



## مجموعه مقالات

همایش ملی نجوم، اخترفیزیک و کیهانشناسی  
۱۳۸۸-۲ اردیبهشت  
دانشگاه شیراز

### کمیته علمی همایش:

دکتر غلامحسین بربار

دکتر یوسف ثبوتی

دکتر محمد حسین دهقانی

دکتر جمشید قنبری

دکتر احمد کیاست پور

دکتر نعمت الله ریاضی(دبیر)

تدوین مقاله نامه : دکتر نعمت الله ریاضی با همکاری میثم رضوانی و عبدالرحمن خاوری

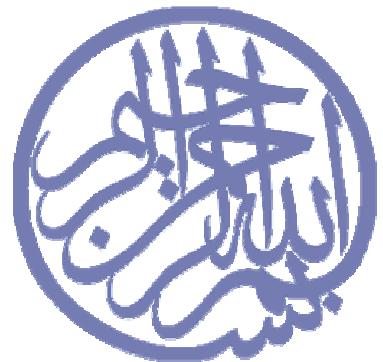
### با حمایت

سازمان فضای ایران

استانداری فارس

رصدخانه ابوریحان بیرونی

کانون نجوم و اخترفیزیک دانشگاه شیراز



# بخش ۱

نجوم:

رصد، ابزار، محاسبات، تاریخ

## حل منحنی نوری سیستم دوتایی گرفته LS Del

بهرام خالصه<sup>۱و۲</sup>، محمود اکبری<sup>۳و۴</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد گناباد

۲- مرکز تحقیقات نجوم و اخترفیزیک مراغه

۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

### چکیده :

داده های نوری سیستم LS Del که از نوع W UMa می باشد، در صافی های UBV مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای حل این سیستم از برنامه ویلسون<sup>x</sup> ۲۰۰۳ استفاده شده است. در برنامه ون هم با در نظر گرفتن الگوی لگاریتمی کلینگ لسمیت<sup>۱</sup> و سوبیسکی<sup>۲</sup> برای پیدا کردن ضرایب تاریکی لبه استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که سیستم تماسی بوده و هر دو مؤلفه حد روج خود را پر کرده اند. رده طیفی مؤلفه اصلی و همدم این سیستم به ترتیب F8V و F5V در نظر گرفته شده اند.

### مقدمه :

سیستم LS Del (BD+19°4574, HD199497, AGK+19°2119) در سال ۱۹۷۶ کشف شده است. او دامنه تغییرات نوری را  $mag = 0.15$  و دوره تناوب آن را  $0.3638$  روز از  $24$  مشاهده فتوالکتریکی خودش در صافی  $y$  از سیستم چهار رنگ اشترومگن<sup>۳</sup> بدست آورد. در ادامه، سیستم LS Del توسط سزار<sup>۴</sup> و همکارانش در دو صافی  $B$  و  $V$  در سال ۱۹۸۴ بصورت فتوالکتریکی، رویو<sup>۵</sup> و همکارانش (۱۹۸۷)، درمان<sup>۶</sup> و همکارانش (۱۹۹۱) و ویک<sup>۷</sup> و وندر<sup>۸</sup> فقط در صافی  $V$  تحلیل شده است.

### تجزیه و تحلیلی منحنی نوری سیستم LS Del

برای حل منحنی نوری سیستم دوتایی گرفته LS Del، ما از داده های نورسنجی درمان (۱۹۹۱) در سه صافی  $U$  و  $B$  و  $V$  استفاده کردیم و در اینجا برای حل منحنی نوری از از مد ۶ برنامه رایانه ای ویلسون<sup>x</sup> ۲۰۰۳ استفاده شده است. پارامترهای بدست

<sup>1</sup> Wilson

<sup>2</sup> Klinglesmith

<sup>3</sup> Sobieski

<sup>4</sup> Bond

<sup>5</sup> Strömgren

<sup>6</sup> Sezer

<sup>7</sup> Ruyou

<sup>8</sup> Derman

<sup>9</sup> Wieck

<sup>10</sup> Wunder

آمده در جدول ۱ آورده شده است. در برنامه ون‌هم نیز با در نظر گرفتن الگوی لگاریتمی کلینگ لسمیت و سوبیسکی برای پیدا کردن ضرایب تاریکی لبه استفاده شده است.

در شکل های ۱ و ۲ و ۳ منحنی های نوری نظری و رصدی سیستم LS Del در صافی های مختلف رسم شده است. نتایج فوق الذکر حاصل این کار برای اولین بار در این مقاله معرفی می شوند.

LS Del یک سیستم دوتایی گرفتی تماسی است، که از نوع W UMa به حساب می آید و نتایج نشان می دهند که:

۱- پارامترهای مطلق سیستم DM Per در جدول ۳ آورده شده است.

۲- با توجه به مقادیر مطلق بدست آمده از سیستم، مؤلفه دوم بزرگتر از مؤلفه اول می باشد.

۳- رده طیفی مؤلفه اصلی و همدم سیستم LS Del با توجه به جدول VI (بر اساس  $M_{bol}$ ) در مقاله استریزیس<sup>\*\*\*</sup> به ترتیب F5V و F8V بدست آمده است.

۴- با توجه به رده طیفی و دوره تناوب این سیستم و مقایسه با ویژگی های سیستم های W UMa نوع W این سیستم می تواند جزء این دسته از ستارگان قرار بگیرد.

۵- سیستم LS Del از نوع دوتایی های گرفتی W UMa است. با توجه به رابطه  $\frac{\Omega_{in}}{\Omega_{1,2}} \times 100 fillout_{1,2}$

مؤلفه اصلی و همدم، هر دو، حد روج خود را پر کرده اند و از این رو جزء سیستم های تماسی قرار می گیرند.

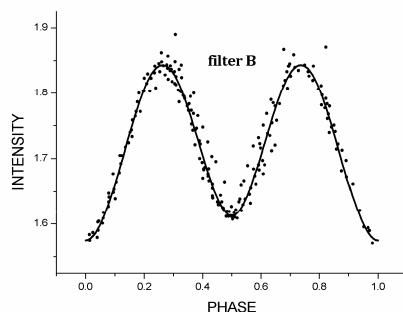
۶- موقعیت مؤلفه های سیستم LS Del بر روی نمودار جرم - تابندگی در شکل ۴ نمایش داده شده است.

با توجه به شرایط سیستم و تعداد محدود رصدهای نورسنجی و طیف سنجی پیشنهاد می شود در مورد سیستم رصدهای بیشتری صورت بگیرد.

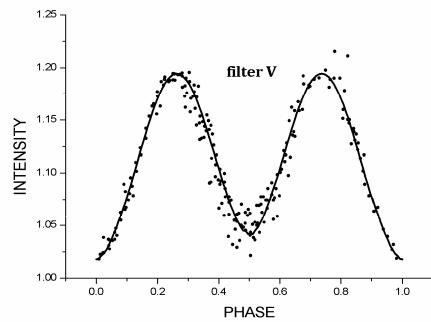
$$* L=L_1+L_2+L_3$$

پارامتر	B صافی	U صافی	V صافی	پارامتر	B صافی	U صافی	V صافی
$i$	$-0.27 \pm 0.47/25$	$-0.42 \pm 0.46/15$	$-0.21 \pm 0.48/45$	$g_1$	1	1	1
$q$	$-0.004 \pm 1/776$	$-0.005 \pm 1/768$	$-0.003 \pm 1/783$	$g_2$	1	1	1
$T_1(K)$	5780	5780	5780	$f_F$	1	1	1
$T_2(K)$	$61 \pm 5754$	$1.06 \pm 5684$	$53 \pm 5704$	$F_2$	1	1	1
$\Omega_I$	4/946	4/902	5/003	$r_I(pole)$	$-0.01 \pm 0.309$	$-0.02 \pm 0.310$	$-0.01 \pm 0.307$
$\Omega_2$	4/946	4/902	5/003	$r_I(point)$	$-0.03 \pm 0.441$	$-0.05 \pm 0.442$	$-0.03 \pm 0.438$
$^*L_p/L$	-0.376	-0.401	-0.379	$r_I(side)$	$-0.02 \pm 0.322$	$-0.03 \pm 0.324$	$-0.02 \pm 0.321$
$L_2/L$	-0.624	-0.599	-0.621	$r_I(back)$	$-0.02 \pm 0.355$	$-0.03 \pm 0.356$	$-0.02 \pm 0.353$
$l_3/L$	.	.	.	$r_2(pole)$	$-0.01 \pm 0.405$	$-0.02 \pm 0.403$	$-0.01 \pm 0.407$
$Log g_1$	2/59	2/59	2/58	$r_2(point)$	$-0.05 \pm 0.559$	$-0.07 \pm 0.558$	$-0.05 \pm 0.561$
$Log g_2$	2/60	2/61	2/60	$r_2(side)$	$-0.02 \pm 0.429$	$-0.03 \pm 0.427$	$-0.03 \pm 0.431$
$A_1$	-0/5	-0/5	-0/5	$r_2(back)$	$-0.02 \pm 0.457$	$-0.02 \pm 0.456$	$-0.02 \pm 0.459$
$A_2$	1	1	1	$\Omega_{in}$	4/951	4/908	5/002
$X_1$	-0/746	-0/856	-0/822	$\Omega_{out}$	4/362	4/319	4/411
$X_2$	-0/747	-0/867	-0/831	$\sum w(o-c)^2$	-0/016	-0/035	-0/014

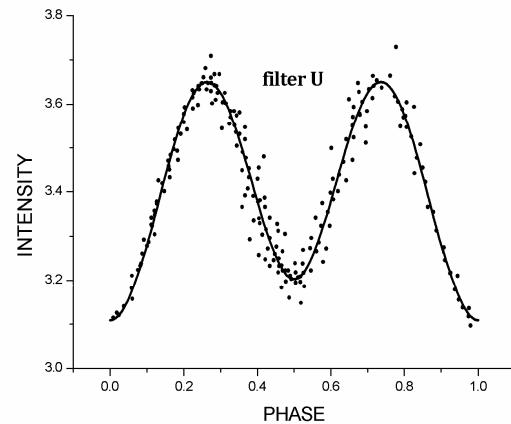
جدول ۱) پارامترهای بدست آمده از حل منحنی نوری سیستم LS Del توسط برنامه ویلسون ۲۰۰۳.



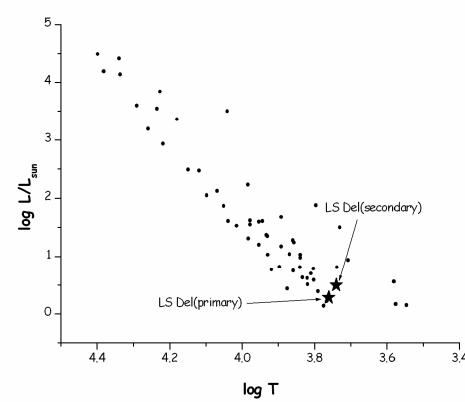
شکل ۱) منحنی های نوری و رصدی سیستم LS Del در صافی B.  
نقاط دایره ای، داده های رصدی را نشان می دهند.



شکل ۲) منحنی های نوری و رصدی سیستم LS Del در صافی V.  
نقاط دایره ای، داده های رصدی را نشان می دهند.



شکل ۳) منحنی های نوری و رصدی سیستم LS Del در صافی U.  
نقاط دایره ای، داده های رصدی را نشان می دهند.



شکل ۴) موقعیت مؤلفه های سیستم دوتایی گرفتی LS Del در نمودار جرم – تابندگی.

پارامتر	صافی B	صافی U	صافی V
$M_1/M_\odot$	•/•٢٧	•/•٢٧	•/•٢٧
$M_2/M_\odot$	•/•٤٨	•/•٤٨	•/•٤٨
$\log L_1/L_\odot$	•/٢٨٦	•/٢٨٥	•/٢٧٩
$\log L_2/L_\odot$	•/٥٠٨	•/٤٨٦	•/٤٩٧
$\log g_1$	٢/٥٩	٢/٥٩	٢/٥٨
$\log g_2$	٢/٦٠	٢/٦١	٢/٦٠
$R_1/R_\odot$	١/٣٩	١/٣٩	١/٣٨
$R_2/R_\odot$	١/٨١	١/٨١	١/٨٢
$\rho_1/\rho_\odot$	١/٢٤٥	١/٢٣٠	١/٢٤٧
$\rho_2/\rho_\odot$	•/٩٨٣	•/٩٩٢	•/٩٧٥
$M_1(bol)$	٤/٠٨	٤/٠٧	٤/٠٩
$M_2(bol)$	٣/٥١	٣/٥٧	٣/٥٤
$f_l(M_1, M_2, i)$	•/•١٥	•/•١٤	•/•١٧

جدول (۲) پارامترهای مطلق سیستم LS Del

این طرح با حمایت مالی مرکز تحقیقات نجوم و اخترفیزیک مراغه انجام شده است.

## مراجع ها:

- [1] Akbari, M. Khalesseh, B. Khajavi, M. Salehi, F.: 2008, "Reanalysis of light curve of the eclipsing binary system DM Per", *JDUBS*, vol 1, num 4.
- [2] Bond, H. E.: 1976, *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 1214.
- [3] Derman, E. Demircan, O. Selam, S.:1991, *Astro. Astrophys. Suppl. Ser.* 90.
- [4] Khalesseh, B.: 1999,"SPECTROSCOPIC ORBIT OF THE ECLIPSING BINARY AI DRACONIS"
- [5] Ruyou, W., Wenxian, L., and Qingyuan, F.: 1987, *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 2982.
- [6] Sezer, C. Gülmén, Ö. Gündür, N.: 1985, *Ap&SS.* 115. 309S.
- [7] Straizys, V., Kurliene, G.: 1981, *Ap&SS.* 80, 353S
- [8] Van Hamme, W.: 1993, New Limb-Darkeing Coefficients for Modeling Binary Star Light Curve, *AJ.* 106, 2096.
- [9] Wieck, M. and Wunder, E.: 1989, *Inf. Bull. Var. Stars*, No. 3406.
- [10] Wilson, R. E., Devinney, E. J.: 1971, *ApJ.* 166, 605.
- [11] Wilson, R. E., Van Hamme, W.: 2003, Computing Binary Star Observables.

## تعیین اتوماتیک مراکز ستارگان با استفاده از الگوریتم ویژگیهای نامتغیر با تغییرات مقیاس (SIFT)

دکتر محمد علی شریفی، دکتر فرهاد صمدزادگان، سعید فرزانه

گروه مهندسی نقشه برداری دانشگاه تهران

[Saeed.farzaneh@gmail.com](mailto:Saeed.farzaneh@gmail.com)

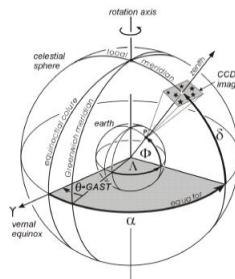
### چکیده

amerوزه با در اختیار قرار گرفتن دوربین های رقومی با دقت هندسی و رادیومتریک بالا، فصل جدیدی در بکارگیری نجوم ژئودتیک در کاربردهای مختلفی تعیین وضعیت ماهواره، مختصات نجومی و مولفه های انحراف قائم، تحت عنوان نجوم ژئودتیک بینایی-مبنا گشوده شده است. در روش های اخیر با استفاده از یک CCD مناسب و بکارگیری یک تلسکوپ مناسب می توان روشنی با قابلیت رویت پذیری بالا برای ثبت ستارگان بوجود آورد که بر خلاف روش های سنتی نجوم ژئودتیک نیازمند انجام مشاهدات طولانی و زمانی و کارشناسان خبره نمی باشد. مسئله مهم در شناسایی اتوماتیک ستاره در سیستم های بینایی-مبنا، دستیابی به روشنی سریع با قابلیت اعتماد و دقت بالا در استخراج ستارگان تصویربرداری شده می باشد. در این راستا در این مقاله با استفاده از الگوریتم پیشنهادی ستارگان با دقت sub-pixel استخراج گردیده از ویژگی های منحصر بفرد روش ارائه شده میتوان به دقت بالای استخراج مراکز ستارگان و مرتبط کردن پارامترهای آن به قدر ستارگان اشاره نمود.

کلمات کلیدی: نجوم ژئودتیک، SIFT، استخراج مراکز ستارگان، CCD

### مقدمه

موقعیت نسبتا ثابت ستارگان در فضا و حرکت قابل پیش‌بینی زمین باعث شده است تا از ستارگان بعنوان یک منبع با دقت بسیار بالا جهت ناوبری استفاده گردد. با این وجود با توجه به مشکلات مطرح در بکارگیری ستارگان از یکسو و در اختیار قرار گرفتن سیستم های تعیین موقعیت ماهواره ای از سوی دیگر باعث گردیده که از روش های کلاسیک نجوم ژئودتیک بندرت استفاده گردد اما در ابتدای قرن بیست و یکم تغییرات اساسی در نجوم ژئودتیک با بکارگیری روش های الکتروپاتیکال نجوم ژئودتیک بوقوع پیوست [۳،۱]. بطوریکه روشنی با راندمان بالا، اتوماتیک و قابلیت آنی آنالیز داده ها ایجاد گردید [۲]. بوسیله این روش می توانیم مختصات نجومی را با دقت بهتر از ۰.۰۱ ثانیه تعیین نماییم [۲]. در این سیستم ها، CCD تصویری از ستارگان حول امتداد قائم تهیه می کند و پس از آن ستارگان استخراج شده از تصویر بایستی با ستارگان موجود در کاتالوگ شناسایی شده تا مختصات سماوی آنها بدست آید. به شکل (۱) توجه شود.



شکل ۱ : اصول پایه روش الکتروپتیکال نجوم ژئودتیک

### الگوریتم پیشنهادی :

در این الگوریتم برخلاف روشهای پیشین بدون نیاز به نظر گرفتن شکل تابع توزیع نقطه‌ای، موقعیت ستاره با دقت زیرپیکسل به صورت کاملاً اتوماتیک تعیین می‌گردد علاوه بر آن با تعیین صحیح پارامترهای الگوریتم پیشنهادی همان‌طور که در ادامه ملاحظه خواهیم نمود می‌توان ستارگان با قدرهای مشخص را از تصویر استخراج نمود که این امر باعث کاهش حجم محاسبات در مرحله تشخیص ستاره خواهد شد.

### فیلتر پایین گذر :

یکی از دلایل اصلی مات کردن نویز بعلت طبیعت ذاتی نور می‌باشد، حتی اگر بصورت یکدست و یکنواخت نور تابیده شود، مقدار هر پیکسل با پیکسل‌های اطرافش فرق خواهد داشت. از طرف دیگر تصویری که توسط تلسکوپ تشکیل می‌شود بهم وابسته است و از آنجا که جزئیاتی که ما می‌خواهیم ثبت کنیم در طول چند پیکسل کنار هم پخش می‌شود. بنابراین مقدار هر پیکسل به مقدار پیکسل‌های اطرافش وابسته است. بدین ترتیب اثر میانگین‌گیری فیلتر پایین گذر بر روی نویزهای تصادفی بیشتر از خود تصویر تاثیر می‌گذارد. از بین برد نویز کمک آشکاری به آشکار شدن تغییر تدریجی نور زمینه می‌کند. با تجربه کردن فیلترهای مختلف پایین گذر بهترین نوع برای حالتی که تصویر بدون مات شدن بیش از اندازه نمایان شود فیلتر گوسین خواهد بود.

### آشکارسازی اکسترمم‌های فضای مقیاس :

هدف از این مرحله تعیین نقاطی بعنوان کاندیدای مراکز ستارگان می‌باشد [۶]. مرحله اول در یافتن مراکز ستارگان عبارتست از تشخیص مکانها و مقیاسهایی که بتوان آنها را در نمادهای مختلف یک شی بگونه‌ای تکرار پذیر تعیین نمود. یافتن نقاطی که نسبت به تغییر مقیاس تصویر ثابت باشند، از طریق جستجوی ویزگی‌های ثابت در میان تمام مقیاس‌های ممکن و با استفاده از تابع پیوسته‌ای از مقیاس که بعنوان فضای مقیاس شناخته شده صورت می‌گیرد (ویتکین ۱۹۸۳) [۷]. کوندیریک (۱۹۸۴) [۴] و لیدنبرگ (۱۹۹۴) [۵] ثابت کردند که تنها تابع فضای مقیاس تحت مفروضات قابل قبولی، تابع گوسی می‌باشد. بنابراین فضای مقیاس یک تصویر بصورت یک تابع  $L(x, y, \sigma)$  تعریف می‌شود که از طریق کانولوشن یک تابع گوسی با مقیاس متغیر،  $G(x, y, \sigma)$ ، تصویر ورودی،  $I(x, y)$ ، حاصل می‌شود:

$$(1) \quad L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

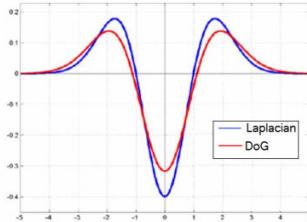
\* بیانگر عملگر کانولوشن در  $x$  و  $y$  می‌باشد. همچنین تابع  $G$  بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$(2) \quad G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

لوو (۱۹۹۹) [۶] جهت تعیین مناسب و کارآمد مکانهای نقاطی اصلی (ستارگان) پایدار در فضای مقیاس، استفاده از مراکزیم فضای مقیاس در تابع تفاضل گوسین وابسته به تصویر  $D(x, y, \sigma)$  را پیشنهاد نموده است. که می‌توان آن را از طریق دو مقیاس نزدیک بهم که بوسیله فاکتور افزاینده ثابت  $K$  جدا شده است رامحاسبه نمود.

$$D(x, y, \sigma) = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \quad (3)$$

همان‌گونه که توسط لیندربرگ (Lindnerberg) [5] بررسی شد،تابع تفاضل گوسی، تقریب نزدیک به تابع لاپلاسین نرمال شده می‌باشد به شکل (2) توجه شود . وی نشان داد که نرمال سازی تابع لاپلاسین با فاکتور  $\sigma^2$  جهت تغییرنایابی صحیح مقیاس لازم است .

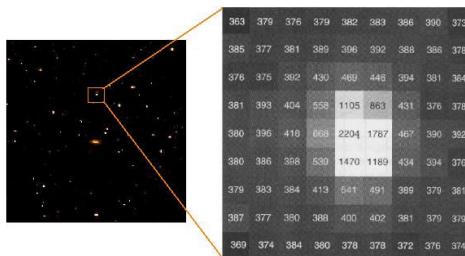


شکل ۲ : کرنل گوسین و لاپلاسین (هر دو کرنل نسبت به مقیاس و دوران مستقل می‌باشند)

یکی از ویژگی‌های مهم الگوریتم پیشنهادی مرتب کردن پارامترهای مختلف الگوریتم به قدر ستاره می‌باشد اولین پارامتری که بایستی بطور مناسب تنظیم گردد پارامتر  $\sigma$  در رابطه (3) می‌باشد.

### تشخیص ماکریم محلی :

مرحله اول در اغلب روش‌های استخراج مراکز ستارگان تعیین میانگین شدت پیش‌زمینه و دسته‌بندی پیکسلهایی که دارای شدت بیشتری نسبت به مقدار تعیین شده هستند، عنوان تصویر ستاره می‌باشد. چرا که تصویر ستارگان بر روی صفحه آشکارساز بوسیله یک تابع توزیع نقطه‌ای خاص بیان شده بطوریکه شدت نور ستاره به آرامی با افزایش فاصله از مرکز آن بسمت صفر میل می‌نماید شکل (3) .



شکل ۳ : توزیع شدت پیرامون ستاره تصویر شده بر روی آشکارساز

در صورتی که بتوان نقاط با ماکریم شدت را بطور مستقیم استخراج نماییم دیگر نیازی به دسته‌بندی و سپس تعیین دقیق مرکز روشنایی نخواهد بود. در الگوریتم پیشنهادی نقاط ماکریم محلی تابع تفاضل گوسی عنوان مراکز اولیه ستارگان در نظر می‌گیریم. جهت تشخیص ماکریم محلی تابع تفاضل گوسی ،  $D(x, y, \sigma)$ ، هر نقطه نمونه با ۸ نقطه در تصویر خود و ۹ نقطه مجاور در مقیاس بالا و پایین مقایسه می‌شود ، این نقطه در صورتی انتخاب می‌شود که از تمام نقاط مجاور بزرگتر باشد. بنابراین بر خلاف روش‌های پیشین ملاک تصمیم‌گیری توزیع شدت در پیکسلهای مجاور خواهد بود که این باعث می‌شود که روش پیشنهادی نسبت به تغییرات درجه خاکستری در یک ناحیه بزرگ حساس نباشد. با تعیین صحیح آستانه انتخاب، می‌توان ستارگان با قدر مشخص را از تصویر استخراج نمود. لازم به یادآوری است که میزان صحیح پارامترها در کلیه موارد این مقاله بصورت تجربی تعیین گردیده است.

### مکان‌یابی دقیق نقاط اکسترمم:

پس از استخراج اکسترمم‌های تابع تفاضل گوسی برای رسیدن به مراکز ستارگان با دقت sub pixel از بسط تیلور (تا جملات درجه دوم) تابع فضای مقیاس ،  $(D(x, y, \sigma))$  حول نقطه نمونه استفاده می‌نماییم [۱] :

$$D(x) = D + \frac{\partial D^T}{\partial x} + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x \quad (4)$$

$D$  و مشتق‌های آن در نقطه نمونه محاسبه می‌شوند. همچنین  $X = (x, y, \sigma)^T$  میزان افست از این نقطه است. مکان دقیق نقطه اکسترمم ،  $\hat{x}$ ، با مشتق‌گیری از این تابع نسبت به  $x$  و صفر قرار دادن آن تعیین می‌شود. در نتیجه:

$$\hat{x} = -\frac{\partial^2 D}{\partial x^2}^{-1} \frac{\partial D}{\partial x} \quad (5)$$

### حذف نقاط ناپایدار:

قدم بعدی پس از مکان‌یابی دقیق نقاط اکسترمم کاندید حذف نقاط ناپایدار و حساس به نویز می‌باشد چراکه در بین مراکز واقعی ستارگان نقاط داغ نیز وجود خواهد داشت.

مقدار تابع در اکسترمم،  $D(\hat{x})$ ، جهت رد اکسترمم‌های ناپایدار با روشنایی پایین سودمند است و می‌توان آنرا با جایگزینی معادله (۵) در (۴) بدست آورد:

$$D(\hat{x}) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial x} \hat{x} \quad (6)$$

یکی دیگر از پارامترهایی که جهت ارتباط دادن الگوریتم پیشنهادی به قدر ستاره مورد استفاده قرار می‌گیرد تعیین صحیح آستانه  $|D(\hat{x})|$  می‌باشد بطوریکه تمام اکسترمم‌ها با مقدار  $|D(\hat{x})|$  کمتر از آن از بین ستارگان استخراج شده حذف می‌گردند.

### ارزیابی و پیاده‌سازی:

در این مقاله روش پیشنهادی بر اساس دو دسته داده بین المللی (Star100 Camera:Pixel 3.68×3.68، 300×300 Image Size) داده بین المللی (Pixel 3.68×3.68، 300×300 Image Size: Camera:Star100) مورد ارزیابی قرار گرفته است. اشکال (۴) و (۵) خروجی مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی را نشان می‌دهد بطوریکه شکل (۴) مراکز ستارگان استخراج شده با توجه به اکسترممهای فضای مقیاس می‌باشد همان‌طور که ذکر شد در بین این نقاط، نقاطی که نسبت به نویزهای ناچیز بی‌ثبات و همچنین نقاطی که بخوبی در مرکز روشنایی متمرکز نشده‌اند وجود خواهند داشت. جهت حذف این نقاط نیاز به مکان‌یابی دقیق نقاط استخراج شده می‌باشد بطوریکه پس از مکان‌یابی دقیق نقاط اکسترمم نقاط با روشنایی کم و همچنین نقاطی که نسبت به نویز بی‌ثبات می‌باشند حذف خواهند شد به شکل (۶) توجه شود. در مرحله دوم الگوریتم پیشنهادی ، تعداد و صحت مراکز ستارگان استخراج شده از تصویر تحت عوامل زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم:

- ۱- اثر اعمال فیلتر گوسین قبل از استخراج ستارگان.
- ۲- اثر پارامترهای مختلف الگوریتم پیشنهادی .

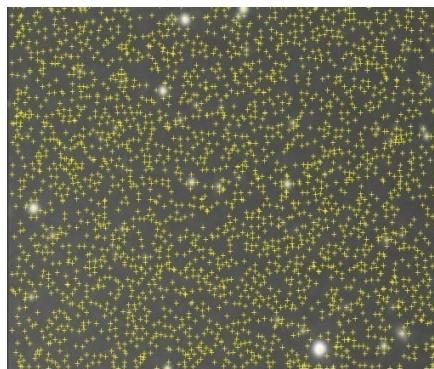
### بررسی اثر فیلتر گوسین :

همان‌طور که اشاره شد نقش این فیلتر کم کردن نویز و حذف اطلاعات زائد بوسیله نرم کردن تصویر می‌باشد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تعداد نقاط اشتباه قبل از اعمال فیلتر گوسین بسیار زیاد بوده بطوریکه با افزایش سیگما فیلتر نه تنها این نقاط حذف بلکه ستارگان با قدر بالا نیز استخراج نشده بنابراین می‌توان از این خاصیت در ارتباط دادن قدر ستاره به ستارگان استخراج شده استفاده نمود بدین معنی که جهت استخراج ستارگان با قدر پایین از فیلتر با سیگما بالا استفاده می‌نماییم.

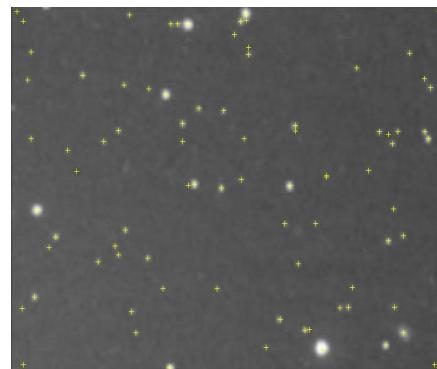
### بررسی اثر پارامترهای مختلف الگوریتم پیشنهادی :

اثر پارامترهای مختلف بر روی تعداد ستارگان استخراج شده و نقاط اشتباه را نسبت به یک حالت خاص سطر اول از جدول (۱) مورد بررسی قرار می‌دهیم. جدول (۱) اثر چهار پارامتری که بیشترین تاثیر را در استخراج ستارگان دارند را نشان می‌دهد.

یکی از خصوصیات ارزنده و مفید الگوریتم پیشنهادی علاوه بر دقت بالای استخراج ستارگان مرتبط کردن پارامترهای آن به قدر ستارگان می‌باشد. بدین معنی که با تنظیم این مقادیر می‌توان ستارگان با قدر مشخصی را از تصویر استخراج نمود. اهمیت این موضوع در منطبق کردن ستارگان استخراج شده با کاتالوگ می‌باشد چراکه با دانستن روشنایی ستاره می‌توان حجم محاسبات را به میزان قابل توجهی کاهش داد. جدول (۲) نتایج حاصل را بر روی تصویر آزمایش شده نشان می‌دهد



شکل ۵: حذف نقاط با روشنایی پایین



شکل ۶: نقاط استخراج شده با توجه به  
اکسترممهای فضای مقیاس

جهت استخراج ستارگان با قدر مختلف SIFT

جدول ۱: اثر پارامترهای موثر در استخراج ستارگان

Number of image per octave	Threshold value for maxima search	Variance for Laplacian filter	Variance for down sampling	Number of star extracted	Number of outlier
۶	۵.۵	۱.۵	۱.۵	۲۲	۰
۶	۱۰	۱.۵	۱.۵	۱۱	۰
۶	۲	۱.۵	۱.۵	۶۰	۱۰
۵	۵.۵	۱.۵	۱.۵	۲۳	۹
۶	۵.۵	.۵	۱.۵	۴	۰
۶	۵.۵	.۵	۱.۵	۸	۴
۶	۵.۵	۱.۵	.۵	۲۰	۰
۶	۵.۵	۱.۵	.۵	۲۲	۴

جدول ۲: پارامترهای موثر در الگوریتم

Mag	Number of image per octave	Threshold value for maxima search	Variance for Laplacian filter	Variance for down sampling	Gaussian filter	
					Sigma	Size of the mask
۸, ۹, ۱۰	۶	۱۰	۱	۱.۵	۱۵	۵×۵
۱۱	۶	۱۱	۱	۱.۵	۱۵	۵×۵
۱۲	۶	۵.۵	۱.۵	۱.۵	۱۵	۵×۵
۱۳	۵	۶.۵	۱	۱.۵	۱۵	۳×۳
۱۴	۶	۲	۸.۵	۸.۵	۱۵	۳×۳

**References:**

- 1- Gottfried, G. (2003). "Vertical Deflection Monitoring and Azimuth Control CCD Geodesy for precise terrestrial Networks." TU Vienna, Inst. of Geodesy & Geophysics,
- 2- Gottfried, G. and Helmut, P. (2002). "A Small CCD Zenith Camera (ZC-G1) - Developed for Rapid Geoid Monitoring in Difficult Projects" XIII.
- 3- Hirt, C. and Burki, B. (2006). "Status of Geodetic Astronomy at the Beginning of 21st Century" Institut für Erdmessung, Universität Hannover.
- 4-Koenderink, J.J. (1984). "The structure of images". Biological Cybernetics, 50:363-396.
- 5- Lindeberg, T. (1994). "Scale-space theory: A basic tool for analysing structures at different scales". Journal of Applied Statistics, 21(2):224-270.
- 6-Lowe , D. G. (2004). " Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints". International Journal of Computer Vision 60, 91-110.
- 7- Witkin, A.P. (1983)." Scale-space filtering". In International Joint Conference on Artificial Intelligence, Karlsruhe, Germany, pp. 1019-1022.

## نورسنجی و حل منحنی نوری ستاره دوتایی گرفتی ER Orionis

لامعی . محمد مهدی<sup>۱</sup> ، جوانمردی . بهنام<sup>۲</sup> ، ریاضی . نعمت الله<sup>۳</sup>

رصدخانه ابوریحان بیرونی ، بخش فیزیک دانشکده علوم دانشگاه شیراز ، چهار راه ادبیات ، شیراز

### چکیده

نورسنجی ستاره دوتایی فوق تماсی ER ORI طی ۱۴ شب در ماه های آبان و اسفند ۱۳۸۶ و فروردین ۱۳۸۷ با استفاده از تلسکوپ ۵۱ سانتیمتری رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز در صافی های UVB جانسون با دستگاه فوتومالتی پلایر نوع ۴۵۰۹ RCA انجام گرفت. با استفاده از این داده ها منحنی های نوری سیستم را به دست آورده، زمان کمینه های نور ستاره (در هر فیلتر) را محاسبه و منحنی O-C این سیستم دو تایی را رسم نمودیم. به وسیله کد ویلسون - دوینی (و با استفاده از یک برنامه کمکی در MATLAB)، منحنی های نوری سیستم را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و پارامترهای فیزیکی و هندسی آن را استخراج نمودیم.

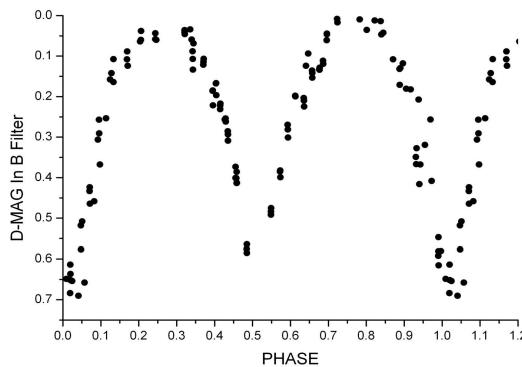
### ۱- مقدمه

ستاره دوتایی گرفتی ER ORION (HIP24156 ; TYC5330-784-1) در  $11^{\text{m}} 14.5^{\text{s}}$   $8^{\text{h}} 33.25^{\text{m}}$   $05^{\text{d}}$  اولین بار توسط هافمیستر (۱۹۲۹) به عنوان یک ستاره متغیر و توسط فلورجا (۱۹۳۱) به عنوان ستاره نوع W UMA شناسایی شد. این ستاره با دوره تناوب کوتاه تقریباً  $P=0.42^{\text{d}}$  و با تغییرات قدر ظاهری بین  $V_{\min}=9.28$  و  $V_{\max}=10.01$  یک سیستم دوتایی فوق تماсی است که در رده طیفی F8V طبقه بندی شده است. از زمان اکتشاف تاکنون، به دلیل پیچیده بودن پارامترهای آن موضوع مشاهدات و تحقیقات فراوانی بوده است. منحنی نوری این ستاره توسط هوروهاتا و دیگران (۱۹۵۷) در U، V و B، بینن دیجک (۱۹۶۲)، روویتیس و دیگران (۱۹۸۶) و لیو و دیگران (۱۹۸۸) در B و V مورد بررسی قرار گرفته است. روسو و دیگران (۱۹۸۲) منحنی های نوری بینن دیجک را به وسیله مدل ویلسون - دوینی دوباره بررسی کرده و در فیلتر B به حل "تماسی" و در فیلتر V به حل "فوق تماسی" رسیدند. همچنین تجزیه و تحلیل سرعت شعاعی این سیستم توسط استروو (۱۹۴۴) و جئو کینگ و دیگران (۱۹۹۳) انجام شد. جئو کینگ و دیگران (۱۹۹۳) و کیم و دیگران (۲۰۰۳) واپستگی فیزیکی یک جرم سوم به این سیستم را پیشنهاد کرده اند. هدف این پژوهش به دست آوردن زمان های جدید کمینه های نور، O-C و پارامترهای فیزیکی و هندسی سیستم بوده است.

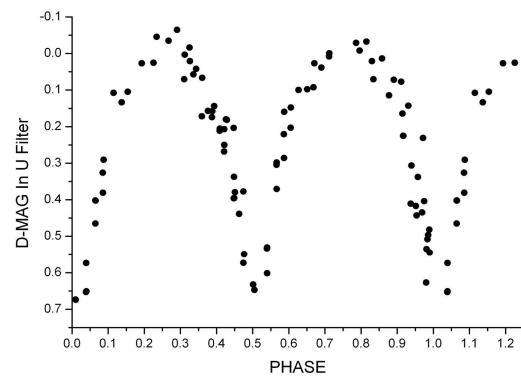
### ۲- مشاهدات و نورسنجی

نورسنجی ستاره دوتایی گرفتی ORI طی ۱۴ شب در ماه های آبان و اسفند ۱۳۸۶ و فروردین ۱۳۸۷ در رصدخانه ابوریحان بیرونی دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی  $31^{\circ} 52'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $29^{\circ} 29'$  شمالی) انجام گرفت. مشاهدات توسط تلسکوپ کسگرین ۵۱ سانتیمتری مجهز به فوتومالتی پلایر مدل RCA4509 با ولتاژ  $1600$  ولت و صافی های U، B و V به ترتیب با طول موج های  $4400$ ،  $3650$  و  $5500$  آنگستروم (سیستم استاندارد جانسون) صورت گرفت. ستاره های BD-81047 و BD-81044 به ترتیب به عنوان ستاره های مقایسه و آزمون به کار رفتند. ستاره BD-81051 به توسط بسیاری از مشاهده گرهای پیشین ER-ORI نیز به عنوان ستاره مقایسه به کار برده شده و تا کنون تغییراتی در نور آن مشاهده نشده است.

مدت زمان نورسنجی برای تمام مشاهدات ۱۰ ثانیه تنظیم شده بود. سیگنال های خروجی از فوتومالتی پلایر بعد از عبور از آمپلی فایر توسط یک مبدل آنالوگ به دیجیتال به رایانه منتقل و ثبت می شدند. الگوریتم ثبت داده از ستاره ها به صورت: آسمان، آزمون، مقایسه، متغیر، متغیر، مقایسه برای هر صافی بوده است. زمان مشاهدات را به زمان ژولی خورشید مرکزی تبدیل کرده و کاهش اطلاعات و تصحیحات جوی جهت به دست آوردن منحنی نوری کامل در سه فیلتر با استفاده از برنامه REDWIP (نگارش شده توسط McCook) انجام دادیم. منحنی های نوری به دست آمده را در تصاویر ۱ تا ۳ مشاهده می کنید.



تصویر ۲. منحنی نوری در فیلتر B



تصویر ۱. منحنی نوری در فیلتر U

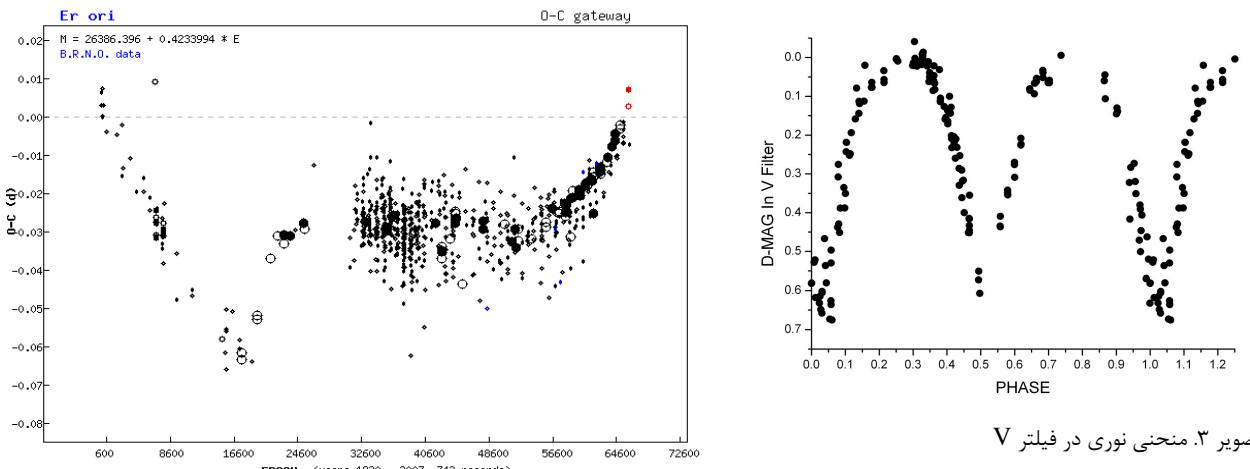
### ۳- محاسبه زمان کمینه نور و منحنی O-C

با استفاده از منحنی های نوری مشاهده شده، زمان ژولی خورشید مرکزی کمینه های نور (سه کمینه اول و یک کمینه دوم) به وسیله برآورش تابع چند جمله ای درجه ۲ بر روی کمینه های مشاهده شده محاسبه شد. به دلیل کامل نبودن نقاط منحنی در اطراف کمینه دوم در فیلترهای B و V موفق به محاسبه این کمینه در این دو فیلتر نشدیم. لازم به ذکر است تنها از داده های یک شب برای محاسبه هر کمینه استفاده گردید تا دقیق محاسبه به حداکثر برسد. محاسبه O-C سیستم با استفاده از زمانهای کمینه گزارش شده توسط فلورجا (۱۹۳۱) انجام شد.

$$\text{MIN. I : } \text{HJD}2426386.184 + 0^d.4233994 * E$$

$$\text{MIN. II : } \text{HJD}2426386.396 + 0^d.4233994 * E$$

نتایج این محاسبات در جدول ۱ آمده است. همچنین برای تمام زمان های کمینه اول و دوم مشاهده شده از سال ۱۹۳۰ تا ۲۰۰۷ (طبق وب سایت Czech O-C gateway<sup>[14]</sup>)، منحنی O-C سیستم در تصویر ۴ رسم گردیده است. دو نقطه ای که در منتهی الیه سمت راست نمودار مشاهده می شود در این مطالعه به دست آمده اند. نقطه مربوط به O-C کمینه اول با متوسط گیری روی مقدار این کمیت در سه فیلتر برابر با  $0^d.4233994$  به دست آمده است. همانطور که مشاهده می شود دوره تناوب ER-ORI از زمان اكتشاف تا کنون تغییرات فراوانی داشته و در سال های اخیر روندی صعودی داشته است که مقادیر محاسبه شده در این مطالعه نیز آن را تائید می کند.



تصویر ۳. منحنی نوری در فیلتر V

تصویر ۴: نمودار O-C سیستم، دو نقطه منتهی الیه سمت راست  
نمودار O-C های گزارش شده در این مقاله برای کمینه اول و دوم  
می باشد.

#### ۴- حل منحنی های نوری

تحلیل منحنی های نوری با استفاده از کد ویلسون - دوبنی (نسخه ۱۹۹۸) که بر اساس مدل روش می باشد، انجام شد. این کد از دو برنامه FORTRAN تشکیل شده است؛ LC برای تولید منحنی های نوری و سرعت شعاعی و DC برای تصحیح و تنظیم پارامترهای خروجی LC. قبل از حل منحنی ها از داده ها در بازه های مساوی میانگین وزنی گرفته و سپس از کد ویلسون در مد شش استفاده کردیم. این مد برای سیستم های تماسی مضاعف (Double Contact) که هر دو ستاره نمودار پتانسیل روش خود را پر کرده اند، استفاده می شود. در این مد  $\Omega_1$  برابر  $\Omega_2$  می باشد و مقدار بهینه آن توسط LC محاسبه می شود. همچنین پارامتر  $L_2$  از روی پارامترهای  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $L_1$  محاسبه می شود (اگر  $IPB = 0$ ). به منظور بهینه کردن پارامترها یک برنامه در MATLAB نوشته شد تا مجموع مرتع باقیمانده ها (SSR) را با استفاده از خروجی های LC در سه فیلتر U, B و V محاسبه کند. این برنامه کمکی مجموع مرتع باقیمانده های حاصل از تفاضل منحنی نوری رصدی و نظری را برای سه میلیون حالت مختلف پارامترهای زاویه شبیه مداری  $\alpha$ ، نسبت جرمی  $q$ ، دمای دو ستاره  $T_1$  و  $T_2$  محاسبه کرده و کمترین مقدار این مجموع را در اختیار ما قرار می دهد. مقادیر بهینه شده این کمیت ها و مقادیر گزارش شده آنها در برخی مطالعات قبلی در جدول ۳ آمده است. در تصویر ۵ برآش منحنی های نوری نظری بر میانگین وزنی منحنی های نوری رصدی نشان داده شده است. جدول ۲ پارامترهایی که مقدار آنها از مقالات قبلی استخراج شده و در محاسبات ثابت در نظر گرفته شده اند را نشان می دهد. جدول ۴ نیز پارامترهایی که توسط LC در مد شش و با استفاده از مقادیر جدول ۳ بهینه شده اند را نشان می دهد. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود اختلاف بین دمای دو ستاره بسیار کم می باشد (که از برابر بودن عمق کمینه ها هم انتظار می رفت). مقدار نسبت جرمی به دست آمده در فیلتر U اختلاف زیادی با مقادیر به دست آمده در فیلترهای B و V دارد. مقادیر این کمیت در فیلتر B و V نزدیک به مقدار گزارش شده توسط روسو و دیگران و مقدار آن در فیلتر U نزدیک به مقدار های گزارش شده توسط لیو و دیگران، کیم و دیگران و مقادرهای به دست آمده از طیف سنجی استروو ( $q=1.64$ ) و جئوکینگ و دیگران (۱۹۹۴) می باشد.

جدول ۲. پارامترهایی که مقدار آن ها با استفاده از مقالات قبلی ثابت در نظر گرفته شده است.

A	0.5
$x_V$	0.62
$x_B$	0.78
F	1
e	0
g	0.32

جدول ۱. زمان های کمینه استخراج شده از منحنی های نوری و O-C مقادیر

	HJD (2,400,000+)	ERROR	FILTER	O-C
P	54411.4203	0.0005	U	0.007
P	54411.4194	0.0016	B	0.006
P	54411.4220	0.0002	V	0.008
S	54412.4751	0.0008	U	0.003

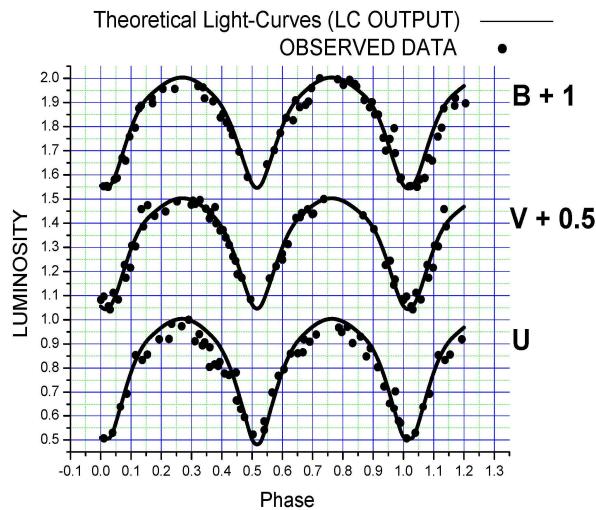
جدول ۳. مقادیر بهینه شده کمیت های  $q$ ,  $i$ ,  $T_1$  و  $T_2$  در مقایسه با مقادیر گزارش شده در مقاله های پیشین

	مقادیر به دست آمده در این مقاله			روسو و دیگران	لیو و دیگران	جئوکینگ و دیگران	کیم و دیگران
	U	B	V				
q	1.60	1.92	1.98	1.99	1.64	0.64	1.56
i	88.8	82.4	85.4	80.89	80.52	87.5	86.4
$T_1$	5557	5557	5507	5800	5800	6200	6267
$T_2$	5554	5504	5504	5650	5770	6314	6200

جدول ۴. مقادیر بهینه شده توسط LC با توجه به مقادیر جدول ۳ در مقایسه با مقادیر گزارش شده در مقاله های پیشین

	مقادیر به دست آمده در این مقاله			روسو و دیگران		لیو و دیگران	جئوکینگ و دیگران	کیم و دیگران
	U	B	V	B	V			
$L_1/L_1+L_2$	0.606	0.634	0.652	0.620	0.625	-----	0.512	0.532
$\Omega_1$	4.68	5.14	5.22	5.251	5.230	4.740	3.075	4.528
$\Omega_2$	4.68	5.14	5.22	5.251	5.230	4.740	3.075	4.528
$r_1(p)$	0.317	0.302	0.300	0.300	0.300	0.3147	0.4027	0.3286
$r_1(s)$	0.331	0.316	0.313	0.312	0.314	0.3284	0.4275	0.3450
$r_1(b)$	0.363	0.348	0.346	0.343	0.346	0.3604	0.4605	0.3828
$r_2(p)$	0.395	0.412	0.413	0.413	0.414	0.3959	0.3275	0.4023
$r_2(s)$	0.418	0.436	0.439	0.438	0.440	0.4177	0.3438	0.4271
$r_2(b)$	0.447	0.464	0.467	0.466	0.468	0.4463	0.3814	0.4603

**سپاس و قدردانی**  
 از اعضای کانون نجوم و اخترفیزیک دانشگاه شیراز  
 به خصوص میر عمام عقیلی و سعید حجت پناه به  
 خاطر همکاریشان در مراحلی از داده گیری سپاسگزاریم.  
 این مقاله از پایگاه های داده Czech , AAVSO و Vizier (از SIMBAD است.



تصویر ۵: منحنی های نوری نظری برآورد شده بر میانگین وزنی منحنی های رصدی

## مراجع

- [1] G.Russo , C.Sollazzo, C.Maceroni and L.Milano; “ Determination of parameters of W UMa systems. II TW Cet, S Ant, U Peg, ER Ori” ; *Astron. Astrophys. Suppl.ser.* **47**,211-216(1982)
- [2] Chun-Hwey Kim, Jae Woo Lee, Ho-Il Kim, Jae-Mann Kyung, and Robert H.Koch “Photometric studies of the triple star ER Orionis” *The Astronomical journal* **126**:1555-1562,2003 September
- [3] K-D.Goecking, H.W.Duerbeck. T.Plewa, D.Schertl, G.Weigelt , and P.Flin “ The W Ursae Majoris system ER Ori: a multiple star” *Astron. Astrophys* **289**, 827-836 (1994)
- [4] Qingyao Liu, Yulan Yang, Kam-Ching Leung, Disheng Zhai and Yan-Feng Li “ ER Orionis: an almost contact W UMa system” *Astron. Astrophys. Suppl.ser* **74** 443-448 (1988)
- [5] Nelson, R.H “CCD minima for selected eclipsing binaries” *Konkoly Obs HU ISSN* 0374-0676
- [6] Binnendijk, L 1960 *Astron. J.*65, 88
- [7] Binnendijk, L 1962 *Astron. J.*67, 86
- [8] Struve, O 1944 *Publ. Astron. Soc. Pac.*56, 34
- [9] Florja, N 1931 *Verand Sterne*, Gorki, 3, 86
- [10] Hoffmeister, C 1929 *Astron. Nachr.* 236, 235
- [11] Huruhata, M., Kitamura, M., Nakamura, T. 1957 *Ann. Tokyo*, 2nd Ser. 5, 31
- [12] Rovithis, P. and Rovithis-Livaniou, H. 1986 *Astron. Astrophys.*155, 46
- [13] Wilson, R. E. and Devinney, E. J. 1971 *Astron. J.*166, 606
- [14] Czech O-C gateway website: <http://var.astro.cz/ocgate>
- [۱۵] ریاضی، نعمت الله ”درآمدی بر اخترفیزیک نوبن“ آوند اندیشه، ۱۳۸۴
- [16] R. W. Hilditch, “*An Introduction to Close Binary Stars*” Cambridge University Press
- [۱۷] عابدی، عباس ”مطالعه نورسنجی و مدل سازی دوتایی های گرفتی کهکشانی و فراکهکشانی“ رساله دکتری، دانشگاه شیراز ۱۳۸۵
- [۱۸] خواجه‌ی، مهدی ”نورسنجی و حل منحنی دوتایی های گرفتی“ رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد ۱۳۸۱

## حل مسئله‌ی اخترسنجی خودکار با استفاده از تابع درهم‌ساز هندسی و شبکه عصبی BPN

آروین صداقت‌کیش

موسسه سپهر اختر شیراز

### چکیده:

برای اهداف ناوبری فضایی و همچنین تلسکوپهای ردهی متوسط پراهمیت است که بتوان از روی یک تصویر تهیه شده به فوریت تشخیص داد که تصویر مربوط به کدام قسمت آسمان است. در این پژوهش ابتدا یک فهرست مرجع از کدهای ۳۲ بیتی ساخته شده براساس الگوریتم در هندسی از فهرست Tycho II تهیه شده که موقعیت ستاره‌های با قدر کمتر از  $6^+$  به عنوان مرجع درنظر گرفته شده و موقعیت هندسی دو بعدی سه ستاره‌ی پرنورتر درون محدوده‌ی دایره‌ای به شاعر ۵ دقیقه‌ی قوسی در نظر گرفته شده و برای آنها کد تولید می‌شود. برای هر تصویر نیز چنین کدی تولید و با فهرست مرجع تطبیق داده می‌شود از پیدا شدن احتمالاً چند کاندید (در این پژوهش در  $93\%$  موارد حداقل ۲ کاندید و در کمتر از  $6\%$  موارد بیش از ۵ کاندید) با کمک یک شبکه‌ی BPN انتخاب نهایی صورت می‌گیرد. برای شبیه‌سازی‌های آزمایشی، این روش در  $99\%$  موارد به درستی عمل می‌کند. متوسط زمان یافتن محل درست برای شرایط این آزمایش تقریباً  $2/5$  ثانیه است. این راه حل، مستقل از چرخش تصویر، تغییرات حساسیت طیفی و میدان دید آشکارساز است.

### ۱- مقدمه

سیستم‌های اخترسنجی خودکار به طور گسترده در دهه‌ی ۹۰ قرن گذشته ظاهر شدند. هدف اصلی آن‌ها یافتن مختصات محلی از آسمان بود که اکنون ابزار به سوی آن نشانه رفته است؛ البته بدون دخالت هوش انسانی. به خصوص برای ناوبری فضایی‌ها که خودشان باید در مسیر حرکتشان تصحیحات لازم را به عمل آورند و در فقدان هر گونه مرجع سنجش درستی حرکت، یکی از روش‌ها این است تصویری از آسمان تهیه و با تطابق آن بر یک پایگاه داده‌ی از پیش آمده شده مختصات نقاط تصویر به دست آید. از سوی دیگر امروزه برخی از تلسکوپ‌های خودکار نیز از این راه حل برای تنظیم کردن خود بهره می‌گیرند. همچنین برخی نیز مایلند با چنین ابزاری تصویری را که از آسمان تهیه کرده‌اند مورد بررسی قرار دهند و اطلاعات آن را بدست آورند؛ این قسمت به نوعی دیگر در برنامه‌های آسمان‌نمای زنده نیز مورد استفاده است.

مشکلات زیادی بر سر راه این الگوریتم‌ها وجود دارد. اول از همه این که تعداد بسیار زیادی جسم وجود دارد که اندازه‌ی عددی آن‌ها در تصویر بر حسب توان تفکیک، میدان دید، حساسیت طیفی آشکارساز، مدت زمان نوردهی و شرایط دیگر به شدت تغییر می‌کند. همچنین به یاد داشته باشیم که پایگاه داده که معمولاً از یک پیمایش آسمان با ابزاری که (احتمالاً) از لحظه‌ی هر یک از فاکتورهای گفته شده با ابزار ما متفاوت است (ممولاً بهتر است)، تهیه می‌شود. علاوه بر این از آن‌جا که در تصویر گرفته شده مختصات نقاط تنها بر اساس خود عکس قابل اندازه‌گیری است (محدود به اطلاعات محلی) دوران، مقیاس و نوع نگاشت تغییرات بسیاری در نتیجه می‌دهد. به همین دلیل تصاویری که تهیه می‌کنیم دارای شرایط یکسان با فضای پایگاه داده‌ای ما نیست.

مشکل عمده‌ی دیگر این است که به فرض ندیده گرفتن چند مورد بالا مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک تصویر را درون یک پایگاه داده جستجو کنیم به دلیل زیاد بودن اجرام در آسمان بسیار طولانی خواهد بود بنابراین معمولاً راه حل استفاده از نمایه‌ی معکوس (Inverted Index) را بر می‌گزینند. در این روش مدت زمان بسیار زیادی (به نسبت زمان دسترسی در هنگام عملیاتی شدن الگوریتم) صرف تهیه‌ی نمایه‌ی نقاط مورد جستجوی احتمالی می‌شود (بسیار شبیه به

موتورهای جستجوی وب). پس از این مرحله کار بسیار راحت خواهد شد؛ برای هر تصویر ورودی یک نمایه به همان شکل تهیه و سپس در پایگاه داده نمایه‌های مشابه جستجو می‌شود.

به دلیل مشکلاتی که گفته شد انجام این عمل به روش‌های معمول پایگاه‌های داده‌ای امکان‌پذیر نیست بلکه بیشتر با استفاده از شبکه‌های عصبی [۱۶]، [۸] و اخیراً نیز با استفاده از توابع در هم ساز هندسی و الگوریتم‌های داده‌کاوی [۱۸]

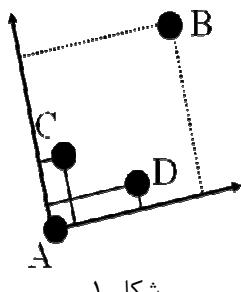
انجام می‌شود که اجازه می‌دهند الگوریتم با مجموعه و حد بیشتری از خطاهای بتواند جواب صحیح بدهد.

هر چند که پروژه‌های فضایی امروزه دیگر کمتر از این روش استفاده می‌کنند اما در عوض تلسکوپ‌های رده‌ی متوسط و برنامه‌های آسمان نما و ابزارهای اخترسنجی دستی (که برای کاربران ناآشنا طراحی می‌شوند مانند Sky Scout) به خوبی از این الگوریتم‌ها بهره می‌گیرند.

## ۲- روش

برای اجتناب از اشکالات مذکور روشنی بر اساس مختصات نسبی ستارگان پیشنهاد می‌شود به این صورت که برای هر ستاره‌ی با قدر کمتر از  $+6^{\circ}$  (برای مثال A در شکل ۱) در دایره‌ای به شعاع  $5^{\circ}$  دقیقه‌ی قوسی سه ستاره‌ی نزدیک‌تر به ستاره‌ی هدف را در نظر می‌گیریم و محور مختصاتی بر اساس دورترین زوج می‌سازیم و سپس مختصات دو ستاره‌ی باقی مانده را در این چارچوب بدست می‌آوریم ( $A = (0,0)$  و  $B = (1,1)$ ). در این صورت رمزگان تولید شده از ( $Cx, Cy, Dx, Dy$ ) برای نمایه سازی بسیار مناسب خواهد بود (برای روش مشابه نک. [۱۸]). همان‌طور که مشاهده می‌شود رمزگان تولید شده مستقل از چرخش و تغییر مقیاس است اما هنوز نسبت به وارونه شدن حول محور AB حساسیت دارد از همین رو برای رفع این مشکل قدرهای دو ستاره‌ی C و D هم به عنوان بخشی از رمزگان ذخیره می‌شود. رمزگان تهیه شده یک قلم داده‌ای به طول ۳۲ بیت را تشکیل می‌دهد: ۶ بیت برای هر یک از مولفه‌ها و چهار بیت نیز برای هر یک از قدرها (به این ترتیب این راه حل یک محدودیت ۱۶ حالته برای قدر قائل می‌شود که فقط مربوط به انتخاب ما است و می‌توان به راحتی آن را تغییر داد).

برای آزمایش داده‌های Tycho II انتخاب شد چرا که مختصات و قدر سنگی دقیق آن موجود است و در ضمن اندازه‌ی آن هم کوچک‌تر از فهرست‌هایی مانند USNO و ... است. برای هر ستاره‌ی با قدر کمتر از  $+6^{\circ}$  چهارتایی‌ها تشکیل و رمزگان ۳۲ بیتی برای آن‌ها محاسبه شد. این عمل باعث می‌شود که مدت زمان بسیار طولانی جستجو با درست کردن یک نمایه‌ی معکوس به پیش از شروع تطبیق تصاویر منتقل شود. با محدودیت‌های این پژوهش کار تشکیل نمایه حدود ۶ ساعت به طول انجامیده است (که البته با بزرگ شدن فهرست و تغییر بازه‌ی قدر به طور چشمگیری افزایش خواهد یافت).

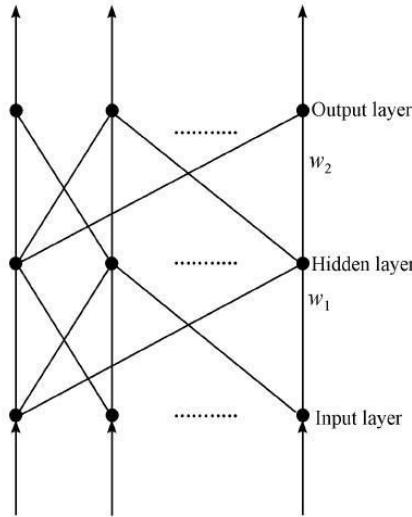


شکل ۱

پس از به دست آمدن رمزگان و نمایه‌سازی برای همه‌ی ستارگانی که در بازه‌ی قدر مورد قبول قرار می‌گیرند فضای پایگاه داده‌ها (که در حقیقت نگاشت دوبعدی شده‌ی یک کره‌ی کامل است) بر اساس یک KD-Tree مجدداً سازماندهی و نمایه‌های اضافی از آن تهیه می‌شود. این نمایه‌ها صرفاً در کم کردن مدت زمان جستجو نقش دارند.

راه حل تا اینجا همچنان در مقابل خطاها تصویری (مانند پیکسل سوخته و اجسامی مانند ماہواره‌ها و ...) و تغییرات حساسیت طیفی دچار اشکال می‌شود. بنابراین از راه حل تکمیلی دیگری استفاده شد که قبلاً برای سیستم‌هایی به کار رفته که دقت بیشتر و مدت زمان جتسجوی طولانی‌تری داشته‌اند.

شبکه‌ی عصبی BPN گونه‌ای از شبکه‌های عصبی مصنوعی است که برای تشخیص الگو به خصوص زمانی که ورودی شبیه به الگوی اصلی است اما قابل تشخیص نیست (میزان تطابق زیاد نیست) به کار می‌رond. برای این مسئله تولید یک نمایه‌ی دوم به کمک یک شبکه‌ی عصبی در نظر گرفته شد. این شبکه سه لایه دارد و مقادیر اولیه و معماری آن به شرح زیر است:



شکل ۲. نمای کلی شبکه BPN

P: Input Training Vector ( $p_1, \dots, p_n$ ), T: Out put target vector,  $\delta_k$ : Error at out put unit  $Y_k$ ,  $\delta_j$ : Error at out put unit  $Y_j$ ,  $\alpha$ : Learning Rate,  $V_{oj}$ : Bias at hidden unit  $j$ ,  $Z_j$ : Hidden unit  $j$ ,  $W_{ok}$ : bias on output unit  $k$ ,  $Y_k$ : output unit  $k$

$$\text{For } Z_j, Z=1 \dots p \quad Z_{inj} = V_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i V_{ij} \quad \text{Each Hidden Unit}$$

$$\text{Activation Function} \quad Z_j = f(Z_{inj})$$

در اینجا پس از بررسی مسائل حل شده‌ی دیگر [۱۰] [۱۵] تصمیم بر استفاده از یک تابع فعال‌ساز دوقطبی غیر خطی گرفته شد که با شرایط مسئله‌ی ما متناسب‌تر بود

For Each  $Y_k, k=1, \dots, p$

$$Y_{ink} = W_{ok} + \sum_{j=1}^p Z_j W_{jk}$$

$$\text{Activation Function } Y_k = f(Y_{ink})$$

$$Y_k, k=1 \dots m \quad \delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{ink}) \quad \text{Output pattern error}$$

$$\begin{aligned}
Z_j, j=1 \dots n & \quad \delta_{inj} = \sum_{j=1}^m \delta_j W_{jk} \quad \delta_j = \delta_{inj} f(Z_{inj}) \quad \text{Hidden Error} \\
\Delta W_{jk} = \alpha \delta_k Z_j, \quad \Delta W_{ok} = \alpha \delta_k, \quad W_{ik}(new) = W_{jk}(old) + \Delta W_{jk}, \\
W_{ok}(new) = W_{ok}(old) + \Delta W_{ok}, \quad \text{Hidden units} \\
\Delta V_{ij} = \alpha \delta_j x_i, \quad \Delta V_{oj} = \alpha \delta_j, \quad V_{ij}(new) = V_{ij}(old) + \Delta V_{ij}, \quad V_{oj}(new) = V_{oj}(old) + \Delta V_{oj}, \\
\beta = 0.7(p)^{\frac{1}{n}} \\
\|V_j(old)\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n V_{ij}(old)^2}, \quad V_{ij} = \frac{\beta V_{ij}(old)}{\|V_j(old)\|} \\
p > \frac{|w|}{1-a} \log \frac{n}{1-a}
\end{aligned}$$

P: ۶۵۰۰, W: between -0.4 and 0.4, A: 0.349, N:16

پس از کار ببروی داده نمایه‌ای جدید از داده‌های فهرست اولیه تشکیل می‌شود که خطای قدر-رنگ و نوفه‌ی آن تا حد ممکن کاهش یافته است. از این نمایه به عنوان نمایه‌ی تکمیلی استفاده می‌شود یعنی در صورتی که در نمایه‌ی اول بیش از یک جواب برای جستجو موجود بود تصویر مجدداً به این روش تبدیل به داده و سپس در نمایه‌ی دوم جستجو می‌شود. مدت زمان لازم برای تهییه این نمایه‌ی تکمیلی با محدودیت‌های این پژوهش حدوداً ۷ ساعت است.

### ۳- نتایج

پس از تولید دو نمایه با استفاده از فرایند تصادفی تصاویری که مولفه‌های میدان دید، چرخش و نوفه‌ی آنها تصادفی ساخته و قدر ستارگان، مختصات آن‌ها در محدوده‌ی تصویر به طور تصادفی از فهرست مرجع Tycho II انتخاب شده بود (محدوده‌ی تصادفی قدر به  $-1 \text{--} +8$  تا  $50$  در نظر گرفته شده) به عنوان ورودی مورد استفاده قرار گرفت. پس از جستجوی مرحله اول برای  $4000$  نمونه‌ی آزمایشی در  $93\%$  موارد حداقل  $2$  کاندید و در کمتر از  $6\%$  موارد بیش از  $5$  کاندید پیدا شد با به کار گرفتن نمایه‌ی تکمیلی در  $99\%$  موارد در زمان متوسط  $2/5$  ثانیه مختصات ستارگان در تصویر به درستی تشخیص داده می‌شود.

با وجود موفقیت، این روش هنوز هم در مقابل نوفه‌ی تصویر (اعم از نوفه‌ی ابزار یا تصویر ماهواره و ...) ناتوان است به شکلی که آزمایش با افزودن یک نوفه‌ی دستی (یک نقطه‌ی مانند ستاره) در  $87\%$  موارد ناکامی در تشخیص را به همراه داشته است.

## مراجع

- [1] Clouse, D. S., and Padgett, C. W., "Small Field-of-View Star Identification Using Bayesian Decision Theory," IEEE transactions on aerospace and electronics systems, Vol. 36, No. 3, July 2000, pp773
- [2] Groth, E. J., "A Pattern-Matching Algorithm For Two-Dimensional Coordinate Lists," The Astronomical Journal, Vol. 91, No. 5, May 1986, pp. 1244-1248.
- [3] Juang, J., Kim, H., Junkins, J. L., "An Efficient and Robust Singular Value Method for Star Pattern Recognition and Attitude Determination," the John L. Junkins Astrodynamics Symposium 2003 (Advances in the Astronautical Sciences), Vol. 115.
- [4] Kim, K.T., and Bang, H., "Reliable Star Pattern Identification Technique by Using Neural Networks," the John L. Junkins Astrodynamics Symposium 2003 (Advances in the Astronautical Sciences), Vol. 115.
- [5] Kim, H., Junkins, J. L., and Mortari, D., "A New Star Pattern Recognition Method: Star Pair Axis and Image Template Matrix Method", Core Technologies for Space Systems Conference (Communication and Navigation Session), 2001.
- [6] Liebe, C.C., "Pattern recognition of star constellations for spacecraft applications", IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, Vol. 8, No. 1, Jan 1993, pp 31-39.
- [7] Lalitha Paladugu, Brian G. Williams, and Marco P. Schoen, "Star Pattern Recognition for Attitude Determination using Genetic Algorithms", Presented at the 17th AIAA/USU Conference on Small Satellites, August 11-14, in Logan, UT, 2003.
- [8] Lalitha Paladugu, Marco P. Schoen, Brian G. Williams, "Intelligent Techniques for Star-Pattern Recognition", Proceedings of ASME, IMECE 2003, November 16-21, 2003.
- [9] Malak A. Samaan, Daniele Mortari, and John L. Junkins, "Non-Dimensional Star Identification for Un-Calibrated Star Cameras", The AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting. Ponce, Puerto Rico, 9-13 February 2003.
- [10] Malak A. Samaan, Todd Griffith, Puneet Singla, and John L. Junkins, "Autonomous On-Orbit Calibration of Star Trackers," Core Technologies for Space Systems Conference (Communication and Navigation Session), 2001.
- [11] Mortari, D., "Search-Less Algorithm for Star Pattern Recognition," Journal of the Astronautical Sciences, Vol. 45, No. 2, April-June 1997, pp. 179-194.
- [12] Mortari, D., Junkins, J.L., and Samaan, M.A. "Lost-In-Space Pyramid Algorithm for Robust Star Pattern Recognition", Guidance and Control 2001 (Advances in the Astronautical Sciences) , Vol. 107.
- [13] Samaan, M.A., Mortari, D., and Junkins, J.L., "Recursive Mode Star Identification Algorithms", Spaceflight Mechanics 2001 (Advances in the Astronautical Sciences), Vol. 108.
- [15] Schonemann, P., "A Generalized Solution of the Orthogonal Procrustes Problem," Psychometrika, No, 31, 1966, 1-10.
- [16] Sheela, B. V., and Shekhar, C., "New Star Identification Technique for Attitude Control," Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 14, No. 2, Mar.-Apr. 1991, 477-480.
- [17] Udomkesmalee, S., Alexander, J. W., and Tolivar, A. F., "Stochastic Star Identification," Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 17, No. 6, Nov.- Dec. 1994, 1283-1286.
- [18] "Astronomer's Control Program PinPoint Astrometric Engine," <http://pinpoint.dc3.com>.