مقاله‌نامه بیست و سومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۰-۲۹ اردیبهشت ۱۳۹۵)

قید رصدی روی پارامتر دوران در ساختار های بزرگ مقیاس با استفاده از تعداد خوشه های کهکشانی

احمد مهرابی [۱]، محمد ملک جانی [۱]

[۱] دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

پارامتر دوران در حد غیر خطی تحول ساختار ها وارد می شود و وجود آن روی تعداد ساختار ها اثر می گذارد. در این کار فرض می کنیم برای ساختار های بزرگ مقیاس این پارامتر وجود دارد و مخالف صفر است سپس با نوشتن معادلات خطی و غیر خطی تحول نا همگنی ها تعداد خوشه های کهکشانی را محاسبه کرده و با مقایسه آن ها با داده های رصدی، یک حد بالا برای پارامتر دوران به دست خواهیم آورد.

تعداد ساختار های شکل گرفته در یک کیهان به مدل کیهان شناسی وابسته است و از طریق تابع زیر قابل محاسبه است.

$$\frac{dn}{dM}=\frac{\rho}{M}\frac{d\nu}{dM}f(\nu) \qquad (۱)$$

در این جا $\nu(\mathrm{M,z})=\frac{\delta_c}{\sigma}$ و تابع $f(\nu)$ تابع توزیع جرم نام دارد که می توان آن را تابع توزیع پرس- شکتر[۱] و یا شت- تورمن[۲] در نظر گرفت. در این کار ما تابع توزیع جرم شت-تورمن [۱] را در نظر می گیریم:

$$f(\nu)=0.2709\sqrt{\frac{2}{\pi}}(1+1.109\nu^{0.3})\exp(-\frac{0.707\nu^2}{2}) \qquad (۲)$$

و واریانس جرم را از طریق رابطه زیر محاسبه می کنیم.

$$\sigma^2(\mathrm{R,z})=\frac{1}{2\pi^2}\int_0^\infty k^2P(\mathrm{k,z})\,\mathrm{W}^2(\mathrm{kR})\,\mathrm{dk} \qquad (۳)$$

تابع $P(\mathrm{k,z})$ تابع طیف توان جرم است [۲]. تعداد کل ساختار ها با جرم مشخص را می توان با انتگرال گیری از تابع توزیع جرم روی یک بازه جرمی و حجم همراه به دست آورد. یک پارامتر اساسی در محاسبه تعداد ساختار ها تباین چگالی بحرانی δ_c است که مقدار تباین چگالی یک ساختار مشخص در رژیم خطی را نشان می دهد هنگامی که معادلات غیر خطی برای این ساختار واگرا می شوند. تعداد ساختار ها در یک مدل با حساسیت بالایی به تباین چگالی بحرانی وابسته است. برای محاسبه تباین چگالی بحرانی ابتدا روابط مربوط به معادلات خطی و غیر خطی را نوشته و سپس شرایط اولیه ای را پیدا می کنیم که معادله غیر خطی در یک انتقال به سرخ مشخص واگرا شود. با قرار دادن این شرایط اولیه در معادله خطی تباین چگالی بحرانی به دست می آید. معادله تحول شعاع یک ناحیه کروی با در نظر گرفتن تکانه زاویه ای به صورت زیر است.

---

[1] Press-Schechter
[2] Sheth-Tormen

$$\frac{d^2R}{dt^2} = -\frac{GM}{R^2} + \frac{4}{25}\Omega^2 R \qquad (٤)$$

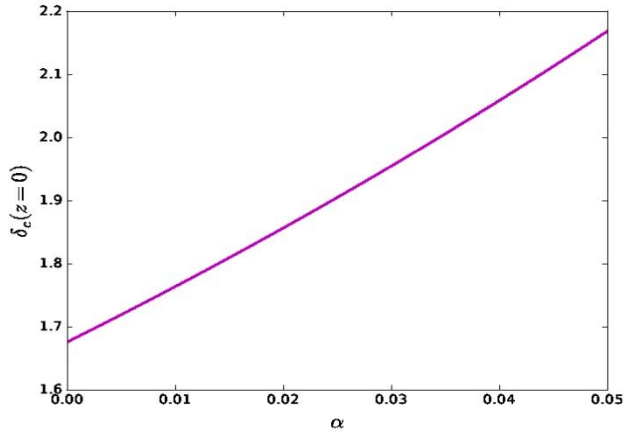
با تعریف پارامتر دوران به صورت

$$\alpha = \frac{L^2}{M^3 RG} \qquad (٥)$$

که نسبت نیروی گریز از مرکز به نیروی گرانش است، معادله تحول غیر خطی تباین چگالی ماده به صورت زیر است.

$$\delta_m'' + (\frac{3}{a} + \frac{E'}{E})\delta_m' - \frac{4}{3}\frac{\delta_m'^2}{1+\delta_m} - \frac{3}{2a^5E^2}(1-\alpha)\Omega_m\delta_m(1+\delta_m) = 0 \qquad (٦)$$

با حذف جملات غیر خطی، معادله تحول خطی به دست می آید. در این کار از مدل استاندارد ΛCDM برای محاسبه تعداد ساختار ها استفاده شده است. در شکل (۱) نحوه تغییرات تباین چگالی بحرانی بر حسب پارامتر چرخش نشان داده شده است.



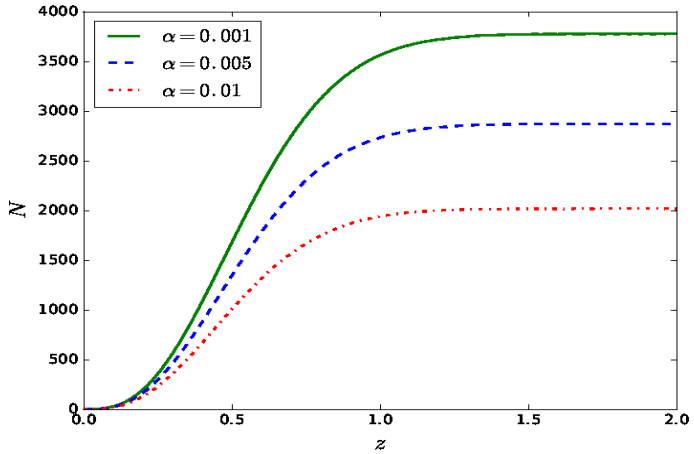
شکل ۱ : تباین چگالی بحرانی در زمان حال بر حسب پارامتر چرخش

برای مقید کردن پارامتر چرخش با استفاده از داده های رصدی، از داده های معرفی شده در [۳] استفاده شده است. این داده ها تعداد ساختار های با جرم برابر و یا بزرگتر از $M' = 8\times10^{14}h^{-1}M_{\odot}$ را در ٤ بازه انتقال به سرخ نشان می دهند و با استفاده از تابش ایکس به دست آمده اند. با توجه به این که تباین چگالی بحرانی وابسته به پارامتر چرخش است، تعداد ساختار ها نیز وابسته به این پارامتر خواهد شد. در شکل (۲) نحوه تغییر تعداد ساختار ها با جرم بزرگتر از M' درمدل ΛCDM و با $\Omega_m = 0.3$ نشان داده شده است. همان طور که مشخص است با افزایش پارامتر دوران تعداد ساختار ها کاسته خواهد شد. برای مقایسه تعداد ساختار ها با داده های رصدی نیاز به محاسبه تباین چگالی در زمان ویریال شدن ساختار داریم. برای محاسبه تباین چگالی در زمان ویریال از رابطه

$$\Delta_{vir} = \zeta(\frac{x}{y})^3 \qquad (٧)$$

استفاده شده که در این جا ζ تباین چگالی در زمان برگشت، x فاکتور مقیاس در واحد فاکتور مقیاس در زمان برگشت و y نسبت شعاع کره در زمان بازگشت به زمان ویریالی است [٤]. برای یافتن یک قید رصدی روی پارامتر دوران از داده های ابرنواختر [٥]، نوسانات آکوستیکی[٦]، تابش زمینه کیهانی [٧] و تعداد ساختار ها استفاده شده است. در واقع داده های ابر نواختر، نوسانات آکوستیکی و تابش زمینه کیهانی هندسه فضا را مشخص کرده و تعداد

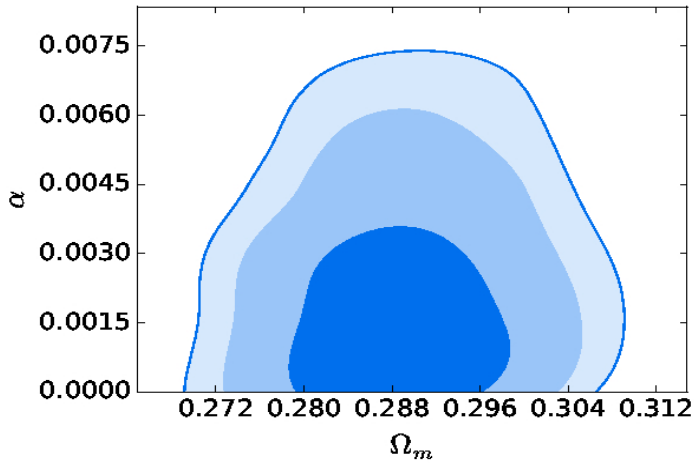
ساختار ها روی پارامتر دوران قید می گذارد. در این کار با استفاده از روش مونته کارلو مارکوف چین مقادیر بهینه و خطای پارامتر ها را به دست می آوریم. نتایج حاصل از این محاسبات در جدول (۱) گزارش شده است. در پایان ناحیه های با احتمال ۶۸، ۹۵ و ۹۹ درصد برای پارامتر های چگالی ماده و دوران در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۲ : تعداد کل ساختارها بر حسب انتقال به سرخ برای ۳ مقدار متفاوت پارامتر چرخش.

parameters	Best	1- σ	2- σ	3- σ
Ω_m	0.289	± 0.0066	$^{+0.013}_{-0.014}$	$^{+0.017}_{-0.016}$
h	0.678	± 0.017	$^{+0.032}_{-0.033}$	$^{+0.038}_{-0.043}$
α	5×10^{-4}	< 0.0027	< 0.0057	< 0.0075

جدول۱ : نتایج حاصل از برازش داده های رصدی و مدل در نظر گرفته شده.



شکل ۳ : ناحیه های یک، دو و سه سیگما برای پارامتر های چگالی ماده و دوران.

مرجع‌ها

[1] Sheth R. K., Tormen G., 2002, *MNRAS*, **329**, 61
[2] Eisenstein D. J., Hu W., 1998, *Astrophys. J.*, **496**, 605
[3] Campanelli L., Fogli G. L., Kahniashvili T., Marrone A., Ratra B., 2012, *European Physical Journal C*, **72**, 2218
[4] Wang P., 2006, *Astrophys. J.*, **640**, 18
[5] Suzuki N., Rubin D., Lidman C., Aldering G., et.al 2012, *ApJ*, **746**, 85
[6] Hinshaw G., et al., 2013, *ApJS*, **208**, 19
[7] Huang Q.-G., Wang K., Wang S., 2015, *JCAP*, **1512**, 022