

Mrk .

(IPM)

(دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۱/۲/۳۰)

Mrk .

/ .

..

v

o/

کهکشانی عادی مثل راه شیری). این تابش، اساساً از ناحیه مرکزی خیلی کوچکی به نام هسته سرچشمه می‌گیرد و هسته کهکشانی فعال^۱ (AGN) نامیده می‌شود. AGNها، درخشانترین منابع پایدار تابش الکترومغناطیسی در جهان هستند و بنابراین می‌توان از آنها برای ژرفیابی کیهان استفاده نمود [۱]. مؤلفه‌های اصلی تشکیل دهنده AGNها عبارت‌اند از:

عبارت "کهکشان فعال" برای توصیف گستره وسیعی از کهکشان‌ها استفاده می‌شود که مشخصات غیرعادی و اغلب ناآشنایی دارند که ناشی از فعالیت زیاد هسته آنها است. کهکشان فعال در گستره وسیعی از طول موج‌ها به شدت تابش می‌کند و روی هم رفته گستره توان تابشی آنها از 10^{37} تا بیشتر از 10^{40} وات است (چند هزار بار بیشتر از توان تابشی

۱. Active Galactic Nucleus

بیضوی غول هستند [۱]. بلازارها در زیر مجموعه AGN های رادیویی - فعال طبقه بندی می شوند و به نوبه خود شامل دو دسته اجسام BL Lacertae و کوازارهای رادیویی طیف - تخت^۴ (FSRQ) هستند. اصطلاح علمی اجسام BL Lacertae، چندی بعد به جسم BL Lac تغییر نام یافت. نام بلازار در ابتدا توسط ادوارد اشیپگل^۵ در سال ۱۹۷۸ برای مشخص کردن ترکیب این دو دسته ابداع شد. لازم به اشاره است که FSRQ ها هم در رده کوازارها و هم در رده بلازارها قرار می گیرند، یعنی رده بندی کلی AGN ها دارای مرز بندی خیلی مجزا نیست. بلازارها عموماً در گستره فرکانسی وسیعی مشاهده شده اند که در بعضی حالات، تمام گستره طیف الکترومغناطیسی از رادیویی تا پرتوهای گامای پرنرژی، از مرتبه TeV، را شامل می شود [۴].

در مقایسه با انواع دیگر AGN ها، BL Lac ها با دامنه تغییرات شار بزرگ و سریع و نیز قطبش قابل توجه اپتیکی، مشخص می شوند. طیف غالب اجسام BL Lac، طیف پیوسته غیر گرمایی و بدون خط نشری است. این تابش غیر گرمایی توسط فرآیند سینکروترون و فرآیند کامپتون معکوس تولید می شود. در طیف کوازارهای رادیویی تخت، اندکی خطوط جذبی و نشری، ناشی از گاز بین ستاره ای حوالی کوازار، دیده می شود. به دلیل عدم مشاهده خطوط نشری در طیف BL Lac ها، تعیین انتقال به سرخ اغلب آنها مشکل و گاهی غیرممکن است. در بعضی حالات، خطوط جذبی مربوط به کهکشان میزبان AGN، در طیف آنها مشاهده می شود که به کمک آن انتقال به سرخ BL Lac تعیین می گردد [۵].

بلازارها تغییر پذیری اپتیکی سریع و شدیدی دارند. بزرگی قدر در یک شب رصدی مکرراً تغییر می کند به گونه ای که تغییرات از مرتبه تقریباً یک دهم قدر در هر ساعت برای اکثر بلازارها غیر عادی نیست. هنوز به طور دقیق سازوکار این تغییرات سریع مشخص نیست. این تغییر پذیری به ما می گوید که منبع انرژی بسیار کوچک است، چون روشنایی هیچ منبع

- ابرسیاهچاله مرکزی: با جرمی بین ۱۰ میلیون تا چند میلیارد برابر جرم خورشید
- قرص برافزایشی: که از سقوط ماده در مسیر مارپیچی به سمت ابرسیاهچاله مرکزی شکل می گیرد.
- جت ها: شارش های به غایت قدرتمندی از پلاسما هستند که با سرعت های نزدیک به سرعت نور در دو جهت مخالف از مرکز دیسک بیرون می آیند [۲].

به لحاظ میزان فعالیت در ناحیه رادیویی، AGN ها را می توان به دو دسته رادیویی - آرام و رادیویی - فعال نیز تقسیم بندی نمود [۱]. تقریباً ۲۰-۱۵ درصد هسته های کهکشانی فعال، رادیویی - فعال هستند یعنی نسبت شار تابش رادیویی در فرکانس ۵GHz به شار تابش اپتیکی در باند B آنها بزرگتر از ۱۰ است ($\frac{F_D}{F_B} \geq 10$) [۳]. اغلب اختر فیزیکدانان بر این باورند که می توان مدلی واحد برای همه AGN ها به کار برد. بر طبق این مدل، ابرسیاهچاله پرجرم و قرص برافزایشی هر AGN به وسیله چنبره هایی از گاز و غبار احاطه شده است و بسته به اینکه زاویه راستای خط دید ناظر با بردار عمود بر صفحه قرص برافزایشی (محور جت ها) چه باشد، AGN در یکی از رده های زیر قرار می گیرد:

- کوازارها^۱
- بلازارها^۲
- کهکشان های رادیویی
- کهکشان های سیفرت^۳

در این مقاله بحث خود را منحصرأً به بلازارها اختصاص می دهیم که در آن زاویه مذکور، صفر یا خیلی نزدیک به صفر است. در این شرایط، منبع شدیداً تابانی که غالباً هیچ خط طیفی واضحی ندارد، قابل مشاهده است که علت آن نیز قوی بودن تابش پیوسته جت نسبتی است که کاملاً بر تابش قرص، نواحی پیرامون آن و نیز تابش کهکشان میزبان غالب شده است. غالب کهکشان های میزبان شناخته شده بلازارها، از نوع کهکشان

۱. Quasars

۲. Blazars

۳. Seyfert Galaxies

۴. Flat Spectrum Radio Quasars

۵. Edward Spiegel

طبقه‌بندی بلازارها به بلازارهای با بیشینه انرژی پایین^۴ (LBL) و بلازارهای با بیشینه انرژی بالا^۵ (HBL) می‌باشد. بیشتر بلازارهای منتخب رادیویی، LBL و بیشتر بلازارهای منتخب پرتو ایکس، HBL هستند. مرز این گروه‌ها را می‌توان با $\nu_{peak} \approx 10^{13-14} \text{ Hz}$ برای LBLها، $\nu_{peak} \approx 10^{15-16} \text{ Hz}$ برای بلازارهای با بیشینه انرژی متوسط^۶ IBLها و $\nu_{peak} \approx 10^{17-18} \text{ Hz}$ برای HBLها تعیین کرد. قایسیلینی^۷ (۱۹۹۹) پیشنهاد رده دیگری از بلازارها را ارائه داد که بیشینه سینکروترونی آنها بالاتر از HBL قرار می‌گیرد یعنی $\nu_{peak} > 10^{19} \text{ Hz}$. این اجسام، بلازارهایی با بیشینه سینکروترونی انرژی فراشدید^۸ (UHBL)، نامگذاری شدند. UHBLها به شدت در طول موج‌های رادیویی کم نورند به همین دلیل تاکنون در کانون توجه نبوده‌اند [۱۲-۱۳].

در بررسی مدل‌های نظری تابش بلازارها، تغییرپذیری بلازارها از اهمیت بالایی برخوردار است و مقیاس زمانی تغییرپذیری، بیش از فرآیندهایی در مقیاس کوچک می‌دهد و در تخمین برخی پارامترها مانند جرم، شعاع و فاکتور دوپلری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴]. مشاهدات بلازارها نشان دهنده این واقعیت است که تابندگی آنها در تمامی گستره امواج الکترومغناطیسی و در مقیاس‌های زمانی از چند ده دقیقه تا سال‌ها و حتی دهه‌ها تغییر می‌کند. بر پایه مقیاس‌های زمانی متفاوت، تغییرپذیری بلازارها به سه رده تقسیم می‌شود:

۱. تغییرات درون-روز^۹ تغییرات شار منبع از مرتبه صدم تا حد چند دهم قدر در مقیاس زمانی یک روز یا کمتر به عنوان تغییرات درون-روز یا میکرو تغییرپذیری یا تغییرات اپتیکی درون-شب^{۱۰} شناخته می‌شوند.

نوری نمی‌تواند، در دوره تناوبی کوتاه‌تر از مدت زمانی که طول می‌کشد تا نور از یک طرف منبع به طرف دیگر آن برسد، تغییر کند. موتور مرکزی بلازارها یک ابرسیاهچاله^۱ پرجرم است، بنابراین به نظر می‌رسد که فرآیندهای معقول برای این تغییرات شدید و سریع درخشندگی، از این منبع قوی سرچشمه گرفته باشد. از سوی دیگر، انواع دیگر AGNها نیز شامل ابرسیاهچاله‌هایی با جرم‌های مشابه هستند اما چنین تغییرپذیری سریعی را نشان نمی‌دهند. امروزه پذیرفته شده است که ویژگی‌های منحصر بفرد بلازارها، شامل تغییرپذیری سریع آنها، به علت جت نسبی است که تقریباً به طور مستقیم به سوی ناظر نشانه رفته است [۶-۷]. بنابراین بلازارها، آزمایشگاهی عالی برای مطالعه فرآیندهای فیزیکی درون جت‌های AGNها فراهم می‌سازند [۸].

توزیع انرژی طیفی^۱ تابش بلازارها عموماً دو بیشینه دارد: بیشینه انرژی پایین‌تر در گستره رادیویی تا پرتو ایکس، که ناشی از تابش سینکروترون است و بیشینه انرژی بالاتر در نواحی پرتوی ایکس تا پرتوی گاما، که ناشی از تابش کامپتون معکوس است. تابش سینکروترون عموماً در فرکانس‌های رادیویی یا فرسرخ و تابش کامپتون معکوس در انرژی‌های MeV تا TeV به بیشینه خود می‌رسند [۹].

بیشتر بلازارها در بررسی‌های رادیویی با فرکانس بالا کشف شده‌اند. بلازارها تابشگرهای پرتو ایکس نیز هستند و برخی از اجسام BL Lac در بررسی منابع پرتوهای ایکس شناخته شده‌اند. بر این اساس می‌توان بلازارها را به دو گروه بلازارهای منتخب رادیویی^۲ و بلازارهای منتخب پرتو ایکس^۳ تقسیم‌بندی کرد [۱۰]. به‌طور یقین این نوع تقسیم‌بندی بلازارها، خیلی رضایت بخش نیست، چون بر اساس خصوصیات فیزیکی ذاتی آنها پایه‌گذاری نشده، بلکه فقط متکی بر محدوده انتخابی و وابسته به جزئیات مساحی است [۱۱]. روشی مناسب‌تر و علمی برای توصیف تفاوت فیزیکی این دو رده وجود دارد و آن

۴. Low energy peaked BLazars

۵. High energy peaked BLazars

۶. Intermediate peaks BLazars

۷. Ghisellini

۸. Ultra- High- energy BL Lac

۹. Intra-day variability

۱۰. Intra-night optical variability

۱. Spectral energy distribution

۲. Radio-selected BL Lacs

۳. X-ray-selected BL Lacs

توضیحات نظری برای منشأ میکرو تغییرپذیری به دو دسته ذاتی و غیرذاتی تقسیم می‌شوند [۲۱]. در زیر به این تقسیم‌بندی‌ها اشاره می‌شود:

- یکی از سازوکارهای غیرذاتی، سوسوزنی بین ستاره‌های^۷ است که بواسطه غیر یکنواختی چگالی الکترون‌های محیط بین ستاره‌های^۸ در مقیاس‌های مکانی متفاوت، پراکندگی پراشی و شکستی را ناشی می‌شود. این پراکندگی‌ها، پهن‌شدگی زاویه‌ای و تغییرپذیری ظاهری را موجب می‌شود ولی این سازوکار فقط در گستره رادیویی طول موج اتفاق می‌افتد. [۲۲-۲۳].
- پیشنهاد دیگر برای سازوکار غیرذاتی، ریزهمگرایی گرانشی^۹ است که ناشی از همگرایی ضعیف ایجاد شده در نور بلازار به عنوان منبع، توسط ستارگان منفرد به عنوان عدسی درون کهکشانی‌هایی که به اندازه کافی به خط دید بلازار نزدیکند، می‌باشد. حرکت نسبی منبع، عدسی، یا ناظر در مقدار ریزهمگرایی ایجاد شده مؤثر است و در نتیجه می‌تواند عاملی بر مشاهده تغییرات تابندگی منبع باشد که البته به لحاظ آماری، کسری از بلازارها که واجد چنین شرایط ریزهمگرایی باشند کم می‌باشد [۲۳].
- مدل اساسی غالب برای تغییرپذیری ذاتی، شوک‌های ایجاد شده در جت در حال انتشار است. منشاء این شوک‌ها، انفجارات ناشی از ناپایداری‌های طبیعی درون جت است [۲۴-۲۵].
- گروه دیگری از سازوکارهای ذاتی، ناپایداری‌ها در دیسک برافزایشی است. این ناپایداری‌ها از ترکیب عواملی همچون مغناطیس داخلی، وشکسانی^{۱۰} و دما با آشفستگی‌های گرانشی حاصل از نزدیکی به اجسام پرجرم، ناشی می‌شود [۲۶]. لازم به ذکر است که تاکنون هیچ یک از این مدل‌ها، قادر به توضیح طبیعت تغییرپذیری روی تمام گستره طیف

۲. تغییرات کوتاه- دوره^۱: تغییرات شار از مرتبه روزها تا چند ماه، اغلب تغییرات کوتاه- دوره نامیده می‌شوند.

۳. تغییرات بلند- دوره^۲: به تغییرات شار در چندین ماه تا چندین سال تغییرات بلند- دوره گویند. در تغییرات بلند- دوره و کوتاه- دوره، تغییرات از یک واحد قدر بیشتر و حتی گاهی از پنج قدر هم تجاوز می‌کند [۱۲].

مقیاس زمانی تغییرپذیری، قیدهایی را بر اندازه ناحیه در حال تابش اعمال می‌کند. در غیاب تفکیک پذیری کافی جهت مشاهدات مستقیم، مطالعه تغییرات تابندگی، ابزار منحصر به فردی برای فهم ساختار مرکزی بلازارها فراهم می‌کند. مشاهده مداوم و همزمان در صافی‌های^۳ انرژی مختلف، وسیله‌ای مهم برای مطالعه فرآیندهای فیزیکی در اجسام BL Lac است. مطالعه تغییرپذیری چند طول موجی می‌تواند اطلاعاتی در مورد فشرده‌گی ناحیه در حال تابش فراهم کند و بررسی وجود روابط و تأخیرهای زمانی در تغییرات درخشندگی در صافی‌های متفاوت را ممکن سازد [۱۵].

میکرو تغییرپذیری اپتیکی به عنوان مشخصه AGN‌های رادیویی به ویژه بلازارها معروف شده است [۱۶]. بر طبق تعریف میلر^۴ و همکارانش (۱۹۸۹)، میکرو تغییرپذیری در بلازارها به عنوان تغییر تابندگی در مقیاس‌های زمانی یک روز یا کمتر است [۱۷-۱۸]. میکرو تغییرپذیری را می‌توان به عنوان یک رویداد مجزا یا قسمتی از تغییرات دوره طولانی‌تر به حساب آورد. میکرو تغییرپذیری، ابتدا در دهه ۱۹۶۰ به وسیله ماتیسوس^۵ و ساندرج^۶ کشف شد [۱۹]. آنها متوجه شدند که روشنایی هسته کهکشانی فعال ۳C۴۸ با ۰/۰۴ قدر در صافی V تغییر می‌کند، اما نتایج آنها به علت خطاهای دستگاهی جدی گرفته نشد. هر چند اکنون تغییرپذیری به عنوان طبیعت اصلی AGN‌ها، تأیید شده است [۲۰].

۱. Short-Term Variability

۲. Long-Term Variability

۳. Filters

۴. Miller

۵. Matthews

۶. Sandage

۷. Interstellar scintillation

۸. Inter-stellar medium

۹. Gravitational microlensing

۱۰. Viscosity

بودن هسته Mrk ۱۸۰ را تأیید کرد [۳۰]. این جسم BL Lac در کاتالوگ‌های گوناگون نام‌های مختلفی دارد که عبارت‌اند از:

$$\begin{aligned} \text{Mrk } 180 &= \text{Mkn } 180 = \text{Markarian } 180 = \text{VII Zw } 412 = \\ S51133+70 &= \text{ES } 133+704 = \text{Q } 1133+704 = \\ \text{ZWG } 334/43 &= \text{PGC } 358199 = \text{KHQ } 88 \end{aligned}$$

مشاهدات ما از بلازار Mrk ۱۸۰ با تلسکوپ ۱٫۲۰ متری رصدخانه ملی فرانسه^۵ واقع در ایالت پرووانس^۶ و در صافی‌های V و R انجام شده است. این رصدخانه که در جنوب شرقی فرانسه قرار دارد در سال ۱۹۳۷ تأسیس شد. چهار تلسکوپ اصلی رصدخانه، تلسکوپ‌های انعکاسی با قطر آینه ۱٫۹۳، ۱٫۵۲، ۱٫۲۰ و ۰٫۸۰ متری است. تلسکوپ ۱٫۲۰ متری، دوربین CCD ای با آرایه‌ای ۱۰۲۴ × ۱۰۲۴ پیکسلی دارد که در ۱ × ۱ bin کار می‌کند. n × n bin به معنی این است که مقادیر عددی تمامی پیکسل‌های واقع در پنجره‌های به ابعاد n × n پیکسلی را با هم جمع کرده و عدد حاصل را به عنوان مقدار عددی یک پیکسل مجازی در نظر گرفت که با بزرگ در نظر گرفتن n، نسبت سیگنال به نویز (S/N) افزایش ولی قدرت تفکیک‌پذیری کاهش می‌یابد. از این تلسکوپ برای تصویربرداری و نورسنجی در صافی‌های UBVRi استفاده می‌شود. پیشنهاد برنامه رصد مداوم و شبه همزمان بلازار Mrk ۱۸۰، توسط نویسنده دوم مقاله به این رصدخانه داده شد و سپس مشاهدات در سه شب، در تاریخ‌های ۲۳، ۲۴ و ۲۷ آوریل ۲۰۰۹ انجام شد. از آنجایی که در این تلسکوپ، اندازه‌گیری همزمان در صافی‌های مختلف مقدور نیست لذا مشاهدات رصدی به صورت تکرار متوالی از یک صافی به صافی دیگر و با زمان نوردهی ۱۰ و ۱۵ دقیقه، به ترتیب برای صافی‌های V و R صورت پذیرفت. طول‌موج‌های مؤثر مرکزی برای صافی‌های V و R، به ترتیب، ۵۵۰ nm و ۶۴۰ nm است. هدف از انتخاب این زمان‌های نوردهی، بالا بردن نسبت S/N به منظور سهولت در اعلام وجود یا عدم وجود تغییرات در تابندگی بلازار است. پردازش و داده‌کاهی داده‌های خام، با استفاده از سیستم

الکترومغناطیسی نیست. علاوه بر این، هنوز در فهم پارامترهای اصلی نواحی تابشی مانند ترکیب جت، تشخیص کمی پارامترهای پرتوافکنی، یا فرآیندهایی که راهنمایی به منشأ شوک‌های جت باشد، کمبودهایی وجود دارد. مطالعه تغییرپذیری ما را در فهم این پارامترها یاری خواهد داد. تغییر شار از مرتبه ۱۵-۱ درصد در مقیاس چند دقیقه تا چند ساعت طبیعی است و غالب آن‌چه از بلازارها شاهد هستیم ناشی از جت‌های آنها است. بنابراین، جت‌ها به سان آزمایشگاهی طبیعی‌اند که می‌تواند برای مطالعه سازوکارهای استخراج انرژی از نزدیکی ابرسیاهچاله‌های پرجرم مرکزی، خصوصیات فیزیکی خود جت‌ها و نیز دیسک برافزایشی پیرامون ابرسیاهچاله مورد استفاده قرار گیرند [۲۷].

بلازار Mrk ۱۸۰: هسته کهکشانی فعال Mrk ۱۸۰ به عنوان یک جسم BL Lac با بیشینه فرکانسی بالا شناخته شده است [۲۸]. فاصله این بلازار از ما ۱۸۰ مگا پارسک است که نور این فاصله را در مدت زمان ۰٫۶ میلیارد سال طی می‌کند. Mrk ۱۸۰ در سال ۱۹۶۵ توسط زویکی^۱ کشف شد. در مارس ۱۹۷۶ طیف هسته آن توسط تلسکوپ ۲٫۷ متری رصدخانه مک دونالد^۲ گرفته شد و در آن اثری از خطوط جذبی یا نشری مشاهده نشد که بیانگر BL Lac بودن آن است. سپس این بلازار را اُون^۳ در فرکانس ۹۰ GHz و توسط آنتن ۱۱ متری NRAO در رصدخانه کیت پیک^۴ مورد مطالعه رادیویی قرار داد [۲۹]. این مطالعه، دلایل دیگری بر BL Lac بودن Mrk ۱۸۰ فراهم نمود و سرانجام در سال ۱۹۷۸ به عنوان یک جسم BL Lac معرفی شد. مشاهدات رصدی نشان داد که Mrk ۱۸۰ توزیع گاز گسترده‌ای در اطراف هسته‌اش دارد. طیف‌سنجی این ابرگازی احاطه‌کننده Mrk ۱۸۰، خطوط جذبی کهکشانی بیضوی را در انتقال به سرخ $z = 0.046$ نشان داد. در نهایت مشاهده طیف پیوسته رادیویی - تخت و قطبیدگی خطی تابش آن، BL Lac

۱. Zwicky

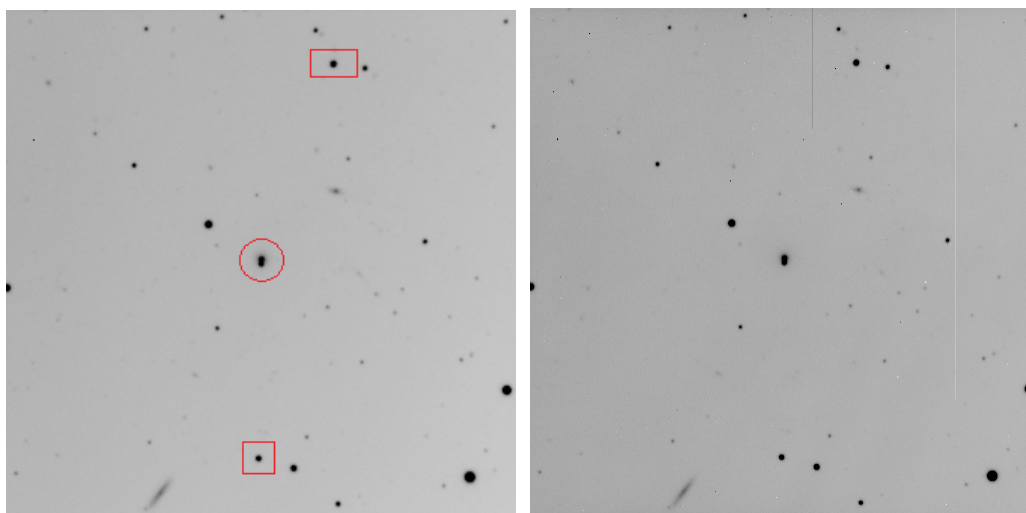
۲. McDonald

۳. F.N Owen

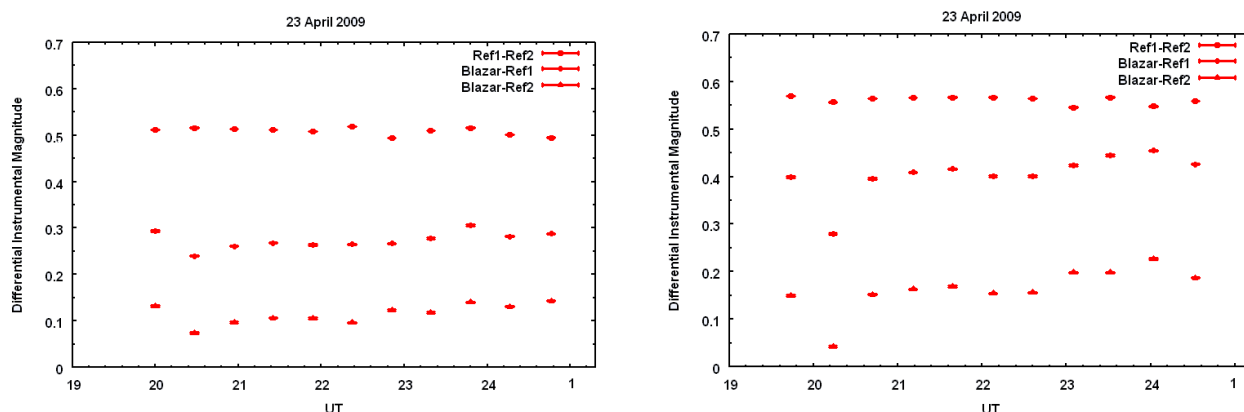
۴. Kitt Peak

۵. Observatoire Haute Provence

۶. Provence



شکل ۱. تصویر کاهیده نشده (خام) از بلازار Mrk ۱۸۰ در صافی V، سمت راست، و تصویر کاهش یافته آن در سمت چپ آمده است. درون دایره، مستطیل و مربع به ترتیب بلازار، ستاره مرجع ۱ و ستاره مرجع ۲ واقع شده است.



شکل ۲. منحنی نوری بلازار Mrk ۱۸۰ در صافی های V (راست) و R (چپ) در تاریخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۹.

شرایط جوی رصد نیز بستگی دارد که تمامی این پارامترها، به جز قدر ظاهری، برای هر جسم واقع در میدان دید تلسکوپ تقریباً یکسان می باشد. بنابراین اختلاف قدر دستگاهی هر جسم درون میدان دید تلسکوپ با ستاره ای غیر متغیر واقع در همین میدان دید در هر نوردهی، بیانگر معیاری از قدر ظاهری جسم در آن نوردهی خواهد بود. از اختلاف قدرهای دستگاهی بین ستاره های مرجع و بلازار، منحنی های نوری که در شکل های ۲ تا ۴ آمده است حاصل می شود. در این منحنی ها محور افقی، زمان جهانی و محور قائم، اختلاف قدر دستگاهی بین بلازار و هر یک از ستاره های مرجع و یا اختلاف قدر دستگاهی ستاره های مرجع با یکدیگر است. قدرهای دستگاهی و

استاندارد رصدخانه جنوبگان اروپا^۱ انجام گرفت.

شکل ۱، نمونه تصویر کاهیده نشده و تصویر کاهش یافته ای از بلازار Mrk ۱۸۰، در مرکز تصویر و دیگر اجرام زمینه را در صافی V نشان می دهد. در تصویر کاهش یافته، سمت چپ شکل ۱، چند ستاره غیر متغیر را به عنوان مرجع انتخاب کرده و قدر دستگاهی^۲ آنها را به دست می آوریم، مثلاً ستاره های مرجع ۱ و ۲، درون مستطیل و مربع. قدر دستگاهی یک جسم آسمانی علاوه بر بستگی به قدر ظاهری جسم به مشخصه های تلسکوپ، تمامی ابزارگان سوار بر تلسکوپ، زمان نوردهی و

۱. European Southern Observatory Munich Image Data Analysis System

۲. Instrumental magnitude

جدول ۱. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی V برای تاریخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۹.

ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۱۹,۷۳	-۱۴,۲۴۷	0.141×10^{-3}	-۱۴,۸۳۶	0.296×10^{-3}	-۱۴,۴۹۶	0.314×10^{-3}
۲	۲۰,۲۳	-۱۴,۲۱۸	0.158×10^{-3}	-۱۴,۶۸۸	0.240×10^{-3}	-۱۴,۳۶۱	0.230×10^{-3}
۳	۲۰,۷۰	-۱۴,۲۶۳	0.120×10^{-3}	-۱۴,۸۴۹	0.169×10^{-3}	-۱۴,۵۱۵	0.173×10^{-3}
۴	۲۱,۱۸	-۱۴,۲۷۳	0.117×10^{-3}	-۱۴,۸۷۲	0.179×10^{-3}	-۱۴,۵۳۶	0.189×10^{-3}
۵	۲۱,۶۵	-۱۴,۲۵۱	0.122×10^{-3}	-۱۴,۸۵۷	0.207×10^{-3}	-۱۴,۵۲۰	0.202×10^{-3}
۶	۲۲,۱۳	-۱۴,۲۵۴	0.109×10^{-3}	-۱۴,۸۴۵	0.152×10^{-3}	-۱۴,۵۰۸	0.171×10^{-3}
۷	۲۲,۶۰	-۱۴,۲۳۳	0.978×10^{-3}	-۱۴,۸۲۴	0.152×10^{-3}	-۱۴,۴۸۹	0.163×10^{-3}
۸	۲۳,۰۸	-۱۴,۱۴۷	0.116×10^{-3}	-۱۴,۷۶۱	0.170×10^{-3}	-۱۴,۴۴۵	0.203×10^{-3}
۹	۲۳,۵۲	-۱۴,۱۰۳	0.109×10^{-3}	-۱۴,۷۳۸	0.163×10^{-3}	-۱۴,۴۰۱	0.173×10^{-3}
۱۰	۰۰,۰۳	-۱۴,۰۵۶	0.127×10^{-3}	-۱۴,۷۰۲	0.138×10^{-3}	-۱۴,۳۸۴	0.174×10^{-3}
۱۱	۰۰,۵۳	-۱۴,۰۷۶	0.111×10^{-3}	-۱۴,۶۹۱	0.147×10^{-3}	-۱۴,۳۶۳	0.190×10^{-3}

جدول ۲. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی R برای تاریخ ۲۳ آوریل ۲۰۰۹.

ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۲۰,۰۰	-۱۴,۱۳۹	0.179×10^{-3}	-۱۴,۶۸۳	0.228×10^{-3}	-۱۴,۸۲۱	0.199×10^{-3}
۲	۲۰,۴۷	-۱۴,۲۶۷	0.149×10^{-3}	-۱۴,۷۵۷	0.260×10^{-3}	-۱۴,۸۹۱	0.155×10^{-3}
۳	۲۰,۹۵	-۱۴,۲۸۱	0.122×10^{-3}	-۱۴,۷۹۲	0.179×10^{-3}	-۱۴,۹۲۸	0.114×10^{-3}
۴	۲۱,۴۲	-۱۴,۲۶۳	0.124×10^{-3}	-۱۴,۷۸۱	0.159×10^{-3}	-۱۴,۹۱۹	0.150×10^{-3}
۵	۲۱,۹۰	-۱۴,۲۴۹	0.126×10^{-3}	-۱۴,۷۶۳	0.178×10^{-3}	-۱۴,۹۰۵	0.114×10^{-3}
۶	۲۲,۳۷	-۱۴,۲۵۶	0.133×10^{-3}	-۱۴,۷۷۱	0.177×10^{-3}	-۱۴,۹۰۲	0.136×10^{-3}
۷	۲۲,۸۵	-۱۴,۱۷۵	0.122×10^{-3}	-۱۴,۶۹۲	0.205×10^{-3}	-۱۴,۸۴۸	0.130×10^{-3}
۸	۲۳,۳۲	-۱۴,۱۱۳	0.131×10^{-3}	-۱۴,۹۴۱	0.199×10^{-3}	-۱۴,۷۸۱	0.135×10^{-3}
۹	۲۳,۸۰	-۱۴,۰۹۳	0.125×10^{-3}	-۱۴,۶۴۹	0.197×10^{-3}	-۱۴,۷۸۳	0.142×10^{-3}
۱۰	۰۰,۲۷	-۱۴,۰۹۲	0.126×10^{-3}	-۱۴,۶۲۴	0.136×10^{-3}	-۱۴,۷۷۳	0.127×10^{-3}
۱۱	۰۰,۷۷	-۱۴,۰۷۳	0.133×10^{-3}	-۱۴,۶۱۱	0.170×10^{-3}	-۱۴,۷۶۶	0.133×10^{-3}

خطاهای آنها برای تمام نوردهی‌ها و مربوط به هر دو صافی V و R در جداول ۱ تا ۶ آمده است.

تغییرات تابندگی ندارند. انحراف اندک از خط راست برای ستاره‌های مرجع به علت اثرات جوی است. میزان خطای اندازه‌گیری قدر برای هر نوردهی، کمتر از 0.003 قدر است. مقدار این خطا با استفاده از رابطه $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ به دست می‌آید که در آن σ_1 و σ_2 مقدار خطای اندازه‌گیری شده در قدر دستگاهی ستاره‌های مرجع ۱ و ۲، در هر نوردهی است و هر یک از آنها شامل خطای پواسونی داده‌ها و خطای مربوط به خواندن داده‌ها توسط سیستم الکترونیک CCD می‌باشد. بلازار مرجع ۱ و بلازار مرجع ۲، اختلاف قدر بلازار و ستاره‌های مرجع ۱ و ۲ است که نشان دهنده تغییر درخشندگی بلازار، به میزان نسبتاً

در شکل‌های ۲ تا ۴، منحنی‌های نوری مربوط به صافی‌های V و R برای هر سه شب رصد آمده است. مرجع ۱ و مرجع ۲ در هر یک از این شکل‌ها، مربوط به اختلاف قدر دستگاهی بین ستاره مرجع ۱ و ۲ است که تقریباً در تمامی شکل‌ها، یک خط راست است و این یعنی دو ستاره ۱ و ۲ مرجع خوبی برای این کار هستند و خودشان در بازه زمانی مشاهده‌ای، در هر شب رصد،

جدول ۳. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی V برای تاریخ ۲۴ آوریل ۲۰۰۹.

ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۱۹۹۰	-۱۴,۱۲۵	$0,112 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۲۵	$0,223 \times 10^{-3}$	-۱۴,۳۷۹	$0,248 \times 10^{-3}$
۲	۲۰,۳۸	-۱۳,۹۴۲	$0,112 \times 10^{-2}$	-۱۴,۵۷۱	$0,201 \times 10^{-3}$	-۱۴,۲۱۴	$0,264 \times 10^{-3}$
۳	۲۰,۸۵	-۱۴,۱۹۷	$0,102 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۹۷	$0,191 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۴۰	$0,244 \times 10^{-3}$
۴	۲۱,۳۳	-۱۴,۱۰۵	$0,109 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۲۹	$0,227 \times 10^{-3}$	-۱۴,۳۷۷	$0,220 \times 10^{-3}$
۵	۲۱,۸۰	-۱۴,۰۴۴	$0,107 \times 10^{-2}$	-۱۴,۶۷۵	$0,210 \times 10^{-3}$	-۱۴,۳۲۶	$0,244 \times 10^{-3}$
۶	۲۲,۲۸	-۱۴,۱۷۴	$0,108 \times 10^{-2}$	-۱۴,۸۱۵	$0,168 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۵۸	$0,142 \times 10^{-3}$
۷	۲۲,۷۵	-۱۴,۱۴۹	$0,116 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۹۴	$0,145 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۴۲	$0,214 \times 10^{-3}$
۸	۲۳,۳۳	-۱۴,۱۳۲	$0,118 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۷۱	$0,181 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۳۳	$0,166 \times 10^{-3}$
۹	۲۳,۸۰	-۱۴,۲۲۰	$0,111 \times 10^{-2}$	-۱۴,۸۱۰	$0,166 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۶۶	$0,179 \times 10^{-3}$
۱۰	۰۰,۲۸	-۱۴,۱۷۶	$0,107 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۷۳	$0,156 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۴۳	$0,159 \times 10^{-3}$
۱۱	۰۰,۷۵	-۱۴,۱۶۸	$0,105 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۶۶	$0,163 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۳۱	$0,175 \times 10^{-3}$

جدول ۴. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی R برای تاریخ ۲۴ آوریل ۲۰۰۹.

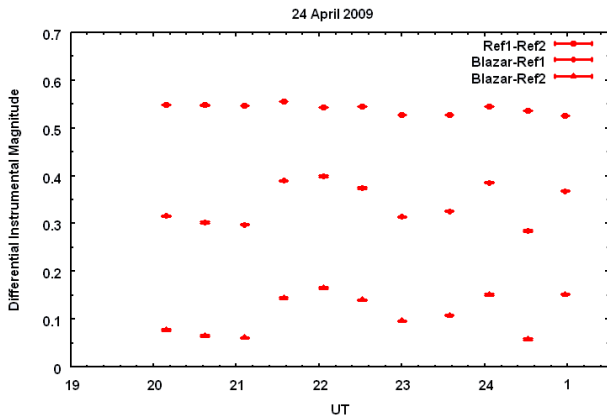
ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۲۰,۱۵	-۱۴,۰۷۹	$0,137 \times 10^{-2}$	-۱۴,۶۱۵	$0,234 \times 10^{-3}$	-۱۴,۷۲۶	$0,178 \times 10^{-3}$
۲	۲۰,۶۲	-۱۳,۸۹۷	$0,130 \times 10^{-2}$	-۱۴,۴۲۰	$0,294 \times 10^{-3}$	-۱۴,۵۳۲	$0,210 \times 10^{-3}$
۳	۲۱,۱۰	-۱۴,۱۹۳	$0,122 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۱۱	$0,216 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۲۴	$0,160 \times 10^{-3}$
۴	۲۱,۵۷	-۱۳,۹۸۰	$0,123 \times 10^{-2}$	-۱۴,۵۹۰	$0,201 \times 10^{-3}$	-۱۴,۶۹۴	$0,129 \times 10^{-3}$
۵	۲۲,۰۵	-۱۳,۹۹۷	$0,135 \times 10^{-2}$	-۱۴,۶۱۶	$0,250 \times 10^{-3}$	-۱۴,۷۳۲	$0,147 \times 10^{-3}$
۶	۲۲,۵۲	-۱۴,۱۲۷	$0,125 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۲۲	$0,184 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۳۷	$0,144 \times 10^{-3}$
۷	۲۳,۰۰	-۱۴,۲۱۴	$0,134 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۴۸	$0,177 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۱۰	$0,118 \times 10^{-3}$
۸	۲۳,۵۷	-۱۴,۱۹۲	$0,132 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۳۸	$0,144 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۷۰	$0,104 \times 10^{-3}$
۹	۰۰,۰۵	-۱۴,۱۱۳	$0,132 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۱۹	$0,191 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۳۴	$0,138 \times 10^{-3}$
۱۰	۰۰,۵۲	-۱۴,۱۲۳	$0,116 \times 10^{-2}$	-۱۴,۶۲۸	$0,186 \times 10^{-3}$	-۱۴,۷۵۱	$0,124 \times 10^{-3}$
۱۱	۰۰,۹۷	-۱۳,۷۲۳	$0,101 \times 10^{-2}$	-۱۴,۳۱۱	$0,204 \times 10^{-3}$	-۱۴,۴۴۵	$0,123 \times 10^{-3}$

جدول ۵. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی V برای تاریخ ۲۷ آوریل ۲۰۰۹.

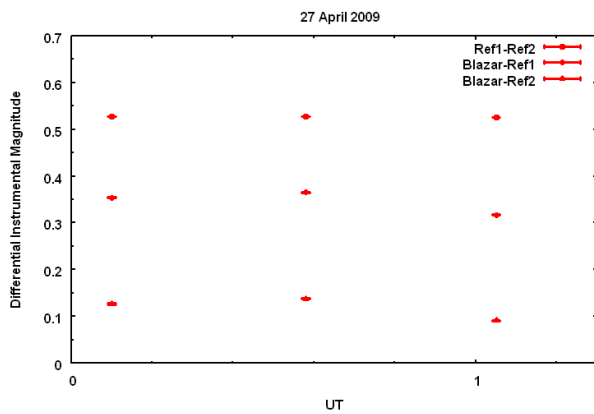
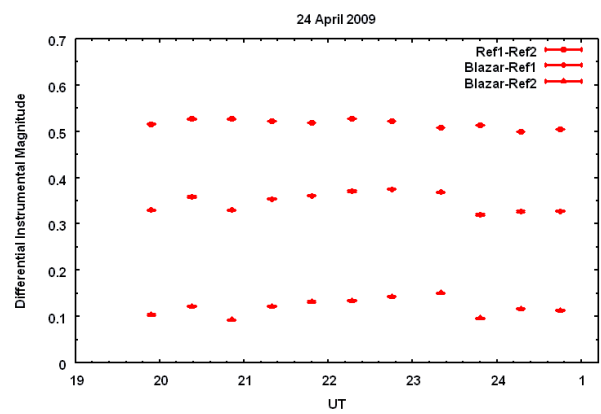
ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۰۰,۰۰	-۱۴,۲۶۹	$0,124 \times 10^{-2}$	-۱۴,۸۹۳	$0,173 \times 10^{-3}$	-۱۴,۵۶۶	$0,186 \times 10^{-3}$
۲	۰۰,۴۸	-۱۴,۲۴۳	$0,970 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۷۸	$0,156 \times 10^{-3}$	-۱۴,۵۵۱	$0,133 \times 10^{-3}$
۳	۰۰,۹۵	-۱۳,۹۳۱	$0,121 \times 10^{-2}$	-۱۴,۵۱۸	$0,187 \times 10^{-3}$	-۱۴,۱۹۲	$0,316 \times 10^{-3}$

جدول ۶. قدر دستگاهی بلازار، ستاره‌های مرجع و نیز خطای مربوط به قدرها در صافی R برای تاریخ ۲۷ آوریل ۲۰۰۹.

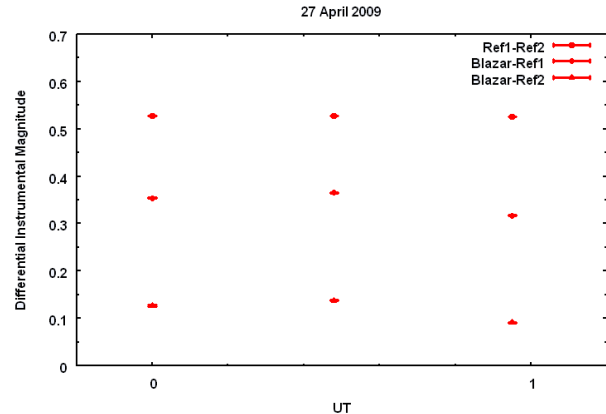
ردیف	زمان جهانی	قدر بلازار	خطای قدر بلازار	قدر مرجع ۱	خطای قدر مرجع ۱	قدر مرجع ۲	خطای قدر مرجع ۲
۱	۰۰,۲۵	-۱۴,۳۱۶	$0,126 \times 10^{-2}$	-۱۴,۷۹۳	$0,179 \times 10^{-3}$	-۱۴,۹۴۰	$0,110 \times 10^{-3}$
۲	۰۰,۷۲	-۱۴,۱۵۲	$0,123 \times 10^{-2}$	-۱۴,۶۸۸	$0,151 \times 10^{-3}$	-۱۴,۸۳۰	$0,157 \times 10^{-3}$
۳	۰۱,۲۰	-۱۳,۲۵۷	$0,158 \times 10^{-2}$	-۱۳,۷۴۱	$0,501 \times 10^{-3}$	-۱۳,۸۶۶	$0,421 \times 10^{-3}$



شکل ۳. منحنی نوری بلازار Mrk ۱۸۰ در صافی‌های V (راست) و R (چپ) در تاریخ ۲۴ آوریل ۲۰۰۹.



شکل ۴. منحنی نوری بلازار Mrk ۱۸۰ در صافی‌های V (راست) و R (چپ) در تاریخ ۲۷ آوریل ۲۰۰۹.



۱/۱۲ ساعت، حاصل شد.

تغییرپذیری یا عدم تغییرپذیری در هر شب را با می‌توان با کمیت آماری سطح اطمینان C^1 مشخص نمود. سطح اطمینان از رابطه $C = \frac{\sigma_I}{\sigma}$ به دست می‌آید که در آن σ_I انحراف معیار منبع - مرجع (بلازار - ستاره) و σ انحراف معیار ستاره‌های مرجع (ستاره - ستاره) در منحنی نوری است. یک منبع را با اطمینان بیش از ۹۹ درصد متغیر می‌نامیم اگر $C > 2,576$ باشد. در حالتی که برای توصیف تغییرات از عبارت احتمالاً متغیر استفاده می‌کنیم، مقدار ضریب C بین ۱,۹۶ و ۲,۵۷۶ و سطح اطمینان آن بین ۹۵ تا ۹۹ درصد است. این انحراف معیارها از نوسانات نقطه به نقطه منحنی نوری به دست می‌آیند و رابطه‌ای با خطاهای نشان داده شده

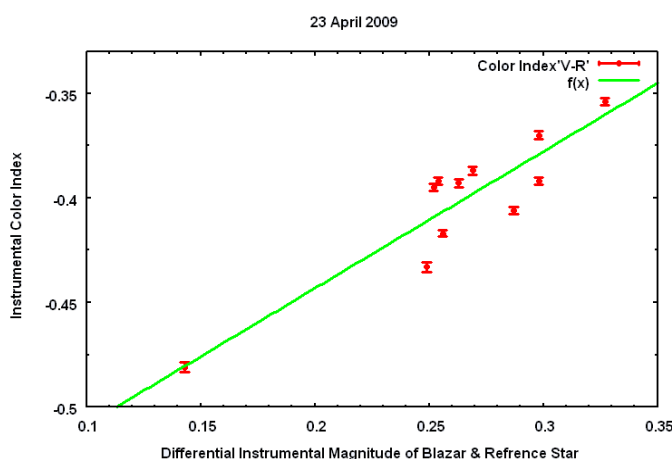
قابل توجهی در طی یک شب رصدی است.

همان‌طور که در شکل ۲، نشان داده شده است، در تاریخ ۲۳ آوریل، ۱۱ نوردهی ۱۵ دقیقه‌ای در صافی V و ۱۱ نوردهی ۱۰ دقیقه‌ای در صافی R حاصل شد که در کل بازه‌ای حدود ۵ ساعت را پوشش می‌دهد. دامنه تغییرات نسبت به دو شب دیگر بیشتر و برابر با ۱/۱۸۵ قدر است. دامنه تغییرات عبارت از اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار قدر در یک دوره مشاهده‌ای، مثلاً در یک شب رصدی، است.

شکل ۳، نشان می‌دهد که در تاریخ ۲۴ آوریل، همانند ۲۳ آوریل، در هر صافی ۱۱ نوردهی وجود دارد. در این شب نوسانات قدر در صافی R بیشتر است و تا ۱/۱۱ قدر تغییر می‌کند، در حالی که در صافی V تغییرات چندانی ملاحظه نمی‌شود. شکل ۴، نشان می‌دهد که در شب ۲۷ آوریل، به دلیل شرایط نامناسب جوی، تنها ۳ نوردهی در هر صافی، جمعاً

جدول ۷. نتایج محاسبه متغیر بودن یا نبودن تابندگی بلازار در شب‌های رصد.

تاریخ مشاهده	مدت مشاهده (h)	صافی	C	دامنه تغییرات (قدر)	تغییرات
۲۰۰۹/۴/۲۳	۵,۰۳	V	۵,۸۱۳	۰,۱۸۵	متغیر
۲۰۰۹/۴/۲۳	۴,۹۳	R	۲,۱۶۵	۰,۰۵۷	احتمالاً متغیر
۲۰۰۹/۴/۲۴	۵,۱۰	V	۲,۲۲۲	۰,۰۵۳	احتمالاً متغیر
۲۰۰۹/۴/۲۴	۴,۹۷	R	۴,۱۵	۰,۱۰۶	متغیر
۲۰۰۹/۴/۲۷	۱,۲۰	V	۴۱,۶۶۷	۰,۴۷	متغیر
۲۰۰۹/۴/۲۷	۱,۱۲	R	۳,۰۸۷	۰,۰۶۷	متغیر



شکل ۵. تغییرات شاخص رنگ دستگاهی با اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع (ستاره مرجع - بلازار) در تاریخ ۲۳ آوریل.

شاخص رنگ: هدف از مشاهدات اپتیکی این است که نشان دهند آیا رابطه‌ای بین شاخص رنگ و قدر برای اجسام BL Lac وجود دارد؟ مثلاً در هنگام افزایش تابندگی بلازار، آیا شاخص رنگ آن گرایش به سمت آبی دارد یا اینکه تمایل آن به سرخی است؟ تغییرات شاخص رنگ دستگاهی بر حسب اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع در شکل‌های ۵ تا ۷، نشان داده شده است. بهترین برازش خطی نیز برای تغییرات شاخص رنگ دستگاهی CI، بر حسب اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع در صافی V، $CI = mV + b$ ، در شکل‌های ۵ تا ۷ آمده است. شیب خط، بیانگر میزان تغییرات شاخص رنگ بر حسب تابندگی بلازار است.

در شکل ۵، مربوط به شب رصدی ۲۳ آوریل ۲۰۰۹، تمایل بسیار خوبی بین شاخص رنگ دستگاهی و اختلاف قدر دستگاهی مشاهده می‌شود که بیانگر وجود گرایش به آبی قابل

در منحنی نوری ندارند. دامنه تغییرپذیری در هر شب، با استفاده از رابطه $\psi = \sqrt{(D_{\max} - D_{\min})^2 - 2\sigma^2}$ تعیین شد که در آن D_{\max} و D_{\min} بیشینه و کمینه مقادیر اختلاف قدر دستگاهی در منحنی‌های نوری و σ همان انحراف معیار ستاره‌های مرجع است [۳۱-۳۲]. مقدار انحراف معیار با رابطه (۱)، قابل محاسبه است.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{m})^2}{N-1}} \quad (1)$$

در این رابطه m_i تفاضل قدر دستگاهی ستاره‌های مرجع برای i امین نقطه مشاهده، \bar{m} میانگین اختلاف قدرهای دستگاهی دو ستاره روی تمام سری داده‌ها و N تعداد نقاط مشاهده در یک شب و در یک صافی خاص است. در جدول ۷، نتایج بررسی تغییرات تابندگی بلازار در شب‌های رصدی متفاوت و در هر یک از صافی‌ها آمده است.

جدول ۸. پارامترهای خط برازش شده بر منحنی شاخص رنگ ۲۳ آوریل ۲۰۰۹.

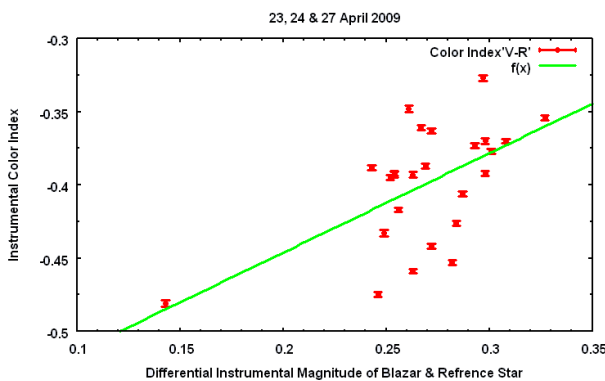
σ_b	b	σ_m	m
۰٫۰۲۶۲۸	-۰٫۵۷۳۹۶۰	۰٫۰۹۸۴۲	۰٫۶۵۳۸۵

جدول ۹. پارامترهای خط برازش شده بر منحنی شاخص رنگ ۲۴ آوریل ۲۰۰۹.

σ_b	b	σ_m	m
۰٫۱۹۶۹۰	-۰٫۵۷۱۰۱	۰٫۷۲۵۹۰	۰٫۵۹۴۹۲

جدول ۱۰. پارامترهای خط برازش شده بر منحنی شاخص رنگ هر سه شب رصد.

σ_b	b	σ_m	m
۰٫۰۵۴۳۳	-۰٫۵۸۲۰۹	۰٫۲۰۰۰۰	۰٫۶۷۹۲۴

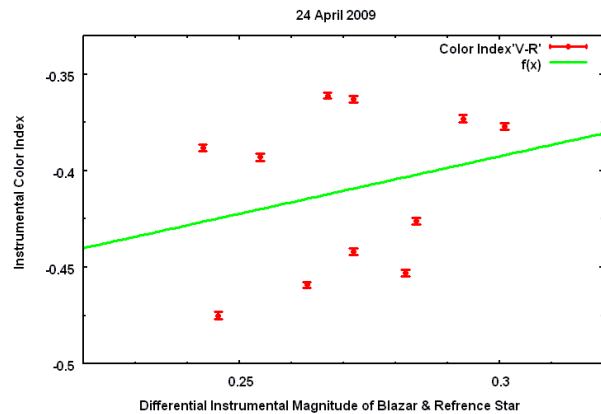


شکل ۷. تغییرات شاخص رنگ دستگاهی با اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع (ستاره مرجع - بلازار) در هر سه شب رصد.

بیش از ۱۲۰٪ است و لذا بیان وجود گرایش به آبی شاخص رنگ با خطای بسیاری همراه است.

در شب ۲۷م و به دلیل وجود تنها سه نقطه، بیان وجود یا عدم وجود رابطه بین تغییرات شاخص رنگ با تابندگی بلازار، چندان مناسب نیست. در شکل ۷، تغییرات شاخص رنگ دستگاهی با اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع برای تمامی داده‌های حاصله از هر سه شب رصد آمده است. با به حساب آوردن هر ۲۵ نوردهی کل در سه شب رصد، خط برازش شده بر کل این داده‌ها در شکل ۷ و پارامترهای این خط در جدول ۱۰ آمده است.

با محاسبه سطح اطمینان برای شاخص رنگ، تغییرات آن



شکل ۶. تغییرات شاخص رنگ دستگاهی با اختلاف قدر دستگاهی بلازار و ستاره مرجع (ستاره مرجع - بلازار) در تاریخ ۲۴ آوریل.

توجه شاخص رنگ، وقتی تابندگی بلازار رو به افزایش است، می‌باشد. مقادیر پارامترهای خط برازش شده به همراه خطاهای مربوط در جدول ۸، آمده است. همانطور که در این جدول آمده است، خطای شیب خط برازش شده در حدود فقط ۱۵٪ است. در شکل ۶، مربوط به شب ۲۴ آوریل ۲۰۰۹، تمایل کمی بین شاخص رنگ دستگاهی و اختلاف قدر دستگاهی مشاهده می‌شود که بیانگر وجود گرایش به آبی شاخص رنگ، وقتی تابندگی بلازار رو به افزایش است، می‌باشد. اما همانطور که از شکل ۶، پیداست، پراکندگی نقاط از خط برازش شده زیاد است که در جدول ۹ نیز پارامترهای خط برازش شده است و نشان می‌دهد که خطای تعیین شیب خط برازش شده

جدول ۱۱. نتایج محاسبه سطح اطمینان برای شاخص رنگ.

تاریخ مشاهده	مدت مشاهده (h)	C	تغییرات
۲۰۰۹/۰۴/۲۳	۵/۲۲	۳/۳۴۴	متغیر
۲۰۰۹/۰۴/۲۴	۵/۲۵	۴/۹۷۳	متغیر
۲۰۰۹/۰۴/۲۷	۱/۴۰	۲/۲۰۱	احتمالاً متغیر

چرخه کار را برای کوازارهای رادیویی آرام ۱۷ درصد و برای اجسام BL Lac، ۷۲ درصد محاسبه کردند [۳۱].

با استفاده از رابطه (۲)، چرخه کار برای مجموع سه شب محاسبه گردید که مقدار ۸۴/۰ درصد تغییر درخشندگی در صافی V و ۸۴/۴ درصد تغییر در صافی R را نتیجه داد که به خوبی قابل مقایسه با مقادیر به دست آمده در سایر مقالات است [۳۱-۳۳].

با به دست آوردن قدر دستگامی بلازار و مقایسه آن با قدر دستگامی دو ستاره مرجع، تغییرات تابندگی در منحنی نوری مورد بررسی قرار گرفت. منحنی‌های نوری مربوط به سه شب رصد در شکل‌های ۲ تا ۴، آورده شده است. تغییرات قدر از روی شکل‌ها قابل مشاهده است ولی با این وجود کمیت آماری سطح اطمینان، در تجزیه و تحلیل دقیق‌تر تغییرات، کمک می‌کند. این کمیت و نتایج تغییرات تابندگی در هر شب، در جدول ۷، خلاصه شده است. در شب ۲۳ام آوریل، تابندگی بلازار در صافی V و تا ۰/۱۸۵ قدر تغییر داشت اما در صافی R تغییر تابندگی قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت. در شب ۲۴ام تغییر قدر در صافی V دیده نشد ولی قدر در صافی R تا حدود ۰/۱۱ تغییر کرد. شب ۲۷ام تنها شبی است که در هر دو صافی، تغییرات تابندگی قابل توجه وجود دارد ولی به این نکته نیز باید توجه داشت که تعداد نوردهی‌ها در هر یک از صافی‌های این شب، صرفاً سه مورد بود و لذا نمی‌توان در خصوص این رفتار برای کل شب نظر داد. از دلایل وجود تغییرات قابل ملاحظه در یک صافی و عدم وجود آن در صافی دیگر، می‌توان گفت که عوامل ذاتی ایجاد تغییرات تابندگی، مثلاً بروز انفجارات در

مورد بررسی قرار گرفت. نتیجه این محاسبات در جدول ۱۱، گزارش شده است که بیانگر متغیر بودن شاخص رنگ بلازار در هر یک از شب‌های رصد است.

اگر سطح اطمینان را برای شاخص رنگ در کل سه شب، به مدت ۱۲/۲۷ ساعت، محاسبه کنیم $C=4/149$ خواهد شد که وجود تغییر در شاخص رنگ را نشان می‌دهد.

چرخه کار: کمیت چرخه کار^۱ DC تغییرات درخشندگی منبع را بر حسب درصد و مطابق با رابطه (۲)، نشان می‌دهد. چرخه کار به عنوان مدت زمانی که منبع از خود تغییرپذیری نشان می‌دهد تقسیم بر کل زمان مشاهده (یک شب یا یک دوره رصدی)، تعریف می‌شود.

$$DC = 100 \frac{\sum_{i=1}^n N_i \left(\frac{1}{\Delta t_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\Delta t_i} \right)} \quad (2)$$

در این رابطه $\Delta t_i = \Delta t_{i,obs} (1+z)^{-1}$ که $\Delta t_{i,obs}$ مدت زمان مشاهده و z مقدار انتقال به سرخ منبع است. N_i برابر یک یا صفر است که به ترتیب تغییر یا عدم تغییر منبع را نشان می‌دهد. در این رابطه n تعداد نوردهی یا تعداد شب‌های رصد است [۲۵].

در برخی مقالات چرخه کار برای کوازارهای رادیویی آرام حدود ۳ درصد، برای بلازارهای منتخب پرتوی ایکس ۲۸ درصد و برای کوازارهای منتخب رادیویی، به اضافه بلازارها، ۷۲ درصد تخمین زده شده است [۳۳]. گوپال کریشنا^۲ و همکارانش (۲۰۰۳) در مقاله‌ای با موضوع تغییرات درون-شب،

۱. Duty Cycle

۲. Gopal-Krishna

جدول ۱۲. نتایج تغییرپذیری تابندگی بلازارهای مقاله چاندرا و همکارانش (۲۰۱۱) و نیز مقاله رانی و همکارانش (۲۰۱۱).

تغییرات	ψ (قدر)	صافی	مدت مشاهده (h)	تاریخ مشاهدات	نوع بلازار	نام بلازار
متغیر	۰٫۱۶۸	R	۳٫۲	۲۰۱۰/۰۳/۰۸	جسم BL Lac	S5 0716+71
متغیر	۰٫۰۸۱	R	۳٫۸۶	۲۰۰۸/۱۰/۲۲	جسم BL Lac	3C 66A
متغیر	۰٫۱۳۴	R	۶٫۳۰	۲۰۰۸/۱۰/۲۰	جسم BL Lac	AO 0235+164
متغیر	۰٫۱۴۴	R	۱٫۹۴	۲۰۰۸/۱۰/۲۳	FSRQ	PKS 0420-014
غیر متغیر	-	R	۱٫۳۵	۲۰۰۸/۱۰/۲۴	جسم BL Lac	S5 0716+714
غیر متغیر	-	R	۰٫۷۲	۲۰۰۸/۱۲/۲۳	FSRQ	3C 273

برای تعیین دقیق وجود یا عدم وجود تغییرات شاخص رنگ بر حسب تغییرات تابندگی بلازار، کمیت سطح اطمینان محاسبه و نتایج مربوط به تغییر شاخص رنگ بلازار برای هر شب رصد، در جدول ۱۱، آمده است. با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق، وجود تمایل به آبی در شاخص رنگ این بلازار وقتی تابندگی آن رو به افزایش است، حداقل برای هر یک از دو شب ۲۳م و ۲۴م و نیز بین هر سه شب رصدی، اثبات گردید.

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از داوران ناشناس این مقاله و به جهت پیشنهادات بسیار خوبشان در بهبودبخشی کار حاضر و از همکاری و مشاوره صمیمانه آقایان سی اس استالین^۳ و پاتریک پتیجان^۴، در تهیه پیشنهاد رصد، نهایت تشکر را داشته باشند. همچنین از تمامی کادر رصدخانه OHP فرانسه، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه سیستان و بلوچستان و نیز پژوهشکده نجوم پژوهشگاه دانش‌های بنیادی که با یاری مادی و معنوی در انجام این پژوهش سهیم بودند، سپاسگزاری نماید.

جت و یا ناپایداری‌ها در قرص برافزایشی، در گستره محدود طول موجی، خیلی فعال بوده لذا بر حسب اینکه این گستره در چه صافی واقع باشد، تغییرات تابندگی در آن صافی قابل ملاحظه خواهد بود. به منظور ملاحظه تغییرپذیری تابندگی دیگر بلازارها و مقایسه با نتایج این پژوهش که در جدول ۷ آمد، نتایج مقالات چاندرا^۱ و همکارانش (۲۰۱۱) و نیز رانی^۲ و همکارانش (۲۰۱۱) در جدول ۱۲ آمده است [۲۷-۲۰].

هدف بعدی این پژوهش، بررسی وجود یا عدم وجود تغییرات شاخص رنگ بر حسب تغییرات بلازار بود که در شکل‌های ۵ تا ۷، نمودارهای شاخص رنگ بلازار نشان داده شده است. شیب تابع خطی برازش شده بر داده‌ها، میزان تغییرات شاخص رنگ بر حسب تغییرات تابندگی بلازار را مشخص می‌کند، پارامترهای خطوط برازش شده در جداول ۸ تا ۱۱، آمده است. در شب ۲۳م، مقدار شیب خط برازش شده، ۰٫۶۵~ با خطای حدوداً ۰٫۱۵، بیشترین مقدار در بین هر یک از شب‌های رصدی را داشت. با در نظر گرفتن تمامی داده‌های هر سه شب رصدی در یک مجموعه، مقدار شیب خط برازش شده و خطای آن به ترتیب ۰٫۶۸~ و کمتر از ۰٫۳۰٪ به دست آمد که در جدول ۱۰، نیز گزارش شده است.

- Astronomical Society of the Pacific* **107** (1995) 803.
 4. D Impiombato et al., *The Astrophysical Journal Supplement* **192**, 1 (2011) 12.
 5. P Schneider, "Extragalactic Astronomy and Cosmology", Springer Berlin Heidelberg (2006).

1. I Nicolson, "Unfolding our Universe", Cambridge University Press (1999).
 2. A Ferrari, *Astrophysics and Space Science*, **293** (2004) 15.
 3. C M Urry, and P Padovani, *Publications of the*

۳. C. S. Stalin

۴. Patrick Petitjean

۱. Chandra

۲. Rani

20. S Chandra *et al.*, *Astrophysical Journal* **731** (2011) 118.
21. C S Stalin *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **366** (2006) 1337.
22. L Kedziora-Chudczer *et al.*, *Astrophysical Journal Letters* **490** (1997) 9.
23. S J Wagner, and A Witzel, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **33** (1995) 163.
24. P A Hughes, M F Aller, and H D Aller, *Astrophysical Journal Letters* **735** (2011) 81.
25. A Rosen, *Astrophysical Journal* **359** (1990) 296.
26. A V Mangalam, and P J Wiita, *Astrophysical Journal* **406** (1993) 420.
27. B Rani *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **413** (2011) 2157.
28. J Albert *et al.*, *Astrophysical Journal* **648** (2006) 105.
29. M H Ulrich, *Astrophysical Journal* **222** (1978) 3.
30. S L Mufson, and D J Hutter, *Astrophysical Journal* **248** (1981) 61.
31. Gopal-Krishna *et al.*, *Astrophysical Journal* **586** (2003) 25.
32. M Whiting, A Oshlack, and R Webster, *Publications of the Astronomical Society of Australia* **19** (2002) 222.
33. C S Stalin *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **350** (2004) 175.
6. E Semkov *et al.*, *Bulgarian Astronomical Journal* **14** (2010) 37.
7. X Liu *et al.*, *Journal of Astrophysics and Astronomy* **32** (2011) 29.
8. V A Acciari *et al.*, *Astrophysical Journal* **729** (2011) 2.
9. M Sikora *et al.*, *Astrophysical Journal* **484** (1997) 108.
10. R M Sambruna, L Maraschi, and C M Urry, *Astrophysical Journal* **463** (1996) 444.
11. P Padovani, and P Giommi, *Astrophysical Journal* **444** (1995) 567.
12. B Rani *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **404** (2010) 1992.
13. E Nieppolal, M Tornikoski, and E Valtaoja, *Astronomy and Astrophysics* **445** (2006) 441.
14. B Z Dai *et al.*, *Astrophysical Journal* **122** (2001) 2901.
15. U C Joshi, K S Baliyan, and S Ganesh, *Bulletin of the Astronomical Society of India* **35** (2007) 261.
16. R Joshi *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **412** (2011) 2717.
17. H R Miller, M T Carini, and B D Goodrich, *Nature* **337** (1989) 627.
18. R Poggiani, *Astrophysics and Space Science* **306** (2006) 17.
19. T A Matthews, and A R Sandage, *Astrophysical Journal* **138** (1963) 30.