نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم
جلد۱۱، شماره ۳
تاریخ چاپ: پاییز ۱۳۹۱

نورسنجی نواحی مرکزی کهکشان M33 در فرو سرخ نزدیک

*فاطمه نیکذات، محمد تقی میرترابی: دانشگاه الزهرا، گروه فیزیک

چکیده

در این مقاله، تصاویری که به‌کمک دوربین نجومی UFTI متصل به تلسکوپ UKIRT واقع در رصدخانه موناکی در هاوایی از نواحی مرکزی کهکشان M33 گرفته شده، تحلیل شده‌اند. این کار بخشی از پروژه بزرگ‌تری است که از سال ۲۰۰۳ آغاز شده و هدف آن بررسی ستاره‌های غول سرخ و ناحیهٔ مجانبی غول‌ها در کهکشان M33 است. قدر در فیلتر K برای ۱۸۵۰۹ ستاره به‌کمک برازش تابع نقطه‌پخش محاسبه شده است. فهرست نهایی ستاره‌ها، پس از کالیبراسیون قدر ستاره‌ها به‌کمک ستاره‌های استاندارد به‌دست آمده است. با تطبیق فهرست ستاره‌ها با فهرست‌های قبلی از نواحی مرکزی کهکشان M33 نمودار قدر- رنگ رسم شده است. نمودار قدر- رنگ، ستاره‌های شاخهٔ غول‌های قرمز و شاخهٔ مجانبی غول‌ها و ستاره‌های کربنی را در هستهٔ کهکشان M33 نشان می‌دهد.

مقدمه

هر چند کهکشان M33 نزدیک‌ترین کهکشان به ما نیست، اما کهکشانی است که در بهترین وضعیت برای بررسی ساختارهای ستاره‌ای قرار دارد. جهت کهکشان M33 در آسمان به‌گونه‌ای است که گاز و غبار کهکشان راه شیری مانع رصد آن نمی‌شود و بر خلاف کهکشان مسلسله، ساختارهای ستاره‌ای در آن کاملاً واضح است. کهکشان M33، از لحاظ بزرگی پس از کهکشان مسلسله و کهکشان راه شیری، سومین کهکشان مارپیچی در گروه محلی است. این کهکشان در صورت فلکی مثلث قرار دارد و در حدود ۱ درجه از آسمان را می‌پوشاند. ماژول فاصله برای کهکشان M33 به‌کمک ابر غول‌های پرجرم آبی $\mu=۲۴/۹۳\pm۰/۱۱$ محاسبه شده است [۱]. بر این مبنا فاصلهٔ کهکشان M33 در حدود ۹۶۰ کیلو پارسک تخمین زده می‌شود.

بیش‌تر نور فروسرخ نزدیک کهکشان‌ها را ابر غول‌ها، غول‌های سرخ و شاخهٔ مجانبی غول‌ها تولید می‌کنند. درخشندگی زیاد این گروه از ستاره‌ها و مقدار کوچک ضریب خاموشی در ناحیهٔ فرو سرخ، رصد این ستاره‌ها را در کهکشان‌های نزدیک آسان‌تر می‌کند. غول‌ها دورهٔ کوتاهی از طول عمر چندده میلیون تا چندمیلیارد سالهٔ، ستاره‌هایی با حداکثر ۳۰ جرم خورشید را تشکیل می‌دهند، به‌گونه‌ای که جمعیت این ستاره‌ها در کهکشان را می‌توان به‌عنوان نشانه‌ای از تاریخچه ستاره‌زایی در کهکشان به‌حساب آورد [۲]. جو غول‌ها به‌دلیل انبساط و کاهش شتاب جاذبه بسیار ناپایدار است، ناپایداری خود را به شکل نوسانات ستاره‌ای نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کهکشان M33 ، نورسنجی، مدل نقطه پخش
دریافت ۹۱/۲/۷ پذیرش ۹۱/۸/۱
*نویسنده مسئول fatemeh.nikzat@gmail.com

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

شکل۱. وضعیت تصاویر UFTI نسبت به کهکشان M33 ، در گوشهٔ راست پایین تصویر راهنمای موقعیت تصاویر در جدول۱، نشان داده شده است.

در این نوسانات شعاع، دما و درخشندگی ستاره به‌شکل تناوبی تغییر می‌کند . دامنهٔ نوسانات در شاخهٔ مجانبی غول‌ها از همه بیش‌تر است و ممکن است در اثر انبساط بسیار زیاد ستاره، گاز و غبار موجود در جو از میدان گرانش ستاره فرار کند و به‌شکل بادهای شدید ستاره‌ای از ستاره دور شود [۳] و [۴]. بر این مبنا ستاره‌های شاخه مجانبی غول‌های مهم‌ترین عامل تولید و انتشار عناصر سنگین در کهکشان‌ها هستند.

این مقاله بخشی از کاری بزرگ‌تر است که هدف آن بررسی ستاره‌های غول و شاخهٔ مجانبی غول‌ها در کهکشان M33 است. در این پژوهش از ابزارهای مختلف متصل به تلسکوپ UKIRT[۱] برای تصویربرداری در اندازه‌ها و زمان‌های مختلف بهره برده شده است. نتایج اولیه در [۵] و [۶] منتشر شده‌اند. در این مقاله‌ها تصاویری که در مدت ۲ سال (۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵) به‌کمک ابزار UIST[۲] در فیلترهای J، H و K گرفته شده بودند، تحلیل شدند. در این مقاله بخش کوچک‌تری از داده‌ها که به‌کمک ابزار UFTI[۳] به‌دست آمده و فقط محدود به فیلتر K می‌شود، تحلیل می‌شود.

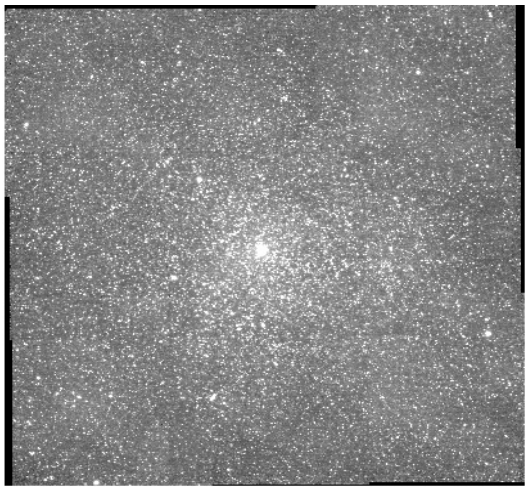
رصد

تلسکوپ UKIRT، تلسکوپی بازتابی با قطر آینه اصلی ۳/۸ متر است. این تلسکوپ، بزرگترین تلسکوپی است که در محدودهٔ طول‌موج‌های فروسرخ فعالیت می‌کند. تلسکوپ UKIRT در ارتفاعات موناکی هاوایی قرار گرفته است. دوربین UFTI، یکی از دوربین‌های نجومی متصل به تلسکوپ UKIRT است که در محدودهٔ طول موج‌های ۲/۵-۱ میکرون تصویربرداری می‌کند. تصاویر دوربین UFTI، ۱۰۲۴×۱۰۲۴ پیکسل و مقیاس هر پیکسل "۰/۰۹ است. به‌این ترتیب هر تصویر UFTI، ۱/۵×۱/۵ دقیقه قوسی از آسمان را پوشش می‌دهد.

۱. United Kingdom InfraRed Telescope
۲. UKIRT Imager Spectrometer
۳. UKIRT Fast-Track Imager

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

برای تصویربرداری از نواحی مرکزی کهکشان M33، از یک موزاییک ۳×۳ استفاده کردیم. شکل ۱ وضعیت این موزاییک را نسبت به کل کهکشان M33 نشان می‌دهد. خانه‌های موزاییک طوری چیده شده بودند که بخشی از لبه‌های هر تصویر همپوشانی داشت. از این همپوشانی برای تطبیق دقیق تصاویر و کالیبراسیون همگون همهٔ ستاره‌ها استفاده شد. در نهایت با احتساب همپوشانی‌ها، موزاییک ۳×۳ در حدود ۱۶ دقیقه قوسی مربع از مرکز کهکشان را پوشش داد. این موزاییک معادل با مربعی به اضلاع یک کیلو پارسک در محل کهکشان M33 است.



شکل۲. تصویر مرجع کهکشانM33

رصد در سه شب متوالی در۱۱، ۱۲ و۱۳ آگوست ۲۰۰۵ و تنها در فیلترK (فیلتر K98 از مجموعه فیلترهای تلسکوپ UKIRT) انجام شد. در هر شب از تمامی خانه‌های موزاییک تصویربرداری شد. به‌این ترتیب که ابتدا از خانهٔ مرکزی موزاییک (خانه ۱) سپس به‌ترتیب بقیهٔ خانه‌ها و در انتها دوباره از خانه یک تصویر گرفته می‌شد. در انتها از هر خانه جانبی سه تصویر و از خانه مرکزی ۶ تصویر به‌دست آمد.

در جدول ۱مشخصات تصاویر از قبیل تاریخ، هواتوده، زمان نوردهی و موقعیت آن‌ها در موزاییک تصاویر فهرست شده است.در مرحلهٔ اول با انطباق لبه‌های مشترک تصاویر، یک تصویر مرجع از تمامی تصاویر به‌دست آمد.

در شکل ۲ تصویر مرجع حاصل از ترکیب تمامی ۳۰ تصویر نشان داده شده است. در این تصویر هستهٔ مرکزی کهکشان واضح است. پس از بررسی اولیه همهٔ۳۰ تصویر، مشاهده شد که به‌دلیل برخی اشکالات الکترونیکی در دوربین UFTI لبه‌های تصاویر واضح نیستند. برای اصلاح این تصاویر، به‌طور متوسط به‌اندازهٔ ۵ ثانیه قوسی، از چهار طرف کادر تصاویر بریده شد. با توجه به این‌که از ابتدا تصاویر با هم با اندازهٔ ۲۰ ثانیهٔ قوسی همپوشانی داشتند، این اصلاح همپوشانی تصاویر را از بین نبرده است. از این همپوشانی در مراحل بعدی برای کالیبراسیون و تطبیق اخترسنجی استفاده می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

جدول۱. مشخصات تصاویر، ستون آخر نشان‌دهندهٔ موقعیت تصویر در موزاییک ۳×۳ است، که بر مبنای راهنمای شکل ۱ شماره‌گذاری شده است

موقعیت	هواتوده	تاریخ	شماره
۱	۱/۰۴۵-۱/۰۳۵	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۱۶
۱	۱/۰۸۷-۱/۰۶۸	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۱۷
۱	۱/۰۴۷-۱/۰۶۱	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۱۸
۳	۱/۲۶۴-۱/۲۲۱	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۱۹
۳	۱/۴۰۱-۱/۳۴۰	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۲۰
۳	۱/۰۳۲-۱/۰۲۵	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۲۱
۸	۱/۰۸۴-۱/۰۶۶	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۲۲
۸	۱/۱۴۵-۱/۱۱۷	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۲۳
۸	۱/۰۲۶-۱/۰۳۳	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۲۴
۴	۱/۲۱۶-۱/۱۷۹	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۲۵
۴	۱/۳۳۳-۱/۲۸۰	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۲۶
۴	۱/۰۲۴-۱/۰۲۰	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۲۷
۷	۱/۱۰۸-۱/۰۸۶	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۲۸
۷	۱/۱۸۱-۱/۱۴۸	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۲۹
۷	۱/۰۲۰-۱/۰۲۵	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۳۰

موقعیت	هواتوده	تاریخ	شماره
۶	۱/۱۳۹-۱/۱۱۳	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۱
۶	۱/۲۲۵-۱/۱۸۶	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۲
۶	۱/۰۱۸-۱/۰۲۰	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۳
۵	۱/۱۷۵-۱/۱۴۳	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۴
۵	۱/۲۷۴-۱/۲۳۰	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۵
۵	۱/۰۲۰-/۰۱۸	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۶
۹	۱/۰۶۳-۱/۰۴۸	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۷
۹	۱/۱۱۴-۱/۰۹۱	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۸
۹	۱/۰۳۵-۱/۰۴۵	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۹
۲	۱/۳۲۲-۱/۲۷۱	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۱۰
۲	۱/۴۸۵-۱/۴۱۲	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۱۱
۲	۱/۰۴۴-۱/۰۳۴	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۱۲
۱	۱/۳۸۸-۱/۳۲۸	۱۱/۰۸/۲۰۰۵	۱۳
۱	۱/۵۸۱-۱/۴۹۵	۱۲/۰۸/۲۰۰۵	۱۴
۱	۱/۰۶۰-۱/۰۴۶	۱۳/۰۸/۲۰۰۵	۱۵

نورسنجی

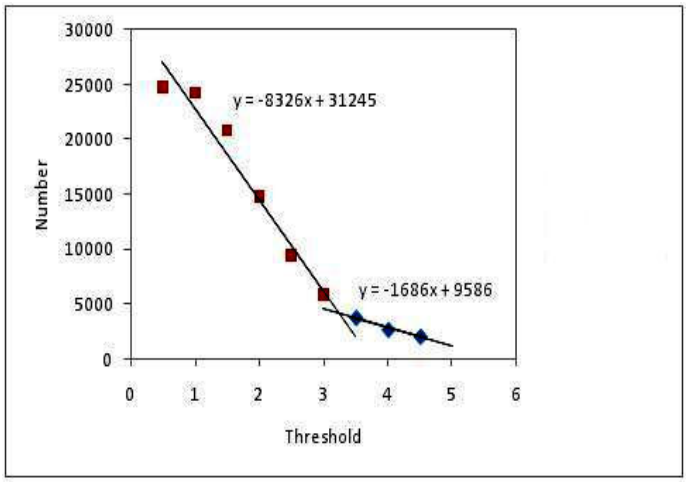
بسته‌ی نرم‌افزاری DAOPHOT، [۷]، [۸]، [۹]، [۱۰] که به زبان برنامه‌نویسی فورترن نوشته شده است، به‌طور خودکار نورسنجی تصاویر عمیق نجومی را انجام می‌دهد.

این کُد با یافتن بیشینه‌های محلی نور در تصویر که شدت نور قلهٔ آن‌ها ضریب قابل تنظیمی به‌نام ضریب آستانه[۱]، از انحراف معیار در نور زمینهٔ آسمان است، مکان و قدر تقریبی ستاره‌ها را محاسبه می‌کند. از این مقادیر اولیه در مراحل بعدی برای برازش تابع نقطه‌پخش و محاسبه قدر و موقعیت دقیق ستاره‌ها استفاده می‌شود. خروجی نهایی کُد DAOPHOT فهرستی از موقعیت و قدر ستاره‌ها است.

برای یافتن بهترین مقدار برای ضریب آستانه تعداد قله‌های مشخص شده با روتین FIND در کُد DAOPHOT بر حسب مقادیر مختلف ضریب آستانه در شکل ۳ رسم شده است. برای مقادیر کوچک ضریب آستانهٔ بیش‌تر قله‌های یافته شده با روتین FIND قله‌های نویز نور زمینه آسمان هستند. با افزایش ضریب آستانه قله‌های نویز کم‌تر می‌شوند. چنان‌که شکل ۳ نشان می‌دهد تغییر شدید در شیب تعداد قله‌ها، نشانهٔ کاهش چشم‌گیری در تعداد قله‌های نویز است به‌عبارت دیگر تغییر شیب در نمودار باید به‌دلیل تغییر رفتار آماری قله‌ها باشد. چنان‌که به‌نظر می‌رسد برای ضریب آستانهٔ بزرگ‌تر از ۳/۵ اکثریت قله‌های یافته شده باید ستاره باشند. در تحلیل تصاویر UFTI قله‌های نوری را که ارتفاع آن‌ها بیش‌تر از ۳/۵ برابر انحراف معیار نور زمینهٔ آسمان است را ستاره فرض کردیم.

۱. Threshold

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]



شکل۳. تعیین مقدار حدی مناسب

برای اطمینان از این که مقدار ضریب آستانه مناسب است، پس از استخراج فهرست اولیهٔ ستاره‌ها مکان محاسبه شده را با مکان ستاره‌ها روی تصویر مقایسه کردیم. مشاهده شد که بیش از ۹۰ درصد قله‌های یافته شده ستاره هستند. با افزایش ضریب آستانه بیش از ۳/۵ تعداد ستاره‌های جایابی شده کاهش می‌یافت و به‌وضوح ستاره‌هایی روی تصویر دیده می‌شد که جایابی نشده بودند. نمودار شکل ۳ برای خانهٔ وسط (خانهٔ ۱، شکل ۱) و خانه‌های کناری (خانه‌های ۲،۳،۴،۵) از موزاییک رسم شد و مشاهده شد که مقدار بهینه ضریب آستانه به مکان تصویر در موزاییک بستگی ندارد.

روتین FIND با مشخص شدن مقدار بهینه ضریب آستانه برای تمامی ۳۰ تصویر اجرا شد و ۳۰ فهرست اولیه از قدر و موقعیت تقریبی ستاره‌ها به‌دست آمد. در تمامی موارد برای اطمینان از صحت کار موقعیت ستاره‌ها با تصویر آن‌ها مقایسه شد. کُد DAOPHOT برای تعیین دقیق قدر ستاره‌ها از روش نورسنجی نقطه‌پخشی بهره می‌برد. در این روش ابتدا با برازش تابع گاوسی بر تصویر ستاره‌های پرنور و مجزا از بقیه ستاره‌ها، فرم کلی تابع نقطه‌پخش به‌دست می‌آید. سپس برای محاسبهٔ نور هر کدام از ستاره‌ها، تابع نقطه‌پخش بر مبنای نور ستاره باز مقیاس می‌شود. در نهایت روشنایی ستاره که متناسب با انتگرال تابع نقطه‌پخش باز مقیاس شده است، محاسبه می‌شود. این روش مخصوصاً برای مناطقی از تصویر که ستاره‌ها به‌هم نزدیک هستند و تصویر آن‌ها هم‌پوشانی دارد، مفید است. در این مناطق به کمک تابع نقطه‌پخش می‌توان نور ستاره‌ها را از هم تفکیک کرد.

برای ساخت تابع نقطه‌پخش در تصاویر UFTI، ابتدا در هر تصویر بین ۷ تا ۲۰ ستاره انتخاب شدند. تلاش شد تا پر نورترین ستاره‌ها که به‌اندازهٔ کافی از بقیه جدا هستند انتخاب شوند تا برازش تابع نقطه پخش با کم‌ترین خطا انجام شود. علاوه بر این ستاره‌ها در نقاط مختلف تصویر انتخاب شدند به‌طوری‌که بتوان تغییرات تابع نقطه پخش را در نقاط مختلف تصویر بررسی کرد. پس از برازش تابع گوسی به همهٔ ستاره‌ها مشاهده شد که در همهٔ

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

تصاویر شکل تابع نقطه‌پخش به مکان ستاره روی تصویر بستگی ندارد، به‌طوری‌که برای هر تصویر می‌توان یک تابع نقطه پخش میانگین در نظر گرفت. به‌این ترتیب ۳۰ تابع نقطه پخش میانگین برای ۳۰ تصویر محاسبه شد. در مرحله بعدی با استفاده از فهرست مختصات ستاره‌ها، مدل نقطه‌پخش به‌دست آمده برای هر تصویر روی همهٔ ستاره‌های همان تصویر برازش شد و قدر ابزاری ستاره‌ها محاسبه شد. برای اطمینان از دقت قدرهای ابزاری به‌دست آمده، به‌کمک فهرست قدر و موقعیت ستاره‌ها و تابع نقطه پخش،۳۰ تصویر شبیه‌سازی شده ساخته شد. با کم کردن هر تصویر شبیه‌سازی شده از تصویر اصلی مشاهده شد که اختلاف چشم‌گیری بیش از انحراف معیار نور زمینهٔ آسمان در دو تصویر دیده نمی‌شود. بنا بر این ۳۰ فهرست مجزا از ۳۰ تصویر به‌دست آمد. برای تهیهٔ فهرست کلی ستاره‌ها، ستاره‌های لبه هر تصویر به‌کار گرفته شد. به‌دلیل هم‌پوشانی لبه‌های تصاویر همسایه، ستاره‌های لبه باید در هر دو فهرست مشترک باشند. پس از یافتن ستاره‌های مشترک رابطه‌ای بین موقعیت ستاره در دو فهرست به‌دست آمد و به‌کمک این رابطه هر دو موقعیت به یک دستگاه مختصات مشترک بین دو فهرست منتقل شدند. سپس همهٔ ۳۰ فهرست به فهرستی کلی تبدیل شد.

تصحیح روزنهٔ نورسنجی

در جاهایی که تصویر ستاره‌ها هم‌پوشانی دارند، برای پرهیز از این‌که نور ستاره کناری در اندازه‌گیری نور و یا برازش تابع نقطه‌پخش دخالت کند. باید روزنه نورسنجی و یا محدودهٔ برازش تابع نقطه‌پخش را کوچک در نظر گرفت. در این نواحی ممکن است برازش تابع نقطه‌پخش به درستی انجام نشود. منظور از تصحیح روزنه، حذف خطاهای منظمی است که به‌دلیل کوچک شدن ناگزیر روزنه نورسنجی به‌وجود می‌آید.

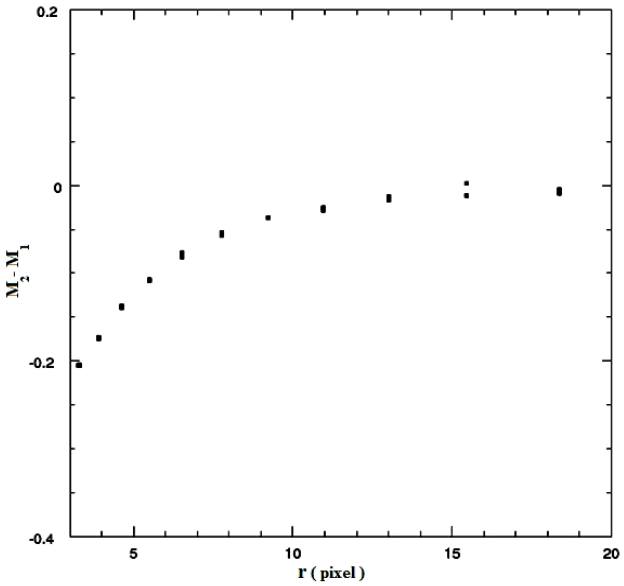
برای تصحیح روزنهٔ بین ۵ تا ۸ ستاره در نواحی خلوت هر تصویر انتخاب شدند. قدر روزنه‌ای این ستاره‌ها در شعاع‌های متفاوت، بدون دخالت ستاره‌های اطراف به‌دست آمد. منظور از روزنه در اینجا دایره‌ای به مرکز ستاره است. با بررسی منحنی رشد ستاره‌ها در شکل ۴، می‌بینیم که اختلاف قدر ستاره از یک شعاعی به بعد، بسیار کم است. واضح است که با افزایش شعاع روزنه، قدر ستاره به سمت یک مقدار ثابت میل می‌کند. بدین معنی است که همهٔ شار ستاره در شعاع‌های قبلی، برای محاسبهٔ قدر در نظر گرفته شده است. اختلاف قدر تابع‌نقطه پخشی این ستاره‌ها با بهترین قدر در روزنه نورسنجی برای تصحیح و کالیبراسیون قدر ستاره‌ها استفاده می‌شود.

کالیبراسیون قدر

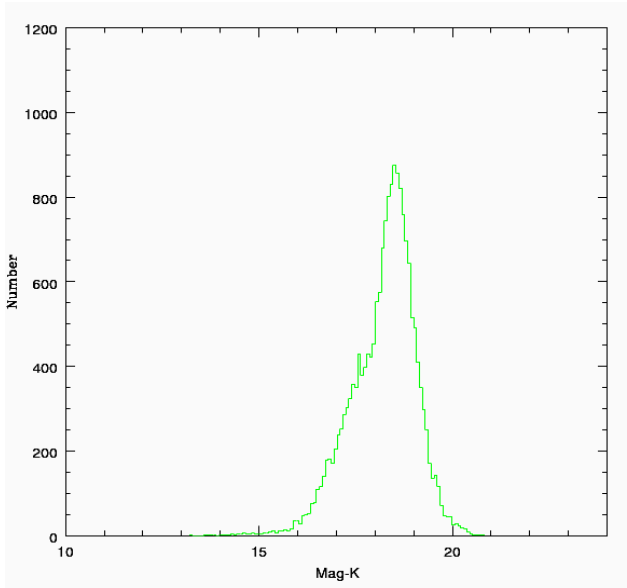
برای انطباق قدرهای به‌دست آمده با سیستم‌های نورسنجی استاندارد، از فهرست ستاره‌های برداشت UIST [۵] استفاده شد. به این ترتیب که با مقایسهٔ تصاویر UFTI با تصاویر UIST ستاره‌های مشترک در دو تصویر مشخص شدند. سپس به‌کمک این ستاره‌ها و با برازش خطی، رابطه‌ای بین قدرها در دو فهرست به‌دست آمد. از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

این رابطه برای تبدیل قدر بقیه ستاره‌های فهرست UFTI به قدر استاندارد UIST استفاده شد. در مراحل کالیبراسیون تصحیحات مربوط به خاموشی جوی بر مبنای میزان هوا توده در هنگام تصویربرداری انجام شد. شکل (۵) توزیع فراوانی قدر نهایی را در فیلتر K نشان می‌دهد.



شکل۴. نمودار اختلاف قدر بر حسب شعاع روزنه

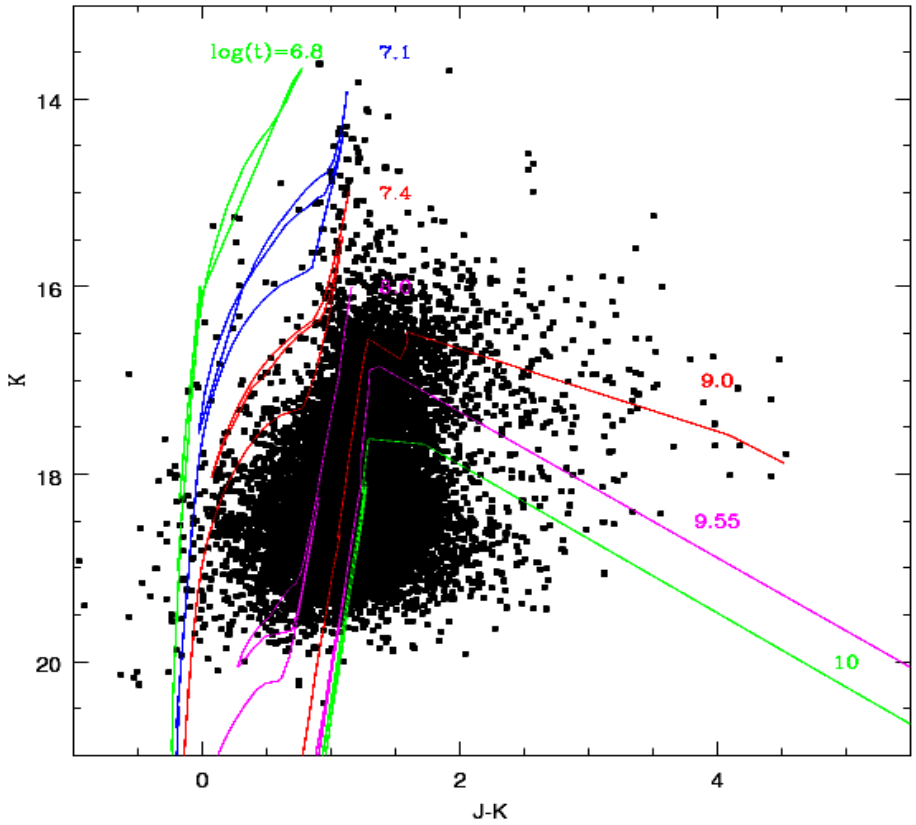


شکل۵. توزیع فراوانی قدر ستاره‌ها در فیلتر K

برای رسم نمودار قدر-رنگ ابتدا با مقایسهٔ فهرست UFTI با فهرست UIST [۵] ستاره‌های مشترک مشخص شدند. مشاهده شد که بیش از ۷۰ درصد ستاره‌ها در هردو فهرست یکسان هستند. بدین‌ترتیب به‌کمک قدر در فیلتر J از فهرست UIST شاخص رنگ J-K برای ستاره‌های مشترک معلوم شد. شکل ۶ نمودار قدر-رنگ را برای ستاره‌های مشترک دو فهرست نشان می‌دهد. در نمودار قدر- رنگ، منحنی‌های هم زمان تحول

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

ستاره‌ای که مارجیو [۲] محاسبه کرده است، نیز دیده می‌شود. این منحنی‌ها نشان‌دهندهٔ نمودار قدر- رنگ خوشه‌ای فرضی است. که در آن ترکیب شیمیایی و سن همهٔ ستاره‌ها یکسان است و جرم ستاره‌ها از تابع جرم اولیه سال پیتر [۱۱] پیروی می‌کند.



شکل۶. نمودار قدر- رنگ برای ستاره‌های مرکزی کهکشان M33. منحنی‌ها نشان‌دهندهٔ نمودار قدر رنگ محاسبه شده هستند این نمودارها با فرض ترکیب شیمیایی معادل خورشید و تابع جرم اولیه سال پیتر محاسبه شده‌اند لگاریتم سن خوشه روی هر کدام از نمودارها ثبت شده است.

در همهٔ نمودارها ترکیب شیمیایی ستاره‌ها، معادل ترکیب شیمیایی خورشید در نظر گرفته شده است. در شکل ۶ نمودارهای هم زمان برای خوشه‌هایی با سن‌های مختلف رسم شده‌اند. با مقایسه نمودارهای هم زمان با توزیع ستاره‌های مرکزی کهکشان M33 در نمودار قدر- رنگ می‌توان سن تقریبی گروه‌های ستاره‌ای را در مرکز M33 تخمین زد. چنان‌که منحنی‌های همزمان در نمودار قدر- رنگ نشان می‌دهند، طیف ستاره‌های هسته کهکشان M33 از ابر غول‌های قرمز درخشان با سنی حدود ۱۰ میلیون سال تا ستاره‌های کم‌جرم تحول یافته با سنی حدود ۱۰ میلیارد سال گسترده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

نتیجه‌گیری

در این تحقیق فهرستی از ۱۸۵۰۹ ستاره از ناحیه‌ای به ابعاد هزار پارسک مربع از مرکز کهکشان M33 به‌دست آمده است. این فهرست به‌همراه فهرست جوادی و همکاران [۵] و [۶] از کامل‌ترین فهرست‌های ستاره‌ای از مرکز یک کهکشان مارپیچی است.

اکثر ستاره‌ها در ناحیهٔ ۲>(J-K)>۰ و ۱۷/۵<K<۱۹/۵ جمع شده‌اند. اینها ستاره‌های غول قرمز با جرمی در حدود ۱ تا ۱۰ جرم خورشید هستند که مرحلهٔ رشتهٔ اصلی را پشت سر گذاشته‌اند.

در ناحیهٔ ۲>(J-K)>۰ و ۱۶<K<۱۷/۵ گروه کوچک‌تری از ستاره‌ها دیده می‌شوند، که احتمالاً ستاره‌های شاخهٔ مجانبی غول‌ها هستند، ستاره‌هایی تحول یافته با هستهٔ کربنی که در آن‌ها هلیوم و هیدروژن در پوسته‌های هم‌مرکز در اطراف هسته می سوزد. جرم این ستاره‌ها باید در حدود ۲ تا ۸ جرم خورشید باشد.

در بالای این ستاره‌ها در ناحیه ۲>(J-K)>۰ و ۱۴<K<۱۶ گروه کوچک‌تری دیده می‌شوند که یا ستاره‌های ابر غول قرمز با جرمی بیش از ۱۰ جرم خورشید هستند و یا احتمالاً ستاره‌های کهکشان راه شیری که در امتداد خط دید ما قرار گرفته‌اند.

در ناحیه قرمز نمودار قدر- رنگ ۲<(J-K) گروه پراکنده‌ای از ستاره‌ها دیده می‌شوند. این‌ها ستاره‌های کم جرم و کاملاً تحول یافته هستند. در این ستاره‌ها درخش‌های پی‌درپی هلیوم در پوستهٔ هلیوم‌سوز، پوسته هیدروژن‌سوز را کاملاً منبسط کرده و احتمالاً به شکل ابری از گاز و غبار در اطراف ستاره جمع شده است.

غبار موجود در این ابر که ناشی از چرخه‌های عمیق هم‌رفتی است، عناصر سنگین را از لایه هلیوم سوز به سطح آورده‌اند. این غبار نور مرئی ستاره را جذب می‌کند و در ناحیهٔ فروسرخ تابش می‌کند. به‌همین دلیل این ستاره‌ها قرمزتر از دیگران دیده می‌شوند. مدل‌های اختر فیزیکی نشان می‌دهند که این ستاره‌ها در حدود ۷۰ درصد جرم خود را از طریق بادهای ستاره‌ای در فضای بین ستاره‌ای پخش می‌کنند و مسئول اصلی تغییر ترکیب شیمیایی در کهکشان هستند.

قدردانی

از راهنمایی‌های ارزشمند دکترجاکو ون‌لون، دکتر عاطفه جوادی و دکتر حبیب خسروشاهی بسیار سپاس‌گزارم. همچنین از پیتر استتسون به خاطر پیشنهادات سازنده ایشان تشکر می‌کنم.

منابع

1. U. Vivian, M. A. Urbaneja, R. P. Kudritzki, B. A. Jacobs, F. Bresolin and N. Przybill, "A New Distance to M33 Using Blue Supergiants and the FGLR Method", ApJ, 704 (2009) 1120-1134

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

2. P. Marigo, L. Girardi, A. Bressan, M. A. T. Groenewegen, L. Silva and G. L Granato, "Evolution of asymptotic giant branch stars. II. Optical to far-infrared isochrones with improved TP-AGB models", A&A, 482 (2008) 883-905
3. J. Th. van Loon, M. A. T. Groenewegen, A. de Koter, N. R. Trams, L. B. F. M. Water, A. A. Zijlstra, P. A. Whitelock and C. Loup, "Mass-loss rates and luminosity functions of dust-enshrouded AGB stars and red supergiants in the LMC", A&A, 351 (1999) 559-572
4. J. Th. van Loon, M.-R. L. Cioni, A. A. Zijlstra and C. Loup, "An empirical formula for the mass-loss rates of dust-enshrouded red supergiants and oxygen-rich Asymptotic Giant Branch stars", A&A, 438 (2005) 273-289
5. A. Javadi, J. Th. van Loon and M. T .Mirtorabi, "The UK Infrared Telescope M33 monitoring project-I. Variable red giant stars in the central square kiloparsec", MNRAS, 411 (2011) 263–276
6. A. Javadi, J. Th. van Loon and M. T. Mirtorabi, "The UK Infrared Telescope M33 monitoring project - II. The star formation history in the central square kiloparsec, MNRAS", 414 (2011) 3394–3409
7. P. B. Stetson, "DAOPHOT: A computer program for crowded-field stellar photometry", PASP, 99 (1987) 191-222
8. P. B. Stetson, "On the growth-curve method for calibrating stellar photometry with CCDs", PASP, 102 (1990) 932-948
9. P. B. Stetson, "Further Progress in CCD Photometry", Spct.conf, 136 (1993) 291
10. P. B. Stetson, "The center of the core-cusp globular cluster M15: CFHT and HST Observations", ALLFRAME reductions, PASP, 106 (1994) 250-280
11. E. E. Salpeter, "The Luminosity Function and Stellar Evolution", ApJ, 121(1955) 161.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]