита состоится 2-го декабря, 2021 года в 14:00 часов на заседании
специализированного совета ВАК 048 "Астрономия" Бюраканской
астрофизической обсерватории имени В. А. Амбарцумяна НАН РА (0213,
Бюракан, Арагацотнская область).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке обсерватории.

Автореферат разослан 15-го октября 2021 г.

Ученый секретарь спец. совета

канд. физ.-мат. наук



Е. Г. Никогосян

ԱՏԵՆԱՆՈՍՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Թեմայի արդիականությունը

Ուշ դասի աստղերին վերաբերող հետազոտությունները մեծ կարևորություն ունեն աստղերի ներսում ընթացող ֆիզիկական երևույթները բացատրելու համար, որոնք բերում են դրանց անկայուն դրսևորումների, ինչպես նաև՝ պարզաբանելու աստղային էվոլյուցիայի փուլերը: Բազմաալիքային սպեկտրային հետազոտությունները դիտողական աստղաֆիզիկայի հիմնական զենքն են աստղերում ընթացող ֆիզիկական երևույթների բացահայտման պրոցեսում: Ուշ դասի աստղերի ֆիզիկական առանձնահատկությունների և էվոլյուցիայի փուլերի բացահայտման տեսանկյունից կարևորություն են ներկայացնում դրանց սպեկտրների ստացումն ու ուսումնասիրությունը: Շատ կարևոր է ուշ դասի աստղերի սպեկտրների դասակարգումը: Աստղերի ժամանակակից սպեկտրային դասակարգման համակարգում՝ MKK (Մորգան-Կինան-Կելման), որտեղ ներառված են նաև լուսատվության դասերը, ուշ դասի աստղերը դասակարգվում են որպես M, S և C դասի աստղեր, որոնք թզուկ և հսկա աստղեր են:

Կարմիր հսկաները կամ AGB փուլում գտնվող շատ աստղեր անկայուն են դառնում աստղի ներսում ընթացող փոփոխություններից: Փոփոխականությունը կարևոր երևույթ է աստղերի կառուցվածքի և էվոլյուցիայի աստղաֆիզիկական ուսումնասիրություններում: Մասնավորապես, Գալակտիկայի հալոյի թույլ աստղային բնակչությունը կրում է իր մեջ ձևավորման մեխանիզմներ և բազմաթիվ կարևոր բնութագրեր Գալակտիկայի հետագա զարգացման մասին: Փոփոխական աստղերի որոշ տեսակներ հիանալի գործիք են Գալակտիկայի ուսումնասիրության համար: Այդ պատճառով կարևոր է ներկա աշխատանքում իրականացվող ուշ դասի աստղերի փոփոխականության ուսումնասիրությունը: AGB Միրա Կետի տիպի փոփոխականները հեռավորության շատ լավ ինդիկատորներ են ծեր և միջին տարիքի աստղային բնակչության ուսումնասիրության համար: Ջերմային բաբախումների ընթացքում աստղային «քամու» տեսքով կարող է արտանետվել աստղի զանգվածի 50-70%-ը: Զանգվածի կորուստը բերում է աստղի շուրջ հզոր զազափոշային թաղանթի առաջացման: Ուշ դասի աստղերի ուսումնասիրման համար առանցքային խնդիր է հանդիսանում այդ

աստղերի գազափոշային թաղանթների մանրակրկիտ ուսումնասիրությունը, ինչը հնարավոր է դառնում ինֆրակարմիր դիտումների շնորհիվ:

Ուշ դասի աստղերի հետագա էվոլյուցիայի ընթացքը հիմնականում կանխորոշվում է դրանց զանգվածի մեծությամբ, ուստի կարևոր է գնահատել նաև աստղերի զանգվածները:

Ատենախոսության նպատակն ու խնդիրները

Խնդրի նպատակն է կատարել DFBS ուշ դասի աստղերի բազմակողմանի ուսումնասիրություն: Դրա համար խնդիր է դրվել ընտրել ուշ դասի աստղեր DFBS ցածր լուծողունակությամբ սպեկտրալ թիթեղների վրա և կատարել դրանց միաչափ դասակարգում, ինչպես նաև՝ կատարել հայտնաբերված աստղերի ուսումնասիրություններ միջին լուծողունակությամբ CCD սպեկտրասկոպիայի միջոցով՝ դրանց սպեկտրային դասերը ճշտելու և լուսատվության դասերը որոշելու նպատակով: Կատարել ուսումնասիրություն ինֆրակարմիր տիրույթում աստղերի վարքը բացահայտելու համար՝ 2MASS, IRAS, AKARI և WISE շրջահայությունների ստացված տվյալներով և պարզել աստղերի էվոլյուցիոն կարգավիճակները՝ ուսումնասիրելով այդ աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթները, ինչպես նաև որոշել DFBS ուշ դասի աստղերի զանգվածները, ինչը նույնպես շատ կարևոր է աստղերի հետագա էվոլյուցիայի փուլերը պարզաբանելու համար: Կատարել փոփոխականության ուսումնասիրություն ժամանակակից հայտնի շրջահայությունների շտեմարանների տվյալների օգնությամբ: Օգտագործելով հայտնի առնչությունները և մեթոդները որոշել այդ աստղերի փոփոխականության դասերը և հիմնական ֆիզիկական բնութագրերը (պարբերություն, ամպլիտուդա, բացարձակ աստղային մեծություն, հեռավորություն, զանգվածի կորստի չափ և այլն): Խնդիր է դրվել նաև ուսումնասիրել FBS ուշ դասի աստղերի բաշխվածությունը մեր Գալակտիկայում:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլուխներից և օգտագործված գրականության ցանկից:

Առաջին գլխում տրված են ուշ դասի աստղերի ընդհանուր բնութագրերը:

Երկրորդ գլխում նկարագրվել է բյուրականյան առաջին շրջահայության ուշ դասի աստղերի ընտրման և սպեկտրային դասակարգման եղանակը: Կազմվել է բյուրականյան առաջին շրջահայության երկրորդ՝ վերանայված և թարմացված կատալոգը: Այն բաղկացած է ուշ դասի 1471 աստղից և ընդգրկում է այդ աստղերի սպեկտրային և լուսատվության դասերը, տվյալներ ժամանակակից հայտնի շրջահայությունների տվյալների բազայից:

Երրորդ գլխում կատարվում է FBS ուշ դասի աստղերի լուսաչափական ուսումնասիրություն ինֆրակարմիր տիրույթում:

Չորրորդ գլխում կատարվում է FBS ուշ դասի աստղերի GAIA ուսումնասիրություն:

Հինգերորդ գլխում կատարվում է FBS ուշ դասի աստղերի փոփոխականության ուսումնասիրություն CATALINA, NSVS և ASAS-SN շտեմարանների տվյալների հիման վրա: Կատարվում է նաև CATALINA և LINEAR կատալոգների երկար պարբերական փոփոխականների ուսումնասիրություն: Ընտրվել է 1184 օբյեկտ, որոնց համար $P \geq 10$ օր: Կազմվել է երկար պարբերականների ցուցակ, որտեղ բերված են սպեկտրային և լուսատվության դասերը, տվյալներ ժամանակակից հայտնի շրջահայությունների տվյալների շտեմարաններից:

Ատենախոսության բովանդակությունը

Գլուխ 1. Ներածության մեջ տրված են ուշ դասի աստղերի ընդհանուր բնութագրերը:

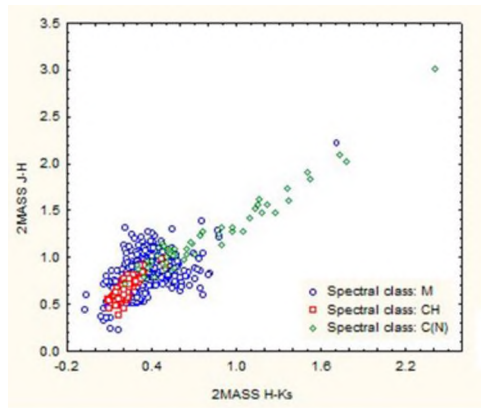
Գլուխ 2. Բարձր գալակտիկական լայնություններում ուշ դասի աստղերի համակարգված ուսումնասիրություններ չէին կատարվել մինչև 2000 թվականները: 1987թ.-ին, սկսվեց FBS-ի վրա հիմնված նախագիծ, որի առաջնահերթությունն էր ուլտրամանուշակագույն ավելցուկով աստղային օբյեկտների և ուշ դասի աստղերի՝ M դասի և ածխածնային աստղերի որոնումը: Արդյունքում ստեղծվեց Բյուրականի առաջին շրջահայության ուշ դասի աստղերի վերանայված և թարմացված կատալոգի առաջին տարբերակը, որը պարունակում է 1045 աստղի տվյալներ: FBS-ի սպեկտրային թիթեղների թվայնացումից հետո անհրաժեշտություն

առաջացավ վերանայել և վերահրատարակել FBS ուշ դասի աստղերի վերանայված և թարմացված կատալոգի առաջին տարբերակը: Թվայնացված թիթեղների վրա անճեղք սպեկտրների մանրակրկիտ ուսումնասիրությամբ հայտնաբերվեց ուշ դասի 426 թույլ աստղ՝ 27 վաղ և ուշ C աստղ և 399 M դասի աստղ: Ածխածնային աստղերը կարելի է նույնացնել սպեկտրում C_2 մոլեկուլի հետևյալ շերտերի առկայությամբ. Ավանի շերտերի $\lambda\lambda$ 4737, 5165 և 5636 Å առկայությամբ՝ հիմնականում N դասի C աստղերի համար և C_2 մոլեկուլի 4382 Å գլխիկով շերտի առկայությամբ՝ R և CH դասի աստղերի համար: Շատ R աստղեր նույնպես ունեն ուժեղ CH մոլեկուլային շերտեր, այդ պատճառով դժվար է տարբերակել CH և R աստղերը ըստ ցածր լուծողունակությամբ սպեկտրների, քանի որ դրանք շատ նման են: M դասի աստղերի սպեկտրները հեշտությամբ կարելի է առանձնացնել տիտանի օքսիդի մոլեկուլի $\lambda\lambda$ 4584, 4762, 4954, 5167, 5500, 6200 և 6700 Å կլանման շերտերի շնորհիվ:

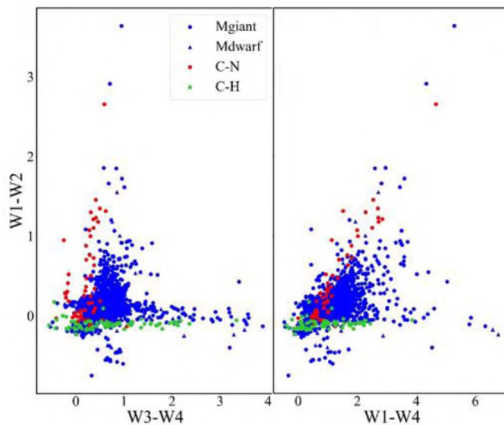
FBS ուշ դասի աստղերի սպեկտրային դասերը հստակեցնելու և լուսատվության դասերը որոշելու համար կատարվել են սպեկտրային ուսումնասիրություններ Բյուրականի աստղադիտարանի 2.6մ դիտակի UAGS, ByuFOC2 և SCORPIO սպեկտրոգրաֆներով: FBS թեկնածու աստղերի ածխածնով հարուստ բնույթը հաստատելու համար, միջին լուծողունակությամբ CCD սպեկտրասկոպիայի միջոցով, սպեկտրներ են ստացվել Իտալիայի՝ Լոյանոյում գտնվող Բոլոնիայի աստղադիտարանի Կասինիի 1.52մ աստղադիտակի վրա: CCD բոլոր դիտումները հաստատեցին FBS ցածր լուծողունակությամբ սպեկտրային թիթեղների վրա նախնական սպեկտրային դասերի դասակարգման հուսալիությունը: Ստեղծվեց Բյուրականի առաջին շրջահայության ուշ դասի աստղերի ուսումնասիրության վերանայված և թարմացված կատալոգի երկրորդ տարբերակը, որը պարունակում է 1471 աստղի տվյալներ: Վերանայված կատալոգում բերվում են ճշգրիտ DSS1/DSS2 դիրքերը, USNO-B1.0 շտեմարանի օպտիկական լուսաչափությունը և սեփական շարժումները, 2MASS, WISE, IR լուսաչափությունը, Gaia DR2, IRAS PSC/FSC տվյալները և այլն:

Գլուխ 3. Ուշ դասի աստղերի ֆիզիկական հատկությունների բացահայտման համար կարևոր է ինֆրակարմիր տիրույթում դրանց վարքը: Ուշ դասի աստղերի՝ ժամանակակից բոլոր հնարավոր աստղագիտական կատալոգներից ստացված ինֆրակարմիր լուսաչափական տվյալները

վերլուծելու համար ընտրվեցին IRAS, 2MASS, AKARI, WISE շրջահայությունները: Հայտնի է, որ մոտինֆրակարմիր JHK գույն-գույն դիագրամը շատ լավ գործիք է ուշ դասի աստղերը դասակարգելու համար, ըստ լուսատվության և գույնի ցուցիչի: Նկար 3.1-ում բերված է 2MASS $(J - H) - (H - K_s)$ գույն-գույն դիագրամը բոլոր 1471 FBS ուշ դասի աստղերի համար: Դիագրամում հստակ երևում է N դասի հսկաների և վաղ դասի C աստղերի կտրուկ բաժանումը: Վաղ և ուշ դասի C աստղերը դիագրամում գտնվում են տարբեր տիրույթներում:



Նկար 3.1. DFBS ուշ դասի աստղերի $(J-H) - (H-KS)$ գունային դիագրամը:



Նկար 3.2 DFBS ուշ դասի աստղերի WISE գույն-գույն դիագրամները:

Կառուցվել են նաև WISE գույն-գույն դիագրամները: Նկար 3.2 գույն - գույն դիագրամներում N դասի հսկաները բաշխված են վաղ դասի C հսկաներից առանձնացված ճյուղի երկայնքով: CH, R և թզուկ ածխածնային աստղերն ունեն նույն գույները, ինչ որ վաղ M դասի աստղերը: M դասի հսկաները և թզուկները դիագրամում հանդես են եկել միևնույն կոմպակտ տիրույթում: Գույնի մեծության չափանիշները, որոնք հիմնված են WISE տվյալների վրա, թույլ են տալիս ընտրել AGB աստղեր՝ գազափոշային թաղանթներով և առանձնացնել C աստղերը M դասի աստղերից:

Քանի որ ինֆրակարմիր տիրույթում գրանցվող ճառագայթումը զգալի չափով պայմանավորված է տիեզերական փոշով, կատարվել է FBS ուշ դասի աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթների ուսումնասիրություն, պարզաբանելու համար կարմիր հսկաների էվոլյուցիայի փուլերը: Օպտիկական տիրույթում փոփոխականությունը ստուգելու և ինֆրակարմիր առաքման ավելցուկն ուսումնասիրելու համար կառուցվել են բոլոր աստղերի SED-երը: Վաղ դասի CH և R հսկաները քիչ թե շատ հաստատուն են: 5 FBS N դասի AGB աստղեր ցույց են տալիս կրկնակի գազաթներ SED-երում, ինչը վկայում է այդ աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթների առկայության մասին:

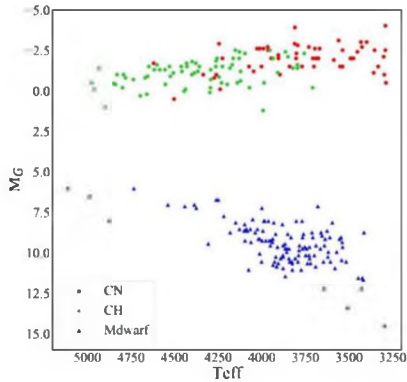
Գլուխ 4. Ուշ դասի աստղերի ֆիզիկական հատկությունների բացահայտման համար կարևոր է օպտիկական տիրույթում դրանց վարքը: Այդ նպատակով ընտրվել են *Gaia* DR2 և *Gaia* EDR3 լուսաչափական և աստղաչափական տվյալները, ինչպես նաև՝ *Gaia* կատալոգներում ներկայացված հեռավորության արժեքները գնահատելու այնպիսի կարևոր պարամետրեր, ինչպիսիք են բացարձակ աստղային մեծությունները և մեր Գալակտիկայում ուշ դասի աստղերի բաշխումը, լուսաչափական տվյալների հիման վրա աստղերի զանգվածների գնահատումը և էվոլյուցիայի փուլերի որոշումը:

G շերտում բացարձակ աստղային մեծությունը գնահատվել է հայտնի արտահայտության միջոցով.

$$M_G = G - 5 \text{Log}(r) + 5 - A_G \quad (4.1)$$

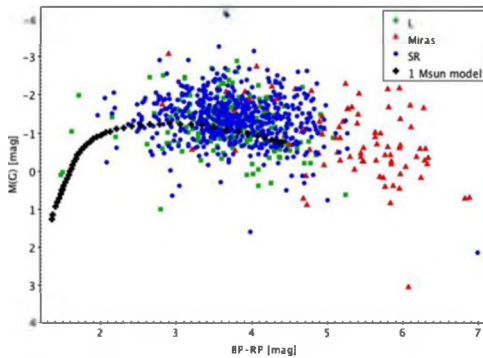
Կառուցվել է $T_{\text{eff}} - M_G$ Հերցշպրունգ-Ռեսել դիագրամը FBS C աստղերի համար, ինչպես նաև՝ FBS ուշ դասի 150 M թզուկների համար: Ինչպես երևում է նկար 4.1-ում, FBS C աստղերը զբաղեցնում են HR դիագրամի այն տիրույթը, որտեղ տեղակայված են կարմիր հսկաները և AGB աստղերը: Վաղ

դասի աստղերը և ուշ դասի աստղերը լավ առանձնանում են դիագրամների վրա՝ հաստատելով սպեկտրասկոպիկ դասակարգման հուսալիությունը:



Նկար 4.1 Teff - M_G Հերցշպրունգ-Ռետել դիագրամը FBS C աստղերի համար:

Կառուցվել է գույն - M_G բացարձակ աստղային մեծություն դիագրամը 1054 M հսկա աստղերի համար: Ինչպես երևում է նկար 4.2 դիագրամից FBS M դասի հսկաների զանգվածները համարժեք են ցածր զանգվածով AGB աստղերի զանգվածներին:



Նկար 4.2 Գույն - MG դիագրամը M աստղերի համար և $1 M_{\odot}$ արեգակնային զանգվածով աստղերի էվոլյուցիայի հետագծերը:

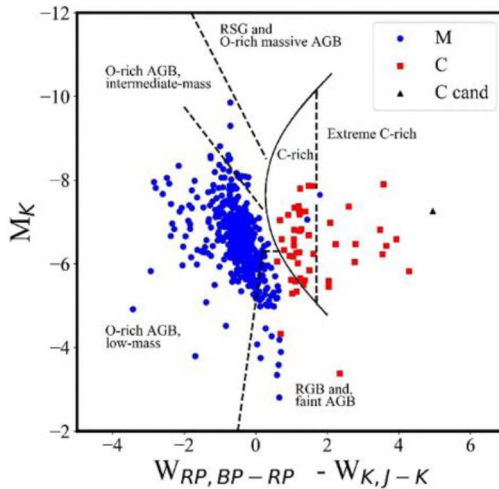
Միացնելով մոտինֆրակարմիր (NIR) և *Gaia* լուսաչափությունները՝ Լեբզելթերը և իր գործընկերները կառուցեցին նոր դիագրամ՝ որպես կարմիր հսկաների վերլուծության գործիք: Դրա համար նրանք համատեղեցին Վեսենհայտի ֆունկցիաները (Wesenheit functions) NIR-ում և *Gaia* տիրույթում: 2MASS J և Ks NIR Վեսենհայտի ֆունկցիան սահմանվում է հետևյալ բանաձևով.

$$W_{K,J-K_s} = K_s - 0.686(J - K_s) \quad (4.2)$$

իսկ *Gaia* BP և RP մեծությունների համար Վեսենհայտի ֆունկցիան սահմանվում է հետևյալ բանաձևով.

$$W_{RP,BP-RP} = G_{RP} - 1.3(G_{BP} - G_{RP}) \quad (4.3)$$

Նկար 4.3-ում բերված է այդ դիագրամի կիրառումը FBS M և C հսկաների համար:



Նկար 4.3 *Gaia*-2MASS դիագրամը FBS M և C հսկաների համար:

Այս դիագրամը հաստատում է, որ *Gaia* - 2MASS դիագրամը կարող է տարբերակել M և C աստղերը: FBS հսկաների մեծ մասը դիագրամում զբաղեցնում է ցածր զանգվածով և թթվածնով հարուստ AGB աստղերի տիրույթը: FBS ուշ դասի աստղերի մեծ մասն ունեն $M < 2M_{\odot}$ զանգված: Կարելի է հայտնաբերել AGB միջին զանգվածով աստղերի մի քանի

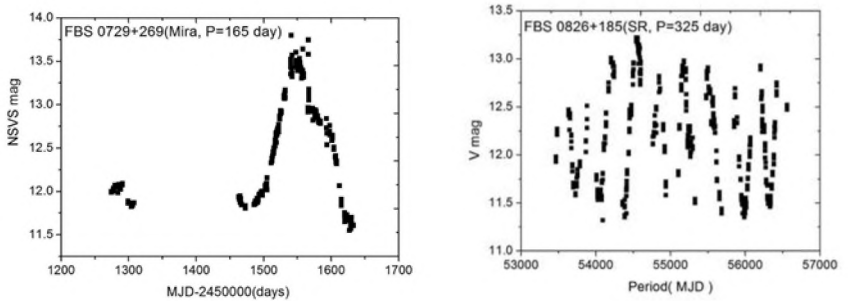
թեկնածուներ: FBS M հսկաների մեջ չկան RSG աստղեր և մեծ զանգվածով AGB աստղեր: Սպեկտրասկոպիկորեն հաստատված թթվածնով և ածխածնով հարուստ FBS հսկաները Gaia - 2MASS դիագրամում բաժանվում են ըստ իրենց քիմիական բաղադրության, ինչպես LMC-ի երկար պարբերականներն են բաժանվում Լեբզելթերի աշխատանքի համապատասխան դիագրամում՝ ապահովելով դրա հուսալիության մեկ այլ հաստատում:

Գլուխ 5. Փոփոխականությունը աստղերի մեծ մասի հատկություններից է, և դրա ուսումնասիրությունը մեծապես նպաստում է դրանց մասին մեր ընկալմանը: Փոփոխական աստղերի ճիշտ դասերի որոշումը կարող է շատ կարևոր լինել աստղային բնակչության ուսումնասիրությունների համար: DFBS ուշ դասի աստղերի փոփոխականության բնույթն ուսումնասիրելու համար օգտագործվել են հետևյալ շրջահայությունների տվյալները՝ NSVS, CSS, ASAS և LINEAR:

Հիմնական պարամետրերի գնահատման համար, որպես հիմք, օգտագործվել են CSS շրջահայության պայծառության կորերը, քանի որ այն ավելի խորը և երկարաժամկետ մոնիտորինգ է, քան NSVS-ը: Պայծառության կորի վերլուծությունն ու փոփոխականության դասակարգումը կատարվել է VStar ծրագրի օգնությամբ, որը հասանելի է <http://www.aavso.org/> կայքում: VStar- ը իրականացնում է DCDF (Date Compensated Discrete Fourier Transform) ալգորիթմը՝ հիմնական բաբախման պարբերությունը ստանալու համար:

54 N դասի C աստղի փոփոխականության բնույթը ուսումնասիրելու համար վերլուծվել են CSS և NSVS պայծառության կորերը: Միրիդների և կիսականոնավոր փոփոխականների դասակարգման չափանիշներ են հանդիսացել պայծառության կորերի տեսքերը և տատանման ամպլիտուդների մեծությունները: Կիսականոնավոր փոփոխականների պայծառության կորերը ավելի քիչ են կանոնավոր, քան միրիդներինը: CSS տվյալների շտեմարանում աստղերը դասակարգվում են որպես միրիդներ, երբ փոփոխականության ամպլիտուդը $2^{m.5}$ -ից մեծ է V շերտում՝ $\Delta V \geq 2^{m.5}$: NSVSտվյալների բազայում, որպես միրիդներ դասակարգվում են այն N դասի աստղերը, որոնց փոփոխականության ամպլիտուդը $1^{m.5}$ -ից մեծ է R շերտում:

C աստղերի պայծառության կորերի վերլուծությունից 9 աստղ դասակարգվել է որպես միրիդ, 43-ը կիսականոնավոր (SR)՝ շատ լավ արտահայտված պարբերականությամբ, և 2 աստղ՝ որպես անկանոն (Irr) դասի փոփոխական: 27 աստղերի փոփոխականության դասերը ներկայացված են առաջին անգամ: Ավելին, NSVS կատալոգում դասակարգված 27 օբյեկտների բաբախման պարբերությունները վերանայվել են: Նկար 5.1-ում բերված են Vstar փաթեթի օգնությամբ դասակարգված աստղերի պայծառության կորերի օրինակներ:



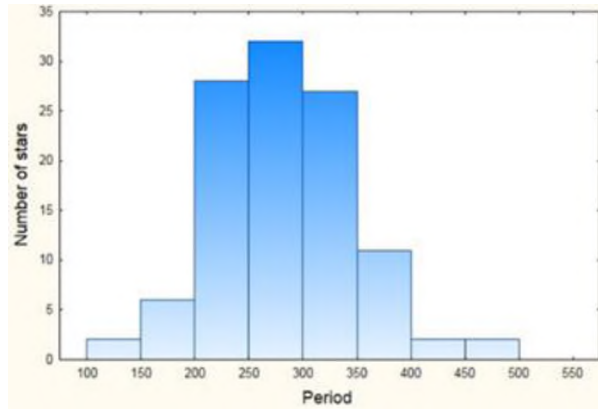
Նկար 5.1. Vstar փաթեթի օգնությամբ դասակարգված աստղերի պայծառության կորերի օրինակներ:

FBS M հսկաների փոփոխականության դասերը, պարբերությունները և ամպլիտուդները որոշելու համար օգտագործվել է ASAS-SN-ն որպես հիմնական աղբյուր: 690 M հսկա կիսականոնավոր փոփոխականներ են, 294 աստղ՝ L դասի (անկանոն) փոփոխականներ են և 112 աստղ միրիդներ են:

Միրիդի պարբերությունը մեծանում է լուսատվության աճով, և հետևաբար կախված է աստղի զանգվածից և AGB ճյուղի երկայնքով դրա էվոլյուցիոն կարգավիճակից: Այսպիսով, ավելի երկար պարբերական միրիդները հակված են ունենալ ավելի մեծ զանգվածներ: 112 FBS M դասի միրիդների համար պարբերությունները վերցվել են ASAS-SN տվյալների շտեմարանից: Այս բոլոր պարբերությունները ստուգվել են լուսատվության կորերից և որոշ դեպքերում ուղղվել են:

Նկար 5.2-ում բերված է միրիդների պարբերությունների բաշխման հիստոգրամը: Հիստոգրամում երևում է որ, պարբերության արժեքի գագաթնակետն ընկած է 250-ից 300 օրվա միջև, և 4 FBS միրիդներ ունեն

400 օրից բարձր պարբերություններ: Սա ենթադրում է, որ FBS միրիդները հիմնականում ցածր զանգվածով AGB աստղեր են, որոնց բնորոշ զանգվածը կազմում է $1M_{\odot}$:



Նկար 5.2 FBS M դասի միրիդների պարբերությունների բաշխման հիստոգրամը:

FBS ուշ դասի աստղերի փոփոխականության ուսումնասիրության արդյունքներից պարզվեց, որ FBS շատ աստղեր պարբերական փոփոխականներ են: Փորձ արվեց ուսումնասիրել նաև բարձր գալակտիկական լայնություններում բոլոր պարբերական փոփոխական աստղերը, որոնց համար $P \geq 10$ օր՝ պարզելու փոփոխականության դասերը և կատարելու սպեկտրային դասակարգում, որը շատ կարևոր է այդ աստղերի բնույթը հասկանալու համար: Օգտագործվել են CCS և LINEAR տվյալների շտեմարանները: CSS Data Release 1 և LINEAR կատալոգներից ընտրվել է 1184 օբյեկտ: Ընտրվել են 1142 PV աստղ CSS DR1- ից և 96 աստղ LINEAR կատալոգներից:

PV-ների սպեկտրալ դասերը որոշելու համար օգտագործվել են հետևյալ հիմնական շրջահայությունները. Hamburg Quasar Survey (HQS), Hamburg / ESO (HES), SDSS DR15 և LAMOST: Սպեկտրային դասեր հաստատված են 625 PV-ի համար: Կազմվել է 1184 CRTS և LINEAR օբյեկտների ցուցակ, որոնց համար $P \geq 10$ օր է: Այն հասանելի է <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=J/other/Ap/64> համացանցային կայքում:

Արդյունքները: Գիտական նորությունը: Եզրակացություն:

Գլուխ 2: DFBS-ի բոլոր 2000 սպեկտրային թիթեղների մանրամասն վերլուծությունը ստանդարտ պատկերների վերլուծության ծրագրերի օգնությամբ, ինչպիսիք են FITSVIEW և SAOIMAGE ds9, թույլ տվեց հայտնաբերել ուշ դասի 426 թույլ աստղ՝ 27 վաղ և ուշ C աստղ և 399 M դասի աստղ, ինչն ընդլայնում է Արեգակի հարևանությամբ M դասի հսկաների և թզուկների թվաքանակը:

FBS ուշ դասի աստղերի սպեկտրային դասերը հստակեցնելու և այդ աստղերի լուսատվության դասերը որոշելու համար կատարվել են սպեկտրային ուսումնասիրություններ ճեղքավոր սպեկտրոգրաֆներով: M դասի 235 աստղ, որոնք կազմում են հայտնաբերված FBS M դասի բոլոր աստղերի 16 տոկոսը, դասակարգվել են որպես թզուկներ: FBS 1109 աստղ դասակարգվել են որպես M դասի հսկաներ: FBS ածխածնային աստղերը հսկաներ են:

Արդյունքում ստեղծվել է FBS ուշ դասի աստղերի վերանայված և թարմացված կատալոգի երկրորդ տարբերակը: Այն բաղկացած է ուշ դասի 1471 աստղից և ընդգրկում է այդ աստղերի սպեկտրային և լուսատվության դասերը: Կատալոգում բերված են օբյեկտների ճշգրիտ օպտիկական դիրքերը, որոնք որոշվել են POSSI (DSS1) և POSSII (DSS2) շրջահայություններով, որոնք հնարավորություն են տվել ճշգրիտ խաչաձև-նույնացում կատարել առկա բոլոր ժամանակակից աստղագիտական կատալոգներում և տվյալների բազաներում, մասնավորապես՝ USNO-B1.0, SDSS DR15, Gaia DR2, 2MASS, ALLWISE և IRAS PSC/FSC տվյալների շտեմարաններում: Կատալոգը հասանելի է <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=J/MNRAS/489/2030> համացանցային կայքում:

Գլուխ 3: Կառուցվել են 2MASS, IRAS, AKARI9WISE գույն-գույն դիագրամները, որոնք ևս մեկ անգամ հաստատում են սպեկտրասկոպիկ դասակարգման ճշտությունը: M թզուկները շատ լավ են առանձնացված 2MASS JHK ինֆրակարմիր (NIR) գույն-գույն դիագրամների վրա: Սովորաբար դրանք ունեն $J - H < 0.7$ և $H - K_s > 0.15$ արժեքներ: WISE գույն-գույն դիագրամում CH, R և թզուկ ածխածնային աստղերն ունեն նույն գույները, ինչպես վաղ M դասի աստղերը: M դասի հսկաները և թզուկները դիագրամում հանդես են եկել միևնույն կոմպակտ տիրույթում:

Գույնի ցուցիչների չափանիշները, որոնք հիմնված են WISE տվյալների վրա, թույլ են տալիս ընտրել AGB աստղեր՝ գազափոշային թաղանթներով և առանձնացնել C դասի աստղերը M դասի աստղերից: Բոլոր դիագրամներում հստակ առանձնանում է N դասի FBS 2213 + 421

աստղը, որը պատկանում է AGB սառը R Coronae Borealis (R CrB) փոփոխականների խմբին և FBS ամենակարմիր օբյեկտն է: Ստուգվել են աստղերի դիրքերը Վան դեր Վին - Հեբինգ դասական գույն-գույն դիագրամում՝ IRAS ([12]-[25] - [25]-[60]): Մեկ աստղ գտնվում է դիագրամի V1a գոտում VII գոտուն մոտ, իսկ 3 C աստղ՝ VII գոտում, որտեղ տեղակայված են փոփոխական ածխածնային աստղերը: CSS տվյալների բազայում ստուգվել են այս աստղերի պայծառության կորերը, դրանք հաստատում են այդ աստղերի փոփոխականությունը:

Բոլոր հայտնաբերված C աստղերի համար կառուցվել են SED-երը: Ուսումնասիրվել են այս աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթները: 5 N դասի աստղեր, որոնք ունեն $W2-W3 > 1^m.0$ գույնի ցուցիչ SED-ում ցույց են տալիս կրկնակի գագաթներ, ինչը վկայում է այդ աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթի առկայության մասին: SED-երում առավելագույն ճառագայթումն այս աստղերում հասնում է մոտ 5 միկրոն ալիքի վրա: Այն օբյեկտները, որոնք ունեն $K_s - AKARI9 > 3^m.0$ գունային ցուցիչ, սպեկտրային էներգիայի բաշխման դիագրամներում ունեն կրկնակի գագաթներ, ինչը վկայում է այս աստղերի շուրջ գազափոշային թաղանթների առկայության մասին: K - [12] գույնի և բաբախման պարբերության միջև հայտնի կապն օգտագործվել է ութ միրիդների գնագվածի կորստի արագությունը գնահատելու համար: Ստացված արժեքները տատանվում են $10^{-5} - 10^{-7} M_{\odot}$ /տարեկան սահմաններում, որոնք բնորոշ են N դասի AGB փոփոխական աստղերին: Գնահատվել են վաղ դասի C աստղերի ջերմաստիճանները: Ստացված արժեքները լավ համապատասխանության մեջ են սպեկտրային դասակարգման հետ:

Գլուխ 4: Կառուցվել են գույն - բացարձակ աստղային մեծություն և T_{eff} - բացարձակ աստղային մեծություն Հերցշպրունգ-Ռեյսել դիագրամները՝ հիմնված հեռավորության տվյալների վրա: FBS C աստղերը հսկա և AGB աստղեր են գալակտիկական հալոյում: Դրանք գտնվում են գալակտիկական հարթությունից 8 կպս հեռավորության վրա:

Գնահատվել են Gaia DR2 լայնաշերտ G բացարձակ աստղային մեծությունները, դրանք ընկած են $+1^m.0 \leq M(G) \leq -4^m.0$ միջակայքում: 18 FBS C աստղերի համար գնահատվել են V շերտի բացարձակ մեծությունները: Այդ աստղերը, որից 17-ը CH հսկաներ են, ունեն լուսատվություն DR2 տվյալների շտեմարանում: Դրանք գտնվում են $-3^m.45 (\pm 0.2) \leq M_V < +0^m.5 (\pm 0.1)$ միջակայքում: FBS 1918 + 869 բացարձակ աստղային մեծությունը $M_V = -3^m.4 (\pm 0.2)$ է, ինչը բնորոշ է N դասի AGB C աստղերին:

Կառուցվել է տանգենցիալ արագության (V_t) և գալակտիկական հարթությունից վերև / ներքև բարձրության առնչության դիագրամը FBS M

հսկաների համար: FBS M հսկաների գերակշռող մասը պատկանում է Ծիր Կաթնի բարակ և հաստ սկավառակների բնակչություններին: 11 օբյեկտ ունեն 200 կմ/վ-ից մեծ արժեքներ և դրանք գալակտիկական հալոյի օբյեկտներ են: Առավել ուշադրության է արժանի FBS 1803 + 224 աստղը, որի արագությունը $V_i = 303.5$ կմ/վ է, այն միրիդ է և ունի հետևյալ արժեքները՝ $\Delta V = 4^m.1$ և $P = 328$ օր: Գալակտիկական հարթությունից դրա բարձրությունը գնահատվում է $Z = 1465$ պս:

Կառուցվել է *Gaia* DR2 BP - RP -- T_{eff} դիագրամը և այս աշխատանքի արդյունքներից մեկն այն է, որ այն կարող է ծառայել որպես հիանալի գործիք հաստ գազափոշային թաղանթներով N դասի աստղեր ընտրելու համար: Կառուցվել են *Gaia*-2MASS դիագրամները, որոնք ցույց են տալիս, որ FBS հսկաների մեծ մասը դիագրամում զբաղեցնում է ցածր զանգվածով և թթվածնով հարուստ AGB աստղերի տիրույթը: FBS ուշ դասի աստղերի մեծ մասն ունեն $M < 2M_{\odot}$ զանգված: Կարելի է հայտնաբերել AGB միջին զանգվածով աստղերի մի քանի թեկնածուների: FBS M հսկաների մեջ չկան RSG աստղեր և մեծ զանգվածով AGB աստղեր: Սպեկտրասկոպիկորեն հաստատված թթվածնով և ածխածնով հարուստ FBS հսկաները *Gaia* - 2MASS դիագրամում բաժանվում են ըստ իրենց քիմիական բաղադրության, ինչպես LMC-ի երկար պարբերականներն են բաժանվում Լեբզելյթերի աշխատանքի համապատասխան դիագրամում՝ ապահովելով դրա հուսալիության մեկ այլ հաստատում: Օ հարուստ և C հարուստ աստղերի տարբերությունն էլ ավելի տեսանելի է դառնում, առաջին անգամ հայտնաբերված, $W_{\text{RP, BP - RP}} - W_{\text{K, J - Ks}}$ — *Gaia* BP-RP գույն-գույն դիագրամի օգտագործման ժամանակ: Սա հնարավորություն է տալիս օգտագործել Վեսենհայտի ինդեքսների տարբերությունը՝ $W_{\text{RP, BP - RP}} - W_{\text{Ks, J - Ks}}$, անհայտ հեռավորությամբ աստղերը դասակարգել ըստ քիմիական բաղադրության՝ սակայն կորցնելով *Gaia* - 2MASS դիագրամի աստղերն ըստ զանգվածի առանձնացնելու հնարավորությունը:

Գլուխ 5: FBS ուշ դասի աստղերից 54 N դասի C աստղերից 9-ը դասակարգվել են միրիդներ, 43-ը՝ SR, իսկ 2-ը՝ Irr փոփոխականներ, ըստ CSS և NSVS պայծառության կորերի: Ըստ ASAS-SN պայծառության կորերի M հսկա աստղերից 690-ը դասակարգված են որպես SR, 294 աստղ՝ L(Irr) տիպի փոփոխականներ և 112 աստղ՝ միրիդներ: FBS վաղ դասի C աստղեր չկան փոփոխական աստղերի CSS կատալոգում, կամ, եթե առկա են պայծառության կորերը տվյալների շտեմարանում, ամպլիտուդիան շատ փոքր է, ինչը ենթադրում է շատ փոքր փոփոխականություն կամ փոփոխականության բացակայություն: Դրանից բխում է, որ դրանք AGB աստղեր չեն:

FBS միրիդների պարբերության արժեքի գազաթնակետն ընկած է 250-ից 300 օրվա միջև: Սա ենթադրում է, որ FBS միրիդները հիմնականում ցածր զանգվածով AGB աստղեր են, որոնց բնորոշ զանգվածը կազմում է $1M_{\odot}$: Ածխածնային աստղերի համար գնահատվել են K շերտի բացարձակ աստղային մեծությունները և հեռավորությունները 2MASS-ի K աստղային մեծություններից՝ օգտագործելով պարբերություն-լուսատվություն (PL) առնչությունները: Ստացված արժեքները լավ համաձայնության մեջ են Գալակտիկայի և Մեծ մագելանյան ամպերի միրիդների համար հնարավոր առավելագույն բացարձակ աստղային մեծության՝ $M_K = -8.2 \pm 0.2$ արժեքի հետ, որը համապատասխանում է մոտ $5000 \div 6000 L_{\odot}$ բոլոմետրիկ լուսատվության, ինչը AGB աստղերի համար ակնկալվող լուսատվություն է: Կազմվել է 1184 CRTS և LINEAR օբյեկտների ցուցակ, որոնց համար $P \geq 10$ օր է: Այն հասանելի է <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=/other/Ap/64> համացանցային կայքում: Սպեկտրալ դասեր հաստատված են ավելի քան 625 PV-ի համար: Դրանք F, G, K և M հսկաներ և թզուկներ են, ինչպես նաև N դասի թույլ բաբախող զարգացած աստղեր են բարձր գալակտիկական լայնություններում: Միրիդների զգալի քանակ դասակարգվում են որպես վաղ ենթադասի M աստղեր: Առաջին անգամ հաստատվել են շատ աստղերի սպեկտրային դասեր, որոնք ներկայացված են GCVS 5.1 կատալոգում, բայց առանց սպեկտրային դասերի: Այս ցուցակը շատ օգտակար կլինի այդ կատալոգի հետագա տարբերակների համար: 100 LPV աստղի և 25 աստղի համար, որոնք ունեն շատ մեծ *Gaia* DR2 BP - RP գույն, դեռ սպեկտրոսկոպիկ եղանակով պետք է հաստատվեն այդ աստղերի բնույթը, և դրանք կներառվեն մեր հետագա աշխատանքներում:

Ատենախոսության ստացված արդյունքների հիման վրա հրատարակված հոդվածների ցանկը

1. Gigoyan K. S, Lebzelter T., **Kostandyan G. R.**, et al., «New results for FBS late-type stars using the GAIA EDR3 data», Publications of the Astronomical Society of Australia, Vol. 38 , 2021 , e051
2. Gigoyan K., **Kostandyan G. R.**, Gigoyan K., Sarkissian A. et.al, «Investigations of the Periodic Variables in the Catalina and Linear Databases», Astrophysics, Vol. 64, Issue 1, p.20-32, 2021
3. **Костандян Г. Р.**, «Исследование слабых галактических углеродных звезд из первого Бюраканского спектрального обзора неба. IV. Gaia DR2 данные» Астрофизика, 63, pp. 91-102, 2020

4. Gigoyan K. S., Mickaelian A. M., **Kostandyan G. R.**, “Revised and updated catalogue of the First Byurakan Survey of Late-Type Stars: second edition”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 489, Issue 2, p.2030-2037, 2019.
5. **Kostandyan G.**, Gigoyan, K. S., Sarkissian A., Meftah, M., Zamkotsian F., “New CH Carbon Stars Found in the DFBS”, Astrophysics, Vol. 60, Issue 2, pp.300-303, 2017.
6. Gigoyan K. S., Sarkissian A., Rossi C., Russeil D., **Kostandyan G.**, et al, M., “Investigation of Faint Galactic Carbon Stars from the First Byurakan Spectral Sky Survey. III. Infrared Characteristics”, Astrophysics, Vol. 60, Issue 1, pp.70-82, 2017.
7. Gigoyan, K. S., Sarkissian A., Russeil D., Mauron, N., **Kostandyan G.**, et al., “Investigation of Faint Galactic Carbon Stars from the First Byurakan Spectral Sky Survey. II. Early-Type Carbon Stars”, Astrophysics, Vol. 58, Issue 3, pp.369-379, 2015
8. Gigoyan, K. S., Sarkissian A., Russeil D., Mauron N., **Kostandyan G.**, et al, «Investigation of Faint Galactic Carbon Stars from the First Byurakan Spectral sky Survey. Optical Variability. I. N-Type AGB Carbon Stars. K-band Absolute Magnitudes and Distances», Astrophysics, Vol. 57, Issue 4, pp.510-519, 2014.

Резюме: В диссертации проведено всестороннее исследование звезд поздних спектральных классов из DFBS (Digitised First Byurakan Survey). Приводятся результаты одномерной спектральной классификации 426 звезд M и C классов, обнаруженных на спектральных пластинках DFBS низкого разрешения. С целью двухмерной спектральной классификации для обнаруженных звезд были проведены спектральные исследования с помощью ПЗС-спектроскопии среднего разрешения. ПЗС спектры были получены на 1.52-м телескопе Кассини Болонской астрономической обсерватории в Лояно (Италия) и 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории. 235 звезд M класса, составляющих 16% от всех найденных звезд поздних классов FBS, классифицируются как карлики. 1109 звезды FBS классифицируются как гиганты M класса. Углеродные звезды FBS - гиганты. В результате была создана вторая версия каталога FBS звезд поздних спектральных классов. Она состоит из 1471 звезд и включает их спектральные классы светимости. Каталог содержит точные оптические координаты объектов, определенные с помощью POSSI (DSS1) и POSSII (DSS2), что позволило провести точное кросс-коррелирование во всех существующих базах данных астрономических каталогов, в частности USNO-B1.0, SDSS, GaiaDR2, 2MASS, AllWISE, и базы данных IRASPSC/FSC. Каталог доступен по адресу <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=J/MNRAS/489/2030>. Фотометрическое исследование звезд поздних классов FBS проводилось в инфракрасном диапазоне. Построены диаграммы цвет-цвет IRAS, 2MASS, AKARI9 и WISE, которые лишней раз подтверждают точность спектроскопической классификации. Карлики класса M очень хорошо выделяются на 2MASS JHK-диаграмме цвет-цвет в инфракрасном (NIR) диапазоне. На диаграммах цвет-цвет WISE углеродные звезды CH, R классов имеют тот же цвет, что и ранние звезды M-класса. Гиганты и карлики класса M –находятся на диаграммах в той же компактной области. Критерии показателя цвета, основанные на данных WISE, позволяют отбирать AGB звезды с газо-пылевыми оболочками и отличать звезды C-класса от звезд M-класса.

Были построены SED (спектральное распределение энергии) для всех обнаруженных C-звезд, с целью проверки их переменности в оптическом диапазоне и изучить избыток излучения в инфракрасном диапазоне. 5 звезд N-класса с показателем цвета $W2-W3 > 1^m.0$ в SED показывают двойные пики, что указывает на наличие газо-пылевых оболочек вокруг этих звезд. Объекты с показателем цвета $K_s - AKARI9 > 3^m.0$ также имеют двойные пики на диаграммах SED, что указывает на наличие газо-пылевых оболочек вокруг этих звезд. Также было проведено исследование на

базе данных *GAIA*. Были построены цвет - абсолютная звездная величина и T_{eff} - абсолютная звездная величина диаграммы Герцшпрунга-Рассела на основе данных расстояния. С-звезды FBS - это звезды гиганты AGB в галактическом гало. Они расположены на расстоянии около 8 пк от галактической плоскости. Были построены диаграммы Gaia-2MASS, которые показывают, что большинство красных гигантов FBS занимает на этой диаграмме область малых масс, богатым кислородом AGB-звезд. Таким образом большинство звезд позднего класса FBS имеют массу $M < 2M_{\odot}$. Кроме того, диаграмма показывает несколько кандидатов в звезды AGB средней массы. Очевидно отсутствие звезд RSG и массивных AGB среди гигантов FBS M класса. Спектроскопически подтвержденные FBS гиганты богатые кислородом и углеродом показывают такое же разделение на диаграмме Gaia-2MASS в соответствии с их химическим составом, что и LPV LMC, первоначально использовавшиеся для создания этого диагностического инструмента, что является еще одним подтверждением его надежности. Различие между объектами с богатым O и богатым C становится еще более заметным при использовании $W_{\text{RP, BP-RP}} - W_{\text{K, J-Ks}}$ — Gaia BP-RP или 2MASS J-Ks — BP-RP диаграмм. Это дает возможность использовать разницу индексов Весенхейта $W_{\text{RP, BP-RP}} - W_{\text{Ks, J-Ks}}$ также для химической классификации звезд с неизвестными расстояниями, при этом теряя способность диаграммы Gaia-2MASS разделять звезды по массе.

Для изучения оптической переменности звезд поздних классов FBS использовались базовые данные CATALINA, NSVS, ASAS-SN и LINEAR. Анализ кривой блеска для С-звезд подтверждает, что 9 звезд являются переменными типа Мира, 43 - SR с очень хорошо выраженной периодичностью, а два объекта - Irr переменными. Согласно кривым блеска ASAS-SN, 690 звездных объектов - это гиганты M-класса SR, 294 звезды - переменные L (Irr), а 112 звезд - это объекты типа Mira.

Составлен список из 1184 объектов CRTS и LINEAR, для которых $P \geq 10$ дней. Он доступен по адресу <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=J/other/Ar/64>. Спектральные классы утверждены для более 625 PV. Это гиганты и карлики F, G, K и M классов, а также звезды класса N на высоких галактических широтах. Впервые были подтверждены для большого количества PVs спектральные классы, которые представлены в «Общем каталоге переменных звезд: версия GCVS 5.1». Наш список будет очень полезен для будущих версий этого каталога. Около 100 LPV звезд и 25 объектов с очень большими показателями цвета Gaia DR2 BP - RP все еще нуждаются в подтверждении спектроскопии, и они будут включены в наши будущие наблюдения.

Summary: This thesis is dedicated to the comprehensive investigation of DFBS late-type stars. The results of a one-dimensional spectral classification of 426 M and C type stars detected on low-resolution DFBS spectral plates are presented. Spectral studies were carried out using medium-resolution CCD spectroscopy of the detected stars for two-dimensional spectral classification. CCD spectra were obtained at the 1.52-m Cassini telescope of the Bologna Astronomical Observatory in Loiano (Italy) and at the 2.6-m telescope of the Byurakan Astrophysical Observatory. 235 M-type stars (16 percent of all FBS M stars detected) are classified as dwarfs. They show detectable proper motions and NIR colors typical for M dwarfs. 1109 FBS stars are classified as M-type giants. FBS carbon stars are giants. As a result, a second version of the FBS catalog of late-type stars was generated. It consists of 1471 late-type stars, including the spectral types and luminosity classes of these stars. Accurate optical positions for all 1471 FBS LTS determined in the POSSI (DSS1) and POSSII (DSS2) digitized sky surveys made it possible to correctly cross-correlate the sample with all available modern astronomical catalogues and databases, namely USNO-B1.0, SDSS DR15, Gaia DR2, 2MASS, AllWISE and IRAS PSC/FSC. The catalog is available at <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=J/MNRAS/489/2030>.

Photometric studies of DFBS late-type stars were carried out in the infrared range. Two-color diagrams of 2MASS, IRAS, AKARI9 and WISE were constructed, which once again confirm the accuracy of spectroscopic classification. M dwarfs are very well separated on the 2MASS JHK color-color diagram in the infrared (NIR). On the WISE two-color diagram CH, R carbon stars have the same color as early M-type stars. M giants and dwarfs - appear on the diagram in the same compact range. Color indices criteria based on WISE data allow the selection of AGB stars with gas and dust envelopes and to distinguish between C and M stars. The SEDs (spectral energy distribution) of all C stars were constructed to check their variability in the optical and study the emission excess in the infrared. The 5 N stars with color indices $W2-W3 > 1^m.0$ in the SEDs show double peaks, indicating the presence of envelopes around these stars. Objects with the color indice $K_s - AKARI9 > 3^m.0$ have double peaks on their SEDs, indicating the existence of an envelope around them. The *Gaia* investigation was also conducted. The color - absolute magnitude and T_{eff} - the absolute magnitude of the Hertzsprung-Russell diagram were plotted based on the distance data. FBS C stars are AGB giant stars of the Galactic halo. They are located 8 kpc from the Galactic plane. *Gaia*-2MASS-diagram was constructed.

Spectroscopically confirmed FBS O-rich and C-rich giants show the same separation in the *Gaia*-2MASS-diagram according to their chemistry as the LPVs of the LMC originally used to construct this diagnostic tool, providing another confirmation of its reliability. The majority of the FBS giants occupies the region of low mass, oxygen-rich AGB stars in this diagram. It thus seems likely that the FBS sample primarily consists of stars with $M < 2 M_{\text{Sun}}$. In addition, the diagram reveals a few candidates for intermediate mass AGB stars. The lack of the RSG and massive AGB stars among the sample of the FBS M giants is evident. The discrimination between O-rich and C-rich objects becomes even more visible when using the $W_{\text{RP, BP-RP}} - W_{\text{Ks, J-Ks}}$ versus *Gaia* BP-RP colour or 2MASS J-Ks versus BP-RP. This offers the opportunity to use the difference of Wesenheit indices $W_{\text{RP, BP-RP}} - W_{\text{Ks, J-Ks}}$ also for chemistry classification in samples with unknown distances while losing the ability of the *Gaia*-2MASS diagram to separate the stars according to mass.

To study optical variability for FBS late-type stars, the basic data coming from the most prominent and wide-area sky were used and considered the CATALINA, NSVS, ASAS-SN, and LINEAR databases. The light curve analysis confirms nine stars as Mira-type variables, 43 as Semi-Regulars (SR) with very well expressed periodicity, and two objects as Irregular (Irr)-type variables for C stars. According to the ASAS-SN light curves, 690 of the M giants are classified as SR, 294 stars as L (Irr) variables, and 112 stars as Mira type.

A list of 1184 CRTS u LINEAR objects was generated, for which $P \geq 10$ days. It is available at <https://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=j/other/Ap/64>. Spectral grades approved for over 625 PV. These are class F, G, K and M giants and dwarfs, as well as N-class stars at high galactic latitudes. For a large number of the PVs, we confirm spectral classes for objects presented in the "General Catalogue of Variable Stars: Version GCVS 5.1". Our list should be very useful for future versions of the GCVS. Nearly 100 LPV stars and 25 objects with very large *Gaia* DR2 BP - RP colors still need to be confirmed spectroscopically, and they will be included in our future observations.

Գայանե Կոստանդյան / Gayane Kostandyan/ Гаяне Костандян

