

گذری بر فیلم میان ستاره‌ای (Interstellar)

بهاره شاه‌محمدی

دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
Shahmohamadi.b72@ut.ac.ir

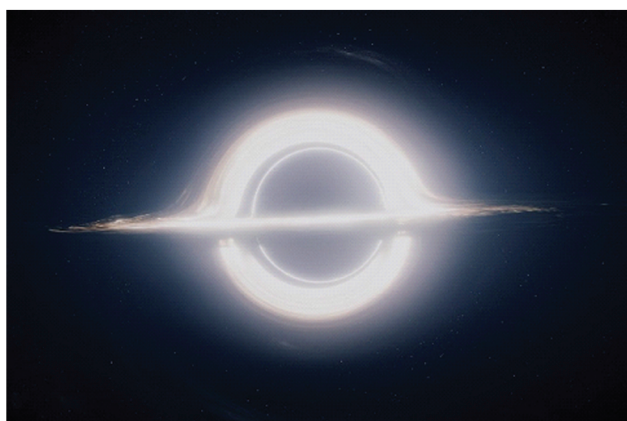
قسمت جالب داستان فیلم از جایی شروع می‌شود که آژانس فضایی متوجه یک کرم‌چاله در نزدیکی زمین می‌شوند و امید دارند که با رد شدن از آن بتوانند سیاره‌ای قابل سکونت را پیدا کنند زیرا در نزدیکی زمین سیاره‌ای برای زندگی وجود ندارد. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، یکی از نظریه‌های استفاده‌شده در فیلم، نظریه‌ی نسبیت عام انیشتین است که به فضا و زمان مربوط است. فضا و زمان صرفاً مختصات کلی ما در دنیا است. وقتی می‌خواهیم موقعیت چیزی را مشخص کنیم به سه مختصات مکانی (طول، عرض و ارتفاع) و یک مختصات زمانی احتیاج داریم. درواقع ما در یک جهان چهاربعدی زندگی می‌کنیم. به‌صورت کلی این نظریه بیان می‌کند وقتی یک جرم به‌اندازه‌ی کافی فشرده شود، به سبب گرانش زیاد ایجادشده سبب خمیدگی فضا و زمان می‌شود به‌طوری‌که هیچ‌چیزی پس از عبور از آن نمی‌تواند به بیرون برگردد که به مرز این ناحیه افق رویداد گفته می‌شود. این ناحیه نور را به دام می‌اندازد و به همین دلیل به جسم ایجاد شده سیاه‌چاله می‌گویند (تصویر ۲). وقتی عمر ستاره‌ای به پایان می‌رسد، در منطقه‌ی کوچکی از فضا فشرده می‌شود و سیاه‌چاله شکل می‌گیرد.

تصور کنید زمان به شکل تونلی رو به بالا بود که شما می‌توانستید در آن حرکت کنید. در بالای آن وارد آینده و در پایین آن وارد زمان گذشته می‌شدید. درواقع فیلم زندگی به شکل حاضر و آماده در اختیار شما بود و می‌توانستید لحظات آن را انتخاب کنید. شاید به نظر این اتفاق ممکن نباشد اما در انتهای فیلم اینتراستلار این رویداد به‌خوبی نشان داده شده است. ماجرای فیلم از این‌قرار است که کوپر (خلبان سابق ناسا) و همکارانش مأموریت دارند از کهکشان راه شیری به کهکشان دیگری بروند. دلیل سفر آن‌ها غیرقابل سکونت شدن زمین برای بشر است. سکانس‌های ابتدایی فیلم این‌گونه شروع می‌شود که زمین به دلیل فرسایش دچار طوفان‌های خاکی شده است و دیگر قابل سکونت نیست (تصویر ۱)؛ بنابراین دانشمندان به دنبال سیاره‌ای در کهکشان دیگر برای زندگی می‌گردند. کارگردان فیلم، کریستوفر نولان، از مفاهیم فیزیکی مختلفی در این فیلم استفاده کرده است که بیشتر آن‌ها پیرامون نسبیت انیشتین و کرم‌چاله و سیاه‌چاله است. جالب است بدانید برای ساخت دقیق‌تر سکانس‌های این فیلم از پروفیسور کیپ تورن، فیزیکدان سرشناس آمریکایی کمک گرفته شده است. پروفیسور کیپ تورن دو شرط برای همکاری و مشاوره‌ی علمی می‌گذارد. اول این که قوانین فیزیک در آن نقض نشود و دوم فرض و حدس‌هایی که به کار گرفته می‌شود سرمنشأ فیزیکی داشته باشند و بر مبنای تخیلات نویسنده نباشد. تنها سکانسی از فیلم که از قوانین فیزیک تبعیت نمی‌کند، وجود کوه‌های یخی در یکی از سیاره‌ها است. پروفیسور جزئیات مربوط به سیاه‌چاله را با حجم ۸۰ ترابایت اطلاعات در اختیار تصویرگران جلوه‌های ویژه‌ی فیلم قرار می‌دهد و آن‌ها برای به تصویر کشیدن آن، نرم‌افزارهای جدیدی طراحی می‌کنند. هزینه‌ی ساخت این فیلم در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۶۸ میلیون دلار بوده است که به ازای هر دقیقه با توجه به زمان فیلم (۱۶۹ دقیقه) معادل ۹۷۶ هزار دلار هزینه بوده است اما فروش فیلم در حدود ۶۷۷ میلیون دلار بوده است [2].

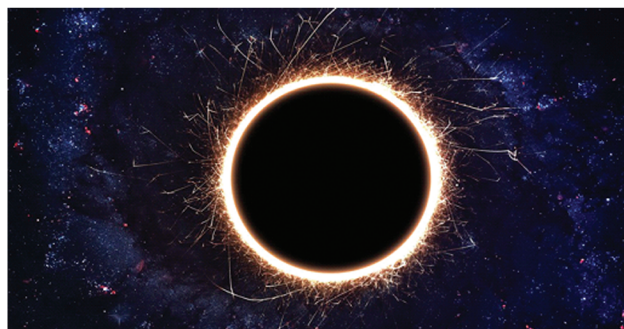


تصویر ۱. طوفان خاکی در فیلم

تفاوت سیاهچاله و کرمچاله در این است که وقتی جسمی وارد سیاهچاله شود نمی‌تواند از آن عبور کند ولی در کرمچاله این اتفاق می‌افتد و ما تفاوت این دو را در فیلم به‌خوبی احساس می‌کنیم. این همان نقشه‌ی A در فیلم است که پروفیسور برنند به کوپر و همکارانش قول می‌دهد که اگر به این سفر بروند راه‌حلی برای غلبه بر گرانش سیاهچاله پیدا می‌کند تا بتوانند نقشه‌ی B که استفاده از جنین‌های فریز شده برای آغاز نسل جدید بشر از نو در سیاره‌ای دیگر است را عملی کنند. لغت نسبت در نظریه‌ی انیشتین اشاره به نسبی بودن زمان دارد که همان مفهوم جالبی است که در فیلم به نمایش گذاشته می‌شود؛ یعنی زمان بر اساس گرانش در بعضی از سیاره‌ها نسبی است. در سیاره‌ای تحت تأثیر گرانش بیشتر، زمان برایتان کندتر می‌گذرد؛ مانند سیاره‌ی میلر در فیلم که به دلیل گرانش زیاد است که یک دقیقه در این سیاره معادل هفت سال زندگی در زمین است یا در انتهای فیلم کوپر علی‌رغم گذشت سال‌های بسیار و پیر شدن دخترش، جوان مانده است. ما در سیستم GPS از این ویژگی استفاده می‌کنیم چراکه زمان برای ماهواره‌ها به دلیل فاصله از زمین سریع‌تر می‌گذرد و باید این اختلاف‌زمان محاسبه‌شده تا دستگاه درست کار کند. جالب است بدانید که پروفیسور کیپ تورن با استیون هاوکینگ، فیزیکدان و کیهان‌شناس معروف انگلستانی بر سر مسائل فیزیکی مطرح‌شده در فیلم اختلاف نظر داشتند [4]. استیون هاوکینگ معتقد بود که سیاهچاله‌ی طراحی‌شده توسط پروفیسور کیپ تورن (تصویر ۴) شبیه به سیاهچاله‌ی واقعی نیست اما چند سال بعد در دهم آوریل سال ۲۰۱۹ ناسا تصویری از سیاهچاله (تصویر ۵) منتشر می‌کند که شباهت بسیار زیادی با سیاهچاله‌ی فیلم اینتراستلار دارد. به‌ظاهر هر دو سیاهچاله نگاه کنید. خطی دور سیاهچاله‌ی اینتراستلار می‌بینید. این نوار درواقع نورهای پشت سیاهچاله هستند که به دلیل گرانش زیاد آن مسیر خمیده‌ای شکل را طی کرده است. در عکس ثبت‌شده از ناسا این نوار روشن کاملاً مشخص نیست زیرا این عکس از زاویه‌ی عمودی گرفته شده است.

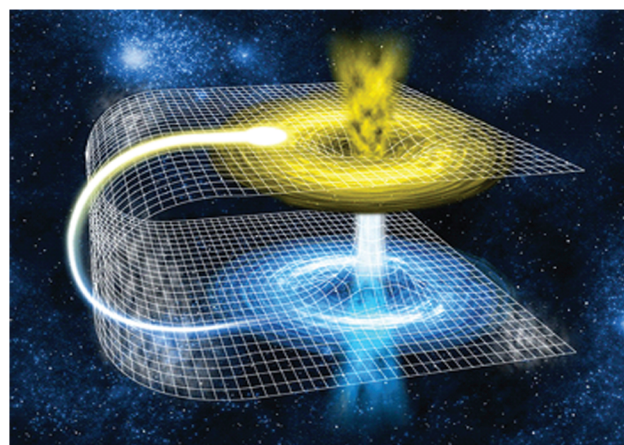


تصویر ۴. سیاهچاله‌ی فیلم اینتراستلار



تصویر ۲. افق رویداد

حالا یک صفحه کاغذ A4 را به‌عنوان فضای دو بعدی و نماد فضا و زمان در نظر بگیرید. فرض کنید در یک نقطه از گوشه‌ی سمت راست کاغذ هستید و به فاصله‌ی هزار سال نوری با نقطه‌ی دو در گوشه‌ی سمت چپ کاغذ قرار دارید. اگر بخواهید از نقطه‌ی یک به نقطه‌ی دو بروید، هزار سال نوری طول می‌کشد. ما این مسافت را نمی‌توانیم با سرعت نور طی کنیم. سرعت سفینه‌های ما خیلی کمتر از سرعت نور است. حتی اگر با سرعت نور هم بخواهیم مسافت هزارساله را برویم، عمر ما به پایان می‌رسد یا سوخت سفینه تمام می‌شود. در مثال بیان‌شده، فرض کنید کاغذ را از وسط تا بزنیم و سوراخی را در وسط دو نیم کاغذ ایجاد کنیم. از طریق این سوراخ مسافت بین دو نقطه کوتاه می‌شود و به اصطلاح فیزیکی شما می‌توانید بین این دو نقطه تله پورت^۱ کنید. این سوراخ همان کرمچاله است (تصویر ۳) که یک ویژگی است که می‌تواند بین دو نقطه میانبر ایجاد کند. انیشتین در سال ۱۹۱۶ پیش‌بینی راجع به امواج گرانشی مطرح کرده است. به عقیده‌ی او وقتی دو یا بیشتر از دو جرم در میدانی گرانشی حرکت کنند، امواج گرانشی تولید می‌کنند که با سرعت نور حرکت می‌کنند و فضا و زمان را در مسیر خود خم می‌کنند [1]. این پیش‌بینی در زمان تولید فیلم هنوز دارای شواهد تجربی نبود ولی از این ویژگی در فیلم استفاده شده است.



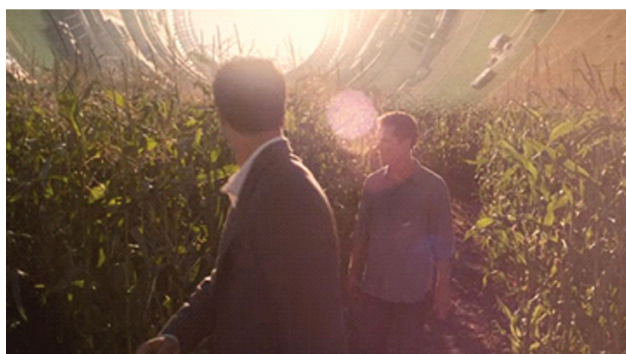
تصویر ۳. کرمچاله

¹ Teleport

شما در حقیقت زندانی لحظه‌ی حال هستید. حال فرض کنید این آزادی در بعد زمان است و اصلاً نیازی به سفر در زمان نباشد. گویا کل لحظات زندگی جلوی چشمتان است و شما حق انتخاب آن را دارید. در فیلم موقعیت ثابت همان اتاق مورف (دختر کوپر) است و کوپر می‌تواند زمان‌های مختلف را در آن ببیند. آیا ساخت چنین فضایی در دنیای ما ممکن است؟ حتی با فناوری‌های پیشرفته‌ی فعلی جواب خیر است ولی ساخت آن دور از ذهن نیست. اگر ما بتوانیم وارد بعد پنجم شویم، با اشراف بر بعد چهارم می‌توانیم این فضا را ایجاد کنیم همان‌طور که ما هم‌اکنون در چهار بعد زندگی می‌کنیم و بر سه بعد مکانی اشراف داریم.

در سکانس‌های پایانی فیلم، مورف با کدهای دریافت کرده از پدرش کوپر از طریق ساعتی که در بچگی به او داده بود، موفق می‌شود نقشه‌ی A را حل کند و بشر را نجات دهد. در نتیجه سفینه‌های استوانه‌ای شکلی طراحی شده است که انسان‌ها می‌توانند در آن زندگی کنند. از طرفی دیگر نیاز نیست که کوپر سوار بر سفینه‌ای از سیاه‌چاله عبور کند و به زمین برگردد بلکه با اطلاعاتی که به دخترش داده است فضای تسرکت برایش بسته شده است و در سفینه‌ی دخترش از خواب بیدار می‌شود. شاید برای شما سؤالی پیش بیاید که چرا باید سفینه‌های استوانه‌ای شکل ایجاد شود. طبق نظریه‌ی انیشتین وقتی یک جسم کروی حول مرکزش بچرخد، گرانش نسبی تولید می‌شود؛ بنابراین با چرخیدن سفینه‌ی استوانه‌ای، گرانش برای زندگی انسان‌ها روی سطح آن فراهم می‌شود (تصویر ۷).

باید گفت این فیلم تصویری آرمانی از آینده‌ی بشر نشان می‌دهد اما تا رسیدن به فناوری موردنیاز برای به دست آوردن اطلاعات از سیاه‌چاله و کرم‌چاله فاصله بسیار است. تازه اگر از دید خوش‌بینانه کرم‌چاله‌ای هم وجود داشته باشد.

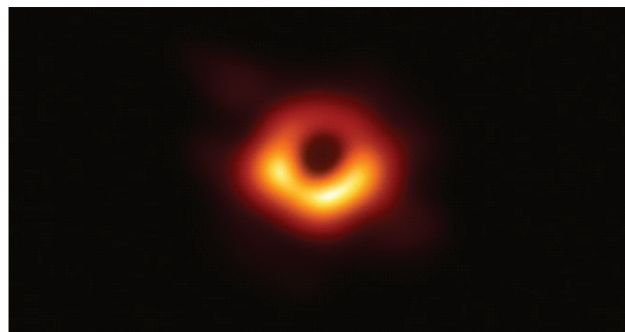


تصویر ۷. زندگی در سفینه‌های استوانه‌ای

منابع

1. <https://sciencemag.com/news/2016/02/gravitational-waves-einstein-s-ripples-spacetime-spotted-first-time>.
2. <https://studiobinder.com/blog/interstellar-explained-meaning-plot-summary/>
3. <https://variety.com/2014/film/reviews/film-review-interstellar-1201338475/>
4. <https://youtu.be/8zQdIDS9exAd40qvU1ao72v>

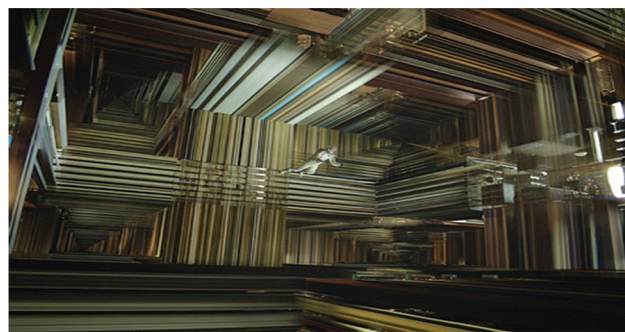
² Miller
³ Mann
⁴ Tesseract
⁵ Morse Code



تصویر ۵. سیاه‌چاله‌ی ثبت‌شده در سال ۲۰۱۹

در انتهای فیلم وقتی تنها یک سیاره برای رفتن (سیاره‌ی ادموندز) باقی مانده است، کوپر و آملیا (دختر پروفیسور برند) متوجه دروغ پروفیسور در مورد نقشه‌ی A و حل نشدن مشکل گرانش سیاه‌چاله شدند و به دلیل قابل سکونت نبودن دو سیاره‌ای که پا به آن گذاشتند (سیاره‌ی میلر^۲ و من^۳)، کوپر تصمیم می‌گیرد وارد سیاه‌چاله‌ی اصلی شود و از گرانش آن برای رسیدن به سیاره‌ی ادموندز استفاده کند؛ اما در نهایت به دلیل سبک شدن وزن سفینه برای رفتن به داخل سیاه‌چاله، کوپر اتصال رنجر آملیا را به سفینه قطع می‌کند و او پس از جدا شدن از کوپر، موفق می‌شود به سیاره‌ی ادموندز برسد و نقشه‌ی B را عملی کند.

کوپر وقتی به داخل سیاه‌چاله می‌رود وارد یک فضای چهاربعدی به نام تسرکت^۴ می‌شود (شکل ۶). اگر بخواهید چهار بعد را در سه بعد نشان بدهید به آن تسرکت می‌گویند که یک مدل ریاضی است [3]. در قسمتی از فیلم، کوپر در دیالوگی می‌گوید آن‌ها این فضا را ایجاد کردند. منظور او از آن‌ها در فیلم، خود انسان است اما منظورش انسان‌ها در آینده است. شاید همان نسلی که در سیاره‌ی ادموندز به وجود آمده‌اند. این موضوع به‌طور شفاف در فیلم مشخص نیست و چنین برداشت می‌شود که آن‌ها این فضای تسرکت را ایجاد کرده‌اند و کوپر را به آنجا کشانده‌اند تا او اطلاعات کوانتومی سیاه‌چاله را به دخترش (مورف) که حالا به یکی از دانشمندان ناسا تبدیل شده است توسط کد مورس‌هایی^۵ منتقل کند تا به این طریق مشکل گرانش سیاه‌چاله در نقشه A حل شود و نسل بشر روی زمین نجات یابد. بهترین توضیح برای درک فضای تسرکت این است که شما هم‌اکنون می‌توانید به جلو و عقب، چپ و راست در سه بعد مکئی مختلف آزادانه حرکت کنید ولی در بعد زمان چنین قدرتی ندارید و نمی‌توانید سریع‌تر به آینده و گذشته بروید.



تصویر ۶. فضای تسرکت