

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

تعیین طیف پیوسته‌ی کوازارهای SDSS-DR7 به روش MF-PCA با گستره‌ی

انتقال به سرخ $2/7 \leq Z \leq 4/7$

زینب کیامهر^۱

^۱گروه علوم پایه، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار

چکیده

در این مقاله خطوط طیفی کوازارهای مختلف را با تاکید بر خطوط نشری در ناحیه جنگل لیمان آلفا با استفاده از روش تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی در بازه طول موجی از ۱۰۲۰ تا ۱۶۰۰ آنگستروم مورد بررسی قرار می‌دهیم. با استفاده از مؤلفه‌های اصلی طیف، می‌توانیم خطوط طیفی کوازار را بطور مصنوعی تولید کنیم، که برای بررسی چگونگی کشف کوازارها و دسته‌بندی طیف پیوسته آنها مفیدند. برای تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی، از خطوط طیفی کوازارهای SDSS-DR7 استفاده و مشخصات مؤلفه‌های اصلی طیف پیوسته‌ی کوازارها در سر تا سر گستره‌ی طول موج قابل دسترسی (از ۱۰۲۰ تا ۱۶۰۰ آنگستروم) نوشته می‌شود داده‌های طیفی ۶۶۵ کوازار تابان SDSS-DR7 با گستره انتقال به سرخ $2/7 \leq Z \leq 4/7$ و قدر مطلق صافی آبی $M_B \leq -21$ مورد استفاده قرار گرفت، ابتدا با استفاده از طول‌موج‌های بزرگ‌تر از خط نشری لیمان آلفای کوازار به روش آماری تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی طیف، طیف پیوسته‌ی کوازار در ناحیه‌ی جنگل لیمان آلفا پیش‌بینی می‌شود. سپس شیب و دامنه‌ی طیف پیوسته‌ی پیش‌بینی‌شده، با استفاده از اعمال تنظیماتی روی متوسط شار ناحیه‌ی جنگل لیمان آلفا (روش MF-PCA) تصحیح شد. در پایان به منظور آزمودن طیف‌های پیوسته‌ی تنظیم شده، خطاهای RMS روش MF-PCA بدست آمد، میانگین خطای RMS در طیف‌های با سیگنال به نوفه‌ی بزرگتر از $10 > S/N$ ، ۳ درصد می‌باشد که مقایسه‌ی این خطا با خطای حاصل از روش‌های دستی بر درستی و دقت روش به‌کار برده شده، دلالت دارد.

مقدمه

دسته‌ای از منابع رادیویی که ظاهری شبیه ستارگان دارند اما رده‌ای از هسته‌های کهکشانی فعال هستند را کوازار می‌نامند. در طیف کوازارهای دور و در ناحیه‌ی طول‌موج‌های کوچکتر از تابش لیمان آلفای کوازار، تعداد زیادی خطوط جذبی مشاهده می‌گردد که ناشی از هیدروژن خنثی موجود در فضای بین کهکشانی است. این خطوط جذبی که تعلق به خط لیمان آلفای هیدروژن دارند و به دلیل فراوانی بالای آنها، جنگل لیمان آلفا نامیده می‌شوند. جهت تعیین مقدار نور جذب شده‌ی کوازار توسط فضای بین کهکشانی در انتقال به سرخ‌های مختلف، بایستی طیف پیوسته‌ی کوازار در ناحیه‌ی جنگل لیمان آلفا تعیین گردد. طیف‌های پیوسته معمولاً با استفاده از منحنی‌های برازش شده بر خطوط نشری طیف مشاهده‌شده در ناحیه‌ی جنگل پیش‌بینی می‌شوند و برخی محققان معتقدند که ناحیه‌ی جنگل لیمان آلفا به جز برای نمونه‌های فرعی با نسبت سیگنال به نوفه‌ی بالا با وصل کردن خطوط نشری طیف (پیک‌ها) به یکدیگر، ما را به طیف پیوسته‌ی کوازار در انتقال به سرخ داده شده، می‌رساند [۱].

روش MF-PCA یا تنظیم متوسط شار طیف پیوسته‌ی حاصل از روش PCA

با استفاده از تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA: Principal Component Analysis) می‌توان تعداد زیادی متغیر همبسته را با تعداد محدودی متغیر مستقل جدید که مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند و ناهمبسته‌اند، جایگزین نمود. هدف ما پیش‌بینی طیف پیوسته‌ی کوازار در جنگل لیمان آلفا (قسمت آبی طیف ۱۲۱۶-۱۰۲۰ آنگستروم)، با استفاده از طیف طول‌موج‌های بزرگتر از خط نشری لیمان آلفای کوازار (قسمت قرمز طیف ۱۶۰۰-۱۲۱۶ آنگستروم) است. در این روش، طیف کوازار به‌نحیج شده $q_i(\lambda)$ به خوبی توسط طیف بازسازی‌شده $r_{i,m}(\lambda)$ به صورت زیر قابل تعریف است (که در آن i بیانگر کوازار i ام است).

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

$$q_i(\lambda) \cong r_{i,m}(\lambda) = \mu(\lambda) + \sum_{j=1}^m c_{ij} \varepsilon_j(\lambda) \quad (1)$$

به طوری که $\mu(\lambda)$ متوسط طیف‌های کوازار، $\varepsilon_j(\lambda)$ مؤلفه اصلی λ ام و c_{ij} ضرائب وزنی هستند [۲]. در ادامه تنظیم متوسط شار جنگل لیمان‌آلفا را برای تنظیم دامنه و شیب طیف پیوسته‌ی پیش‌بینی‌شده به روش تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی طیف توصیف می‌کنیم (MF-PCA: Mean-Flux regulated PCA Continuum). برای تنظیم متوسط شار، با استفاده از طیف پیوسته‌ی بدست آمده به روش تجزیه-تحلیل مؤلفه‌های اصلی $C_{PCA}(\lambda_{Rest})$ برازش شده بر طیف مشاهده‌ای، کافی است یک تابع درجه‌ی دوم را حول نقطه‌ی محوری $\lambda_{Rest} = 1280 \text{ \AA}$ معرفی کنیم:

$$C_{MF}(\lambda_{Rest}) = C_{PCA}(\lambda_{Rest}) \times (1 + a_{MF} \hat{\lambda}_{Rest} + b_{MF} \hat{\lambda}_{Rest}^2) \quad (2)$$

که در آن a_{MF} و b_{MF} پارامترهای آزاد برای تنظیم طیف برازش شده هستند به طوری که $\hat{\lambda}_{Rest} = \lambda_{Rest}/1280 \text{ \AA} - 1$ می‌توان به منظور مقایسه‌ی طیف‌های برازش شده‌ی جدید از طیف‌های پیوسته‌ی برازش شده C_{fit} و برای طیف‌های پیوسته‌ی درست C_{true} ، که با ساخت و سازهایی در خطوط طیفی مصنوعی شناخته می‌شوند، استفاده کرد. پس باقیمانده‌ی برازش طیف پیوسته را این‌طور تعریف می‌کنیم:

$$\delta C(\lambda_{Rest}) \equiv (C_{fit}(\lambda_{Rest})/C_{true}(\lambda_{Rest})) - 1 \quad (3)$$

طیف‌های پیوسته‌ی جدید به روش MF-PCA روی خطوط طیفی مشاهده‌ای ۲۱ کوازار مورد مطالعه در اینجا، برای بدست آوردن میزان خطاهای برازش طیف پیوسته‌ی جدید (به عنوان تابعی از نسبت سیگنال به نوفه و انتقال به سرخ کوازار و همچنین برای تعیین کمی کیفیت طیف‌های برازش شده‌ی جدید) برازش شد. میزان خطای RMS طیف‌های پیوسته‌ی جدید را این‌طور تعریف می‌کنیم [۳].

$$(\delta C)_{rms} = \left[\frac{\int \left(\frac{C_{fit}(\lambda_{Rest})}{C_{true}(\lambda_{Rest})} - 1 \right)^2 d\lambda_{Rest}}{\int d\lambda_{Rest}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

انتخاب داده‌ها

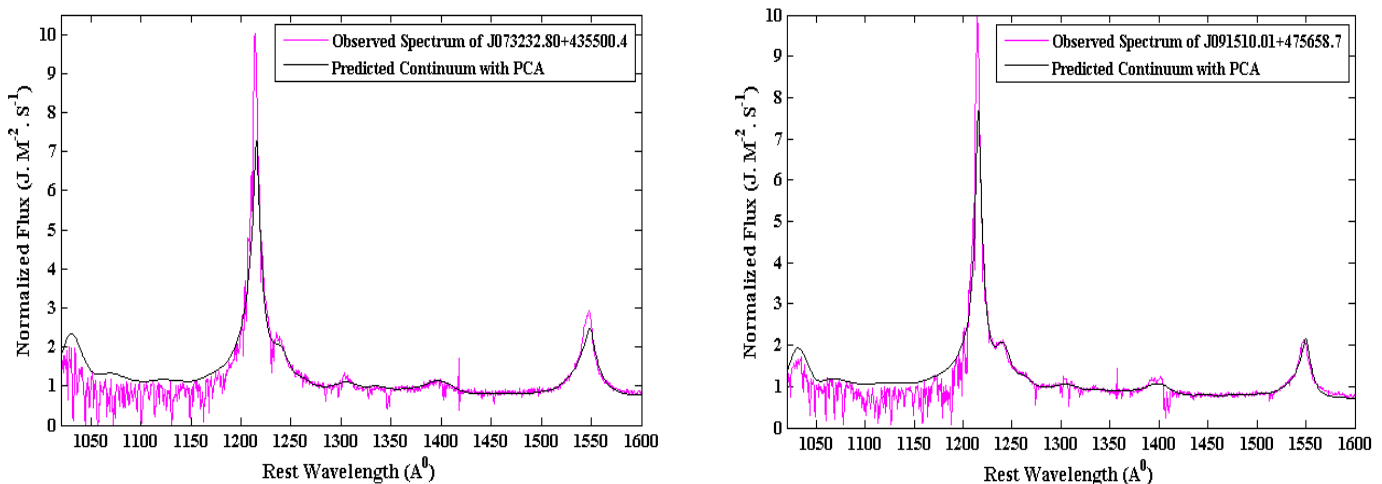
نمونه‌ی آماری داده‌ها را از مجموعه‌ی بیش از ۱۰۵۰۰۰ کوازار منتشر شده در DR7 انتخاب نمودیم. تعداد ۸۹۲ کوازار انتقال به سرخ‌های $2/7 \leq Z \leq 4/7$ و قدرمطلق در صافی آبی آنها کمتر از (۲۸-) دارند. ۲۲۷ عدد از تعداد کوازارهای فوق به دلیل اینکه یا طیف آنها ناقص بود و یا در طیف آنها خطوط جذبی پهن وجود داشت، کنار گذاشته شدند. و ما با ۶۶۵ کوازار باقی مانده کار را ادامه دادیم، تا با اعمال روش PCA، طیف پیوسته‌ی این کوازارهای تابان را در ناحیه‌ی جنگل لیمان‌آلفا پیش‌بینی کنیم.

نتیجه‌گیری

به همان روشی که در مقاله‌ی سوزوکی و همکارانش آمده بود [۲]، برای تمام کوازارها، پس از تعیین طیف مشاهده‌ای در چارچوب ناظر ساکن در کوازار و طیف پیوسته‌ی متعلق به ناحیه‌ی قرمز طیف، از این قسمت طیف استفاده نموده و طیف کامل کوازار در هر دو ناحیه را تخمین زدیم که به عنوان نمونه در شکل ۱ طیف مشاهده‌ای و طیف پیش‌بینی شده به این روش برای ۲ تا از کوازارها نشان داده شده است [۴]. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، طیف پیوسته‌ی پیش‌بینی شده در قسمت‌هایی به خوبی بر طیف مشاهده‌ای برازش شده و در قسمت‌هایی

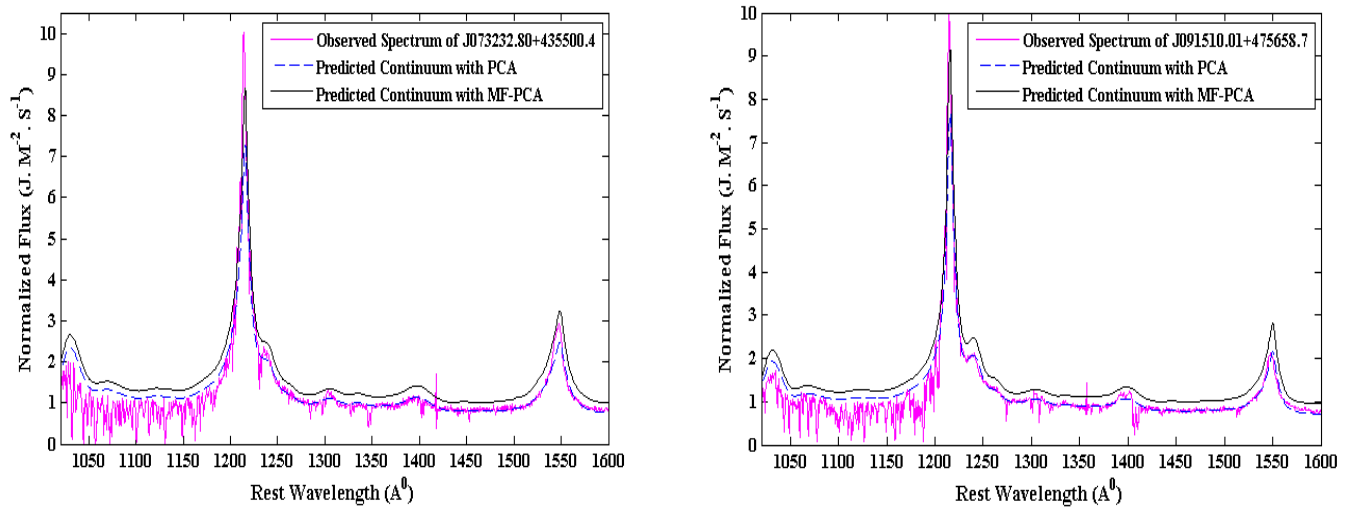
مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

برازش مناسبی ندارد (برای مثال، قسمت‌های قرمز طیف که خطوط جذبی کمتری دارند، طیف پیوسته به خوبی برازش شده و در برخی کوازارها، طیف پیوسته‌ی پیش‌بینی‌شده، خط نشری لیمان‌آلفا را بطور کامل پوشش نمی‌دهد). برای برطرف کردن این مشکل می‌بایست از روش MF-PCA استفاده کرد، بدین منظور کافی است پس از تعیین طیف پیوسته برای تمامی کوازارها، با استفاده از این طیف‌های پیوسته و تغییر دادن پارامترهای آزاد a_{MF} و b_{MF} در معادله‌ی (۲)، بهترین طیف‌های پیوسته‌ی برازشی بر طیف‌های مشاهده‌ای را بدست آورد (شکل ۲). همان‌طور که انتظار می‌رود RMS برای ۶۶۵ کوازار مورد مطالعه در اینجا، مقادیری از ۲ تا ۵ درصد بدست آمد و میانگین RMS در $2/7 \leq z \leq 4/7$ و نسبت سیگنال به نوفه‌ی بزرگتر از ۱۰ ($S/N > 10$)، ۳ درصد می‌باشد. پس می‌توان گفت، در انتقال به سرخ ثابت، متوسط RMS با افزایش نسبت سیگنال به نوفه، کاهش می‌یابد. در انتقال به سرخ‌های پائین‌تر برای خطوط طیفی با نسبت سیگنال به نوفه‌ی پائین، خطای RMS نسبتاً بالا است چون تنظیم متوسط شار به افزایش ترازهای نوفه‌ی نزدیک انتهای آبی خطوط طیفی SDSS با $\lambda_{obs} \sim 4000\text{\AA}$ وابسته است. این نشان می‌دهد که حتی در طیف کوازارهای با نسبت سیگنال به نوفه‌ی محدود، خطاهای پیش‌بینی طیف‌های پیوسته به روش PCA به ۳ تا ۴ درصد خطای RMS منجر می‌شود، که این خطا نسبت به خطای RMS روش‌های مستقیم برازش طیف پیوسته (مانند روش PL) بسیار کمتر است.



شکل ۱: طیف پیوسته‌ی کوازارهای J091510.01+475658.7 و J073232.80+435500.4 بدست آمده با روش PCA.

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)



شکل ۲: طیف پیوسته‌ی کوازارهای J073232.80+435500.4 و J091510.01+475658.7 بدست آمده با روش MF-PCA.

مرجع‌ها

- [1]. P. Paris, et al; "A Principal Component Analysis of quasar UV spectra at $Z \sim 3$ "; *Astronomy & Astrophysics* 530, (2011) id.A50.
- [2]. N. Suzuki, et al; "Predicting QSO Continua in the $\text{Ly}\alpha$ Forest"; *Astrophysical Journal* 618, (2005) 592-600.
- [3]. K. Lee, N. Suzuki and N. Spergel; "mean-flux-regulated principal component analysis continuum fitting of Sloan digital sky survey $\text{Ly}\alpha$ forest spectra"; *The Astronomical Journal* 143, No. 2 (2012) 1-14.
- [4]. Z. Kiamehr, and A. Aghaee, "Determination of the quasar continuum using the principal components of spectrum", Msc. Thesis, university of Sistan and Baluchestan, Zahedan, 2012.