

А.Е. Амантаева* , А.Т. Агишев 

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

*e-mail: amantayevainash@gmail.com

ҚЫСҚА ПЕРИОДТЫ КАТАКЛИЗМАЛЫҚ АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ИНФОРМАЦИЯЛЫҚ ЭНТРОПИЯСЫ

Аннотация. Бұл жұмыста қысқапериодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздардың WZ Sge типті 11 қысқа периодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздарының тыныштық күйдегі және жарқ ету кезіндегі, екі күйіне информациялық-энтропиялық талдауы жүргізілді. Олардың ішіндегі 4 жұлдыздың EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And тыныштық және жарқ ету кезіндегі спектрлерінде бақыланатын Бальмер профиліндегі H α сызығының уақыт шкаласында өзгерістері талданды. Зерттеу негізі ретінде квазирегулярлы, хаостық, стохастық процестер үшін информациялық энтропияның және оны нормалаудың жаңа әдісі қолданысқа ие болды. Бұл әдіс бойынша сандық классификациялау жүргізілді. Информациялық-энтропиялық әдіс шарттары негізінде табиғаты әр түрлі ашық жүйелерді сипаттауға қолданылуға мүмкіндік беретін, бақылау нәтижелерін өңдеу үшін сәйкес алгоритмі құрылды. Әдіс екі өлшемді процестер үшін жалпыланып, нормаланды. Нормалау шарты ретінде толық біртектілік қабылданды. Нәтижесінде қысқапериодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздардың WZ Sge типті 4 жұлдызының EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And профильдерінің шартты, нормаланған энтропиясының температураға тәуелділігі тұрғызылып, сандық түрде олардың айырмашылығы көрсетілді. Жұмыстың нәтижесі бойынша қысқапериодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздардың фундаменталдық, физикалық параметрлері – температураны анықтаудың эмпирикалық әдісі ретінде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Информациялық энтропия, катаклизмалық айнымалы жұлдыздар, температура энтропиялық диаграмма.

Кіріспе

Астрофизикалық зерттеулердің қазіргі замандағы әдістерінің дамуы жұлдыздар қойнауындағы, олардың атмосфераларындағы, жұлдыз маңындағы ортаның, жұлдызаралық кеңістіктің физикалық заңдылықтарын анықтаумен тығыз байланысты. Астрофизикалық зерттеулерде қолданылатын, маңызды әдістердің бірі – информациялық энтропия теориясына және оның қолдануына сүйенеді. Информациялық энтропияны нормалап, және бақыланатын құбылыстардың физикалық табиғатын өзқауымдылық теориясының терминдерінде түсіндіру арқылы бұл процестерді күрделілік дәрежесі бойынша сандық түрде жіктеуге болады. Басқаша айтқанда, қасиеттері бойынша әр түрлі процестерді құрылымдылық тәртіптілік дәрежесі бойынша бөлуге мүмкіндік береді.

Информациялық энтропия күннің радиосәулелену сигналдарының және

айнымалы жұлдыздардың уақыт бойынша жарық қисығын сандық классификациялау үшін сәтті қолданылған жұмыстар бар [1]. Герцшпрунг – Рассел диаграммасындағы бас тізбектегі жұлдыздардың басым көпшілігі өзқауым, олардың нормаланған информациялық энтропиясы хаостық процестер аймағында жатыр. Бұл әдіс, сондай-ақ, жұлдыздардың ұқсас түрлерін энтропиялық-метрикалық диаграммада топтастыра отырып, айнымалы жұлдыздарды түрлері бойынша топтастыруға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыстың негізі орбиталық периодтары бірнеше минуттан (~80 мин.) ондаған сағатқа дейінгі аралықта бақыланатын катаклизмалық айнымалы (CVs), тығыз қос жүйе жұлдыздарына жататын, қысқа периоды WZ Sge типті 11 жұлдыздың жарқ ету кезіндегі және тыныштық күйіндегі информациялық-энтропиясын бағалау арқылы талдау болып

табылады. Стандартты модельде [2] бұл жүйелер бас тізбектің кеш спектралды класында орналасқан жұлдыздың Рош кеңістігін толтырып, ақ ергежейліге тасымалдануын қарастырады.

Бақылаулар мен мәліметтер дерекқорлары

Спектралды бақылаулар Boller & Chivens спектрографымен және 2.1-метрлі OAN SPM телескопымен алынды. Спектрлер 3,03Å/пиксель дәлдігімен 4000Å-ден 7100Å-ге дейінгі диапазонды қамтыды. Сигнал/шуыл қатынасын жақсарту үшін біз фазалық спектрлер сериясын алдық: он спектр бір орбиталық кезең ішінде тең фазалық интервалдармен алынды (Pорб. = 80,5 мин.). Спектрлердің бұл тізбегі келесі кезеңдер мен кейінгі түндерде дәл сол фаза интервалдарында қайталанды. Бұл бізге бірнеше цикл ішінде алынған бір орбиталық фазада спектрлерді қосу жолымен, уақыт бойынша дәлдікті азайтпай, фазасы бойынша орташаланған спектрлерді синтездеуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер

Жұлдыздардың спектрлерінен информациялық энтропиялық сипаттамаларын анықтау үшін және қысқапериодты катаклизмалық айнымалы жұлдыз типі WZ Sge [3] ретінде жіктеу үшін 11 жұлдыздың [4] абсолюттік энергетикалық мәндері стандартты ағын бірліктеріне келтіріліп, IRAF программасында өңделді.

1 – кесте. WZ Sge [3] типті жұлдыздардың параметрлері.

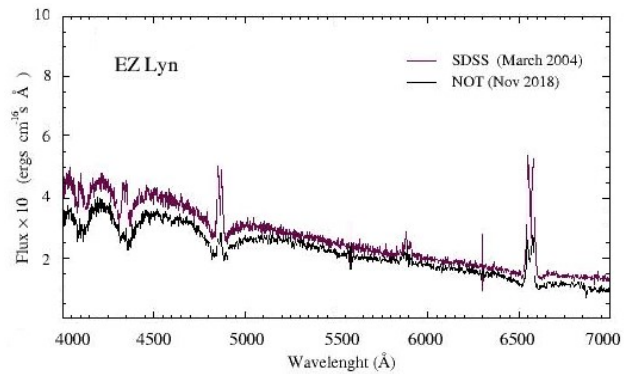
№	Объект	P орб. (дни)	V	q	M1	M2	Twd	i
1	WZ SGe	0.0567	~15	0.092	0.85	0.078	13500	77
2	GW Lib	0.0533	19.1	0.060	0.84	0.05		11
3	V455 And	0.0563	16.5	0.060s		>M9	11500	83
4	AI Com	0.0567	19.1	0.060			16300	
5	SDSS 1035	0.057	18.7	0.055c	0.94	0.05	10100	83
6	V406 Vir	0.056	17.8	0.05	~1.0	0.05	12000	~70
7	EZ Lyn	0.059	17.8	0.05s	~0.9	0.045	13000	~70
8	EG Cnc	0.060	18.8	0.035s			12300	
9	RX 1050-14	0.062	17.6	<0.055v			13000	<65
10	GD 552	0.0713	16.6	<0.052v		<0.08	10900	<60
11	RE 1255	0.083	19.0	<0.064v	<0.9	<0.08	12000	<5

Жұлдыздардың тыныштық кезіндегі күйі жарқылдан кейінгі спектр аймағындағы энергияның күрт төмендеуімен сипатталады.

Информациялық энтропия әдісін екі айнымалы үшін жазамыз [5]:

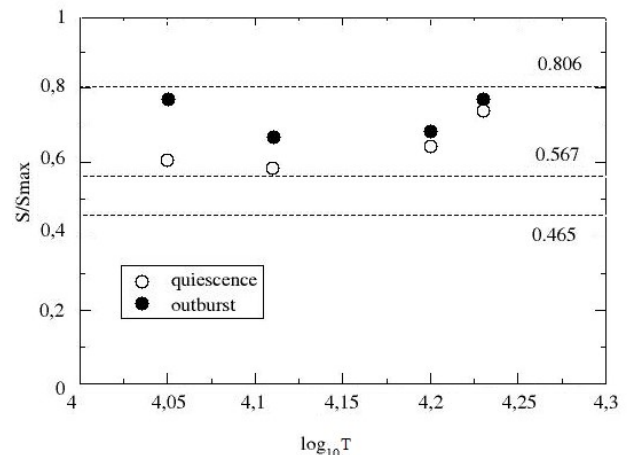
$$S(x, y) = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M P(x_i, y_j) \ln(P(x_i, y_j)). \quad (1)$$

Кейбір қысқапериодты WZ Sge [3] типті катаклизмалық айнымалы жұлдыздардың спектроскопиялық бақылаулары Бальмер профиліндегі Halfa сызығының уақыт шкаласында тыныштық және жарқ ету кезіндегі өзгерістерін айқын көрсетеді.



1 – сурет. Уақыт бойынша орташаланған EZ Lyn спектрінің калибрленген ағыны.

Энтропияны есептеу кезінде 4 жұлдыздың спектрлеріндегі энергия мәндері көрсетілді, ал басқа жұлдыздар мәндері есепке алынбады. Есептеу нәтижелері 2-суретте көрсетілген.



2 – сурет. Жұлдыздарының нормаланған информациялық энтропиясы (1)

Бұл ыстық компоненттен зат тасымалдануының айнымалылығын көрсетеді. Мұндай регулярлы емес өзгерістер жүйенің физикалық қасиеттерін анықтауға кедергі келтіруі мүмкін. Алайда, бұл

процесстің ықтималдылық тұрғыдан бағалауға мүмкіндік пайда болады. Сапалық өзгерістер сандық анықталуы мүмкін.

Алынған нәтижелер WZ Sge типіндегі қысқа мерзімді катаклизмалық айнымалы жұлдыздарды жіктеудің және оларды қысқа мерзімді катаклизмалық жұлдыздардың үлкен тобынан оқшауландыру мүмкіндігін көрсетеді. Жұлдыздардың информациялық энтропиялары, теорияға сәйкес, өз-ұқсастық аймағында орналасқан, сонымен қатар Цаллис статистикасын ескере отырып масштабты өзгермейтін құрылымы сипатталды [6]. Температура өскен сайн жарқылдың ықтималдық қасиеттері тыныш күйден айырмашылығы бәсеңдей түседі. Бұл айырмашылық температура азайған сайын басым. Яғни жұлдыз температуралары ұсынылған әдіспен эмпирикалық анықталуы мүмкін.

Қорытынды

Бұл жұмыста біз жұлдызды олардың энтропиялы сипаттамасына сәйкес спектрі бойынша топтауға болатын мүмкіндікті көрсеттік. Өртүрлі жұлдыздардың спектріндегі нормаланған энтропияның сандық мәні келтірілген критерийлер бойынша айырмашылығы – стохастылық пен өзқауымдастық айқын. Осындай әдіспен зерттелінетін құбылыстардың физикалық табиғаты да топтасу әртүрлілігі мен қолдау табады. Нәтежесінде катаклизмалық жұлдыздар профилдерінің шартты, нормаланған энтропиясының температураға тәуелділігі тұрғызылып, сандық түрде айырмашылығы көрсетілді. Жұмыстың нәтижесі катаклизмалық айнымалы

жұлдыздарың фундаменталдық, физикалық параметірі – температураны анықтаудың эмпирикалық әдісі ретінде қолданылуы мүмкін

Әдебиеттер тізімі

1. Жанабаев З.Ж., Наурызбаева А.Ж., Алимгазинова Н.Ш., Бейсебаева А.С. Энтропийно-метрические характеристики астрофизических сигналов // Материалы 19-й международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – 2009. – С. 2–13.
 2. Warner B. Cataclysmic variable stars. – Cambridge University Press, 2003. – 596 p.
 3. Kato T., Sekine Y., Hirata R. HV Virginis and WZ Sge-type dwarf novae // Publications of the Astronomical Society of Japan. – 2001. – Т. 53. – №. 6. – P. 1191-1210.
 4. Zharikov S. Short orbital period cataclysmic variables // The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects-III. – SISSA Medialab, 2017. – Т. 255. – P. 012.
 5. Zhanabaev Z. Z., Kozhagulov Y. T., Khokhlov S. A. Scale invariance criteria of dynamical chaos // International Journal of Mathematics and Physics. – 2013. – Vol. 4, – № 2. – P. 29–37.
- 1 Zhanabaev Z.Zh., Kozhagulov Y.T., Khokhlov S.A., Agishev A.T., Zhexebay D.M. Informational and entropic criteria of self-similarity of fractals and chaotic signals // International Journal of Mathematics and Physics. 2018. – Vol. 90, – № 1. – P.90–96.

10.04.2020 басылымға қабылданды

А.Е. Амантаева*, А.Т. Агишев

ал-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

**e-mail: amantayevainash@gmail.com*

ҚЫСҚА ПЕРИОДТЫ КАТАКЛИЗМАЛЫҚ АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ИНФОРМАЦИЯЛЫҚ ЭНТРОПИЯСЫ

Аннотация. Бұл жұмыста қысқапериодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздардың WZ Sge типті 11 қысқа периодты катаклизмалық айнымалы жұлдыздарының тыныштық күйдегі және жарқ ету кезіндегі, екі күйіне информациялық-энтропиялық талдауы жүргізілді. Олардың ішіндегі 4 жұлдыздың EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And тыныштық және жарқ ету кезіндегі спектрлерінде бақыланатын Бальмер профиліндегі На сызығының уақыт шкаласында өзгерістері талданды. Зерттеу негізі ретінде квазирегулярлы,

хаостық, стохастық процестер үшін информациялық энтропияның және оны нормалаудың жаңа әдісі қолданысқа ие болды. Бұл әдіс бойынша сандық классификациялау жүргізілді. Информациялық-энтропиялық әдіс шарттары негізінде табиғаты әр түрлі ашық жүйелерді сипаттауға қолданылуға мүмкіндік беретін, бақылау нәтижелерін өңдеу үшін сәйкес алгоритмі құрылды. Әдіс екі өлшемді процесстер үшін жалпыланып, нормаланды. Нормалау шарты ретінде толық біртектілік қабылданды. Нәтижесінде қысқапериодты катаклизмикалық айнымалы жұлдыздардың WZ Sge типті 4 жұлдызының EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And профильдерінің шартты, нормаланған энтропиясының температураға тәуелділігі тұрғызылып, сандық түрде олардың айырмашылығы көрсетілді. Жұмыстың нәтижесі бойынша қысқапериодты катаклизмикалық айнымалы жұлдыздардың фундаменталдық, физикалық параметрлері – температураны анықтаудың эмпирикалық әдісі ретінде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Информациялық энтропия, катаклизмикалық айнымалы жұлдыздар, температура энтропиялық диаграмма.

А.Е. Амантаева*, А.Т. Агишев

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

**e-mail: amantayevainash@gmail.com*

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИХ КАТАКЛИЗМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Аннотация. В работе проведен информационно-энтропийный анализ излучения короткопериодических катаклизмических переменных звезд типа WZ Sge в спокойном состоянии и при вспышке. Для 4 звезд: EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And были проанализированы изменения линий $H\alpha$, серии Бальмера, на временной шкале. В качестве основного инструмента исследования был использован метод информационной энтропии, и ее нормировка для квазирегулярных, хаотических, стохастических процессов. По предложенному алгоритму проведена количественная классификация. На основе условий нормировки информационной энтропии и количественных критериев самоорганизации, используемых для описания хаотичности открытых систем, интерпретированы результаты вычислений. Данный метод обобщен и нормирован для двумерных процессов. В качестве условия нормирования использовался случай однородного распределения элементов двумерной энтропии. В результате получены температурные зависимости условной, нормированной энтропии для 4-х звезд типа WZ Sge: EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063+2638031, V455 And и приведены количественные различия. Результаты работы могут быть использованы в качестве эмпирического метода оценки температуры короткопериодических катаклизмических переменных звезд по наблюдаемым характеристам изменения излучения во время вспышек.

Ключевые слова: Информационная энтропия, переменные катаклизмические звезды, температурно энтропийная диаграмма.

А.Е. Amantayeva*, А.Т. Agishev

al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan;

**e-mail: amantayevainash@gmail.com*

INFORMATIONAL ENTROPY OF SHORT-PERIODICAL CATACLYSMIC VARIABLES STARS

Abstract: Work is devoted to implementing an information-entropy analysis for short-periodic cataclysmic variable stars of the WZ Sge type. Two different states are considered: normal and during a flare. Changes in the $H\alpha$ lines of the Balmer series on the timeline were analyzed for 4

stars of the WZ Sge type: EZ Lyn, GW Lib, PNV J03093063 + 2638031, V455 And. The method of information entropy and its normalization for regular, chaotic, stochastic processes was used. According to the proposed algorithm, a quantitative classification is carried out. Based on the quantitative criteria for self-organization in accordance with normalizing conditions, which is described the randomness of open systems, our calculations were interpreted. This method is generalized and normalized for two-dimensional processes. Case of a uniform distribution of two-dimensional entropy elements was used. As a result, we obtained the temperature dependences of the conditional entropy and propose quantitative differences. The results of this work can be used as an empirical method for estimating the temperature of short-periodic cataclysmic variable stars by observed radiation.

Key words: Information entropy, variable cataclysmic stars, temperature-entropy diagram.