

محاسبه شار انرژی دریافتی و تغییرات دمایی جو در محیط MCNP

عالیه باقری تودشکی^۱، یوسفعلی عابدینی^۲ و^۳

^۱ دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، گروه فیزیک

^۲ دانشگاه زنجان، دانشکده علوم، گروه فیزیک و گروه محیط زیست

^۳ دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، پژوهشکده تغییر اقلیم و گرمایش

چکیده

با مطالعه لایه های جوی و بررسی ویژگی های هر یک و طراحی مدل کروی برای زمین و جو آن، شار انرژی رسیده به جو از سمت خورشید را مطالعه کردیم و با استفاده از نرم افزار MCNP4C کادی نوشته که با استفاده از آن و محاسبات، می توان شار عبوری پرتوهای الکترومغناطیسی را در هر لایه محاسبه کرد. سپس تغییرات دمایی ایجاد شده در لایه ها را با داده های دریافتی از مدل اتمسفری MSISE-90 مقایسه کردیم. سپس نشان دادیم که شار دریافتی در دوره های مختلف فعالیت های خورشیدی که بر روی مقدار پرتوی فرودی تاثیر زیادی دارند، دارای تغییرات چشمگیری می باشد که این تغییرات ناشی از شار ذرات باردار رسیده به جو است.

دمای لایه های جوی به طور عمده تحت عوامل مختلفی از قبیل تابش خورشید، فعالیت ها و واکنش های شیمیایی و تابش از سمت زمین تغییر می کند. پرتوهای کیهانی و پرتوی الکترومغناطیسی رسیده به جو یکی از این عوامل هستند [۱]. منبع اصلی این تابش ها خورشید می باشد که ما در اینجا طیف امواج الکترومغناطیسی را مد نظر داریم و از تاثیر شار پرتوهای کیهانی از قبیل ذرات آلفا، نوترون ها و غیره فعلا در این مقاله صرف نظر می کنیم. این کار ایده ای بود که می توان گفت برای اولین بار در کشور برای جو زمین طراحی شده است. با استفاده از این روش می توان فیزیک جو و کاربرد پرتوها را با هم ادغام کرد. روش کار به این صورت بود که در ابتدا یک مدل کروی برای زمین و جو آن فرض کردیم. زمین را به صورت کره ای با مرکز آهن و نیکل به نسبت برابر در نظر گرفتیم. لایه های جو: تروپوسفر، استراتوسفر، مزوسفر، ترموسفر و آگروسفر را به صورت پوسته های کروی جداگانه در اطراف زمین فرض کردیم. در این مدل، خورشید را به عنوان یک منبع تابش کروی در نظر گرفته و پرتوهای خروجی از آن را مرئی، امواج بلند و امواج کوتاه در نظر گرفتیم. مش بندی مدل در کد به ۶ کارت سلول و ۵ کارت صفحه در حالت کروی SO انجام شد. برای هر یک از پرتوها به طور جداگانه شار دریافتی هر لایه را محاسبه کردیم [۲]. برای محاسبه شار و انرژی دریافتی به این صورت عمل کردیم: مقدار انرژی ثابت خورشید ۲ کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه است که این مقدار انرژی باید بر روی سطح جانبی پوسته های کروی فرضی که برای لایه های جو در نظر گرفتیم، پخش شود. ضریب ثابت خورشید را طوری حساب می کنیم که سطح، عمود بر پرتوی خورشید باشد، در صورتی که پرتوی ورودی به سطح پوسته عمود نیست. اگر سطح طوری انتخاب شود که به صورت یک قرص دایره ای شکل با شعاع مساوی با شعاع هر لایه عمود بر پرتو باشد، انرژی دریافتی آن مساوی با مقدار انرژی تابشی خورشید بر جو خواهد بود. چون سطح جانبی کره $4\pi R^2$ و سطح قرص πR^2 است، سطح جانبی پوسته کروی چهار برابر سطح قرص می باشد. با توجه مراحل بیان شده، متوسط انرژی سالانه خورشید که به قله جو می رسد، در حدود ۰/۵ کالری بر سانتی متر مربع بر دقیقه می باشد. این مقدار انرژی در واقع یک چهارم ضریب ثابت خورشید است. ضریب ثابت

خورشیدی عبارت است از شار انرژی گسیل شده از خورشید که بر روی یک سانتی متر مربع از پوسته کروی هم مرکز با خورشید و شعاعی مساوی با متوسط فاصله بین هر لایه جو و خورشید پخش می شود [۳]. با استفاده از شار محاسبه شده توسط کد و ضریب ثابت خورشیدی مقادیر انرژی دریافتی برای هر لایه و هر پرتو به طور متوسط در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱: میزان شار انرژی دریافتی محاسبه شده برای هر لایه

نام لایه	ارتفاع (km)	شار انرژی پرتوی مرئی (کالری در دقیقه)	شار انرژی پرتوهای فرورسرخ و رادیویی (کالری در دقیقه)	شار انرژی پرتوهای فرابنفش، ایکس و گاما (کالری در دقیقه)
تروپوسفر (پایین کره)	۰-۱۱	$12/74 \times 10^{17}$	$10/19 \times 10^{17}$	$2/54 \times 10^{17}$
استراتوسفر (آرام کره)	۱۱-۵۰	$12/74 \times 10^{17}$	$10/19 \times 10^{17}$	$2/54 \times 10^{17}$
مئوسفر (میان کره)	۵۰-۹۰	$12/75 \times 10^{17}$	$10/2 \times 10^{17}$	$2/55 \times 10^{17}$
ترموسفر (گرم کره)	۹۰-۵۰۰	$12/75 \times 10^{17}$	$10/2 \times 10^{17}$	$2/55 \times 10^{17}$
اگزوسفر (خارج کره)	$500 <$	$12/78 \times 10^{17}$	$10/22 \times 10^{17}$	$2/56 \times 10^{17}$

درصد تابش الکترومغناطیس به سمت جو به طور تقریبی به این صورت در محاسبات وارد شده است: ۴۰ درصد امواج با طول موج بلند، ۵۰ درصد امواج در طول موج مرئی و ۱۰ درصد امواج با طول موج کوتاه. مجموع شار در سه ناحیه تابشی با شار کل فرودی $2/5 \times 10^{18}$ کالری در دقیقه مطابقت خوبی دارد. حال با به دست آوردن شار انرژی می توان توزیع دمای قائم مربوط به این پرتوها را به دست آورد. دقت داریم که در اینجا ما تغییرات دمایی ایجاد شده توسط بازتاب زمین و ابرها و واکنش های شیمیایی درون جو را مطالعه نمی کنیم و فقط پرتوهای فرودی از خورشید را مطالعه می کنیم. با استفاده از نتایج جدول بالا، در می یابیم که این میزان شار در تمامی لایه ها نزدیک به هم می باشد در صورتی که دمای هر یک صرف نظر از میزان تابش ابرها و زمین، متفاوت است. در ادامه به بررسی یکی از اصلی ترین علل آن می پردازیم. کاربرد تاثیر دما به کمک قانون استفن بولتزمن مشخص شده است [۴]. با وجود این که یک لایه از گازهای جذب کننده مشابه یک جسم سیاه نیست، می توان ضریب جذب ϵ را در یک لایه ضخیم به کار برد.

$$E = \epsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

با استفاده از شار به دست آمده و رابطه (۱) می توانیم دمای تقریبی هر لایه را حدس بزنیم. ما در اینجا نشان می دهیم که این دما تحت تاثیر فعالیت های خورشیدی می تواند در اتمسفر بالا تغییرات چشمگیری داشته باشد. به هنگام فعالیت های خورشیدی، شار پرتوها و ذرات رسیده به جو زمین افزایش می یابد. در نتیجه ی آن دما و چگالی لایه ها نسبت به حالت عادی تغییر می یابد. این اختلاف دمایی ایجاد شده را با استفاده از مدل اتمسفری MSISE-90 نشان می دهیم که شامل سه بازه کم، متوسط و زیاد می باشد [۵].

شکل ۲: تغییرات دما و چگالی در بازه‌های مختلف فعالیت‌های خورشیدی

فعالیت زیاد		فعالیت متوسط		فعالیت کم		ارتفاع (km)
چگالی (kg/m ³)	دما (k)	چگالی (kg/m ³)	دما (k)	چگالی (kg/m ³)	دما (k)	
$9/41 \times 10^{-2}$	۲۰۶/۲۰۸۵	$9/49 \times 10^{-2}$	۲۰۶/۲۰۸۵	$9/48 \times 10^{-2}$	۲۰۶/۲۰۸۵	۲۰
$2/78 \times 10^{-7}$	۲۹۷/۳۳۳۸	$5/08 \times 10^{-7}$	۱۸۴/۰۱۶	$5/77 \times 10^{-7}$	۱۶۸/۷۲۱۹	۱۰۰
$8/28 \times 10^{-10}$	۱۴۲۳/۶۵	$2/91 \times 10^{-10}$	۹۳۱/۲۸۰۶	$1/75 \times 10^{-10}$	۶۸۴/۹۱۸۷	۲۰۰
$1/71 \times 10^{-10}$	۱۵۹۹/۰۷	$2/58 \times 10^{-11}$	۱۰۰۵/۰۳	$7/22 \times 10^{-12}$	۶۹۸/۸۶۹۴	۳۰۰
$1/7 \times 10^{-11}$	۱۶۲۱/۷۲	$7/30 \times 10^{-13}$	۱۰۱۱/۴۸	$6/03 \times 10^{-14}$	۶۹۹/۱۶۲۹	۵۰۰

می‌دانیم که در اثر تابش پرتوی الکترومغناطیسی در طی روز به جو، تغییرات دمایی در تروپوسفر یک درجه و در استراتوسفر به بالا تا دو درجه می‌باشد [۶]. همان طور که از نتایج جدول ۲ مشخص است، این افزایش چگالی و دما نمی‌تواند تنها ناشی از پرتوهای الکترومغناطیسی باشد بلکه ناشی از انرژی ذرات آلفا در بازه انرژی ۹-۴ Mev، بتا در بازه ۱۰ Mev - ۱۰ keV، نوترون‌های گرمایی در بازه کوچک‌تر از ۰/۴ eV، نوترون‌های تاخیری در بازه ۲۰۰ keV - ۰/۴ eV و نوترون‌های سریع در بازه بزرگ‌تر از ۲۰۰ keV، می‌باشد.

نتیجه گیری

همان طور که از نتایج جدول بالا مشخص است تفاوت چگالی هر بازه از فعالیت‌ها از ارتفاع ۲۰۰ km به بعد، قابل توجه می‌باشد. این تغییرات به دلیل شار فرودی پرتوها و ذرات باردار می‌باشد. مشاهده می‌کنیم که در جو بالا تغییرات دمایی بسیار بیشتر از جو پایین تحت تاثیر شار پرتو و ذرات رسیده از خورشید می‌باشد. این اختلاف دمایی برای ارتفاع ۲۰۰ km، به طور میانگین ۳۰۰ k و برای ۳۰۰ km به بالا، به طور میانگین ۵۵۰ k به دست می‌آید. استفاده از کد MCNP برای محاسبه شار ذرات باردار رسیده به جو بسیار مفید خواهد بود چرا که سهم شار فرودی آن‌ها را به طور مجزا از پرتوهای الکترومغناطیسی مشخص می‌کند. این تغییرات می‌تواند در بررسی نوسانات آزاد جو زمین تاثیرگذار باشد زیرا بررسی تغییرات دمای جو نسبت به ارتفاع به صورت خطی، پایه معادلات نوسانی آن می‌باشد. علاوه بر آن به علت بررسی ذرات یونساز، در صنعت هوافضا، در زیر شاخه عایق‌بندی ماهواره‌ها و سفینه‌ها که در مدارهای بالایی جو قرار می‌گیرند، بسیار پرکاربرد می‌باشد.

مرجع‌ها

1. RICHARD A. CRAIG, *The Upper Atmosphere, Meteorology and Physics*. 1965.
2. Alex F Bielajew, *Fundamentals of Radiation Dosimetry and Radiological Physics*, 3. 2005.
3. Garnier, B.J. and A. Ohmura, *A method of calculating the radiation income of Slopes, Journal of Applied Meteorology*, 7, 796-800. 1968.
4. K. N. Liou, *An Introduction to Atmospheric Radiation*, Academic Press, p. 391. 2002.
5. Physical Properties of U.S. Standard Atmosphere, 1976 in SI Units.
6. Walgraven, R, *Calculating the position of the sun, Solar Energy*. 20, 393-397. 1978.