بسم الله الرحمن الرحیم

محاسبه فاصله کهکشان‌ها از زمین و با استفاده از قانون هابل

پژوهشگران: عسل افخمی، هستیا عسایی

دبیران راهنما: مریم براتی، فاطمه تارا رصافیان

پایه هشتم، دبیرستان دوره اول فرزانگان ۵، استان تهران-تهران-منطقه ۲

پشتیبان علمی: مجموعه فن تیوب

چکیده: امروزه با توجه به قانون هابل ($V=H_{\circ}D$) که در آن V سرعت کهکشان (که با کمک اثر داپلر و پدیده سرخ گرایی به دست می‌آید) و D فاصله آن از زمین (که در معادله با واحد مگاپارسک محاسبه می‌شود) و $H_{\circ}$ عدد ثابت هابل که معادل با ۶۹.۹ می‌باشد، و با داشتن سرعت کهکشان‌ها می‌توان فاصله آنها را از زمین به طور تقریبی (به دلیل تقریبی بودن داده‌های موجود) محاسبه کنیم. سپس با توجه به سرعت دورشدن و فاصله کهکشان از زمین، بعد از طبقه‌بندی داده‌ها در جدول، نموداری تهیه کردیم که در این نمودار شاهد رابطه مستقیم و سیر صعودی آن‌ها بودیم.

چکیده

امروزه با توجه به قانون هابل ($V=H_0D$) که در آن V سرعت کهکشان (که با کمک اثر داپلر و پدیده سرخ گرایی به دست می‌آید) و D فاصله آن از زمین (که در معادله با واحد مگاپارسک محاسبه می‌شود) و H_0 عدد ثابت هابل که معادل با ۶۹.۹ می‌باشد، و با داشتن سرعت کهکشان‌ها می‌توان فاصله آنها را از زمین به طور تقریبی (به دلیل تقریبی بودن داده‌های موجود) محاسبه کنیم. سپس با توجه به سرعت دورشدن و فاصله کهکشان از زمین، بعد از طبقه‌بندی داده‌ها در جدول، نموداری تهیه کردیم که در این نمودار شاهد رابطه مستقیم و سیر صعودی آن‌ها بودیم. برای به‌دست‌آوردن داده‌های مورد نیاز از فهرست NGC و فهرست IC که دو تا از فهرست‌های بزرگ و جامع نجومی هستند که در دسترس عموم قرار گرفته‌اند، استفاده کردیم و همچنین تبدیلات مورد نیاز (تبدیل سال نوری به مگاپارسک) را با استفاده از کامپیوتر انجام دادیم.

کلیدواژه:

قانون هابل، محاسبه فاصله کهکشان‌ها از زمین، اثر داپلر، نمودار سرعت - فاصله

مقدمه

برای به‌دست‌آوردن فاصله‌ی اجرام آسمانی تا زمین، نسبت به دور یا نزدیک بودن آنها از زمین، راه‌های متفاوتی وجود دارد که برخی از آنها عبارت‌اند از: بررسی دوره‌ی چرخش سیاره به دور ستاره‌اش با توجه به قانون سوم کپلر، امواج راداری، اختلاف منظر و... ایده این پروژه از جایی در ذهن ما جرقه خورد که چگونه فاصله کهکشان‌هایی بافاصله میلیون‌ها سال نوری را می‌توانند محاسبه کنند و آیا این فاصله همیشه ثابت می‌ماند یا متغیر است؟ و با وجه به این پرسش آیا جهانی ساکن داریم یا جهان پویا و در حال گسترش است. ما با مطالعه در این زمینه دریافتیم که وقتی به اجرام دورتری مثل کهکشان‌هایی بافاصله حداقل ۱۰ مگاپارسک[۱] برسیم، این روش‌ها دیگر پاسخگو نیستند. پس با جست‌وجو در کتاب‌ها و وبگاه‌ها متوجه شدیم دانشمندی به نام ادوین هابل[۲] در سال ۱۹۲۹ با بررسی رابطه میان سرعت و فاصله‌ی کهکشان‌ها از زمین به الگویی ثابت رسیده است که در آن هر چه فاصله‌ی کهکشان‌ها از زمین بیشتر می‌شود، سرعت آنها نیز بیشتر می‌شود؛ بنابراین قانونی به نام قانون هابل را کشف کرد که به‌وسیله آن می‌توان با توجه به ثابت هابل که عددی ثابت است و سرعت حرکت کهکشان که محاسبه‌ی آن برگرفته از اثر داپلر است، فاصله‌ی آن کهکشان را از زمین به دست آورد. ما در این مقاله سعی داریم با پرداختن به قانون هابل و اثر داپلر فاصله‌ی ۱۰ کهکشان را به طور تقریبی به دست بیاوریم و نمودار سرعت - فاصله‌ی آن را رسم کنیم و رابطه بین آنها را بیابیم.

روش کار

در اولین مرحله به مطالعه در زمینه قانون هابل و اثر داپلر پرداختیم و با توجه به شناختی که از این دو پیدا کردیم، به دنبال آخرین عدد توافق شده جهانی ثابت هابل رفتیم. طبق یافته‌های ما این عدد، عددی توافق شده بود که از نسبت فاصله کهکشان‌ها از زمین و سرعت آنها به‌دست‌آمده بود؛ بنابراین برای اینکه خودمان بتوانیم به اثبات این نسبت برسیم، از فهرست IC و NGC چند کهکشان با فاصله‌ی حداقل ۱۰ مگاپارسک انتخاب کردیم (با توجه به اینکه این قانون برای کهکشان‌های دور پاسخگو است.) سپس سرعت آنها را پیدا کرده و در مرحله بعد به محاسبه فاصله آن‌ها به کمک ثابت هابل از زمین پرداختیم و با توجه به داده‌ها آنها را **طبقه‌بندی** کرده و در جدول قرار دادیم. سپس طبق آن نموداری رسم کردیم تا به رابطه میان سرعت و فاصله‌ی کهکشان‌ها از زمین برسیم.

---

[۱] هر مگاپارسک برابر است با ۱ میلیون پارسک

[۲] Edwin Hubble

تحلیل داده‌ها و نتایج حاصل از آزمایش‌ها

با مطالعه درباره قانون هابل متوجه شدیم که جهان با سرعت ثابتی در حال گسترش است. این اندیشه از بررسی و شناخت دو پدیده و به‌وسیله نموداری که توسط ادوین هابل در سال ۱۹۲۸ رسم شده، به دست آمده است. در این نمودار محور عرض‌ها، فاصله کهکشان‌های دور (با حداقل ۱۰ مگاپارسک) از زمین و محور طول‌ها، سرعت آنها می‌باشد و با توجه به صعودی بودن نمودار می‌توان نتیجه گیری کرد که هر چقدر فاصله کهکشان‌ها از زمین بیشتر می‌شود سرعت حرکت آن‌ها نیز بیشتر می‌شود که برای این نسبت عددی ثابت تعیین شده است که به آن عدد ثابت هابل (H_0) گفته می‌شود. البته این عدد در طی این چند دهه با توجه به گروه‌های پژوهشی متعددی که برای محاسبه آن از روش‌های متفاوتی استفاده کردند تغییراتی نیز داشته است؛ بطور مثال در سال ۲۰۰۳ بر سر عدد ۷۲ و طبق آخرین محاسبات صورت گرفته بر سر عدد ۶۹.۹ توافق شده است و در طی این چند دهه به عددهای دیگری همچون ۷۵، ۶۷ و.... رسیده اند.

سرعتی که در این قانون مورد استفاده قرار گرفته است، برگرفته از اثر داپلر[۳] است که این اثر به رابطه میان **طول‌موج**، بسامد و فاصله جرم **ساطع‌کننده** انرژی از **دریافت‌کننده** آن پرداخته است و به‌صورت خلاصه می‌توان گفت در صورت اسکان **دریافت‌کننده** هر چه جرم **ساطع‌کننده** دورتر باشد **طول‌موج** بیشتر و بسامد کمتری دریافت **می‌شود** و هر چه **ساطع‌کننده** نزدیک‌تر باشد **طول‌موج** کوتاه‌تر و بسامد بیشتری دریافت **می‌شود** و دلیل افزایش **طول‌موج**، سرخ گرایی [۴]و کاهش آن، آبی گرایی [۵]است.در ادامه از فهرست NGC و IC چند کهکشان انتخاب کردیم و سرعت ۱۰ تا از آن‌ها را (که فاصله آن‌ها حداقل ۱۰ مگاپارسک از زمین است) را پیدا کردیم و با استفاده از قانون هابل فاصله آن‌ها را از زمین محاسبه کردیم. طبق این قانون در هر مگاپارسک فاصله از زمین سرعت اجرام حدوداً ۷۰ کیلومتر بر ثانیه افزایش پیدا می‌کند، بنابراین به خاطر یک مگاپارسک فاصله که برابر با ۳٫۳۰۰٫۰۰۰ سال نوری است و واحد **اندازه‌گیری** ما در این فرمول می‌باشد دقت **اندازه‌گیری** پایین آمده و در نتیجه محاسبات ما نیز با مقداری خطا روبه‌رو **می‌شود**. در آخر کهکشان‌ها را **طبقه‌بندی** کرده و در جدول قرار دادیم؛ سپس نمودار سرعت - فاصله را رسم کردیم و داده‌ها را در آن درج کرده و نسبت این دو عامل را با یکدیگر مقایسه کردیم.

---

[۳] Doppler Effect

[۴] Red shift

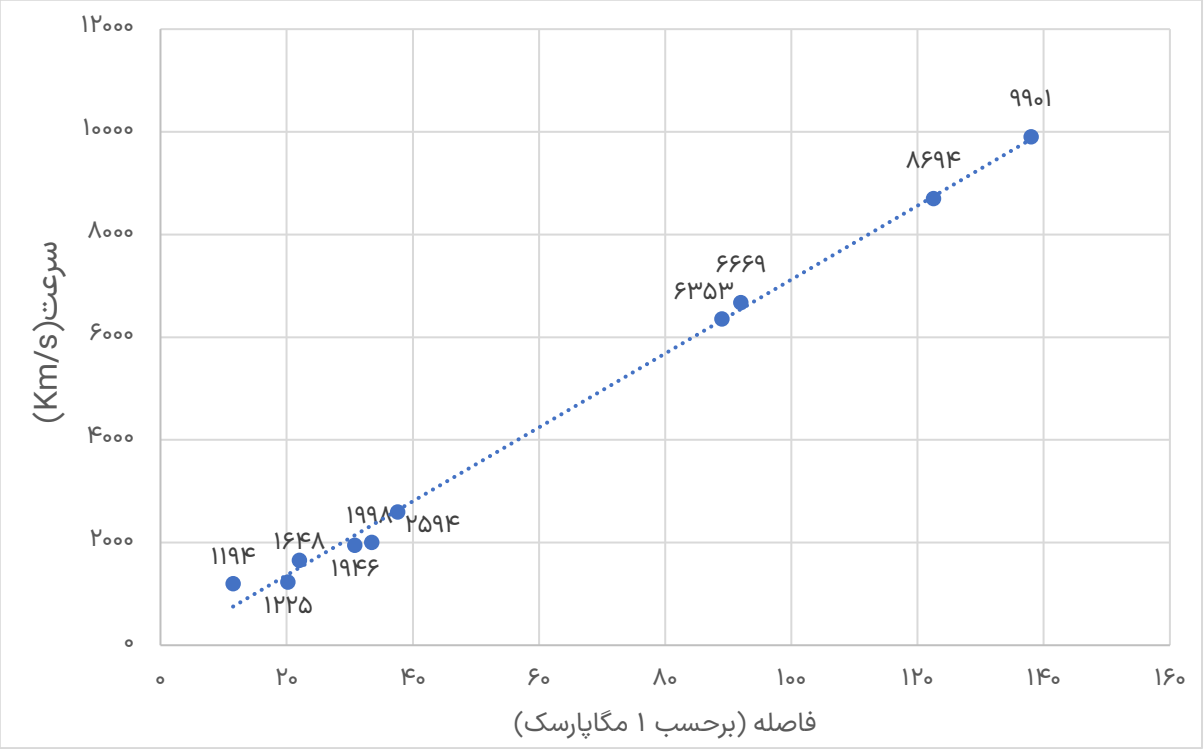
[۵] Blue shift

جدول داده‌های کهکشان‌ها و محاسبه فاصله‌ی آنها و خطا

عناوین / شماره	نام کهکشان	سرعت (km/s)	فاصله ثبت شده کهکشان از زمین (سال نوری)	فاصله ثبت شده کهکشان از زمین (مگاپارسک)	فاصله به‌دست‌آمده کهکشان از زمین (سال نوری)	خطا
۱	NGC۵۶۴۳	۱/۱۹۴	۳/۷۳۱۵/۵۵۱	۱۱.۵	۱۷	۵.۵
۲	NGC۹۳۶	۱/۲۲۵	۶۵/۸۳۴/۶۶۵	۲۰.۲	۱۷.۵	۲.۷
۳	NGCV۷۴۲	۱/۶۴۸	۷۲/۰۰۰/۰۰۰	۲۲	۲۳	۱
۴	NGC۴۵۸۹	۱/۹۴۶	۱۰۰/۵۱۸/۱۳۴	۳۰.۸	۲۷.۸	۳
۵	NGC۲۹۶۲	۱/۹۹۸	۱۰۹/۱۷۱/۰۶۳	۳۳.۵	۲۸	۵.۵
۶	NGC۵۰۱۲	۲/۵۹۴	۱۲۲/۷۷۸/۳۰۷	۳۷.۶	۳۷.۱	۰.۵
۷	NGC۸۳	۶/۳۵۳	۲۹۰/۰۸۳/۴۸۲	۸۹	۹۰.۸	۱.۸
۸	NGC۴۶۷۶	۶/۶۶۹	۳۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۹۲	۹۵.۵	۳.۵
۹	NGC۶۰۹۰	۸/۶۹۴	۴۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۲۲.۵	۱۲۴.۳	۱.۸
۱۰	NGC۵۳۳۱	۹/۹۰۱	۴۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۳۸	۱۴۱.۵	۵

در جدول بالا اسامی کهکشان‌ها، سرعت دورشدن و فاصله آنها از زمین (به سال نوری و مگاپارسک) به ترتیب نوشته شده است و اختلاف فاصله ثبت‌شده‌ی کهکشان‌ها در وبگاه‌های معتبر و فاصله‌ای که ما محاسبه کردیم نیز در جدول به عنوان خطا ذکر شده است.

نمودار سرعت فاصله



در نمودار بالا دو متغیر فاصله (به مگاپارسک) و سرعت (km/s) که در جدول بالا درج شده بود، آورده شده است و طبق نمودار می‌توان گفت که حاصل این دو متغیر، نموداری صعودی به وجود می‌آورد که به این معناست که هر چه فاصله‌ی کهکشان‌ها از زمین دورتر می‌شود سرعت آنها نیز بیشتر می‌شود و به قانون هابل می‌رسیم.

موانع

یکی از موضوعاتی که به عنوان مانعی در این پروژه وجود داشت تغییرات عدد هابل در این چند دهه بود که به‌خاطر این موضوع داده‌های برخی از وبگاه‌های قدیمی[۶] با توجه به اعداد قبلی هابل مطابقت داده شده بودند و یا به‌خاطر به‌روز نبودن برخی از آنها و متغیر بودن سرعت و فواصل اجرام و کهکشان‌ها از زمین، داده‌ها با خطاهایی مواجه بودند و این خطاها حتی اگر کوچک باشند در محاسبات به اختلافات بزرگ‌تری تبدیل می‌شوند که آن اختلافات نیز برای ما حائز اهمیت هستند به‌خاطر همین خطاها در جدول بالا ذکر شده است.

[۶] مثل وبگاه اقتصاد نیوز (۱۳۹۸/۲/۸)
و صاحب خبران (۱۴۰۱/۳/۲۸)

نتیجه‌گیری

طبق قانون هابل ($V=H_0D$) ما با داشتن فاصله‌ی یک کهکشان از زمین و عدد ثابت هابل می‌توانیم به سرعت آن کهکشان برسیم. اما ما در این پژوهش جایگاه داده‌ها را تغییر دادیم؛ یعنی ما با داشتن سرعت کهکشان‌ها و عدد ثابت هابل به فاصله‌ی آنها از زمین دست یافتیم. سپس با قرار دادن آنها در نمودار به یک نمودار صعودی رسیدیم که از آن می‌توان نتیجه گرفت هرچه فاصله‌ی کهکشان‌ها از زمین بیشتر باشد، سرعت حرکت آنها نیز بیشتر می‌شود و در نهایت به نتیجه‌ای ادوین هابل در پایان محاسباتش برای قانون هابل رسید، دست پیدا می‌کنیم.

پیشنهادات

یکی از بزرگ‌ترین عواملی که باعث خطا در کار ما شد دقت کم داده‌ها حتی در وبگاه‌های معتبر بود. برای ازبین‌بردن این خطا قصد داریم با کمک گروه پژوهشی دیگری که به ابزارهای نجومی و همچین داده‌های تسلط بهتری دارند، بعد از ثبت دقیق سرعت یک کهکشان که این بار سرعت واقعی آن در آن لحظه است و رند نشده است، در برنامه‌ای که توسط ما نوشته شده است ثبت شود و با توجه به دستورات داده شده به برنامه که طبق عدد ثابت هابل و سرعت ثبت شده در همان لحظه، برنامه فاصله محاسبه کرده و در هر ثانیه آن را به‌روز کند و در هر زمانی که کاربران برای دیدن فاصله‌ی کهکشان مورد نظر اقدام کنند، این مقدار دقیق را که کاملاً به‌روز است به آنها اعلام کند تا کاربران در محاسباتشان دچار خطا نشوند.

منابع و مراجع

۱. اِ.ای رُی و دی کلارک.ستاره‌شناسی: اصول و عمل. سید احمد سیدی نوقابی.ص ۳۹ تا ص ۴۵

۲. دگانی، مایر.نجوم به زبان ساده، محمدرضا خواجه پور، ص۱۵۹، ص۱۶۲، ص۱۶۳، ص۲۱۹ تا ص۲۳۱، ص۲۶۰ تا ص۲۶۳

۳. فهرست NGC

۴. فهرست IC

۵. https://www.universeguide.com/galaxy/antennaegalaxies