

Statistical study of local stars, inside of 15 PC from sun, via Hipparcos satellite data

Saeed Doostmohammadi*, Seyed Jaliladdin Fatemi, Fatemeh Sadooghi

Faculty of Physics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 16.09.2019 Final revised: 09.05.2020 Accepted: 21.09.2020

DOI: [10.22055/JRMBS.2020.15925](https://doi.org/10.22055/JRMBS.2020.15925)

Abstract

In the vicinity of the sun, studying of motions, velocities and features of local stars is a suitable way to cognition of dynamical features of galaxy stars, the source of galaxy disc and also the steps of star evolution. Using the results of big observatories and valid catalogs, many different researches has been done at this field. At present work, using the Hipparcos satellite data, a sample of stars in vicinity of the sun are studied and three parts of velocities of 493 stars which are located in 15 parsec from the sun such as transition velocity, radial velocity and their parallax are obtained. Also, local stars properties such as mass, their distribution in the galaxy, radius, temperature, galactic position and their relation with galactic velocities are investigated and finally the evolution of stars is predicted in the galaxy.

Keywords: Local stars, galaxy, Dynamics of stars

* Corresponding Author: doostmohammadi@uk.ac.ir



بررسی سینماتیکی ستارگان محلی در فاصله 15 پارسکی از خورشید با استفاده از داده‌های ماهواره HIPPARCOS

سعید دوست محمدی*، سید جلیل الدین فاطمی، فاطمه صدوقی

دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

دریافت: 1398/06/25 ویرایش نهایی: 1399/02/20 پذیرش: 1399/06/31

DOI: [10.22055/JRMBS.2020.15925](https://doi.org/10.22055/JRMBS.2020.15925)

چکیده

بررسی حرکات، سرعت‌ها و ویژگی‌های ستارگان محلی و در فواصل نزدیک به خورشید راه مناسب و مفیدی است به‌سوی شناخت ویژگی‌های دینامیکی ستارگان کهکشان، سرچشمه دیسک کهکشان و همچنین مراحل مختلف تحول ستارگان. در این زمینه پژوهش‌های مختلفی با استفاده از نتایج رصدخانه‌های بزرگ و کاتالوگ‌های معتبر نجومی انجام گرفته است. در کار حاضر تلاش گردیده یک نمونه از حرکت ستارگان در نزدیکی خورشید با استفاده از داده‌های ماهواره Hipparcos بررسی شود. سه جزء سرعت 493 ستاره با فاصله 15 پارسک از خورشید از سرعت انتقالی، سرعت شعاعی و پارالکس آنها به‌دست خواهد آمد. همچنین ویژگی‌های ستارگان محلی از قبیل جرم و توزیع آن در کهکشان، شعاع، دما، موقعیت کهکشانی و رابطه آنها با سرعت‌های کهکشانی بررسی شده و در نهایت چگونگی تحول ستارگان در کهکشان پیش‌بینی شده است.

کلیدواژگان: ستارگان محلی، کهکشان، دینامیک ستارگان

مقدمه

پارامترهای مهمی همچون حرکت ویژه، سرعت شعاعی و اختلاف منظر ستارگان را به‌دست آورد. سینماتیک ستاره‌ای، مطالعه مشاهداتی یا اندازه‌گیری سینماتیک حرکت ستاره‌ها در فضا است که شامل مطالعه حرکت ستاره‌ها در بخش‌های مختلف کهکشان از قبیل دیسک نازک، دیسک ضخیم، هاله ستاره‌ای و برآمدگی کهکشان می‌باشد. از آنجا که خورشید در دیسک کهکشان قرار دارد، با بررسی ستارگان محلی، در واقع ما بخشی از دیسک کهکشان را مطالعه کردیم که از آنجا می‌توان به نحوه پیدایش و تحول دیسک کهکشان دست

بیشتر دانش امروز بشر از ویژگی‌های دینامیکی و تحول و سرچشمه دیسک کهکشانی از بررسی ستارگان محلی به‌دست آمده است. این دانش درک ما را نیز از کهکشان‌های همسایه که دارای جمعیت‌های ستاره‌ای مشابه بوده اما امکان بررسی مستقیم را ندارند، بهبود بخشیده است. برای بررسی سینماتیک ستارگان نزدیک در کهکشان یکی از مهمترین کارها اندازه‌گیری مؤلفه‌های سرعت‌های فضایی کهکشانی مربوط به ستارگان می‌باشد به‌طوری‌که می‌توان از روی آنها

*نویسنده مسئول: doostmohammadi@uk.ac.ir



یافت. بدین منظور کاتالوگ‌های بسیار زیاد و متنوعی برای ستارگان موجود می‌باشد. کاتالوگ لایتن [1] که برای ستارگان با حرکت ویژه بالا و کل نیمکره شمالی و جنوبی طراحی شده است و کاتالوگ گیگلاس [2] مربوط به حرکت‌های ویژه نسبتاً بالا و نیمکره شمالی از جمله این کاتالوگ‌ها می‌باشند. کاتالوگ مهم و معتبر دیگری که در این زمینه وجود دارد کاتالوگ هیپارخوس [3] می‌باشد که هدف علمی آن در اختیار قراردادن مکان‌ها، حرکت‌های ویژه و اندازه‌گیری مستقیم بیش از یکصد هزار ستاره در همسایگی خورشید بوده که این کار با تعیین ویژگی‌های فیزیکی ستارگان و مطالعه و بررسی ساختار و تحول آنها بر پایه رصدهای زیاد، دقیق و امن صورت گرفته است. در کار حاضر نیز از این کاتالوگ به‌عنوان منبع اصلی پژوهش استفاده گردیده است. کاتالوگ هیپارخوس در سال 1996 تکمیل و در ژوئن 1997 ارائه گردیده است. اما نمونه‌های جدیدتری نیز از این کاتالوگ در سال‌های بعدی نیز ارائه گردیده است.

به‌هر حال، بررسی ستارگان از دیرباز مورد توجه رصدگران و اخترفیزیکدانان بوده است چرا که بررسی ستارگان محلی می‌تواند به‌عنوان نشانگرهایی به‌تعیین ساختارهای کهکشانی بیانجامد، چه از لحاظ توزیع ساختاری [4,5] و چه از لحاظ سینماتیکی [6-9]. سرعت فضایی ستاره به‌وسیله سه جزء سرعت شعاعی (با استفاده از پدیده داپلر)، سرعت عرضی (با استفاده از جابه‌جایی ستاره نسبت به اجرام خیلی دور) و پارالکس قابل محاسبه است به‌طوری‌که این سرعتها نسبت به خورشید می‌باشند. اما از آنجا که خورشید خود نیز به دور مرکز کهکشان در حال چرخش می‌باشد، برای تصحیح سرعت ستاره، مختصات

کهکشانی و محورهای دینامیکی تعریف می‌شوند که در ادامه به آن اشاره خواهد شد. همچنین با مطالعه و بررسی آماری سرعت‌های به‌دست آمده در ناحیه مورد نظر، درک پراکندگی توزیع سرعت و اینکه این توزیع چگونه با رده طیفی و سن جمعیت‌های ستاره‌ای تغییر می‌کند، امکان پذیر است [10,11]. اجزای سرعت ستاره در دستگاه مختصات کهکشانی معمولاً با U ، V و W نشان داده می‌شوند به‌طوری‌که U در راستای مرکز کهکشان، V در راستای چرخش کهکشان و W در راستای قطب شمال کهکشانی می‌باشند. به‌عنوان نمونه در این سیستم برای خورشید این مقادیر عبارتند از:

$$(U, V, W) = (11, 1, 12/24, 7/25)$$

در کار حاضر با استفاده از ویرایش جدید کاتالوگ Hipparcos برای ستارگان در فاصله 15 پارسک از خورشید، کمیت‌هایی از قبیل قدر ظاهری، مختصات استوایی و کهکشانی، سرعت‌های شعاعی و عرضی و موارد دیگر مورد بحث قرار گرفته و با استفاده از برون‌یابی به‌وسیله داده‌های موجود، برای رده‌های طیفی مختلف کمیت‌هایی از قبیل قدر مطلق، جرم، شعاع، درخشندگی و دما به‌دست آمده است. همچنین با استفاده از روابط تبدیل سرعت، کمیت‌های دیگر این ستاره‌ها از قبیل جرم، شعاع، دما، درخشندگی، سرعت‌های کهکشانی و دینامیکی به‌دست آمده است.

سرعت های فضایی و تبدیلات

برای توصیف موقعیت‌های ستارگان، دستگاه‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. موقعیت در دو دستگاه استوایی (دستگاهی بر پایه دایره البروج و

همچنین، اجزای سرعت در دستگاه مختصات کیهکشانی به وسیله رابطه ماتریسی زیر از اجزای سرعت در دستگاه استوایی به دست می‌آیند. معادله 3، [12]:

$$\begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix} = B \cdot \begin{pmatrix} \rho \\ k \cdot \mu_\alpha / \pi \\ k \cdot \mu_\delta / \pi \end{pmatrix} \quad 3$$

به طوری که در آن $B=T.A$ و ثابت ρ در km.year/sec $k=4.74057$ می‌باشد و همچنین ρ سرعت شعاعی، μ_α و μ_δ اجزای حرکت ویژه در راستای α و δ و همچنین π پارالکس (اختلاف منظر) و U, V, W نیز اجزای سرعت در مختصات کیهکشانی هستند. همچنین ماتریس A طبق معادله 4، [12]، عبارت است از:

$$A = \begin{pmatrix} \cos\alpha \cdot \cos\delta & -\sin\alpha & -\cos\alpha \cdot \sin\delta \\ \sin\alpha \cdot \cos\delta & \cos\alpha & -\sin\alpha \cdot \sin\delta \\ \sin\delta & 0 & \cos\delta \end{pmatrix} \quad 4$$

اما رابطه تبدیل اجزای سرعت در دستگاه کیهکشانی و دینامیکی بدین شکل است (معادله 5، [13]):

$$\begin{aligned} X &= U \cos L + V \sin L \\ Y &= -U \sin L + V \cos L \\ Z &= W \end{aligned} \quad 5$$

که در آن $L=339$ درجه (طول کیهکشانی) می‌باشد. بدین ترتیب با استفاده از روابط 2، 3 و 4 روابط مربوط به سرعت‌های کیهکشانی به دست آمده و سرانجام با رابطه 5 به سرعت‌های دینامیکی تبدیل شده‌اند.

استوای سماوی) و کیهکشانی (دستگاهی بر پایه موقعیت مرکز کیهکشان و صفحه کیهکشان) با ماتریس T مطابق معادله 1 به یکدیگر قابل تبدیل می‌باشند [12]:

$$\begin{pmatrix} \text{Cos}b \cdot \text{Cos}l \\ \text{Cos}b \cdot \text{Sin}l \\ \text{Sin}b \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} \text{Cos}\delta \cdot \text{Cos}\alpha \\ \text{Cos}\delta \cdot \text{Sin}\alpha \\ \text{Sin}\delta \end{pmatrix} \quad 1$$

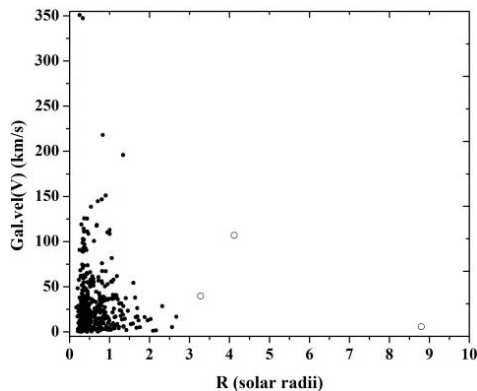
که در آن α و δ مختصات استوایی و l و b مختصات کیهکشانی می‌باشند. همچنین ماتریس T به شکل معادله 2، می‌باشد [12]:

$$T = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ \sin\theta & -\cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} -\sin(\delta_{NGP}) & 0 & \cos(\delta_{NGP}) \\ 0 & -1 & 0 \\ \cos(\delta_{NGP}) & 0 & \sin(\delta_{NGP}) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos(\alpha_{NGP}) & \sin(\alpha_{NGP}) & 0 \\ \sin(\alpha_{NGP}) & -\cos(\alpha_{NGP}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad 2$$

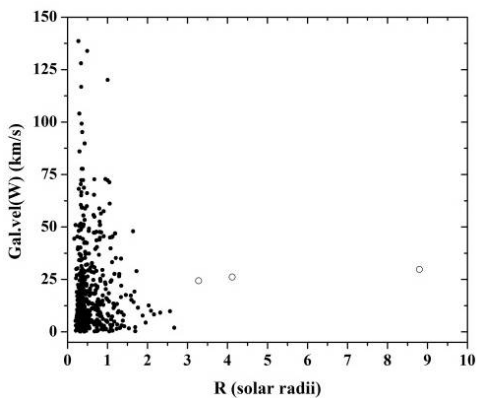
که در آن θ برابر است با موقعیت زاویه‌ای قطب شمال سماوی نسبت به نیم‌دایره بزرگ عبوری از قطب شمال کیهکشانی و طول کیهکشانی صفر، به طوری که مقدار آن برابر است با 123 درجه و همچنین α_{NGP} و δ_{NGP} مختصات استوایی قطب شمال کیهکشانی هستند که برای سال 2000 به ترتیب برابرند با 192/85 درجه و 27/12 درجه. با داده‌های گفته شده مقدار ماتریس T به شکل:

$$\begin{pmatrix} -0.053 & -0.858 & -0.480 \\ 0.481 & -0.441 & 0.738 \\ -0.863 & -0.195 & 0.450 \end{pmatrix}$$

در خواهد آمد.



شکل 2ب. سرعت V برحسب شعاع ستارگان.



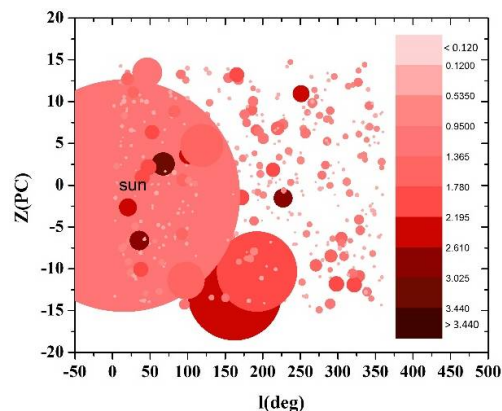
شکل 2ج. سرعت W برحسب شعاع ستارگان.

در شکل‌های 2الف تا ج، مقادیر مربوط به سه غول سرخ نیز به چشم می‌خورد به طوری که با دایره‌های توخالی نشان داده شده‌اند. این سه غول عبارتند از سماک رامح (Arcturus) یکی از بزرگترین غول‌های سرخ پیرامون خورشید با شعاعی حدود بیست و پنج برابر خورشید، سر پیکر پسین (Pollux) که نزدیکترین غول سرخ نسبت به خورشید با شعاعی حدود هشت برابر خورشید می‌باشد و عیوق (Capella) در صورت فلکی اراهران و شعاعی حدود ده برابر خورشید. همانگونه که از شکل 2ب نیز دیده می‌شود، سرعت غول سرخ سماک رامح در راستای محور l به طور غیر عادی نسبت به دو غول دیگر بیشتر است به طوری که نسبت به خورشید با سرعت بالایی در حال حرکت است. از آنجایی که عمر این غول بسیار زیاد است می‌توان چنین

ارتباط سرعت‌های ستارگان با شعاع، جرم و

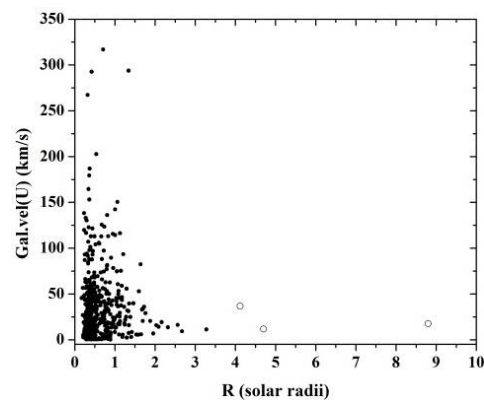
دما:

با بررسی رابطه جرم و شعاع ستارگان با موقعیت Z (فاصله از صفحه کیهشانی برحسب پارسک)، همان‌گونه که در شکل یک دیده می‌شود، در نزدیکی خورشید و در بالای صفحه کیهشانی، ستارگان با جرم بیشتر و شعاع بزرگ‌تری توزیع شده‌اند.

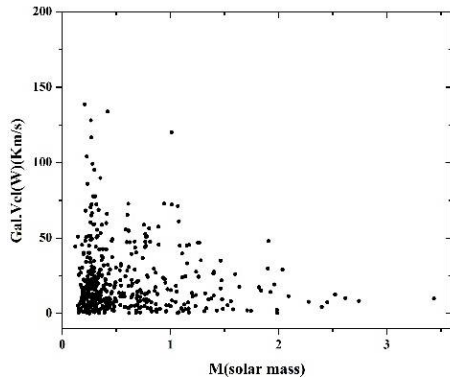


شکل 1. توزیع جرم (برحسب جرم خورشید) و شعاع ستارگان نسبت به صفحه کیهشانی (طول کیهشانی).

همچنین با به دست آوردن سرعت‌های کیهشانی و بررسی رابطه آنها با جرم و شعاع، همانگونه که در شکل‌های 2الف تا ج نیز دیده می‌شود، با افزایش جرم و افزایش شعاع، سرعت‌های کیهشانی ستارگان در راستاهای U ، V و W کاهش می‌یابند.

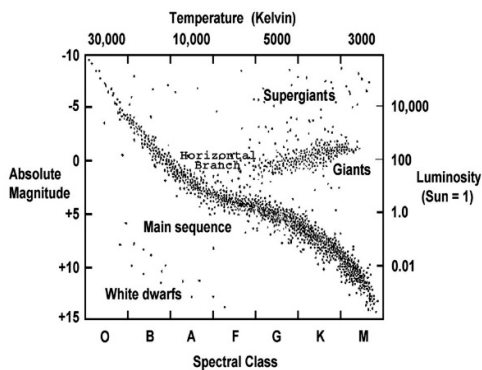


شکل 2الف. سرعت U برحسب شعاع ستارگان.



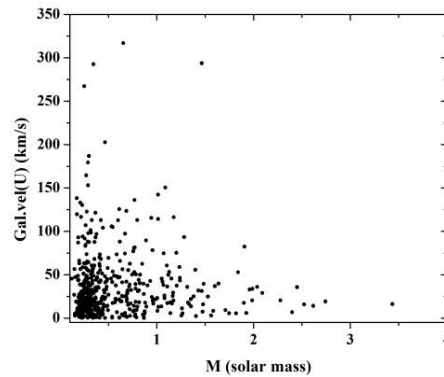
شکل 3 ج. سرعت کهکشانی W برحسب جرم ستارگان.

با بررسی دمای ستارگان نمونه دیده می‌شود که اغلب آنها دمای متوسط و پایینی دارند به طوری که از بین 493 ستاره حدود 211 ستاره دارای دمایی بین 3000 تا 4000 کلوین دارند. با مقایسه با نمودار هرتسپرانگ-راسل (یا دیاگرام H-R، نموداری که وضعیت تغییر و تحول ستارگان را به خوبی نشان داده و براساس آن می‌توان مرحله تکامل هر ستاره را مشخص نمود)، همان گونه که در شکل 4 دیده می‌شود، مشخص می‌شود که ستاره‌های نزدیک خورشید در قسمت‌های پایین رشته اصلی قرار می‌گیرند و در واقع ستاره‌های پیری هستند که اواخر عمر حضورشان در رشته اصلی را پشت سر می‌گذارند.

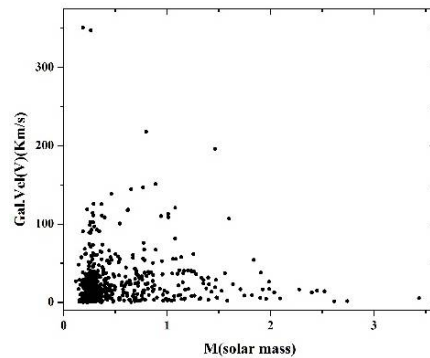


شکل 4. نمودار هرتسپرانگ-راسل (H-R) [14].

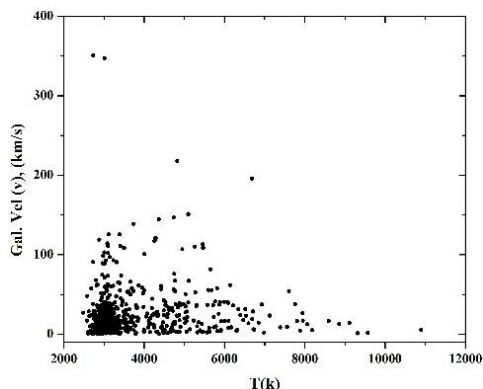
نتیجه گرفت که سرعت غول‌های قرمز در راستای چرخش کهکشان با افزایش سن شان افزایش پیدا میکند. همچنین با توجه به بررسی رابطه بین جرم و سرعت‌های کهکشانی، همانگونه که در شکل‌های 3 الف تا ج نیز دیده می‌شود، سرعت‌ها با افزایش جرم کاهش می‌یابند.



شکل 3 الف. سرعت کهکشانی U برحسب جرم ستارگان.



شکل 3 ب. سرعت کهکشانی V برحسب جرم ستارگان.



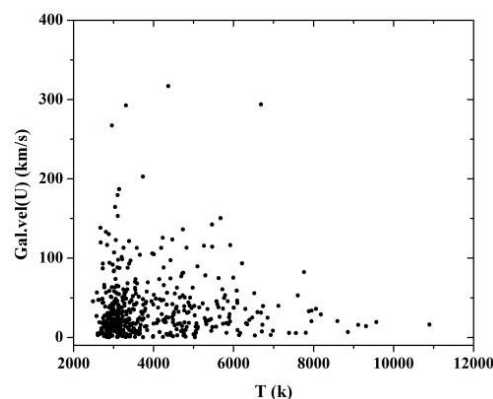
شکل 5 ج. سرعت کهکشانی V بر حسب دمای ستارگان.

رسم نمودارهای R-M و L-M برای ستاره‌های نمونه نشان می‌دهد که پنج زیرغولی که در نمودار H-R در حال جدا شدن از رشته اصلی می‌باشند از روابط جرم-درخشندگی و جرم-شعاع حاکم بر ستاره‌های رشته اصلی پیروی نمی‌کنند. همچنین موقعیت این سه غول سرخ در فاصله 15 پارسکی خورشید در نمودار H-R به خوبی تحول ستارگان را از مرحله حضور در رشته اصلی تا زیر غول و در نهایت تبدیل شدن به غول‌های سرخ نشان می‌دهد. نتیجه محاسبات با استفاده از فرمول‌های 6 در شکل‌های 6 و 7 دیده می‌شوند.

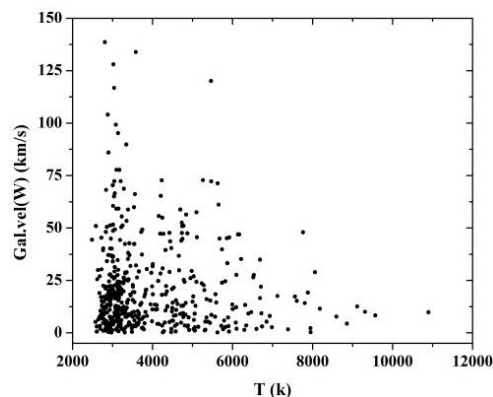
$$\frac{R}{R_0} = 1.23 \left(\frac{M}{M_0} \right)^{0.531}; M > 1.66 M_{\odot} \quad 6$$

$$\frac{R}{R_0} = 1.09 \left(\frac{M}{M_0} \right)^{0.935}; M < 1.66 M_{\odot}$$

رابطه دما با سرعت‌های کهکشانی U, V, W ستاره‌ها نشان می‌دهد که ستاره‌های داغ‌تر سرعت‌های کمتری از خود نشان می‌دهند و این نتیجه با نظریه کاهش دمای ستاره‌ها با افزایش عمرشان در تطابق می‌باشد. این موارد در شکل‌های 5 نمایش داده شده است.



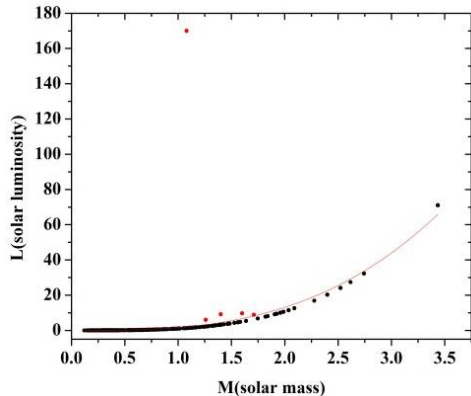
شکل 5 الف. سرعت کهکشانی U بر حسب دمای ستارگان.



شکل 5 ب. سرعت کهکشانی W بر حسب دمای ستارگان.

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 1.647 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3.23} \quad 7$$

با توجه به این رابطه و همچنین محاسبات انجام شده برای ستارگان نمونه، نتایج به دست آمده در شکل 8 نشان داده شده است.

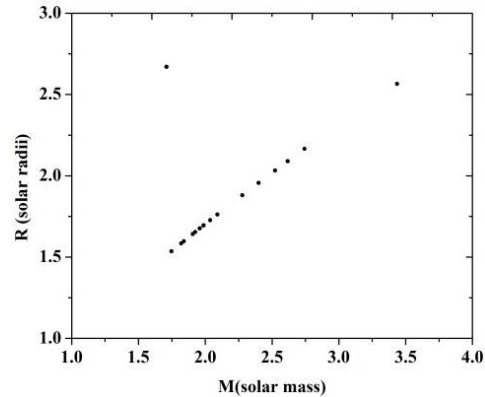


شکل 8. رابطه جرم درخشندگی.

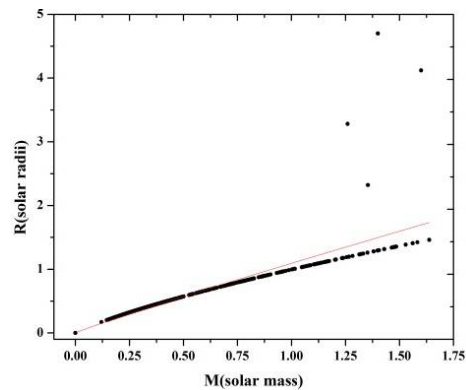
رسم نمودارهای R-M و L-M برای ستاره‌های نمونه نشان می‌دهد که پنج زیرغولی که در نمودار H-R در حال جدا شدن از رشته اصلی می‌باشند از روابط جرم-درخشندگی و جرم-شعاع حاکم بر ستاره‌های رشته اصلی پیروی نمی‌کنند. همچنین موقعیت این سه غول سرخ در فاصله 15 پارسی خورشید در نمودار H-R به خوبی تحول ستارگان را از مرحله حضور در رشته اصلی تا زیر غول و در نهایت تبدیل شدن به غول‌های سرخ نشان می‌دهد.

بررسی چگالی ستارگان نمونه

با رسم M بر حسب R^3 روند رشد چگالی برای ستاره‌های نمونه، همان‌گونه که در شکل 9 آمده است، مشخص می‌شود و دیده می‌شود که سه غول سرخ و پنج زیر غول موجود در بین این ستاره‌ها چگونه به دلیل ساختار متفاوت و شعاع بزرگشان از این روند پیروی نمی‌کنند.



شکل 6. وابستگی شعاع ستاره و جرم آن برای ستارگان سبک‌تر.

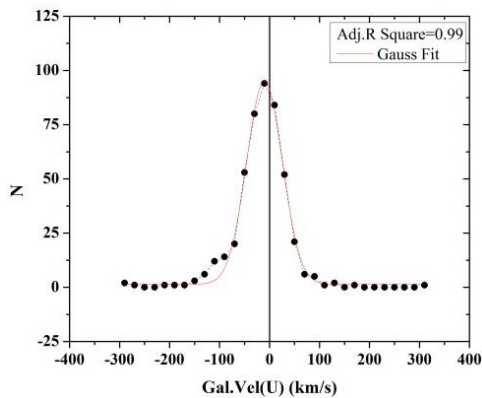


شکل 7. وابستگی شعاع ستاره و جرم آن برای ستارگان سنگین‌تر.

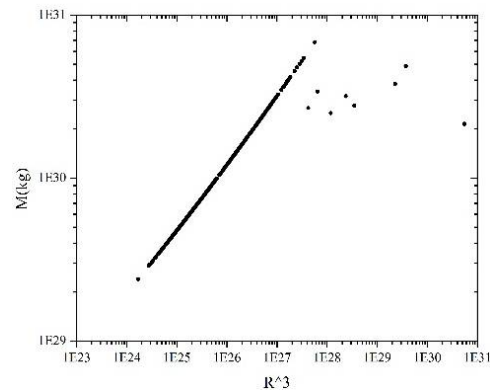
همان‌گونه که در شکل‌های 6 و 7 نیز دیده می‌شود، بدون در نظر گرفتن سه غول قرمز، روابط جرم شعاع یعنی معادلات 6، ستاره‌های رشته اصلی هماهنگی مناسبی را از خود نشان می‌دهند و همچنین دیده می‌شود که حضور پنج زیر غولی که یکی از آنها در شکل 6 و چهار زیر غول دیگر در شکل 7 دیده می‌شوند، سبب ایجاد اختلال گردیده و در واقع با روابط جرم-شعاع رشته اصلی سازگار نمی‌باشند. دلیل آن را می‌توان به متفاوت بودن مرحله تحول ستاره‌ای آنها مربوط دانست.

رابطه جرم درخشندگی

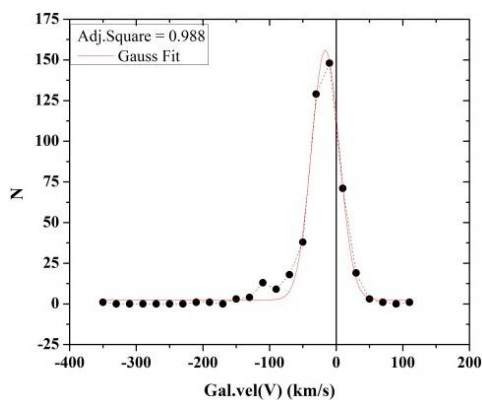
برای ستارگان رشته اصلی، براساس داده‌های به دست آمده، رابطه 7 برقرار می‌باشد:



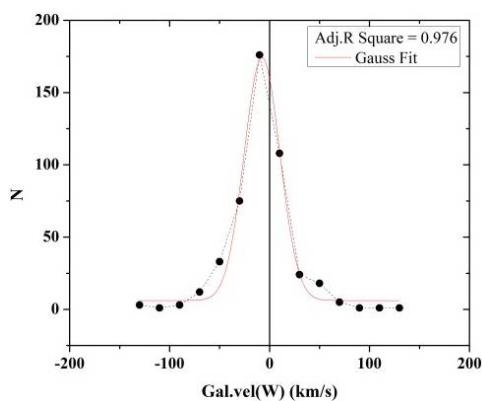
شکل 10. توزیع سرعت کهکشانی U برای ستارگان نمونه



شکل 9. رابطه بین جرم و مکعب شعاع ستارگان.



شکل 11. توزیع سرعت کهکشانی V برای ستارگان نمونه

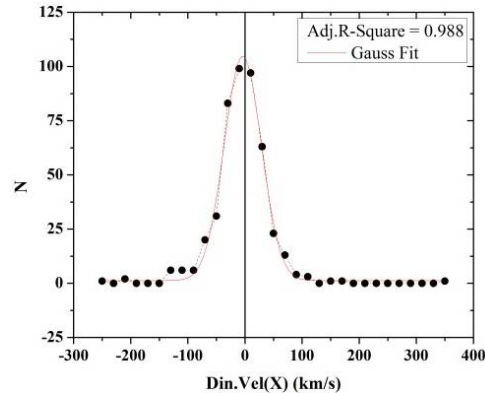


شکل 12. توزیع سرعت کهکشانی W برای ستارگان نمونه.

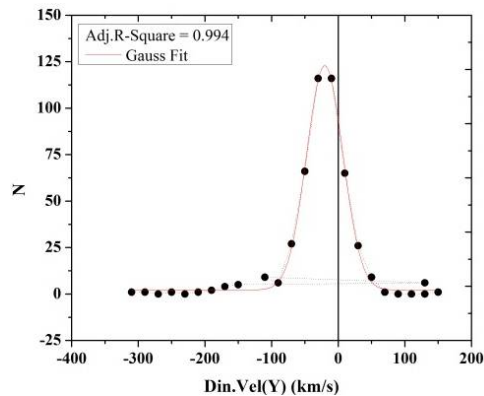
تقارن یا نامتقارنی سرعت‌های کهکشانی و دینامیکی

با رسم توزیع سرعت‌های کهکشانی U, V, W و همچنین سرعت‌های دینامیکی X, Y, Z همانگونه که در شکل‌های 10 تا 15 دیده می‌شود، یک عدم تقارن برای سرعت‌های ستاره‌ها در راستای محور V (یا Y) وجود دارد. به همین دلیل محور Y را محور نامتقارنی در حرکت‌های ستاره‌ای می‌نامند. برای علت این عدم تقارن سرعت‌ها در راستای Y که همان راستای چرخش کهکشان است، می‌دانیم که ستاره‌ها مدت زمان بیشتری را در سمت خلاف مرکز نسبت به مرکز در صفحه کهکشانی می‌گذرانند و همچنین برخی علت را به ساختار کهکشان و نحوه تحول ستاره‌ها در آن نسبت داده‌اند، به این ترتیب که می‌دانیم کهکشان ما یک کهکشان مارپیچی و دارای بازوهای می‌باشد که تراکم ستاره‌ها در این بازوها بیش از سایر نواحی کهکشان در صفحه کهکشانی می‌باشد.

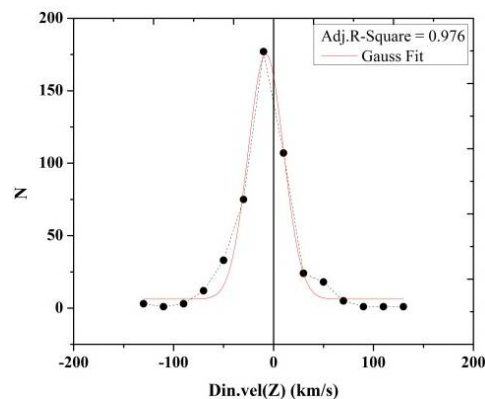
0/001 تا 170 برابر درخشندگی خورشید، اغلب با ستاره‌های پیر و روبرو هستیم که اواخر حضور خود در رشته اصلی را پشت سر می‌گذارند. همچنین حضور سه غول سرخ و پنج زیرغولی که در شکل‌ها نشان داده شده‌اند، نشان از مراحل تحول ستارگان از رشته اصلی تا زیرغول و رسیدن به غول قرمز دارند. همچنین با توجه به میانگین جرم و شعاع ستارگان مورد بررسی نسبت به جرم و شعاع خورشید، دیده می‌شود که میانگین دمای ستاره‌های پیر k و M بسیار پایین‌تر از ستارگان جوانتر A و F می‌باشد به طوری که میانگین جرم و شعاع ستارگان پیرتر کمتر از ستارگان جوان می‌باشد. در ضمن نمی‌توان رابطه کلی و دقیقی بین سرعت و سن آنها پیدا کرد چرا که این مسئله بستگی زیادی به محدوده سرعت و سن ستارگان مورد بررسی دارد اما به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که ستاره‌های جوانی که در دیسک کهکشان قرار دارند سرعت‌های کمتری نسبت به ستاره‌های پیر هاله از خود نشان می‌دهند. در واقع ستاره‌ها در دیسک نازک تولید می‌شوند و در ابتدا سرعت کمی دارند و به تدریج با افزایش سن، به سمت دیسک ضخیم رفته و از آنجا به سمت هاله پیش می‌روند. در حین این تحول بر مقدار سرعتشان نیز افزوده می‌شود. از طرفی در بررسی غول‌های سرخ نیز دیده می‌شود که در نزدیکی خورشید و در فاصله 15 پارسیک از آن سه غول وجود دارند که دارای سن تقریباً بالایی می‌باشند. در بین این غول‌ها سماک راجع سرعت در صفحه کهکشانی بیشتری نسبت به دو غول دیگر داشت و با مقایسه با سن این غول‌ها نتیجه می‌گیریم که سرعت غول‌ها به‌ویژه در راستای چرخش کهکشان با افزایش عمر افزایش می‌یابد. همچنین دیده شد که زیرغول‌های مورد بررسی به دلیل مرحله تحولی‌شان از روابط جرم-شعاع و جرم-درخشندگی حاکم بر ستاره‌های رشته اصلی پیروی



شکل 13. توزیع سرعت دینامیکی X برای ستارگان نمونه.



شکل 14. توزیع سرعت دینامیکی Y برای ستارگان نمونه.



شکل 15. توزیع سرعت دینامیکی Z برای ستارگان نمونه.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در کار حاضر، دیده می‌شود که ستارگان در گستره مورد نظر، یعنی دمای بین حدود 2500 تا 10000 کلوین و درخشندگی حدود

[6] M. Creze, M.O. Mennessier, An Attempt to Interpret the Mean Properties of the Velocity Field of Young Stars in Terms of Lin's Theory of Spiral Waves, *Astronomy and Astrophysics*, **27** (1973) 281.

[7] J.A. Frogel, R. Stothers, the local complex of O and B stars. II. Kinematics. *Astronomical Journal*, **82**, (1977) 890-901.

[8] J. Byl, M.W. Owendon, On the kinematics of O and B stars. *Astrophysical Journal, Part 1*, **225** (1978) 496-513.

[9] T.N.G. Westin, The local system of early type stars. Spatial extent and kinematics. *Astronomy and Astrophysics, Suppl. Ser.*, **60**, (1985) 99-134.

[10] B. Stromgren, G. Gilmore, B. Carswell, In *The Galaxy: Proceedings of the NATO ASI, eds. Reidel, Cambridge*, (1987) 229-246.

[11] C. Soubiran, P. Girad, Abundance trends in kinematical groups of the Milky Way's disk, *Astronomy & astrophysics*, **438** (2005) 139-151.

DOI: [10.1051/0004-6361:20042390](https://doi.org/10.1051/0004-6361:20042390)

[12] R.H. Dean, R. Johnson, Calculating galactic space velocities and their uncertainties with an application to the Ursa Major group. Soderblom. *Space Telescope Science Institute, 3700 San Martin Drive, Baltimore, Maryland 21218*.

[13] The motions of the stars within 20 parsecs of the sun.
<http://adsabs.harvard.edu/abs/1946ApJ...104...12S>

[14] Chandra X-Ray observatory, *Harvard Smithsonian center for astrophysics*.

نکرده و موقعیت متفاوت آنها در نمودارهای مربوطه نشان داده شده است به طوری که جدا شدن تدریجی آنها از رشته اصلی به خوبی نمایان است. بررسی بر روی توزیع مؤلفه‌های سرعت کهکشانی و دینامیکی در راستای V و Y یک عدم تقارن نشان می‌دهد که دلیل آن چگالی ستاره‌ای غیر یکنواخت در صفحه کهکشانی (به دلیل وجود بازوهای مارپیچی) و همچنین گذراندن مدت زمان بیشتر در سمت خلاف مرکز نسبت به مرکز می‌باشد (در مطالعات نجومی محور Y به محور نامتقارنی معروف است).

مرجع‌ها

[1] W.J. Luyten, A Catalogue of 7127 Stars in the Northern Hemisphere with Proper Motions Exceeding 0.2" Annually, *Univ. of Minnesota, Minneapolis* (1961).

[2] H.L. Giclas, R. Burnham, N.G. Thomas, Lowell Proper Motion Survey, Northern Hemisphere, The G Numbered Stars, 8991 Stars fainter than magnitude 8 with motions $> 0.26''/\text{year}$, *Lowell Observatory* (1971).

[3] The hipparcos and Tycho catalogues, *ESA SP-1200* (1997).

[4] R. Stothers, J.A. Frogel, The local complex of O and B stars. I. Distribution of stars and interstellar dust, *The Astronomical Journal*, **79** (1974) 456.

[5] T. Schmidt-Kaler, The spiral structure of our Galaxy—A review of current studies, *Vistas in astronomy* **19** (1975) 69-74.
[https://doi.org/10.1016/0083-6656\(75\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0083-6656(75)90007-0)