

تأثیر خطوط جذبی اوزون بر دمای روشنایی کانال های میکروویو ماهواره ای با استفاده از مدل ARTS

حمید آبسالان^۱، ابوالحسن غیبی^{۲*} و وحید عامری^۳

^۱ حمید آبسالان دانشجوی دکتری هواشناسی، گروه علوم جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۲ ابوالحسن غیبی، استادیار گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۳ وحید عامری، دانشیار گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲

چکیده

نسل جدید گمانه زن های میکروویو، از جمله واحد گمانه زن میکروویو پیشرفته (AMSU)، روی ماهواره های مدار قطبی NOAA بیش از دو دهه است که توزیع جهانی و پیوسته بخار آب و بسیاری از پارامترهای جوی دیگر را اندازه می گیرد. بخار آب، اکسیژن، نیتروژن و اوزون گازهای فعال جوی در ناحیه میکروویو می باشند. تمام این گازها در مدل های انتقال تابش برای محاسبه تابندگی در تابش سنجهای میکروویو ماهواره ای از جمله AMSU در نظر گرفته نشده اند.

هدف این مقاله بررسی تأثیر اوزون بر دمای روشنایی سنجنده AMSU است. برای این منظور ابتدا، با استفاده از مدل شبیه ساز انتقال تابش جوی (ARTS)، طیف جذبی اوزون در محدوده قرار گیری کانالهای AMSU شبیه سازی و سپس موقعیت این کانال ها بر طیف جذبی اوزون نهاده شد. برخی کانال های گمانه زن AMSU در نزدیکی قله های خطوط جذبی اوزن قرار دارند که می تواند دمای روشنایی این کانال ها را تحت تأثیر قرار دهد. برای بررسی کمی، دمای روشنایی تمامی ۲۰ کانال AMSU بدون حضور اوزون و با حضور اوزون شبیه سازی و سپس اختلاف دمای روشنایی (TBA) در دو حالت محاسبه گردید. مقادیر TBA برای تمام کانال ها منفی بدست آمد، یعنی حضور اوزون دمای روشنایی را کاهش می دهد. نتایج همچنین نشان داد اوزون بترتیب بیشترین تأثیر را بر کانالهای ۵ و ۱ و ۸ گمانه زن AMSU-A و کانالهای ۱۸، ۱۷ و ۲۰ گمانه زن AMSU-B دارد. بیشترین مقدار TBA بدست آمده مربوط به کانال ۱۸ با مقدار تقریبی حدود ۰٫۶ درجه کلوین بدست آمد.

کلمات کلیدی: اوزون، مدل ARTS، گمانه زن AMSU، میکروویو

بخار آب یکی از مهمترین گازهای گلخانه ای است که بودجه تابشی زمین را تحت تاثیر قرار می دهد و در پیش بینی عددی وضع هوا (NWP) نیز اهمیت بسزایی دارد. بنابراین شناخت توزیع و تغییر پذیری نمای بخار آب از نظر زمانی و مکانی برای تفسیر و نمایش تغییر اقلیم ضروری است. با وجود این مهم، اندازه گیری دقیق بخار آب هنوز یکی از مشکل ترین وظایف در هواشناسی است. نسل جدید گمانه زن های مایکروویو، از جمله واحد گمانه زن مایکروویو پیشرفته (AMSU)، روی ماهواره های مدار قطبی NOAA در دو دهه ی اخیر شروع به اندازه گیری جهانی و پیوسته بخار آب نموده اند. داده های AMSU می توانند برای برآورد بخار آب در وردسپهر بالا، که برای مطالعات پیش بینی تغییر اقلیم مهم هستند، نیز بکار روند. بنابراین، مجموعه داده های جهانی پیوسته و دراز مدت رطوبت وردسپهر بالا از ابزارهای مایکروویو، نظیر AMSU، برای جامعه اقلیم شناسی یک امتیاز خواهد بود. داده های مایکروویو نسبت به داده های فرسوخ کمتر از وجود ابرها متاثر می شوند و تاکنون منجر به دستاوردهای زیادی در مدل های پیش بینی عددی وضع هوا شده اند (گالیکانی و همکاران ۲۰۱۷). استفاده از داده های ماهواره ای در مدل های پیش بینی عددی بطور مستقیم یا غیر مستقیم مبنای مدل سازی انتقال تابش در جو نیز می باشد. در نتیجه، برای استفاده صحیح و درست داده های ماهواره ای، مدل های انتقال تابش سریع و دقیق لازم است. بطور کلی، برای محاسبات انتقال تابش در گستره فرکانسی AMSU بخار آب، اکسیژن و نیتروژن از نظر طیف سنجی گازهای فعال جوی در نظر گرفته می شوند (گاراند و همکاران، ۲۰۰۱). اما در همین گستره ی فرکانسی AMSU، تعداد زیادی خطوط جذب ضعیف اوزون نیز وجود دارند که هنوز بطور کامل در محاسبه انتقال تابش برای سنجنده AMSU در نظر گرفته نشده اند. برای مثال RTTOV (ساندرز و همکاران، ۲۰۱۸) که یک مدل انتقال تابش سریع می باشد و در اکثر مراکز هواشناسی، برای شبیه سازی تابندگی های AMSU، در مدل های پیش بینی عددی بکار می رود، هنوز این خطوط را در مدل انتقال تابش برای محاسبه تابندگی AMSU در نظر نمی گیرد.

علاوه بر گازهای فعال جوی مذکور عوامل دیگری از جمله شکافتگی ساختار ریز نیز در تابش مایکروویو و در نتیجه دمای روشنایی اندازه گیری شده توسط تابش سنجهای مایکروویو نقش دارد (لارسون و بوی ۲۰۲۰ و ناواس و همکاران ۲۰۱۵). محاسبه انتقال تابش بدون در نظر گرفتن این خطوط انحرافهای سیستماتیک و خطاهای تصادفی در دماهای روشنایی شبیه سازی شده کانالهای AMSU را سبب می شود. برای مثال، تاثیر اوزون روی برخی از کانالهای AMSU توسط جوی یو و بوهرلر انجام شده است (John, V. O., & Buehler, 2004). آنها نشان دادند که بیشترین تاثیر اوزون روی کانال ۱۸ (یعنی فرکانس ۱۸۲ گیگاهرتز) می باشد و می تواند دمای تابشی را تا حدود ۰.۵ درجه کلون تغییر دهد. هدف این مطالعه بررسی تاثیر این خطوط اوزون روی دمای تابشی تمامی کانال های AMSU، بخصوص AMSU-A می باشد. برای این هدف از یک مدل انتقال تابش جوی، تحت عنوان، مدل شبیه ساز انتقال تابش جوی (ARTS) شناخته می شود، استفاده شده است. نتایج این تحقیق می تواند در تصحیح مدل های انتقال تابش در ناحیه مایکروویو مورد استفاده قرار بگیرد.

مواد و روشها

واحد گمانه زن مایکروویو پیشرفته (AMSU)

نصب گمانه زن های مایکروویو روی ماهواره های مدار قطبی یک گام بزرگ در تاریخ گمانه زنی جو زمین از فضا است. واحد گمانه زن مایکروویو پیشرفته (AMSU)، نسل جدید تابش سنجهای مایکروویو ساخته شده برای گمانه زنی دما و بخار آب موجود در جو می باشد (Arantxa M., et al., 2020). این سنجنده در سال ۱۹۹۸ روی آخرین نسل ماهواره های مدار قطبی NOAA نصب و به فضا پرتاب شد. پس از آن، طی یک برنامه زمانی مشخص بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸، این گمانه زن در ماهواره های NOAA-16 تا NOAA-19 نیز قرار داده شد. با نصب این گمانه زن بر روی ۵ ماهواره، گمانه زنی هر موقعیت خاص در روی زمین ۱۰ بار در شبانه روز (هر ماهواره دو بار در شبانه روز) میسر شده است (لازم به توضیح است که در حال حاضر برخی از این ماهواره ها از مدار خارج گردیده اند و ماهواره های جدیدی از

جمله METOP-A، METOP-B و AMSR-E جایگزین آنها شده، و این سنجنده را حمل می کنند).

گمانه زن AMSU تابش گسیلی از سطح زمین و جو را در ۲۰ کانال مایکروویو اندازه می گیرد (شکل ۱ و جدول ۱). این تابش سنج دارای دو مدول AMSU-A (مولر ۱۹۹۴) و AMSU-B (ساندرز و همکاران، ۱۹۹۵) می باشد که مدول A آن با کانال هایی در اطراف باند جذبی اکسیژن (در ۶۰ گیگاهرتز) برای بازیابی دمای جو از حدود سه میلی بار (تقریبا ۴۵ کیلومتری) تا پایین سطح زمین طراحی شده است. مدول B آن، که تابندگی گسیلی در نزدیکی باند جذب قوی بخار آب در ۱۸۳ گیگاهرتز را اندازه می گیرد، برای گمانه بخار آب در جو بکار می رود. بنابراین، استفاده از اندازه گیری های AMSU در مدل های عددی پیش بینی وضع هوا (NWP) بطور بلقوه می تواند تصویر دقیق تری از هر دو نمای دما و رطوبت جو، با تفکیک زمانی و مکانی خوبی، به نمایش بگذارد (Shen, F., Min, J., 2015). گمانه زن AMSU، عمود بر رد ماهواره با عرض برداشت تقریبی ۲۳۰۰ کیلومتر عمل پوشش را انجام می دهد و روی همرفته تابش حرارتی مایکروویو گسیلی از سطح زمین و جو آن را در باند جذبی اکسیژن ۵۰ تا ۵۸ گیگاهرتز (AMSU-A)، دو باند جذبی بخار آب در ۲۲ گیگاهرتز (AMSU-A) و ۱۸۳ گیگاهرتز (AMSU-B) و چند ناحیه پنجره جوی (در هر دو) اندازه می گیرد.

موقعیت کانال های گمانه زن AMSU در طیف مایکروویو در شکل ۱ و جزئیات بیشتر کانال های آن در جدول ۱ نشان داده شده اند. کانال های ۱ تا ۱۵ بخش گمانه زن AMSU-A و کانال های ۱۶ تا ۲۰ بخش گمانه زن AMSU-B را تشکیل می دهند. اطلاعات دمای جو زمین از کانال های ۱۴-۴ روی گمانه زن AMSU-A بدست می آید. سه کانال ۱۸، ۱۹ و ۲۰ روی گمانه زن AMSU-B که در اطراف باند جذب قوی بخار آب در ۱۸۳،۳۱ گیگاهرتز قرار دارند، بترتیب اطلاعاتی در باره رطوبت در سطوح بالا، میانه و پایین وردسپهر بدست می دهند (اطلاعات جامع تر در راهنمای کاربری پروزرسانی ۲۰۱۴ موجود است).

کانال ۱۵ روی AMSU-A و کانال ۱۶ روی AMSU-B هر دو در باند فرکانسی ۸۹ گیگاهرتز قرار دارند و تنها اختلاف

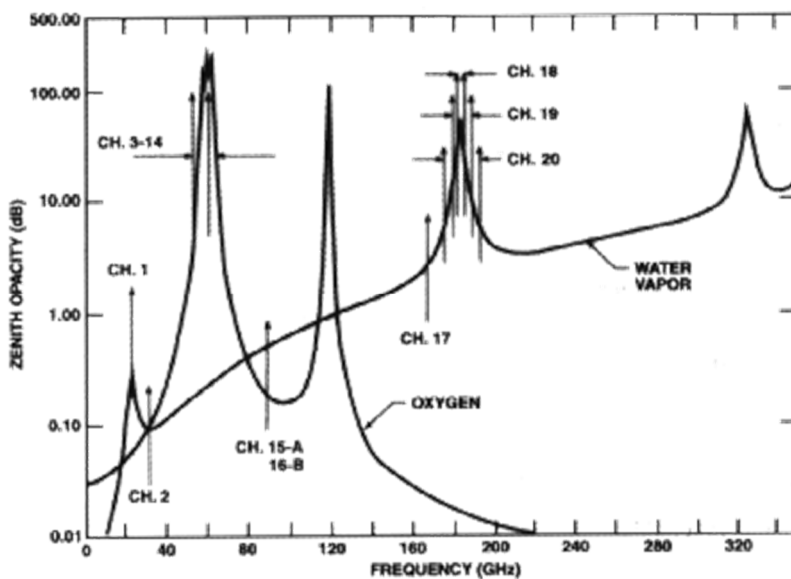
آنها در قدرت تفکیک افقی می باشد. گمانه زن AMSU-A و AMSU-B جو را با قدرت های تفکیک متفاوتی پوشش می کنند. گمانه زن AMSU-A جو را در ۳۰ موقعیت عمود بر رد ماهواره با اندازه پیکسل تقریبی $45 \text{ km}^2 \times 45$ برای داخلی ترین پیکسل (نادیر) تا $150 \text{ km}^2 \times 80$ برای خارجی ترین پیکسل از نادیر پوشش می کند در حالی که AMSU-B جو را در ۹۰ موقعیت عمود بر رد با اندازه پیکسل از $16 \text{ km}^2 \times 20$ در داخلی ترین موقعیت تا $27 \text{ km}^2 \times 64$ در خارجی ترین موقعیت پوشش نمونه برداری می نماید.

داده های جوی

داده های مورد استفاده در این مطالعه شامل دو مجموعه می باشند. (الف) نماهای فشار، دما و نسبت مخلوط حجمی گازهای کمیاب جوی، تحت عنوان نماهای FASCOD، که برای ۵ ناحیه اقلیمی: استوا (TRO)، تابستان عرض های میانی (MLS)، زمستان عرضهای میانی (MLW)، تابستان قطبی (SAS) و زمستان قطبی (SAW) موجود می باشند (James H. Chetwynd and et.al, 1994). این نماهای اقلیمی برای مطالعه ی اثرات سناریوهای جوی مختلف توسط بسیاری از محققین مورد استفاده قرار گرفته است (برای مثال: جان ویجو ۲۰۰۴ و پراسون ۲۰۰۸). نام FASCOD در اینجا فقط به مجموعه داده های جوی خروجی این مدل اشاره دارد و در هیچ کجای این مطالعه از مدل انتقال تابش FASCOD استفاده نشده است. (ب) مجموعه داده های نمونه برداری شده ECMWF در ۶۰ تراز شامل ۱۳۴۹۵ نمای جوی دما، بخار آب و اوزون نیز موجود می باشد (Chevalier, F. 2001). این نماها طوری نمونه برداری شده اند که تا حد ممکن، تنوع یا تغییر پذیری جوی را تا ارتفاع ۰،۱ هکتوپاسکال پوشش دهند. تنوع و تعداد زیاد نمونه ها در این مجموعه داده ها این امکان را فراهم می سازد تا تاثیر اوزون بر دمای تابشی کانالهای تابش سنج AMSU بطور آماری مورد بررسی قرار گیرد.

انتقال تابش

تعداد حسگرهای ماهواره ای با باندهای فرکانسی و هندسه های دید مختلف، در گستره طیفی میلیمتری و تحت



شکل ۱: آهنگ تضعیف طیف میکروویو ناشی از بخار آب و اکسیژن در گستره فرکانسی ۱ تا ۴۰۰ گیگاهرتز، که کانال های گمانه زن میکروویو پیشرفته به همراه شماره کانال در آن مشخص شده اند.

جدول ۱. ویژگی های کانال های کانال های واحد گمانه زن میکروویو پیشرفته (AMSU).

شماره کانال	فرکانس مرکزی باند عبوری (مگاهرتز)	پهنای باند عبور (مگاهرتز)	حساسیت (کلوین)	مدول
۱	۷۲.۵±۲۳۸.۰۰	۲×۱۲۵	۰.۲۰	AMSU-A
۲	۵۰±۳۱۴.۰۰	۲×۸۰	۰.۲۷	AMSU-A
۳	۵۰±۵۰۳.۰۰	۲×۸۰	۰.۲۲	AMSU-A
۴	۱۰۵±۵۲۸.۰۰	۲×۱۹۰	۰.۱۵	AMSU-A
۵	۱۱۵±۵۳۵۹۶	۲×۱۶۸	۰.۱۵	AMSU-A
۶	۱۰۵±۵۴۴۰.۰۰	۲×۱۹۰	۰.۱۳	AMSU-A
۷	۱۰۵±۵۴۹۴۰.۰۰	۲×۱۹۰	۰.۱۴	AMSU-A
۸	۸۷.۵±۵۵۵۰.۰۰	۲×۱۵۵	۰.۱۴	AMSU-A
۹	۸۷.۵±۵۷۲۹۰.۰۰	۲×۱۵۵	۰.۲۰	AMSU-A
۱۰	۲۱۷±۵۷۲۹۰.۰۰	۲×۷۷	۰.۲۲	AMSU-A
۱۱	۴۸±۵۷۶۱۲.۴۸	۴×۳۵	۰.۲۴	AMSU-A
۱۲	۴۸±۵۶۹۶۸.۲۱	۴×۱۵	۰.۳۵	AMSU-A
۱۳	۲۲±۵۷۶۱۲.۴۸	۴×۱۵	۰.۳۵	AMSU-A
۱۴	۲۲±۵۶۹۶۸.۲۱	۴×۱۵	۰.۳۵	AMSU-A
۱۵	۱۰±۵۷۶۱۲.۴۸	۴×۸	۰.۴۷	AMSU-A
۱۶	۱۰±۵۶۹۶۸.۲۱	۴×۸	۰.۴۷	AMSU-A
۱۷	۴.۵±۵۷۶۱۲.۴۸	۴×۳	۰.۷۸	AMSU-A
۱۸	۴.۵±۵۶۹۶۸.۲۱	۴×۳	۰.۷۸	AMSU-A
۱۹	۱۰۰۰±۸۹۰۰۰.۰۰	۲×۱۰۰۰	۰.۱۱	AMSU-A
۲۰	۹۰۰±۸۹۰۰۰.۰۰	۲×۱۰۰۰	۰.۳۷	AMSU-B
۲۱	۹۰۰±۱۵۰۰۰۰.۰۰	۲×۱۰۰۰	۰.۸۴	AMSU-B
۲۲	۱۰۰۰±۱۸۳۳۱۰.۰۰	۲×۵۰۰	۱.۰۶	AMSU-B
۲۳	۳۰۰۰±۱۸۳۳۱۰.۰۰	۲×۱۰۰۰	۰.۷۰	AMSU-B
۲۴	۷۰۰۰±۱۸۳۳۱۰.۰۰	۲×۲۰۰۰	۰.۶۰	AMSU-B

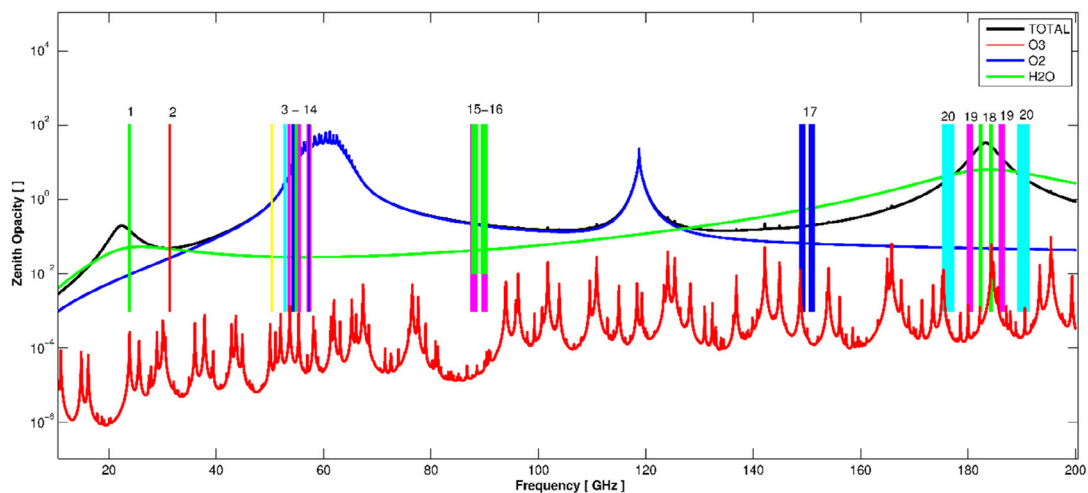
میلیمتری، در سال های اخیر به سرعت رشد کرده اند (Shi, J., Du, Y., Du, J. *et al.* 2012). دو گروه مهم از این نوع حسگرها به عنوان مثال حسگرهای میلیمتری دید پایین مانند واحد گمانه زن مایکروویو پیشرفته (AMSU)، و حسگرهای تحت میلیمتری دید لبه ای مانند گمانه زن گسیل لبه ای امواج تحت میلی متری (SMILES) هستند. برای تجزیه و تحلیل داده های تمام این حسگرها به مدل های انتقال تابش دقیق و سریع، که بتوانند اندازه گیری های مربوط به یک حالت جوی داده شده را شبیه سازی کنند، نیاز است. بسته به هدف هر حسگر، اندازه گیریها به توزیع دمای جو، بخار آب، اوزون و بسیاری دیگر از گازهای جوی بستگی دارد. همچنین در پنجره جوی ممکن است به خواص سطح، به ویژه برای حسگرهای دید پایین، بستگی داشته باشد. در این مقاله، از مدل شبیه ساز انتقال تابش جوی (ARTS)، یک ابزار نسبتا سریع برای استفاده عملیاتی و قابل انعطاف به طوریکه به سادگی می توان ویژگی های جدید محاسبات را به آن افزود، استفاده شده است. این مدل، که بطور مشروح توسط بوهرل معرفی شده (بوهرل و همکاران، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۸)، برای شبیه سازی تابندگی ها در یک حالت جوی داده شده بکار می رود. نسخه ۲ این مدل که برای شبیه سازی تابندگی در ناحیه مایکروویو مورد استفاده قرار می گیرد، جذب گازها ناشی از بخار آب، اکسیژن، نیتروژن و اوزون را در محاسبات انتقال تابش در نظر می گیرد. در این مدل، برای بخار آب، اکسیژن و نیتروژن حالت های جذب کامل (خط + پیوستار) بکار رفته است (Buehler and et.al., 2004). ضریب جذب اوزون نیز به کمک مجموعه داده های طیف سنجی از پایگاه داده های هیتران محاسبه شده است (Rothman and et.al, 2003). شکل خط هیبرید می باشد که در حد فشار بالا همانند شکل خط وان ولک - وایسکوف (Van Vleck-Weisskopf) و در حد فشار پایین همانند شکل خط وویگت (Voigt) رفتار می کند (Buehler and et.al., 2005). بمنظور انجام دقیق محاسبات انتقال تابش، تعداد ۱۱۰ فرکانس تکفام در هر باند عبوری از هر کانال AMSU برای هندسه دید نادر بکار رفته است. اختلاف دمای تابشی ΔT_B ، بعنوان اختلاف دمای تابشی بین حالت "بدون در نظر گرفتن اوزون و در نظر گرفتن اوزون" تعریف شده است.

منفی بودن ΔT_B بدین معنی است که وقتی اوزون در محاسبه انتقال تابش در نظر گرفته می شود دمای تابشی کاهش می یابد.

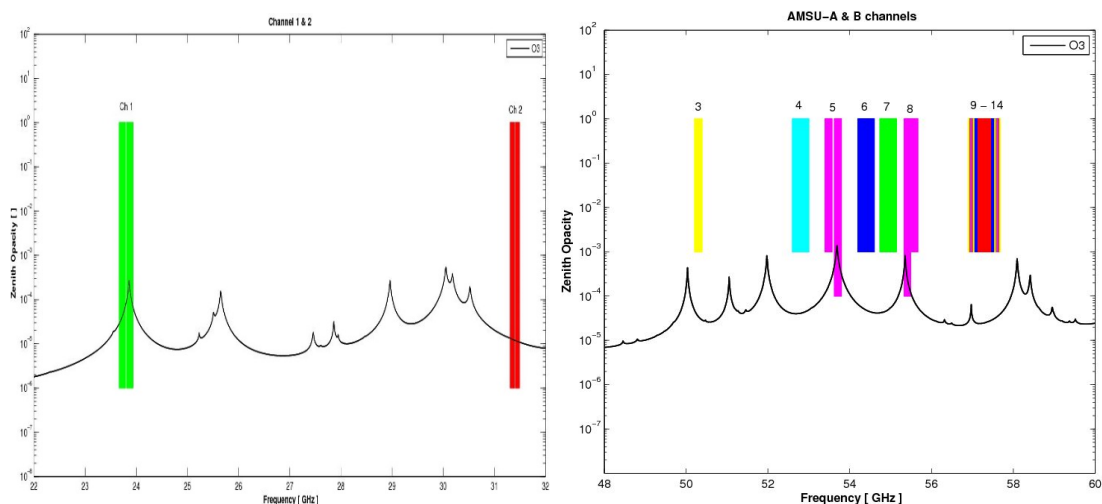
نتایج و بحث

اثر اوزون

ابتدا با استفاده از مدل ARTS طیف جذبی اوزون در گستره فرکانسی ۱۰ تا ۲۰۰ گیگاهرتز، یعنی محدوده قرار گیری کانال های گمانه زن AMSU (جدول ۱)، شبیه سازی شده است. در این مطالعه، موقعیت سنسور در ارتفاع ۸۵۰ کیلومتری، زاویه مشاهده، که از راستای قائم اندازه گیری می شود، برای هندسه دید نادر، یعنی نقطه زیرین ماهواره، و اتمسفر یک بعدی در نظر گرفته شده است. برای انجام شبیه سازی، نماهای FASCOD دما، فشار، و غلظت گازها برای سناریوی تابستان عرض های میانی (MLS) مورد استفاده قرار گرفته است. بمنظور مشاهده اثرات گازهای جوی در انتقال تابش، در وحله اول، عناصر جاذب متعدد جوی از جمله اوزون، اکسیژن، نیتروژن و بخار آب در شبیه سازی بکار رفته است (شکل ۲). شفافیت سرسوی جوی (ضریب جذب)، در محدوده ۱۰ تا ۲۰۰ گیگاهرتز، برای بخار آب، اکسیژن، نیتروژن و اوزون در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که از شکل ۲ مشاهده می شود، اکسیژن ۲ باند جذبی تقریبا در ۶۰ و ۱۲۰ گیگاهرتز، بخار آب ۲ باند جذبی تقریبا در ۲۳ و ۱۸۳ گیگاهرتز دارند. در محدوده فرکانسی شبیه سازی شده، نیتروژن باند جذبی خاصی ندارد و ضریب جذب آن تقریبا بطور همواری با افزایش فرکانس اندکی افزایش می یابد (در شکل نشان داده نشده است). ضریب جذب اوزون در این محدود دارای افت و خیزهای زیادی است. برای بررسی اثرات اوزون بر دمای روشنایی واحد کانالهای گمانه زن مایکروویو پیشرفته AMSU، در مرحله بعد فرکانس هر ۲۰ کانال این گمانه زن (شامل هر دو مدول A و B) بر طیف جذبی اوزون در شکل ۲ نهاده شده است. این شکل نشان می دهد که برخی از کانال های گمانه زن AMSU در باندهای جذبی اوزون قرار دارند. برای وضوح بیشتر، طیف مذکور به دو بخش مجزا، که در برگیرنده سنجنده AMSU-A و AMSU-B هستند، تقسیم



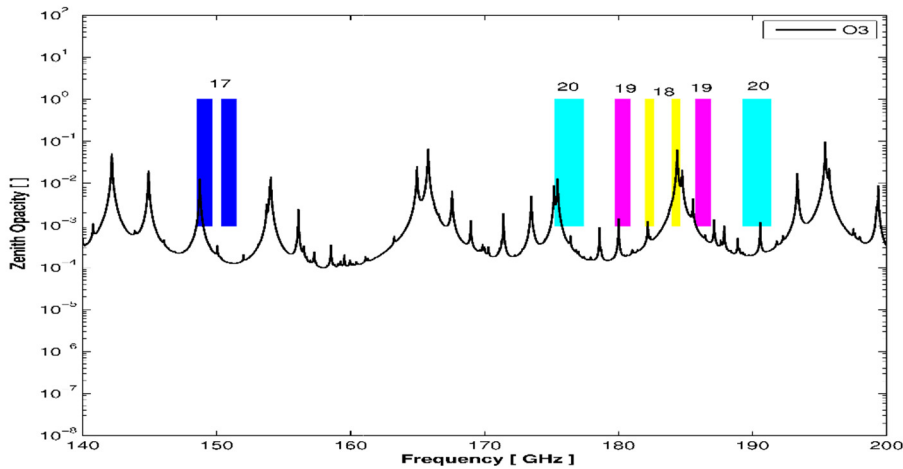
شکل ۲. شفافیت سر سوی جو سناریوی تابستان عرضهای میانی برای نماهای FASCOD بخار آب (منحنی خط سبز رنگ)، اکسیژن (منحنی آبی رنگ) و اوزون (منحنی پر افت و خیز قرمز رنگ). منحنی سیاه رنگ شفافیت کل جو را نشان می دهد. خطوط رنگی عمودی موقعیتهای ۲۰ باند عبوری کانال های گمانه زن AMSU را نشان می دهند. شماره کانال ها نیز در شکل مشخص شده اند.



شکل ۳. طیف جذبی اوزون و موقعیت کانالهای AMSU-A. کادر سمت چپ کانالهای ۱ و ۲ و کادر سمت راست کانالهای ۳ تا ۱۴ را نشان می دهد.

مشاهده می شود که یکی از خطوط جذب قوی اوزون در لبه ی پایینی باند عبوری کانال ۱، دو خط جذبی دیگر اوزون، یکی در باند عبور بالایی کانال ۵ و دیگری نیز در باند عبور بالایی کانال ۸ قرار دارند که باعث حساسیت این کانال ها نسبت به اوزون می باشند. با توجه به موقعیت قرارگیری این کانال ها در نزدیکی قله ی خطوط جذبی اوزن، بنظر می رسد، اوزون بترتیب بیشترین تاثیر را بر کانال های ۵ و ۱ و ۸ داشته باشد. این خطوط بطور موضعی در کدری جو بیشتر

شده است (شکل ۳ و ۴).
شکل ۳ محدوده طیفی و کانال های گمانه زن AMSU-A و شکل ۴ محدوده طیفی و کانال های گمانه زن AMSU-B را نشان می دهند. با توجه به گستردگی فرکانس های کانال های گمانه زن AMSU-A، طیف در برگرنده آن خود نیز به دو بخش، پانل سمت راست، در شکل ۳، شامل کانالهای ۳-۱۴ و پانل سمت چپ شامل کانال های ۱ و ۲ می باشد، تقسیم شده است.



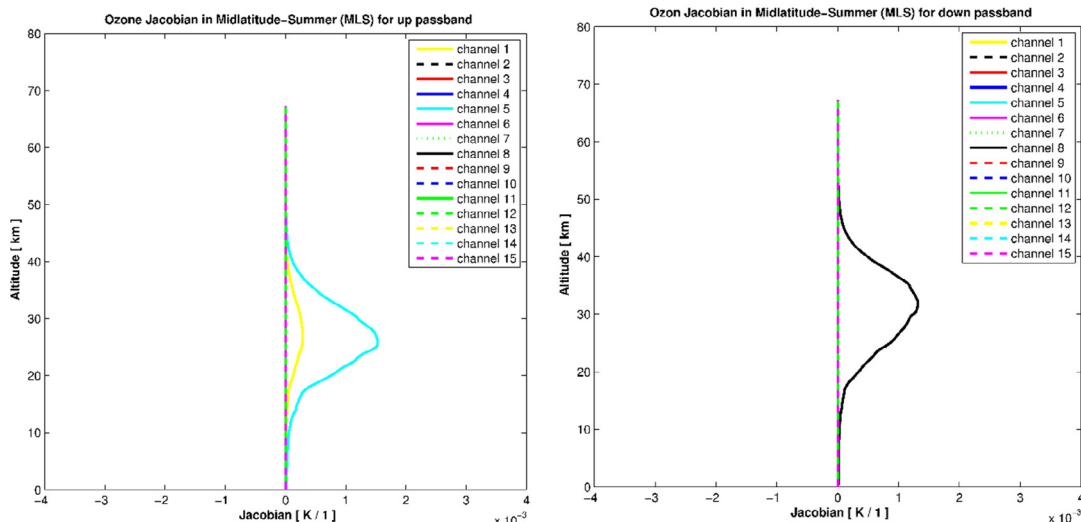
شکل ۴. طیف جذبی اوزون و موقعیت کانال های AMSU-B.

در شکل ۵ و ژاکوبین کانال های AMSU-B در شکل ۶ نشان داده شده اند. پانل سمت چپ در شکل ۵، ژاکوبین باند عبور بالایی و پانل سمت راست ژاکوبین باند عبور پایینی تمام کانال های AMSU-A را نمایش می دهند. همانطور که از شکل مشاهده می شود، باند عبور پایینی کانال ۸ (۵۵٫۵ گیگاهرتز) در ارتفاع تقریبی ۳۰ کیلومتری و باند عبور بالایی کانالهای ۱ و ۵ (بترتیب ۲۳٫۸ و ۵۳٫۶ گیگاهرتز) در ارتفاع تقریبی ۲۵ کیلومتری قله دار می شوند، یعنی در این ارتفاع ها از اوزون تاثیر می پذیرند. این شکل همچنین نشان می دهد که اوزون، بترتیب، بیشترین تاثیر را بر دمای روشنایی باند عبور پایینی کانال ۸، باند عبور بالایی کانال ۵ و باند عبور بالایی کانال ۱ دارد و بقیه کانالهای این گمانه زن از حضور اوزون متاثر نمی شوند.

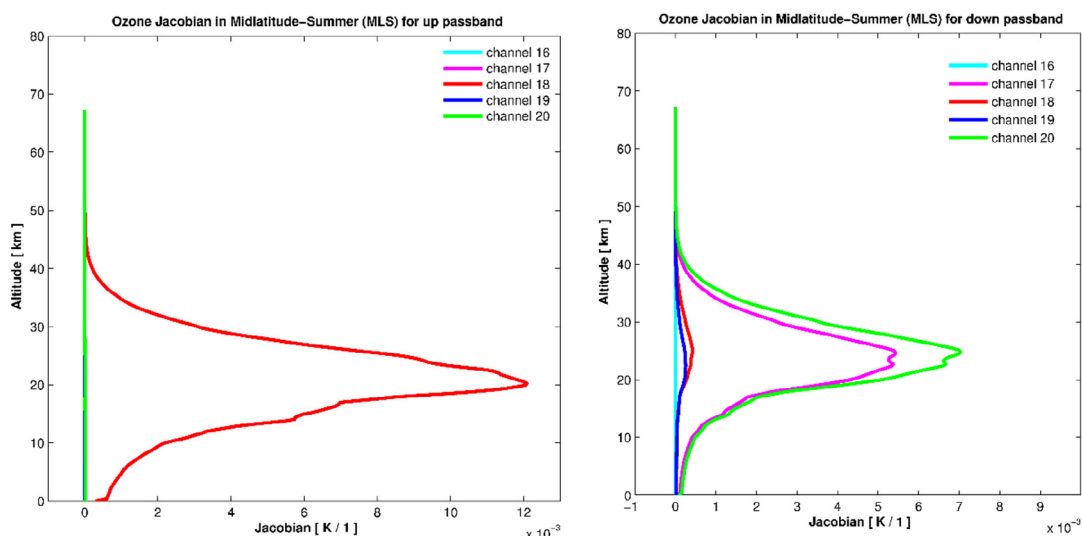
توابع وزن یا ژاکوبین اوزون برای فرکانس های متناظر با کانال های AMSU-B نیز بطور کیفی در شکل ۶ ترسیم شده است. پانل سمت چپ در شکل ۶، ژاکوبین باند عبور بالایی و پانل سمت راست ژاکوبین باند عبور پایینی کانالهای AMSU-B را نمایش می دهند. این شکل نیز نشان می دهد که باند عبور بالایی کانال ۱۸ (۱۸۴ گیگاهرتز)، باند عبور پایینی کانال ۲۰ (۱۷۶ گیگاهرتز) و باند عبور پایینی کانال ۱۷ (۱۵۰ گیگاهرتز) بمقدار زیادی و باند عبور پایینی کانال

از نیتروژن سهم دارند. هیچگونه باند جذبی دیگر اوزون در موقعیت باندهای عبوری کانال های دیگر این گمانه زن (یعنی کانال های ۲، ۳، ۴، ۷ و ۹-۱۵) قرار ندارند. در شکل ۴، پس از انطباق کانال ها برای گمانه زن AMSU-B مشاهده می شود که یکی از خطوط قوی جذب اوزون در باند عبور بالایی کانال ۱۸ قرار دارد. این خط نیز بطور موضعی از اکسیژن یا نیتروژن در کدری جو سهم بیشتری دارد (شکل ۲ را ببینید). دو خط جذبی دیگر اوزون، یکی در لبه های باند عبور پایینی کانال ۱۷ و دیگری در لبه های باند عبور پایینی کانال ۲۰ قرار دارند که تا اندازه ای این کانالها را نسبت به اوزون حساس می سازند. هیچگونه باند جذبی در موقعیت باندهای عبوری کانالهای ۱۶ و ۱۹ وجود ندارد.

توابع وزن یا ژاکوبین، یعنی تغییر در دمای روشنایی نسبت به تغییر در غلظت اوزون، برای کانالهای AMSU نیز بطور کیفی نشان می دهند که آیا این خطوط جذبی اوزون تاثیری بر روی دمای روشنایی این کانالها دارند و اگر دارند در چه ارتفاعی این تاثیر بیشتر است. برای بررسی این موضوع، با استفاده از مدل ARTS ژاکوبین اوزون تمام کانال های گمانه زن AMSU برای سناریوی تابستان عرض های میانی محاسبه گردید (شکلهای ۵ و ۶). برای جلوگیری از پیچیدگی شکل و همچنین وضوح بهتر، ژاکوبین کانال های AMSU-A



شکل ۵. ژاکوبینهای اوزون کانال های AMSU-A. ژاکوبین ها بر حسب واحد کسری هستند، بطوریکه مقادیر متناظر تغییر در دمای تابشی برای دو برابر شدن نسبت مخلوط در یک نقطه از شبکه عمودی را نشان می دهند. پنل سمت چپ ژاکوبین های تمام کانال های AMSU-A برای سناریوی تابستان عرض های میانی و پنل سمت راست ژاکوبین های کانال ۵ را برای تمام سناریوها نشان می دهند.



شکل ۶. ژاکوبین های اوزون کانال های AMSU-B. ژاکوبین ها بر حسب واحد کسری هستند، بطوریکه مقادیر متناظر تغییر در دمای تابشی برای دو برابر شدن نسبت مخلوط در یک نقطه از شبکه عمودی را نشان می دهند. پنل سمت چپ ژاکوبین های تمام کانال های AMSU برای سناریوی تابستان عرض های میانی و پنل سمت راست ژاکوبین های کانال ۱۸ را برای تمام سناریوها نشان می دهند.

های ۱۸ و ۱۹ (۱۸۲ و ۱۸۰ گیگاهرتز) تا حدودی از حضور اوزون جوی متأثر می شوند. هیچیک از باندهای عبوری کانال ۱۶ (گیگاهرتز) از حضور اوزون متأثر نمی شوند. با توجه به شکل ۶، بیشترین و کمترین تاثیر از حضور اوزون به ترتیب به باند عبور بالایی کانال ۱۸ (۱۸۴ گیگاهرتز) و کانال ۱۶

۸۹ گیگاهرتز) مربوط می شود. با محاسبه ژاکوبین اوزون سناریوهای مختلف دیگر برای کانال ۱۸ (۱۸۴ گیگاهرتز) مشخص شد که دو سناریوی زمستانی (MLW and SAW) بیشینه حساسیت و سناریوهای تابستانی (MLS and SAS) کمینه حساسیت را نشان می دهند.

جدول ۲. اختلاف بین دماهای روشنایی شبیه سازی شده برای تمام نماهای FASCOD شامل و غیر شامل اوزون برحسب واحد کلوین. در تمام حالتها. شامل کردن اوزون دمای روشنایی را کاهش می دهد. اوزون کل بر حسب واحد دابسون و بخار آب برحسب میلی متر نیز داده شده اند.

گمانه زن	شماره کانال	TRO	MLS	MLW	SAS	SAW
	۱	-۰.۰۲۱۸	-۰.۰۲۳۹	-۰.۰۲۴۵	-۰.۰۲۳۴	-۰.۰۲۴۵
	۲	.	.	.	.	.
	۳	.	.	.	.	.
	۴	-۳.۵۳e-۶	-۳.۸۰e-۶	-۳.۲۱e-۶	-۳.۲e-۶	-۳.۲۱e-۶
	۵	-۰.۰۱۷۵	-۰.۰۲۰۷	-۰.۰۳۲۶	-۰.۰۲۶۱	-۰.۰۴۱۷
	۶	-۷.۳۶e-۷	-۱.۰۳e-۶	-۱.۲۹e-۶	-۱.۲۱e-۶	-۱.۴e-۶
	۷	-۵.۰۸e-۵	-۵.۸۴e-۵	-۳.۷۳e-۵	-۶.۲۸e-۵	-۳.۲۱e-۵
AMSU-A	۸	-۰.۰۴۷۶	-۰.۰۴۹۴	-۰.۰۴۹۹	-۰.۰۴۹۴	-۰.۰۴۹۹
	۹	-۲.۰۶e-۵	-۲.۱۲e-۵	-۲.۱۰e-۵	-۲.۱۱e-۵	-۲.۰۹e-۵
	۱۰	-۳.۴۱e-۶	-۴.۶۰e-۶	-۵.۸۳e-۶	-۵.۲۷e-۶	-۶.۴۸e-۶
	۱۱	-۳.۶۷e-۷	-۲.۵۶e-۷	-۶.۰۹e-۸	-۲.۰۳e-۷	-۲.۷e-۸
	۱۲	-۱.۱۱e-۷	-۹.۸۸e-۸	-۴.۲۵e-۸	-۹.۱e-۸	-۲.۴۲e-۸
	۱۳	-۲.۶e-۸	-۲.۷e-۸	-۱.۷۸e-۸	-۲.۷۴e-۸	-۹.۹۰e-۹
	۱۴	-۲.۷۱e-۸	-۲.۸۲e-۸	-۱.۹۳e-۸	-۲.۸۱e-۸	-۱.۲۰e-۸
	۱۵	-۹.۲۶e-۴	-۰.۰۰۱۱۰	-۰.۰۰۰۹۵	-۰.۰۰۱۲	-۰.۰۰۰۹۳
	۱۶	-۰.۰۰۰۸۸	-۰.۰۰۱۰	-۰.۰۰۰۹	-۰.۰۰۱۱	-۰.۰۰۰۷۸
	۱۷	-۰.۰۰۳۵۳	-۰.۰۰۵۸۹	-۰.۰۰۷۸۹	-۰.۰۰۶۸۶	-۰.۰۰۸۱۵
AMSU-B	۱۸	-۰.۴۳۲	-۰.۳۵۶	-۰.۵۸۴	-۰.۲۵۷	-۰.۵۶۳
	۱۹	-۰.۰۰۹۶	-۰.۰۱۹۳	-۰.۰۱۹۱	-۰.۰۱۲۷	-۰.۰۱۶۶
	۲۰	۰.۰۴۹۰	-۰.۰۴۸۶	-۰.۰۱۸۷	-۰.۰۳۷۶	-۰.۰۳۶۱
TWV		۲۸۵.۶۴	۳۳۷.۷۱	۳۸۱.۴۲	۳۵۰.۶۴	۳۷۸.۱۹
TOZ		۴۱.۹۹	۲۹.۸۲	۸.۶۵	۲۱.۱۸	۴.۲۲

۶، ۷، ۹ و ۱۰ با مقادیر ΔT_B در حد دهم میلی کلوین و کانالهای ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ با مقادیر ΔT_B کمتر از هزارم میلی کلوین عملاً از حضور اوزون در جو متاثر نمی شوند. برای گمانه زن AMSU-B بیشترین مقدار ΔT_B (-۰,۴۳۲) کلوین برای سناریوی TRO، ۰,۳۵۶- کلوین برای سناریوی MLS، ۰,۵۸۴- کلوین برای سناریوی MLW، ۰,۲۵۷- کلوین برای سناریوی SAS و مقدار ۰,۵۶۳- کلوین برای سناریوی SAW (مربوط به کانال ۱۸ (۱۸۴ گیگاهرتز) و کمترین مقدار آن برای کانال ۱۶ می باشد. برای تمام سناریوها ΔT_B کانال ۱۶ کمتر یا مساوی منهای میلی کلوین، برای کانال ۱۷ بین ۳- تا ۸- میلی کلوین، کانال ۱۹ بین ۹- تا ۱۶- میلی کلوین و کانال ۲۰ بین ۱۸- تا ۵۰- میلی کلوین تغییر می کند. اگر چه خط اوزون در باند عبور پایینی کانال ۱۷ به همان شدت خط در باند عبور بالایی کانال ۱۸ است، اما بدلیل پهنای باند بیشتر، این اثر برای کانال ۱۷ کمتر مشاهده می شود. مقادیر ΔT_B برای

برای بررسی کمی تاثیر اوزون، دمای روشنایی تمامی ۲۰ کانال گمانه زن AMSU بدون حضور اوزون و با حضور اوزون و برای تمام سناریوهای مختلف شبیه سازی و اختلاف دمای روشنایی (ΔT_B) در دو حالت محاسبه گردید (جدول ۲). براساس این جدول، مقادیر ΔT_B برای تمام کانال ها و برای تمام سناریوهای اقلیمی (بجز کانال های ۲ و ۳ که برای تمام سناریوها صفر هستند) منفی می باشند. مقادیر منفی ژاکوبین ها بیانگر آن است که دمای روشنایی در اثر حضور اوزون کاهش یافته است. برای گمانه زن AMSU-A بیشترین مقدار ΔT_B (-۴۹ میلی کلوین برای سناریوی TRO، -۴۹ میلی کلوین برای سناریوی MLS، -۵۰ میلی کلوین برای سناریوی MLW، -۴۹ میلی کلوین برای سناریوی SAS و مقدار -۵۰ میلی کلوین برای سناریوی SAW) مربوط به کانال ۸ است. کانال های ۵ و ۱ با مقادیر ΔT_B بین ۱۷ تا ۴۱ میلی کلوین بترتیب در درجه دوم و سوم اهمیت قرار دارند. کانالهای ۴،

جدول ۳. مقادیر آماری $T_B \Delta$ برحسب میلی کلون برای کانال های AMSU-B که با استفاده از نماهای ECMWF محاسبه شده است

کانال ۱۶	کانال ۱۷	کانال ۱۸	کانال ۱۹	کانال ۲۰
-۲۶.۸ ± ۳.۶	-۷.۵ ± ۱.۷	-۲۰.۳۸ ± ۵.۹۰	-۳۴.۸ ± ۱۴.۲	-۰.۴ ± ۰.۹
-۵۲.۹ ± ۵.۹	-۳۸.۷ ± ۶.۹	-۲۹۷.۰ ± ۷۷.۱	-۶۰.۵ ± ۲۲.۵	-۲۰.۲ ± ۳۷.۰

ماهواره، بدلیل کیفیت ضعیف داده های گمان زنی رطوبت، بطور معمول، کل پوش سپهر نادیده گرفته می شود. سطر دوم جدول ۳ خطاهای آماری ΔT_B ، در اثر حذف جو بالای ۱۰۰ هکتوپاسکال، را برای گمانه زن AMSU-B نشان می دهد. پوش سپهر سبب افزایش اختلاف دمای روشنایی تمام کانالها، و بطور قابل ملاحظه ای کانال ۱۸، (متوسط ΔT_B برای کانال ۱۸ حدود 0.08 ± 0.20 - کلون است) می شود.

نتایج همچنین نشان می دهند که برای دماهای روشنایی بالا، مدل ARTS دمای روشنایی را بیش از دمای روشنایی بدست آمده از اندازه گیری های AMSU شبیه سازی می کند. این دمای روشنایی اضافی، برآورد کمتر رطوبت توسط رادیوسوند را توجیه می کند. مقادیر دما و رطوبت، بترتیب تا ارتفاع های ۱۰۰ و ۲۰ هکتوپاسکال، از داده های رادیوسوند و مقادیر اوزون تا ارتفاع ۲۰ هکتوپاسکال از داده های گمانه زن اوزون اخذ شده اند. بدلیل کمبود داده های مشاهداتی بالای ترازهای ۱۰۰ و ۲۰ هکتوپاسکال، برای دما و اوزون میانگین ماهانه اقلیمی، و برای نسبت مخلوط حجمی بخار آب یک مقدار ثابت 5ppm، که بعنوان مقدار مشخصه پوش سپهری در نظر گرفته می شود، جایگزین شده اند. بدلیل تعداد محدود نماهای اوزون در بازه زمانی ۲۰۰۲ - ۲۰۰۱ فقط ۶۱ نمای متناظر وجود داشت. چون گمانه زن اوزون در حدود ساعت 12.00UTC پرتاب می شود، در این مطالعه فقط اندازه گیری های ماهواره NOAA-16 برای مقایسه بکار رفته اند. بنابراین، این اثر نه تنها متعادل کننده دمای روشنایی نیست، بلکه از یک نما تا نمای دیگر تغییر می کند. محاسبات همچنین فقط با استفاده از نماهای اقلیمی برای اوزون انجام شده و نتایج مشابه با نتایج بدست آمده به کمک نماهای گمانه زن اوزون هستند. این پیشنهاد می کند که نماهای میانگین ماهانه اقلیمی اوزون منطقه ای برای شبیه سازی تابندگی های AMSU کافی هستند.

اغلب زوایای دید خارج از نادیر نیز محاسبه گردید که نشان می دهد این مقادیر (از نظر عددی) اندکی بزرگتر از مقادیر محاسبه شده در نادیر هستند. برای مثال ΔT_B برای کانال ۱۸ و برای سناریوی تابستان عرضهای میانی در خارج از نادیر حدود $0.479-$ کلون است (که برای نادیر $0.356-$ بود). این افزایش بدلیل طولانی تر شدن مسیری می باشد که تابش در زوایای دید خارج از نادیر طی می کند.

مقادیر بخار آب کل (TWV) و اوزون کل (TOZ) برای سناریوهای مختلف نیز در جدول ۲ داده شده اند. این مقادیر نشان می دهند که هیچ بستگی واضحی بین ΔT_B و این کمیت ها دیده نمی شود، یعنی به کمک نماهای اقلیمی نمی توان اطلاعات آماری از ΔT_B بدست آورد. برای استخراج اطلاعات آماری و بستگی ΔT_B به نماهای مذکور، مجموعه داده های ECMWF مورد استفاده قرار گرفته است. سه نوع محاسبه انتقال تابش برای نماهای ECMWF انجام شده است. (الف) شامل اوزون (ب) بدون شامل کردن اوزون و (ج) بدون شامل بودن اوزون و قطع نماها در ۱۰۰ هکتوپاسکال. مورد (ج) بمنظور دستیابی به تاثیر کل پوش سپهر (استراتوسفر)، که بطور معمول در مقایسه با تابندگی های مبتنی بر ماهواره و رادیوسوند به حساب نمی آیند، انجام شده است. خطاهای آماری ΔT_B در جدول ۳ داده شده اند. همانطور که انتظار می رفت، کانال ۱۸ بیشینه اختلاف دمای تابشی، با یک میانگین حدود $0.06 \pm 0.20-$ کلون ناشی از اوزون را نشان می دهد. اختلاف دمای تابشی کانال های ۱۷ و ۲۰ برابر 0.03 اما تفاوت قابل ملاحظه ای در دمای تابشی کانال های ۱۶ و ۱۹ بدلیل حضور اوزون مشاهده نمی شود.

تأثیر پوش سپهر

در اعتبار سنجی رطوبت بدست آمده از رادیوسوند -

جمع‌بندی

این مقاله تاثیر خطوط جذبی اوزون را بر روی دمای روشنایی کانال‌های مختلف گمانه زن AMSU توضیح می‌دهد. برای این منظور ابتدا با استفاده از مدل ARTS طیف جذبی اوزون در گستره فرکانسی مایکروویو (بین ۱۰ تا ۲۰۰ گیگاهرتز)، یعنی محدوده قرارگیری کانال‌های واحد گمانه زن مایکروویو پیشرفته (AMSU) شبیه‌سازی شده است. برای شبیه‌سازی، موقعیت حسگر در ارتفاع ۸۵۰ کیلومتری، زاویه مشاهده برای هندسه دید نادیر و همچنین اتمسفر یک بعدی در نظر گرفته شده و نماهای FASCOD دما، فشار، و غلظت گازها برای سناریوی‌های مختلف (استوا (TRO)، تابستان عرض‌های میانی (MLS)، زمستان عرض‌های میانی (MLW)، تابستان قطبی (SAS) و زمستان قطبی (SAW)) مورد استفاده قرار گرفته است.

برای بررسی تاثیر اوزون بر دمای روشنایی کانال‌های گمانه زن AMSU، در مرحله بعد موقعیت همه کانال‌های این گمانه زن بر طیف جذبی اوزون نهاده شده است. با توجه به موقعیت قرارگیری کانال‌های ۵، ۱ و ۸ (گمانه زن AMSU-A) و کانال‌های ۱۸ و ۱۷ و ۲۰ (گمانه زن AMSU-B) در نزدیکی قله‌های خطوط جذبی اوزن، این کانال‌ها از حضور اوزون در جو بیشترین تاثیر را می‌پذیرند.

برای بررسی کمی تاثیر اوزون، دمای روشنایی تمامی ۲۰ کانال گمانه زن AMSU بدون حضور اوزون و با حضور اوزون و برای تمام سناریوهای مختلف شبیه‌سازی و اختلاف دمای روشنایی (ΔT_B) در دو حالت محاسبه گردید. نتایج نشان داد که مقادیر ΔT_B برای تمام کانال‌ها و برای تمام سناریوهای اقلیمی (بجز کانال‌های ۲ و ۳ که برای تمام سناریوها صفر هستند) منفی هستند. مقادیر منفی بیانگر آن است که دمای روشنایی در اثر حضور اوزون کاهش می‌یابد.

همچنین نتایج نشان داد که برای گمانه زن AMSU-A بیشترین مقدار ΔT_B (-۴۸) میلی‌کلون برای سناریوی TRO، -۴۹ میلی‌کلون برای سناریوی MLS، -۵۰ میلی‌کلون برای سناریوی MLW، -۴۹ میلی‌کلون برای سناریوی SAS و مقدار -۵۰ میلی‌کلون برای سناریوی SAW (مربوط به کانال ۸ است. کانال‌های ۵ و ۱ با مقادیر ΔT_B بین ۱۷ تا ۴۱

میلی‌کلون بترتیب در درجه دوم و سوم اهمیت قرار دارند. بقیه کانال‌های این گمانه زن با مقادیر اندک ΔT_B عملاً از حضور اوزون در جو متاثر نمی‌شوند.

برای گمانه زن AMSU-B نیز بیشترین مقدار ΔT_B (-۰،۴۳۲) میلی‌کلون برای سناریوی TRO، -۰،۳۵۶ میلی‌کلون برای سناریوی MLS، -۰،۵۸۴ میلی‌کلون برای سناریوی MLW، -۰،۲۵۷ میلی‌کلون برای سناریوی SAS و مقدار -۰،۵۶۳ میلی‌کلون برای سناریوی SAW (مربوط به کانال ۱۸ و کمترین مقدار آن برای کانال ۱۶ می‌باشد).

مراجع

- Galligani, Victoria Sol, Die Wang, Milagros Alvarez Imaz, Paola Salio, and Catherine Prigent (2017), analysis and evaluation of WRF microphysical schemes for deep moist convection over south-eastern south America (SESA) using microwave satellite observations and radiative transfer simulations., *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(10), 3627-3649
- Garand, L., Turner, D. S., Larocque, M., Bates, J., Boukabara, S., Brunel, P., ... & Jackson, D. (2001). Radiance and Jacobian intercomparison of radiative transfer models applied to HIRS and AMSU channels. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 106(D20), 24017-24031.
- Saunders, R., Hocking, J., Turner, E., Rayer, P., Rundle, D., Brunel, P., Vidot, J., Roquet, P., Matricardi, M., Geer, A., Bormann, N., and Lupu, C., (2018) An update on the ROTTOV fast radiative transfer model, *Geosci. Model Dev.*, 11, 2717-2737
- Larsson, Richard and Boy Lankhaar (2020), Zeeman effect splitting coefficients for ClO, OH and NO in some earth atmosphere applications, *J. of Quantitative spectroscopy and radiative transferece*, 250.
- F. Navas-Guzmán¹, N. Kämpfer¹, A. Murk¹, R. Larsson², S. A. Buehler³, and P. Eriksson (2015), Zeeman effect in atmospheric O₂ measured by ground-based microwave radiometry., *Atmos. Meas. Tech. Discuss.*, 8, 1-32,
- John, V. O., & Buehler, S. A. (2004). The impact of ozone lines on AMSU-B radiances. *Geophysical research letters*, 31(21).
- Arantxa M. Triana-Gómez, Georg Heygster, Christian Melsheimer, Gunnar Spreen, Monia Negusini, and Boyan H. Petkov, (2020) Improved water vapour retrieval from AMSU-B and MHS in the Arctic, *Atmos. Meas. Tech.*, 13, 3697-3715,
- Muller, B. M., Fuelberg, H. E & Xiang, X. (1994). Simulations of the effects of water vapor, cloud

- Chevalier, F. (2001). Sampled database of 60 levels atmospheric profiles from the ECMWF analysis. Online available at: <https://www.ecmwf.int/node/8684>.
- Shi, J., Du, Y., Du, J. *et al.* (2012) Progresses on microwave remote sensing of land surface parameters. *Sci. China Earth Sci.* 55, 1052-1078.
- Buehler, S. A., P. Eriksson, T. Kuhn, A. von Engeln, and C. Verdes, (2005) ARTS, the Atmospheric Radiative Transfer Simulator, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 91, 65-93.
- Buehler, Stefan A., Jana Mendork, Patrick Eriksson, Agnes Perrin, Richard Larsson, and Oliver Lemke (2018) ARTS, the Atmospheric Radiative Transfer Simulator-Version 2.2, the planetary toolbox edition, *Geoscientific Model Development*, 11(4), 1537-1556.
- Buehler, S. A., Kuvatov, M., John, V. O., Leiterer, U., & Dier, H. (2004). Comparison of microwave satellite humidity data and radiosonde profiles: A case study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D13).
- Rothman, L. S., Barbe, A., Benner, D. C., Brown, L. R., Camy-Peyret, C., Carleer, M. R., ... & Fayt, A. (2003). The HITRAN molecular spectroscopic database: edition of 2000 including updates through 2001. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 82(1), 5-44.
- liquid water, and ice on AMSU moisture channel brightness temperatures. *Journal of Applied Meteorology*. 1154-1133 ,(10)33 ,
- Saunders, R. W., Hewison, T. J., Stringer, S. J., & Atkinson, N. C. (1995). The radiometric characterization of AMSU-B. *IEEE Transactions on microwave theory and techniques*, 43(4), 760-771.
- Shen, F., Min, J., (2015) Assimilating AMSU-a radiance data with the WRF hybrid En3DVAR system for track predictions of Typhoon Megi (2010). *Adv. Atmos. Sci.* 32, 1231-1243.
- NOAA KLM Users Guide – August 2014 Revision, online available at: http://rain.atmos.colostate.edu/XCAL/docs/amsub/NOAA_KLM_Users_Guide.pdf
- James H. Chetwynd Jr., Jinxue Wang, and Gail P. Anderson (1994) “Fast Atmospheric Signature CODE (FASCOD); an update and applications in atmospheric remote sensing”, *Proc. SPIE 2266, Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research*
- Prasun Gangopadhyay, Freek van der Meer and Paul M. Van Dijk, (2008) Atmospheric modelling using FASCOD to identify CO2 absorption bands and their suitability analysis in variable concentrations for remote sensing applications., *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 109(4):670-683

The impact of ozone absorption lines on brightness temperature of Satellite microwave channels using the ARTS model

Hamid Absalan¹, Abolhassan Gheiby², Vahid Amery³

¹ PhD student of Meteorology, Dept. of atmospheric and Oceanographic science, Faculty of Marine science and technologies, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

² Assistant professor, Department of physics, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.

³ Associate professor, Department of physics, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

*Corresponding Author Email: abolhassang@hormozgan.ac.ir

Received: 30 June 2021 , accepted: 04 October 2021

ABSTRACT

A new generation of microwave sounders, including the Advanced Microwave Sounder Unit (AMSU), on NOAA's polar-orbiting satellites has been providing global, continuous measurements of water vapor and many other atmospheric parameters for more than two decades. In the microwave region, water vapor, oxygen, nitrogen and ozone are active atmospheric gases. All of these gases are not considered in radiation transfer models for calculating radiation in satellite microwave radiometers including AMSU. The aim of this article is to investigate the effect of ozone absorption lines on the brightness temperature of AMSU radiometer. For this purpose, first, using the Atmospheric Radiation Transfer Simulator (ARTS) model, the absorption spectrum of ozone was simulated in the range of AMSU frequencies, and then the location of these channels was placed on the absorption spectrum of ozone. Some AMSU channels are located near the peaks of ozone absorption lines, which can affect the brightness temperature of these channels. For quantitative analysis, the lighting temperature of all 20 AMSU channels, without including ozone and including with ozone was simulated and then the brightness temperature differences (ΔTB) was calculated in both cases. The ΔTB values for all channels were negative, that is, the presence of ozone reduces the brightness temperature. The results also showed that ozone has the greatest effect on channels 5, 1, and 8 of AMSU-A and channels 18, 17, and 20 of AMSU-B, respectively. The highest value of ΔTB was obtained for channel 18, with an approximate value of 0.6 degrees Kelvin.

Keywords: Ozone, ARTS Model, AMSU

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Absalan, H.; heiby, A.; Amery, V. (2021). The impact of ozone absorption lines on brightness temperature of Satellite microwave channels using the ARTS model. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 4(4): 272-283

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

