

تحلیل فرکانسی و استخراج پارامترهای فیزیکی ستاره α_1 Herculis

نادر جوقینی^۱، داود افشاری^۲، حسین حقی^۱

^۱ دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

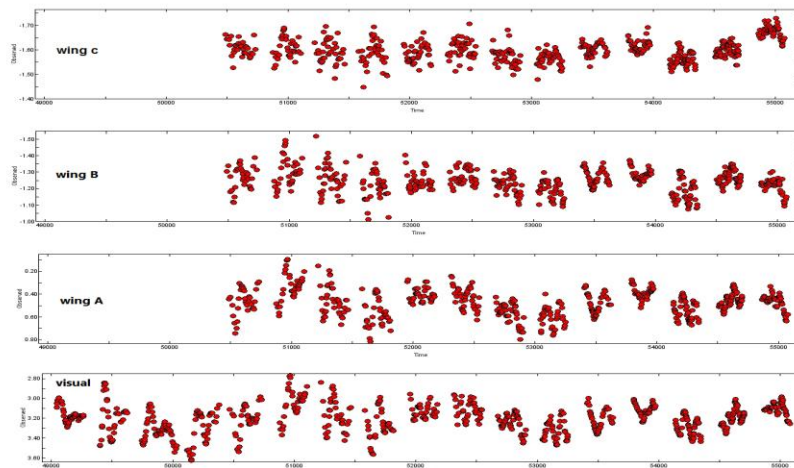
^۲ دانشگاه تبریز

چکیده

سیستم α Herculis شامل سه ستاره است که از بین آنها ستاره $M_5 Ib - II$ α_1 Herculis که یک ستاره AGB است را در فیلتر مرئی و سه فیلتر Wing مورد بررسی قرار داده‌ایم و به کمک داده‌های بدست آمده در فیلترهای Wing، مشخصات فیزیکی ستاره شامل تغییرات دمای مؤثر، درخشندگی و شعاع ستاره را محاسبه کرده‌ایم. در ادامه با نرم‌افزار Period04 و به کمک آنالیز فوریه، فرکانس‌های اصلی ستاره را در چهار فیلتر محاسبه نموده‌ایم و دقت این فرکانس‌ها از طریق کمترین مجذور مربعات تعیین کرده‌ایم قبلاً این فرکانس‌ها در مقاله [1] بدست آمده که ما با داده‌های کاملتر این کار را انجام داده و تعداد فرکانس بیشتری بدست آورده‌ایم.

پروژه‌ی نورسنجی ابرغول‌ها بیش از ۲۰ سال است که در دانشگاه ویلانووا شروع شده است و مجموعه داده‌های آن برای ستاره‌های ابرغول موجود است. مطالعه هر یک از این مجموعه داده‌ها به ما در فهم پیدایش و واپاشی مدهای نوسانی در هر یک از ستاره‌های ابرغول نیمه منظم و پی بردن به رفتار آشفته‌ی آنها و ساختارشان کمک خواهد کرد. نورسنجی برای ستاره مورد نظر از اواخر فوریه ۱۹۹۳ میلادی در فیلتر V و برای فیلترهای Wing از اواسط فوریه ۱۹۹۷ میلادی آغاز شده و هنوز هم ادامه دارد. نکته‌ی قابل توجه این است که برای ستاره‌های نیمه منظم هر چقدر میزان رصد افزایش یابد دقت محاسبات و مدهای نوسانی بیشتر خواهد شد.

پارامترهای فیزیکی ستاره α_1 Herculis: منحنی نوری در فیلتر استاندارد V شامل ۷۲۷ نقطه و در فیلترهای Wing شامل ۵۴۷ نقطه است. شکل ۱ منحنی نوری را برای چهار فیلتر نشان می‌دهد.



شکل ۱: منحنی نوری ستاره در فیلتر مرئی و سه فیلتر وینگ

برای به دست آوردن پارامترهای فیزیکی ستاره از داده‌های ستاره در سه فیلتر Wing استفاده می‌کنیم. برای این کار از دو ایندکس رنگ که توسط [2] به صورت زیر تعریف شده است استفاده می‌کنیم:

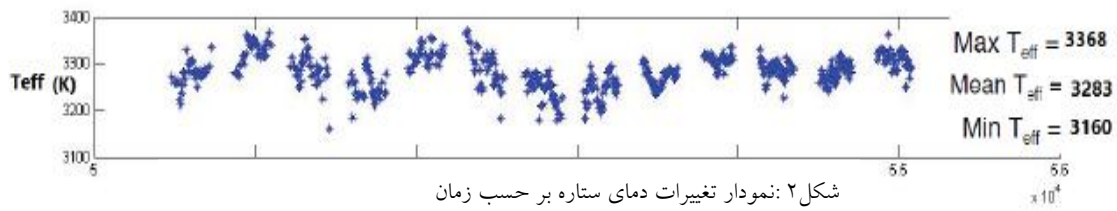
$$\gamma_1 = B - C \quad (1)$$

$$Tio - index \equiv \gamma_2 = A - B - 0.13\gamma_1 \quad (2)$$

با استفاده از لیست ستارگان استاندارد Wing [3] نمودار دمای مؤثر این ستارگان بر حسب ایندکس (TiO) رسم کرده و یک منحنی به آن برآزش می‌کنیم و رابطه‌ی دما بر حسب ایندکس (TiO) را بدست می‌آوریم [4].

$$T_{eff} = 4073.9 - 609.34\gamma_2 - 65.411\gamma_2^2 + 245.8\gamma_2^3 - 94.041\gamma_2^4 \quad (3)$$

با توجه به رابطه‌ی بالا تغییرات دمایی ستاره به شکل زیر خواهد شد:



شکل ۲: نمودار تغییرات دمای ستاره بر حسب زمان

برای بدست آوردن تغییرات درخشندگی و شعاع ستاره α_1 Herculis با توجه به مقاله [5] می‌توانیم قدر ظاهری و قدر مطلق را به صورت زیر بیان کنیم.

$$m_{bol} = C + 1.75(\pm 0.07) \quad (4)$$

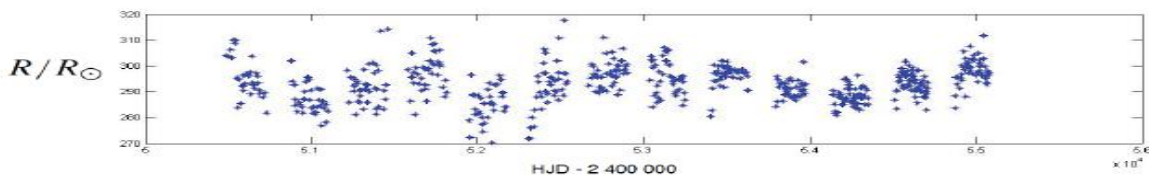
$$M_{bol} = m_{bol} - 5.207 \quad (5)$$

همچنین تغییرات درخشندگی و شعاع ستاره را از روابط زیر محاسبه می‌کنیم

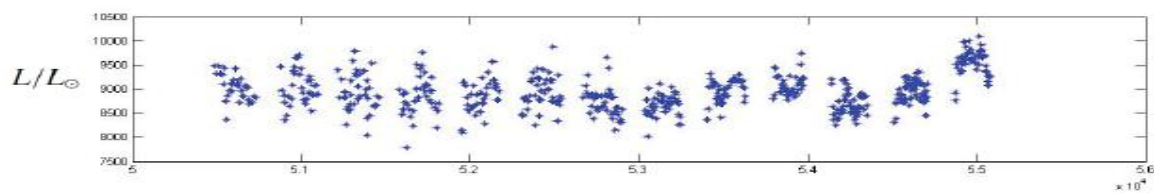
$$\frac{L}{L_s} = 10^{\frac{(4.75 - M_{bol})}{2.512}} \quad (6)$$

$$\frac{R}{R_s} = \left(\frac{L}{L_s}\right)^{1.2} \times \left(\frac{5779}{T_{eff}}\right)^2 \quad (7)$$

شکل های ۳ و ۴ تغییرات درخشندگی و شعاع ستاره بر حسب زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمودار تغییرات شعاع ستاره بر حسب زمان



شکل ۴: نمودار تغییرات درخشندگی ستاره بر حسب زمان

جدول ۱: نتایج تغییرات دما، تغییرات درخشندگی و تغییرات شعاع که به

کمک فیلترهای وینگ بدست آمده‌اند

	Max	Min	Mean	Max-Min /Mean
$T_{eff}(K)$	3368	3160	3283	0.06
L/L_s	10091	7791	8944	0.25
R/R_s	317.5	270.4	293	0.16

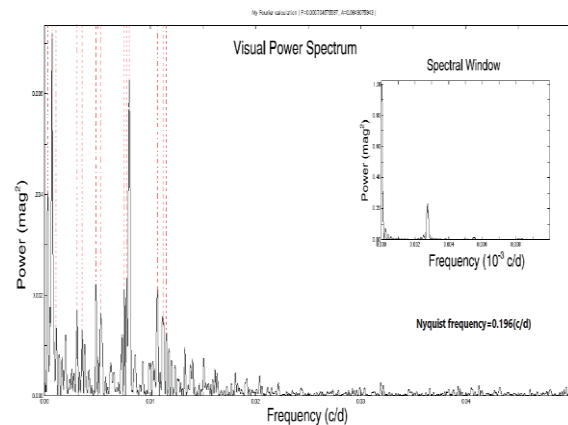
برای یافتن مدهای نوسانی با استفاده از نرم افزار Period04 تبدیل فوریه گسسته (DFT) را بر روی تمامی داده‌ها انجام می‌دهیم و فرکانس‌های نوسانی را بدست می‌آوریم. فرکانس‌هایی که دارای شرط $SNR > 4$ می‌باشند به عنوان فرکانس‌های ویژه معرفی می‌کنیم که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. همچنین برای پیدا کردن خطای دامنه و فاز و

دقت فرکانس‌های بدست آمده می‌توان از روش مونت کارلو و کمترین مجذور مربعات استفاده کرد [6] و ما از روش کمترین مجذور مربعات استفاده کرده‌ایم فرکانس‌های ویژه برای چهار فیلتر محاسبه شده است که ما فرکانس‌های فیلتر مرئی را در جدول ۲ آورده‌ایم.

نتیجه گیری: ستاره آلفا هرکول که یک ستاره از نوع AGB می‌باشد مورد بررسی قرار داده ایم و مشخصات ستاره را به صورت: دمای موثر میانگین 3283 k، درخشندگی میانگین 8944L₀ و شعاع میانگین 293R₀ محاسبه نموده‌ایم و همچنین فرکانس‌های ویژه را به کمک نرم افزار Period04 برای چهار فیلتر بدست آورده ایم که در مقاله‌ی [1] تعداد ۸ فرکانس برای فیلتر مرئی، ۳ فرکانس فیلتر Wing A، ۶ فرکانس فیلتر Wing B، ۴ فرکانس فیلتر Wing C و ۱۳ فرکانس در فیلتر مرئی، ۱۰ فرکانس در فیلتر Wing A، ۱۰ فرکانس فیلتر Wing B و ۷ فرکانس فیلتر Wing C محاسبه کرده‌ایم. در فاز بعدی قصد داریم تخمین دقیق جرم ستاره و اطلاعاتی در باره چرخش آن بدست آوریم.

جدول ۲: فرکانس‌های نوسانی برای باند مرئی به همراه دامنه، توان و SNR که دقت آنها به کمک کمترین مجذور مربعات محاسبه شده است

ID	frequency	amplitude	SNR	power
f ₁	0.00029±0.00001	0.064±0.004	7.23	0.0041
f ₂	0.00070±0.00001	0.085±0.004	9.60	0.0071
f ₃	0.0011±0.00001	0.037±0.004	4.22	0.0013
f ₄	0.0030±0.00002	0.041±0.004	4.68	0.0017
f ₅	0.0035±0.00003	0.036±0.004	4.12	0.0013
f ₆	0.0048±0.00001	0.047±0.004	5.33	0.0022
f ₇	0.0052±0.00001	0.041±0.004	4.58	0.0016
f ₈	0.0075±0.00001	0.046±0.004	5.26	0.0021
f ₉	0.0077±0.00001	0.049±0.004	5.52	0.0024
f ₁₀	0.0079±0.00001	0.079±0.004	8.96	0.0062
f ₁₁	0.0106±0.00001	0.046±0.004	5.19	0.0021
f ₁₂	0.0114±0.00001	0.038±0.004	4.48	0.0014
f ₁₃	0.0115±0.00002	0.035±0.004	4.03	0.0012



شکل ۵: نمودار فرکانس بر حسب Power، خطوط خط چین نشان دهنده‌ی فرکانس‌هایی است که SNR > 4 دارند فرکانس نایکوئیست spectral window 0.196 c/d محاسبه شده و فرکانس بدست آمده است. 0.00274c/d

مرجع‌ها

1. Moraveji, E., et al. "Investigating the semi-regular light variations of the bright M5 supergiant: α Herculis." *Astrophysics and Space Science* 328.1-2 (2010)
2. Neff, J.E., O'Neal, D., Saar, S.H.: *Astrophys. J.* **452**, 879 (1995)
3. Wing, R.F.: In: *Spectral Classification and Color Temperature for 280 Bright Stars in the Range K4-M8*. Astronomy Dept., Ohio State University (1978)
4. Levesque, E.M., Massey, P., Olsen, K.A.G., et al.: *Astrophys. J.* **628**, 973 (2005)
5. J. Weiner, D. D. S. Hale, and C. H. Townes, *Asymptotic Giant Branch and Supergiant Stellar Diameters in the Mid-Infrared*, *Astrophys. Jour.* 589 (2003), 976–982
6. Lenz P. & Breger M. (2005), *Period04 user guide*, Comm. In *Asteroseismology*, Vol 146.