# رابطه‌ی $\frac{M_*}{L}$ – رنگ با در نظر گرفتن تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی

**فایضه شعبانی[۱]، اکرم حسنی زنوزی[۱]**

[۱] مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه در زنجان- دانشکده‌ی فیزیک

## چکیده

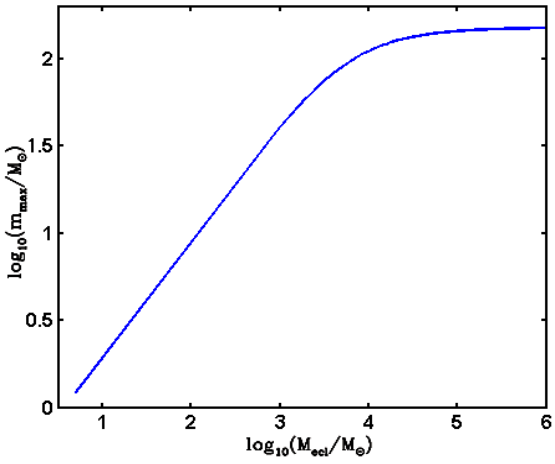
*شکل تابع جرم اولیه‌ی ستاره‌ای، اهمیت بنیادی در درک خواص فیزیکی کهکشان‌ها دارد. برای تفسیر کمیت‌های قابل مشاهده‌ی کهکشان-ها، مانند فراوانی شیمیایی و یا درخشندگی در نوارهای عبوری مختلف و تبدیل آن‌ها به خصوصیات فیزیکی مانند جرم ستاره‌ای کل، آهنگ ستاره‌زایی و یا تاریخچه‌ی تحول شیمیایی، نیاز داریم تابع جرم اولیه‌ی کهکشان‌ها را بدانیم. تا کنون تابع جرم اولیه برای کهکشان‌ها با تابع جرم اولیه‌ی خوشه‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شد. در این پژوهش، به مقایسه‌ی رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ در جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده با اعمال تابع جرم اولیه و تابع جرم اولیه‌ی کهکشان‌ها (IGIMF)، پرداخته شده است.*

رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ، یک ابزار رایج برای تخمین جرم ستاره‌ای در سیستم‌های فراکهکشانی است. در یک جمعیت ستاره‌ای پیچیده، که ستاره‌های آن سن و فلزیت‌های مختلفی دارند، این رابطه به آهنگ ستاره‌زایی (SFR) و تابع جرم اولیه (IMF) بستگی دارد. آهنگ ستاره‌زایی، مقدار جرم گازی است که در واحد زمان به ستاره تبدیل می‌شود. تابع جرم اولیه، هیستوگرام جرمی ستاره‌ها در هنگام تشکیل یک سیستم ستاره‌ای است. از آن‌جایی که خصوصیات و روند تحولی ستاره‌ها وابستگی شدیدی به جرم آن‌ها دارد، بنابراین تابع جرم اولیه، تحول ستاره‌ای را به تحول سیستم‌های ستاره‌ای مرتبط می‌کند. تابع جرم اولیه غالبا به صورت یک رابطه‌ی توانی، به شکل $\xi(m) \propto m^{-\alpha}$ نشان داده می‌شود. تابع جرم اولیه به‌طور مستقیم فقط در خوشه‌های ستاره‌ای تعیین شده است. نظریه‌ی تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی بر این فرض استوار است که تمام ستاره‌های موجود در کهکشان، در خوشه‌های ستاره‌ای شکل می‌گیرند. هم‌چنین به نظر می‌رسد که خوشه‌های ستاره‌ای بر طبق تابع توزیع توانی تک بخشی به شکل $\xi_{ecl} = M_{ecl}^{-\beta}$ توزیع می‌شوند که $M_{ecl}$ جرم خوشه‌های ستاره‌ای است و $\beta$ از مرتبه‌ی ۲ است. بر طبق این رابطه، تعداد خوشه‌های کوچکتر در کهکشان‌ها بیشتر است. بیشترین مقدار جرم ستاره‌ای ($m_{max}$) که می‌تواند در خوشه‌ها وجود داشته باشد، به جرم کل خوشه ($M_{ecl}$) بستگی دارد (شکل ۱).

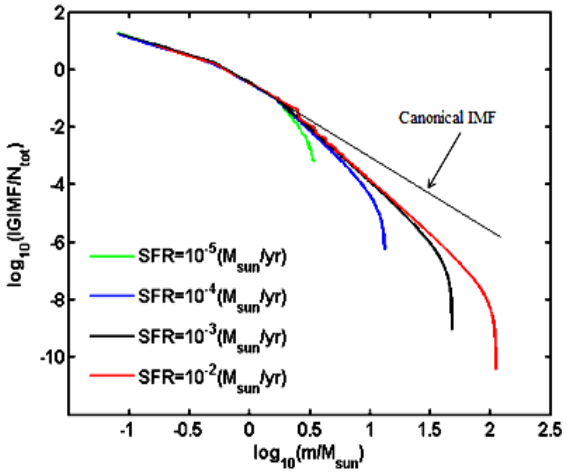
تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی با جمع زدن روی تمام توابع جرم اولیه‌ی خوشه‌ها به شکل رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود.

$$\xi_{IGIMF}(m,t) = \int_{M_{ecl,min}}^{M_{ecl,max}(SFR(t))} \xi\,(m \le m_{max})\ \xi_{ecl}\,(M_{ecl})\,dM_{ecl} \qquad (1)$$

$M_{ecl,min}$ و $M_{ecl,max}$ به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار جرم کل ممکن برای خوشه‌هایی است که در جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده وجود دارند. کمترین جرم ممکن برای خوشه‌ها $5M_{\odot}$ فرض می‌شود در حالی‌که بیشترین مقدار جرم ممکن به آهنگ ستاره‌زایی بستگی دارد [1,2]. در شکل (۲)، تابع جرم اولیه‌ی کانونیک با تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی برای آهنگ ستاره‌زایی‌های مختلف مقایسه شده است.




شکل ۱: رابطه‌ی بیشترین مقدار جرم ستاره‌ای ($m_{\max}$) و جرم کل خوشه ($M_{\rm ecl}$).

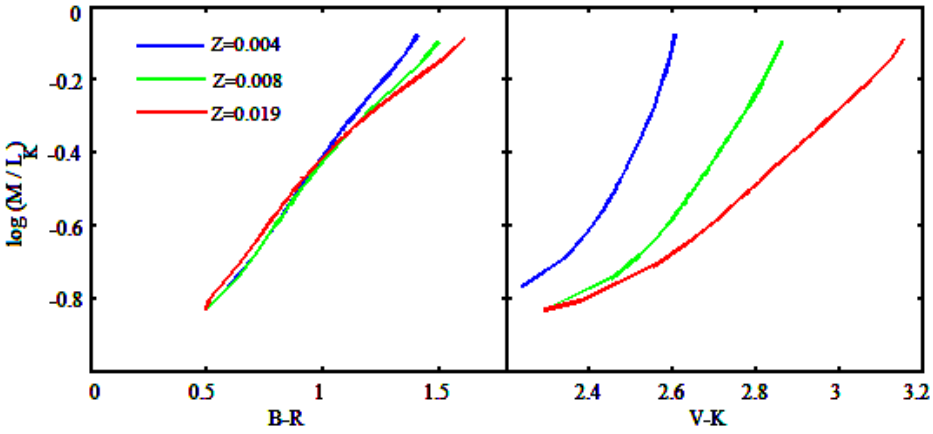



شکل ۲: مقایسه‌ی تابع جرم اولیه‌ی کانونیک با تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی به ازای آهنگ ستاره‌زایی‌های مختلف. مشاهده می‌کنیم که تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی، شیب تندتری از تابع جرم اولیه‌ی خوشه-ها دارد و با کاهش آهنگ ستاره‌زایی، شیب آن تندتر می‌شود.

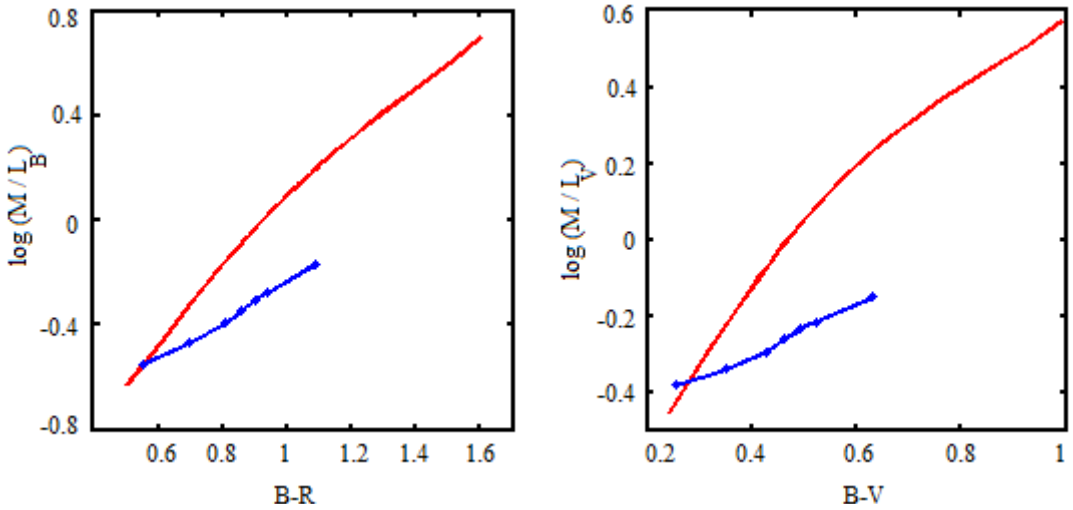
در این پژوهش، رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی ($\frac{M_*}{L}$) و رنگ برای جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده، با اعمال تابع جرم اولیه‌ی کروپا (۱۹۹۸) و تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی به‌دست آمده و با هم مقایسه می‌شوند. به منظور سنتز جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده، از پایگاه داده‌ی Padova استفاده کرده‌ایم [3]. مدل‌های سنتز جمعیت ستاره‌ای ابزاری برای تعبیر و تفسیر نور جمع‌آوری شده از کهکشان‌ها و چگونگی ارتباط آن با خواص کهکشان‌ها مانند رنگ، نسبت ($\frac{M_*}{L}$) و غیره هستند. به عبارت دیگر این مدل‌ها، به‌طور ایده‌آل تعیین می‌کنند که چه ترکیبی از ستاره‌ها منجر به این مشاهدات می‌شوند.

در مدل‌سازی اول، از مدل نمایی کاهنده یا افزاینده با زمان برای آهنگ ستاره‌زایی استفاده کرده‌ایم: $\psi(t) \propto e^{\frac{-t}{\tau}}$. آهنگ ستاره‌زایی نمایی کاهنده و افزاینده، با مقادیر مثبت و منفی $1/55 \leq \tau(\mathrm{Gyr}) \leq \infty$ و $-50 \leq \tau \leq -1$ مدل شده‌اند. هم‌چنین تابع جرم اولیه‌ی سیستم را تابع جرم کروپا (۱۹۹۸) انتخاب کرده‌ایم و رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ را برای سه فلزیت مختلف در نوارهای عبوری اپتیکی و فروسرخ نزدیک به‌دست آورده‌ایم (شکل ۳).

در مدل‌سازی دوم، آهنگ ستاره‌زایی سیستم را مقادیر ثابت در محدوده‌ی $10^{-5} \leq SFR\ (\frac{M_\odot}{yr}) \leq 10$ انتخاب کرده‌ایم و به جای تابع جرم اولیه‌ی کانونیک، تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی را به عنوان تابع توزیع جرمی ستاره‌ها در جمعیت ستاره‌ای پیچیده در نظر گرفته‌ایم و فلزیت سیستم را فلزیت خورشید انتخاب کرده‌ایم (شکل ۴)، سن هر دو مدل ۱۰ Gyr است.




شکل۳: رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ در جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده با اعمال تابع جرم اولیه‌ی کروپا (۱۹۹۸).




شکل ۴: رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ در جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده با تابع جرم اولیه‌ی کروپا (۱۹۹۸) (خط قرمز) و تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی(خط آبی). مشاهده می‌کنیم که، شیب و عرض از مبدا رابطه‌ی نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ، با در نظر گرفتن تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی تغییر می‌کند.

## نتیجه‌گیری

تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی در محدوده‌ی جرم‌های سنگین، شیب تندتری نسبت به تابع جرم اولیه‌ی خوشه‌ها دارد و با کاهش آهنگ ستاره‌زایی، شیب آن تندتر می‌شود، بنابراین در شیب و عرض از مبدا رابطه‌ی $\frac{M_*}{L}$- رنگ تاثیر می‌گذارد. در قدم بعدی، قصد داریم آهنگ ستاره‌زایی را به عنوان تابعی از زمان در تابع جرم اولیه‌ی کهکشانی وارد کنیم و رابطه‌ی جدیدی برای نسبت جرم ستاره‌ای به درخشندگی و رنگ در جمعیت‌های ستاره‌ای پیچیده در نوارهای عبوری مختلف به‌دست بیاوریم.

## مرجع‌ها

1. Pflamm-Altenburg J., Weidner C., and Kroupa P., 2010, arXiv: 1011. 2200 v1.

2. Kroupa P., 2007, arXiv:astro-ph/0703124v1.

3. http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd.