

تحلیل آماری سینوپتیکی جت استریم‌های حاکم بر جو ایران با رویکرد دفاعی

سرزمینی

سید اسعد حسینی^۱، عباس علی‌پور^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴

چکیده

بدون تردید یکی از متغیرهای مؤثر شکل‌گیری خط مشی سیاست خارجی، مباحث راهبردی و سیاست دفاعی هر کشور، محیط منطقه‌ای و ابعاد مختلف آن است. با توجه به موقعیت جغرافیایی و وضعیت ژئوپلیتیک منحصربه‌فرد کشور ایران، اتخاذ تمهیدات لازم در حفظ و حراست از تمامیت ارضی کشور ضرورت می‌یابد. تجارب جنگ تحمیلی نشان داده است علم آب‌وهواشناسی می‌تواند سرنوشت یک قدرت بزرگ را در جنگ تغییر دهد. جت استریم‌ها یکی از پدیده‌های آب‌وهوایی است که در طول جنگ جهانی دوم مورد استفاده نظامی فراوان قرار گرفت که توانست مسیر حمل بمب‌های بالنی بدون سرنشین و ... باشد. این پژوهش جت استریم‌های حاکم بر جو ایران را با تأکید بر مناطق کویری، بیابانی و سواحل مکران به عنوان یک تهدید بررسی می‌نماید. بدین منظور داده‌های بازوآکاوای شده باد مداری، باد نصف‌النهار و دمای هوا برای یک دوره ۵ ساله از سازمان NOAA دریافت گردید و با فراخوانی آن‌ها در محیط نرم‌افزار Grads نقشه‌های جت استریم و میانگین دمای جو تهیه شد. نتایج حاصل نشان داد که در طول دوره موردبررسی، ۲۷ جت استریم با قابلیت کاربرد نظامی رخ داده که میانگین طول آن‌ها نزدیک به ده هزار کیلومتر است و طولانی‌ترین آن‌ها با طولی بیشتر از ۱۶ هزار کیلومتر، از مرزهای آمریکای لاتین و کانادا منشأ گرفته و تا جو بالای ایران ادامه پیدا کرده است. با توجه به این پدیده، ۳۳ کشور خارجی برای ایران تهدیدکننده به حساب می‌آیند. بر اساس نتایج، در بین استان‌های مورد بررسی، استان‌های یزد و کرمان دارای بیشترین تأثیر از این پدیده‌اند. سپس به ترتیب استان‌های خراسان جنوبی، هرمزگان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، خراسان رضوی، سمنان و قم قرار دارند. می‌توان گفت این پدیده از نظر رخداد زمانی، مختص فصل سرد سال است.

واژه‌های کلیدی: ایران، بمب‌های بالنی، بیابان، تهدید نظامی، جت استریم.

^۱ دکتری اقلیم‌شناسی و نویسنده مسئول، صندوق الکترونیکی: Hosseini.asad8@gmail.com

^۲ استادیار جغرافیای سیاسی دانشگاه امام حسین (ع)

مقدمه

همواره در طول تاریخ نقش آب‌وهواشناسی در مباحث نظامی به شکل‌های مختلف نمود پیدا کرده است. عناصری همچون دما، رطوبت، فشار، جهت و سرعت باد، دید افقی و ابرناکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی مورد استفاده در مباحث نظامی همچون حمل‌ونقل‌های نظامی هوایی و زمینی است. در سال‌های اخیر اطلاعات ماهواره‌ای و فناوری جدید سنجش‌ازدور پیشرفت‌های چشمگیری در مباحث هواشناسی داشته و به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای در بررسی‌های مختلف مطالعات جوی هرروز از وسعت بیشتر و دقیق‌تری برخوردار می‌گردد. در علوم جوی، تأثیر و کاربرد هواشناسی در طرح‌ریزی‌های عملیاتی و یا اجرای عملیاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد و ارزش و اهمیت نظامی عوامل مختلف هواشناسی با حرکت واحدها و نیروهای عمده با توجه به سمت و سوی تهدیدات مورد توجه اساسی است. یکی از پدیده‌های آب‌وهوایی که در طول جنگ‌های تاریخی به‌ویژه جنگ جهانی دوم نیز مورد استفاده نظامی فراوان قرار گرفته است جت استریم‌ها می‌باشند و به‌عنوان حامل بمب‌های بالنی، میکروبی و شیمیایی مورد استفاده و کاربرد نظامی قرار می‌گرفتند. جت استریم، جریان باریکی از باد است که در امتداد یک محور نسبتاً افقی در تروپسفر بالایی یا در استراتوسفر متمرکز شده است. جت استریم‌ها بدون استثناء در همه نقشه‌های هوا به‌صورت کمربند یا نوارهایی با سرعت زیاد دیده و تا مسافت‌های طولانی کشیده می‌شوند و هنگامی که سرعت باد به بیش از ۳۰ متر در ثانیه برسد، جت استریم نام دارد (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۱). در روی نقشه‌های هوا، جت استریم به‌صورت هسته‌هایی کاملاً منفرد که از نظر مکانی نیز کاملاً متغیر است. هسته‌های سرعت یکی در حاشیه استوایی بادهای غربی و دیگری بر روی جبهه قطبی منطقه برون حاره، بیش از نواحی دیگر حرکت می‌کنند. در نتیجه دو بستر نسبتاً متمایز را به وجود می‌آورند که جت استریم جبهه قطبی و جت استریم جنب حاره نامیده می‌شوند و از نظر ارتفاع و مدار جغرافیایی با هم متفاوت‌اند (مسعودیان، ۱۳۹۰). جت استریم‌های جبهه قطبی در اقلیم سطح زمین نقش مؤثری ایفا می‌کنند که به‌طور عمده به تشکیل سیکلون‌های برون حاره و هدایت آن‌ها و نیز ایجاد ناپایداری در جو زیرین خود کمک کرده، سبب صعود هوا و در صورت

وجود هوای گرم و مرطوب، سبب بارش می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۱). شناخت جت استریم در تروپوسفر بالایی برای اولین بار در سال ۱۹۳۴ و در جریان حملات هوایی آمریکا به ژاپن در جریان جنگ جهانی دوم میسر شد. این جریانات به عقیده برایسون توسط رزبای که قبلاً جت استریم‌ها را در جریانات آب مطالعه کرده بود نام‌گذاری شد. تاکنون مطالعات زیادی در مورد این جریانات در کشورهای مختلف صورت گرفته، اما در زمینه پراکندگی آن‌ها در ارتباط با کاربرد نظامی آن‌ها مطالعات چندانی صورت نگرفته است. از جمله این تحقیقات، کتاب‌نامه‌هایی است که توسط دپارتمان نظامی و نیروی هوایی آمریکا در زمینه نقش اقلیم روی عملیات نظامی انتشار یافته است. میلیکان^۱ (۱۹۱۹) در مورد کاربرد برخی از جنبه‌های هواشناسی در ارتش آمریکا در مورد بمب‌های بالنی مطالعاتی را انجام داده است. در مورد نقش جریان جت استریم‌ها در جنگ جهانی دوم نیز مطالعات زیادی انجام شده، مکی^۲ (۱۹۴۵) در مطالعه‌ای در مورد تحقیقات بالن‌های ژاپن پژوهش‌هایی انجام داده است. میکش (۱۹۷۳) در مورد بمب‌های بالنی ژاپن بر فراز آمریکای شمالی تحقیقاتی انجام داده است. در مورد نقش اقلیم در عملیات دفاعی و رزمی در خارج از کشور تحقیقات خوبی توسط نیروی دریایی آمریکا صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات لاجویی^۳ (۲۰۰۶)، موس^۴ (۲۰۰۷)، مونتمگری^۵ (۲۰۰۸) و کروک^۶ (۲۰۰۹) اشاره کرد. در مورد تأثیرات اقلیم روی عملیات نظامی در داخل کشور تحقیقات زیادی صورت نگرفته است. علیجانی (۱۳۶۷)، شمس‌آبادی (۱۳۷۵) و درویشی (۱۳۷۸) در مورد فراوانی جت استریم‌های خاورمیانه، احمدی و علیجانی (۱۳۸۶) و افروشه و همکاران (۱۳۹۱) در مورد همبستگی بین بارش با رودبادهای ایران، تحقیقاتی انجام داده‌اند. کاظم‌پور (۱۳۸۴) به بررسی و مطالعه جت استریم بر روی ایران پرداخت. خورانی (۱۳۸۴) به تعیین موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور با استفاده از داده‌های بارشی هفت ایستگاه در دو استان ایلام و کرمانشاه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۹۹ پرداخت.

^۱Millikan^۲McKay^۳Lajoie^۴Moss^۵Montgomery^۶Crook

مواد و روش‌ها

جهت شناسایی جت استریم‌های حاکم بر جو ایران و طبقه‌بندی آن‌ها ابتدا یک مقیاس با طول ۸۰ درجه غربی تا ۷۰ شرقی و عرض ۲۵ درجه جنوبی تا ۵۰ درجه شمال جغرافیایی انتخاب گردید تا یک مطالعه سینوپتیکی از جت استریم‌ها را شامل شود. سپس از سایت سازمان مطالعات جوی و اقیانوسی ایالات متحده (NOAA)، داده‌های بازوآکاوای مربوط به پارامترهای UWND و VWND و Airmem دریافت شد. پس از طبقه‌بندی داده‌ها از نظر رخداد زمانی، به محیط نرم‌افزاری Grads فراخوان و با اسکریپت و برنامه‌نویسی در این نرم‌افزار، نقشه مربوط به جت استریم‌های حاکم بر منطقه برای سطوح مختلف جوی از سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال تا سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال تهیه گردید. پس از مشخص شدن روزهای همراه با پدیده جت استریم، نقشه میانگین دمای هوا برای روزهای مورد نیاز تهیه گردید. در ادامه با محاسبه فراوانی‌ها، مسیر غالب جت استریم‌های ورودی به جو ایران از نظر رخداد مکانی (منشأ) و زمانی (فصلی) و سطوح ارتفاعی جو مشخص گردید. جهت نمایش بهتر سرعت جت استریم یک مورد انتخابی به صورت نیم‌رخ نموداری هوف‌مولر ترسیم گردید که در آن طول ۵۲ درجه شرقی به صورت متغیر ثابت و عرض و سرعت آن به صورت داده متغیر به‌کار گرفته شد. همچنین برای نشان دادن برش عمودی از جت استریم و بررسی بهتر سطح جوی که جت استریم در آن قرار گرفته، با ثابت نگه‌داشتن عامل، طول ۵۲ درجه شرقی که مرکز جت در آن واقع بوده و عرض و سطح آن به صورت متغیر در نظر گرفته شد و پروفیل جت استریم تهیه گردید. در پایان نیم‌رخ دمایی جو از سطح ۱۰۰۰ تا ۱۰ هکتوپاسکالی ترسیم و تحلیل شد.

یافته‌های پژوهش

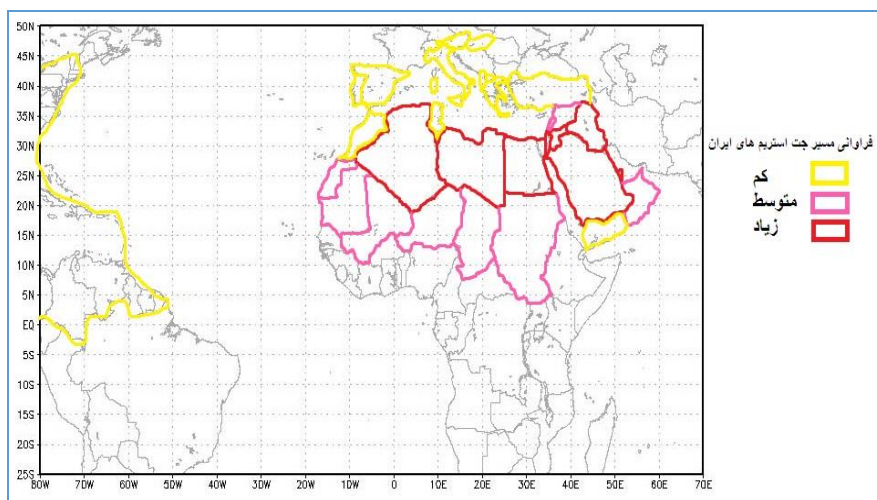
در این پژوهش برای شناسایی مسیر و سطوح مختلف ورود جت استریم‌ها به ایران طی دوره مطالعاتی ۵ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۹)، جت استریم‌های زیادی شناسایی شد که جهت مطالعه و شناسایی آن‌ها تعداد ۲۷ جت استریم با کاربرد نظامی (با توجه به ویژگی ظاهری) انتخاب گردید که مشخصات و ویژگی‌های آن‌ها در جدول شماره (۱) آمده است. نتایج حاصل نشان داد که جت استریم‌های مذکور در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نمود بهتری دارند و در اکثر موارد

در این سطح هکتوپاسکالی جریان دارند. از نظر پهنا و طول دارای اندازه‌های متفاوتی می‌باشند که میانگین پهنای این جت استریم‌ها ۱۲۵۰ کیلومتر و میانگین طولی آن‌ها برابر با ۹۷۶۷ کیلومتر هست. طولانی‌ترین آن‌ها با طولی برابر با ۱۶۶۵۰ کیلومتر از ایالات متحده آمریکا تا ایران را در بر می‌گیرد و در برگیرنده سه قاره آمریکا و آفریقا و اروپا در طول مسیر خود است.

جدول شماره ۱- مشخصات جت استریم‌های ورودی به ایران طی دوره مورد مطالعه (۲۰۰۹-۲۰۱۳)

ردیف	تاریخ	سطح ارتفاعی (هکتوپاسکال)	عرض (کیلومتر)	طول (کیلومتر)
۱	۲۰۰۹/۲/۱۷	۳۰۰	۱۲۲۰	۹۴۳۰
۲	۲۰۰۹/۲/۲۳	۳۰۰	۱۸۸۰	۱۲۲۰۰
۳	۲۰۱۰/۱/۴	۳۰۰	۱۱۱۰	۷۷۷۰
۴	۲۰۱۰/۲/۹	۳۰۰	۱۱۱۰	۱۶۶۵۰
۵	۲۰۱۰/۳/۲۰	۳۰۰	۱۱۱۵	۶۱۵۰
۶	۲۰۱۰/۱۱/۲۲	۳۰۰	۷۷۷	۴۹۹۰
۷	۲۰۱۰/۱۲/۱۱	۳۰۰	۱۱۱۵	۲۷۷۵
۸	۲۰۱۱/۱/۷	۳۰۰	۱۶۶۰	۶۶۶۰
۹	۲۰۱۱/۲/۱۳	۳۰۰	۱۱۳۰	۱۰۴۰۰
۱۰	۲۰۱۱/۳/۲۸	۳۰۰	۱۱۱۸	۸۸۸۰
۱۱	۲۰۱۱/۱۱/۱۸	۳۰۰	۱۴۴۰	۸۶۵۸
۱۲	۲۰۱۱/۱۱/۲۶	۳۰۰	۱۱۱۱	۹۹۰۰
۱۳	۲۰۱۱/۱۲/۱	۳۰۰	۱۱۱۶	۱۳۳۲۰
۱۴	۲۰۱۱/۱۲/۶	۳۰۰	۸۸۸	۷۷۷۰
۱۵	۲۰۱۱/۱۲/۲۵	۳۰۰	۱۴۴۳	۱۲۲۱۰
۱۶	۲۰۱۱/۱۲/۲۹	۳۰۰	۹۹۰	۱۰۴۳۰
۱۷	۲۰۱۲/۱/۲۳	۳۰۰	۱۶۶۵	۱۴۲۰۰
۱۸	۲۰۱۲/۲/۲	۳۰۰	۹۹۵	۱۰۲۰۰
۱۹	۲۰۱۲/۲/۱۱	۳۰۰	۱۶۶۵	۱۲۷۶۰
۲۰	۲۰۱۲/۲/۱۶	۳۰۰	۱۱۳۰	۱۱۱۰۰
۲۱	۲۰۱۲/۲/۲۸	۳۰۰	۱۴۴۰	۱۱۱۰۰
۲۲	۲۰۱۲/۳/۸	۳۰۰	۱۳۳۰	۸۸۸۰
۲۳	۲۰۱۲/۳/۱۵	۳۰۰	۱۳۳۵	۷۷۷۰
۲۴	۲۰۱۲/۱۲/۱۲	۳۰۰	۱۱۰۰	۱۱۱۰۰
۲۵	۲۰۱۲/۱۲/۳۱	۳۰۰	۱۲۲۰	۸۴۳۰
۲۶	۲۰۱۳/۱/۷	۳۰۰	۱۵۵۰	۸۸۸۰
۲۷	۲۰۱۳/۱۲/۱۸	۳۰۰	۱۱۲۰	۱۱۱۰۰
۲۸	میانگین	۳۰۰	۱۲۵۰	۹۷۶۷

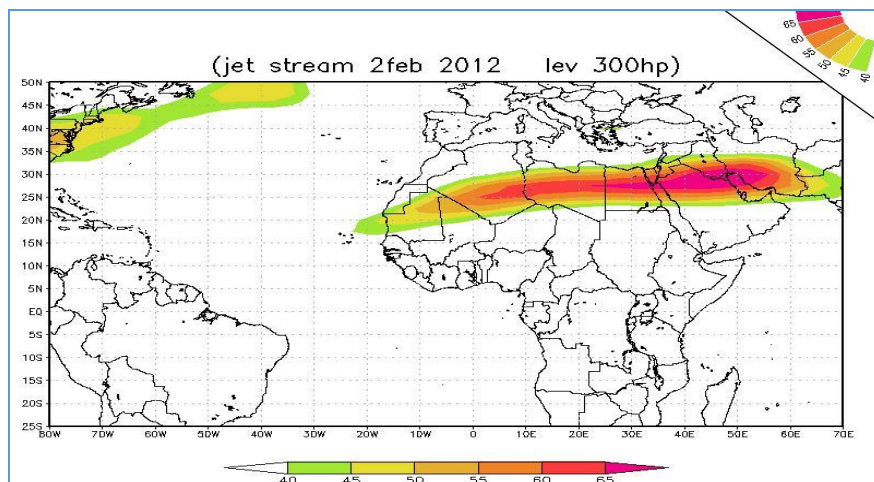
نتایج حاصل از بررسی فراوانی مسیر جت استریم‌ها به کشور نشان می‌دهد که مسیر مداری از شرق اقیانوس اطلس، مسیر اصلی جت استریم‌های ورودی به کشور ایران است که ۶۴ درصد جت استریم‌های حاکم بر جو کشور از این مسیر وارد می‌شوند. ۲۷ درصد نیز در مسیری مداری و جنوبی‌تر از مسیر اصلی رخ می‌دهد و عمدتاً کشورهای آفریقای مرکزی را شامل می‌شوند. مسیر جزئی‌تر نیز عمدتاً شامل کشورهای جنوبی اروپا است. همچنین در مواردی کشورهای قاره آمریکا واقع در عرض‌های میانه را نیز شامل می‌شود (شکل شماره ۲).



شکل شماره ۲- فراوانی مسیر جت استریم‌های ورودی به کشور

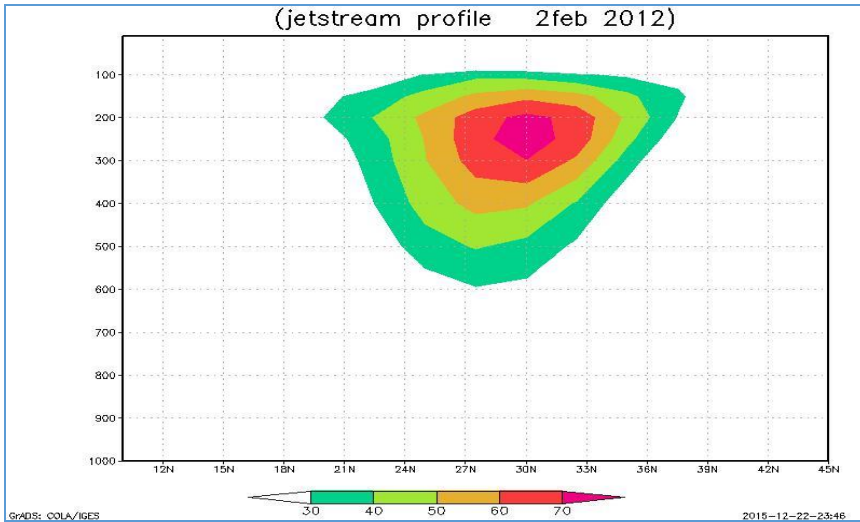
با توجه به تعداد زیاد جت استریم‌ها و شکل‌های استخراجی در ادامه دو مورد انتخابی از آن‌ها با توجه به وسعت و گسترش و اهمیت آن‌ها در ادامه تحلیل می‌گردد. نتایج حاصل نشان داد که جت استریم ۲ فوریه ۲۰۱۲ مسیری مداری را تقریباً بر روی عرض ۲۵ درجه شمالی به سمت ایران طی کرده است که حداکثر سرعت آن به ۷۰ متر در ثانیه رسیده و عمدتاً مناطق جنوبی ایران را تحت تأثیر خود قرار داده که از شمال عربستان وارد کشور ایران شده است. با توجه به نتایج حاصل کشورهای عراق، عربستان، کویت، اردن، اسرائیل، عمان، مصر، لیبی،

الجزایر، مالی و موریتانی کشورهای تهدیدی در این جت استریم برای ایران محسوب می‌شوند (شکل شماره ۳).



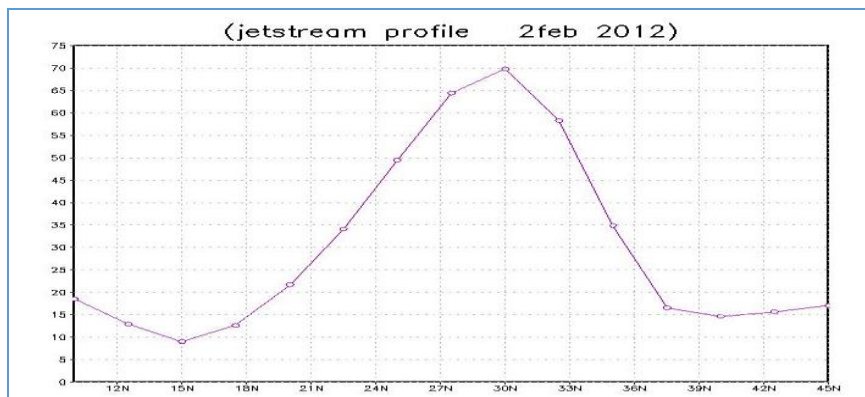
شکل شماره ۳- جت استریم ۲ فوریه ۲۰۱۲ در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی

در شکل شماره (۴) می‌توان نیم‌رخ جت استریم مذکور را مشاهده کرد که مرکز آن در سطح ۲۵۰ هکتوپاسکالی قرار گرفته است. مرز پایینی این جت استریم تا سطح ۶۰۰ هکتوپاسکالی ضخامت دارد. در این نیم‌رخ می‌توان کامل مشاهده نمود که جت استریم‌ها به صورت تونل باد می‌باشند که حداکثر سرعت آن در مرکز آن واقع شده است و به اطراف از سرعت آن کاسته می‌شود و مسیر آن عرض ۳۰ درجه شمالی ایران می‌باشد.



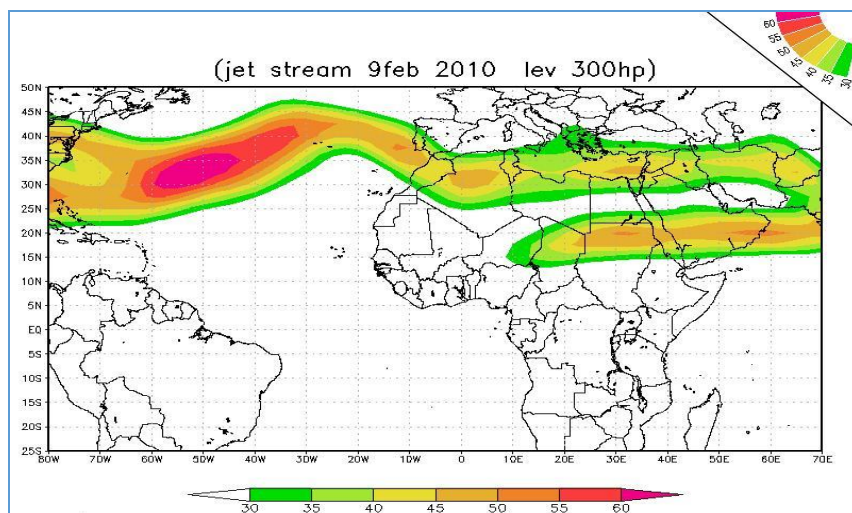
شکل شماره ۴- نیمرخ جت استریم ۲ فوریه ۲۰۱۲ برای طول ۵۰ درجه شرقی

نمودار نیمرخ سرعت باد نیز حداکثر سرعت ۷۰ متر ثانیه در عرض ۳۰ درجه شمالی را نشان می‌دهد. از عرض ۲۲ درجه سرعت آن از ۳۰ متر در ثانیه بیشتر شده و تا عرض ۳۵ درجه شمالی ادامه داشته است. با توجه به قرینه نمودار می‌توان مشاهده کرد که شیب سرعت به سمت عرض‌های بالا شدیدتر از عرض‌های پایینی است (شکل شماره ۵).



شکل شماره ۵- نمودار نیمرخ سرعت باد در جت استریم ۲ فوریه ۲۰۱۲ بر حسب (m/s)

تحلیل جت استریم ۹ فوریه ۲۰۱۰ نیز نشان می‌دهد که گستره جت استریم‌ها فقط به کشورها یا قاره‌های نزدیک ایران ختم نمی‌شود و حتی می‌توانند از قاره آمریکا نیز با یک مسیر طولانی تا جو ایران گسترش داشته باشند. با توجه به نتایج حاصل، این جت استریم از آمریکا و کانادا تا جو ایران را در بر گرفته که طول آن به ۱۶۶۵۰ کیلومتر و عرض آن به ۱۱۱۰ کیلومتر می‌رسد. در این جت استریم، تهدید و مخاطره کشورهای آمریکایی را نیز می‌توان مشاهده نمود (شکل شماره ۶).



شکل شماره ۶- جت استریم ۹ فوریه ۲۰۱۰ در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی

با توجه به بررسی جت استریم‌های مختلف و نتایج حاصل، کشور ایران سالانه شاهد ورود جت استریم‌های فراوانی با مسیرهای مختلف است. از نظر ماهانه بیشترین رخداد جت استریم‌ها در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر اتفاق افتاده که در واقع فصول سرد سال است. در فصل تابستان جت استریم‌ها به عرض‌های بالاتری گسترش می‌یابند که ناشی از عقب‌نشینی بادهای غربی و استیلای پرفشار جنب حاره آزر بر جو ایران و خاورمیانه است. نتایج حاصل از بررسی دفاعی سرزمینی جت استریم‌ها نیز نشان می‌دهد که ماه‌های دسامبر و

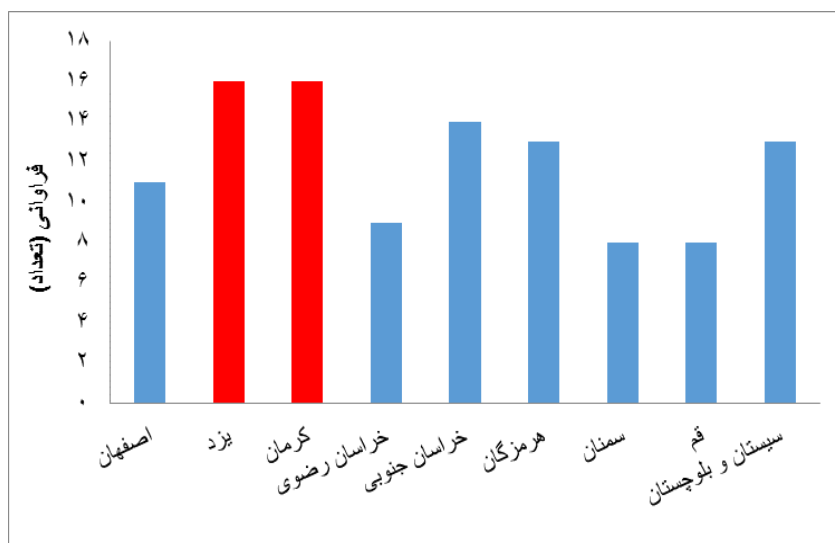
فوریه از تهدیدی ترین ماه‌های سال برای ورود انواع بالن‌های حامل بمب و مواد شیمیایی و میکروبی از کشورهای خارجی واقع در مسیر این جت استریم‌ها است. این جت استریم‌ها از آنجا که دارای مسیر ارتفاعی بالایی هستند و به‌طور میانگین در ارتفاع ۱۰ کیلومتری زمین (ارتفاع پرواز هواپیما) قرار دارند؛ بنابراین محدودیتی در گستره کشوری ندارند و بیشتر استان‌ها را در بر می‌گیرد. بر اساس نتایج حاصل از حدود ۳۳ کشور، تهدیدی برای ایران از این جهت وجود دارد که بیشترین تهدید مربوط به کشورهای عربستان، اردن، عراق، کویت، مصر، لیبی، اسرائیل و الجزایر، سوریه، مالی، چاد، نیجر، موریتانی، لبنان و سودان است که با دارا بودن بیشترین سهم مشترک در مسیر جت استریم‌های ورودی به ایران، بیشترین تهدید برای ایران به حساب می‌آیند. جت استریم‌ها با حداکثر طولی با بیش از ۱۶ هزار کیلومتر می‌توانند از طریق روش‌های گوناگون حمل هوایی بدون سرنشین و یا بدون موتور انواع بمب‌های معلق یا بالن‌های حامل مواد شیمیایی را حتی از قاره آمریکا به جو کشور حمل نموده و با رها کردن آن‌ها سبب خسارت‌های زیادی به کشور شود. در بین استان‌های مطالعاتی نیز یزد، کرمان و خراسان جنوبی بیشتر در معرض این پدیده قرار دارند. بعد از آن‌ها به ترتیب هرمزگان، سیستان و بلوچستان، اصفهان، خراسان رضوی، قم و سمنان قرار دارند که باید پیش‌بینی‌های لازم جهت استقرار نیروهای دفاعی هوا به هوا و زمین به هوا در مرزهای کشور و استانی موردنظر صورت بگیرد (جدول شماره ۲ و شکل شماره ۷).

جدول شماره ۲- کشورهای تهدیدکننده برای استان‌های مورد مطالعه به تفکیک زمان رخداد جت استریم

تاریخ	کشورهای تهدیدکننده	استان‌های در معرض تهدید
۲۰۰۹/۲/۱۷	عربستان - عراق - مصر - لیبی - الجزایر - اردن - اسرائیل - مالی - موریتانی	اصفهان - یزد - کرمان - خراسان جنوبی
۲۰۰۹/۲/۲۳	عراق - اردن - مصر - لیبی - الجزایر - خوروکو - صحرای شرقی	اصفهان - سمنان - خراسان رضوی - یزد - قم - خراسان جنوبی
۲۰۱۰/۱/۴	ترکیه - یونان - اسکوپیه - تیرانا - بلغارده - اتریش - مجارستان	خراسان رضوی
۲۰۱۰/۲/۹	عراق - سوریه - اسرائیل - لبنان - اردن - مصر - لیبی - الجزایر - موروکو - اسپانیا - پرتغال - ۲۵ تا ۴۰ درجه	خراسان رضوی - خراسان جنوبی - سمنان - یزد - قم - اصفهان

تاریخ	کشورهای تهدیدکننده	استان‌های در معرض تهدید
	عرض شمالی اطلس - کشورهای آمریکای لاتین	
۲۰۱۰/۳/۲۰	عراق - عربستان - مصر - سودان - چاد - اردن	خراسان رضوی - سمنان - یزد - قم - اصفهان
۲۰۱۰/۱۱/۲۲	عمان - ابوظبی - عربستان - مصر - سودان	هرمزگان - سیستان - بلوچستان
۲۰۱۰/۱۲/۱۱	عمان - ابوظبی - عربستان - یمن - سودان	هرمزگان - سیستان - بلوچستان - کرمان
۲۰۱۱/۱/۷	عراق - عربستان - اردن - اسرائیل - مصر - لیبی - چاد - نیجر	هرمزگان - سیستان - بلوچستان - کرمان
۲۰۱۱/۲/۱۳	عراق - عمان - عربستان - اردن - اسرائیل - مصر - لیبی - الجزایر - مالی - موریتانی	هرمزگان - سیستان - بلوچستان - کرمان
۲۰۱۱/۳/۲۸	عربستان - کویت - عراق - سودان - مصر - چاد - نیجر - مالی - الجزایر - اردن - اسرائیل	هرمزگان - سیستان - بلوچستان - کرمان - یزد - خراسان جنوبی
۲۰۱۱/۱۱/۱۸	عراق - کویت - عربستان - سوریه - بیروت - اسرائیل - مصر - لیبی - الجزایر	خراسان رضوی - خراسان جنوبی - قم - اصفهان - یزد - سمنان
۲۰۱۱/۱۱/۲۶	کویت - عربستان - سودان - عمان - مصر - لیبی - الجزایر - اردن	خراسان جنوبی - سیستان و بلوچستان - هرمزگان - کرمان
۲۰۱۱/۱۲/۱	عراق - کویت - عربستان - مصر - لیبی - الجزایر - مراکو - صحرای شرقی	خراسان جنوبی - کرمان - یزد
۲۰۱۱/۱۲/۶	عراق - کویت - عربستان - مصر - لیبی - نیجر - الجزایر - اردن	هرمزگان - سیستان و بلوچستان - کرمان
۲۰۱۱/۱۲/۲۵	عراق - عربستان - اردن - اسرائیل - کویت - لبنان - سوریه - مصر - لیبی - چاد - نیجالی - موریتانی - صحرای شرقی	قم - سمنان - اصفهان - یزد - خراسان جنوبی
۲۰۱۱/۱۲/۲۹	عراق - عربستان - کویت - اردن - اسرائیل - مصر - لیبی - الجزایر - مالی - موریتانی	هرمزگان - سیستان - بلوچستان
۲۰۱۲/۱/۲۳	عراق - عربستان - کویت - اردن - اسرائیل - عمان - مصر - لیبی - الجزایر - مالی - موریتانی - نیجر	هرمزگان - سیستان - بلوچستان - کرمان

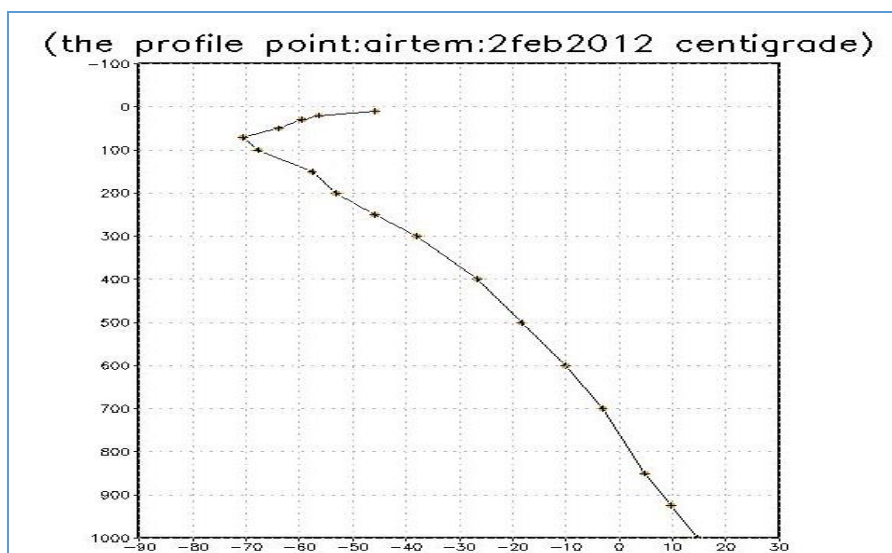
هرمزگان-سیستان-بلوچستان- کرمان	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-عمان-مصر- لیبی-الجزایر-مالی-موریتانی	۲۰۱۲/۲/۲
قم-سمنان-اصفهان-خراسان رضوی-یزد-خراسان جنوبی	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-سوریه- ترکیه-یونان-ایتالیا-عمان-مصر-لیبی-الجزایر-مالی- موریتانی-چاد-نیجر-صاحارای شرقی	۲۰۱۲/۲/۱۱
یزد-کرمان-اصفهان	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-عمان-مصر- لیبی-الجزایر-تونس-مالی-موریتانی-صاحارای شرقی	۲۰۱۲/۲/۱۶
قم-سمنان-اصفهان-خراسان رضوی-یزد-خراسان جنوبی	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-سوریه-لبنان- عمان-مصر-لیبی-الجزایر-موریتانی	۲۰۱۲/۲/۲۸
کرمان-سیستان و بلوچستان- هرمزگان-یزد-خراسان جنوبی	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-ترکیه-لبنان- سوریه-مصر-لیبی-الجزایر-مالی-موریتانی-نیجر	۲۰۱۲/۳/۸
قم-اصفهان-خراسان رضوی- یزد-سمنان	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-سوریه-لبنان- مصر-لیبی-الجزایر-نیجر	۲۰۱۲/۳/۱۵
سیستان و بلوچستان-هرمزگان- کرمان	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-مصر-لیبی- الجزایر-موریتانی-صاحارای شرقی	۲۰۱۲/۱۲/۱۲
یزد-کرمان-خراسان جنوبی	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-سوریه-لبنان- عمان-مصر-لیبی-چاد-مالی-نیجر	۲۰۱۲/۱۲/۳۱
اصفهان-یزد-خراسان رضوی- خراسان جنوبی-کرمان	عراق-عربستان-کویت-اردن-سوریه-لبنان-اسرائیل- عمان-مصر-لیبی-الجزایر-مالی	۲۰۱۳/۱/۷
کرمان-سیستان و بلوچستان-یزد- خراسان جنوبی	عراق-عربستان-کویت-اردن-اسرائیل-مصر-لیبی- الجزایر	۲۰۱۳/۱۲/۱۸



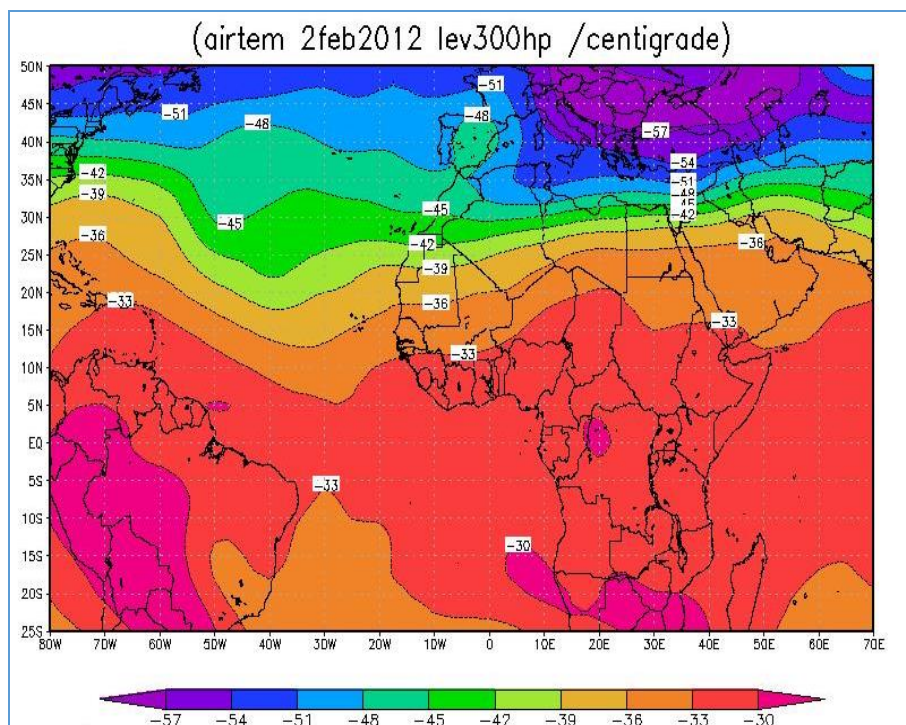
شکل شماره ۷- فراوانی رخداد جت استریم در استان‌های مورد مطالعه

نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های میانگین دمای جو برای سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی روزهای همراه با رخداد پدیده جت استریم نشان داد که در تمامی نقشه‌ها، خطوط هم‌دما در مسیر منطبق با جت استریم، دارای فشردگی تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد بر جو ایران هستند. جت استریم جبهه قطبی که در نتیجه گرادیان شدید دمایی به وجود می‌آید (علیجانی، ۱۳۷۱) کاملاً این شرط را در روزهای با فشردگی خطوط هم‌دما دارا است. هرچقدر این گرادیان دمایی بیشتر باشد سرعت جت استریم بیشتر می‌شود و متقابلاً تأثیرات اقلیمی و کاربرد نظامی آن‌ها نمود بهتری پیدا می‌کند. در همه نقشه‌ها از نقطه شروع فشردگی خطوط هم‌دما، جت استریم شروع به شکل‌گیری کرده است. بنابراین در بررسی زمان وقوع و تشکیل رودادهای جبهه قطبی باید نقشه‌های میانگین دمای جو یا نقشه‌های ضخامت جو مورد بررسی و پیش‌بینی قرار گیرند تا در جهت مقابله با تهدیدات نظامی کشورهای خارجی آمادگی‌های لازم انجام شود. در بررسی تمام نقشه‌های میانگین دمای جو برای روزهای همراه با جت استریم، تفاوت محسوسی در دمای سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی صورت نگرفته و فقط فشردگی بین خطوط هم‌دما تغییراتی را داشته است. معمولاً مرز جنوبی ایران در این سطح ارتفاعی با مرز ۳۳- درجه‌ای دما و مرز شمالی ایران معمولاً با مرز دمایی ۵۱- درجه مطابقت دارد. در بررسی

نمودار نیم‌رخ جت استریم ۲ فوریه ۲۰۱۲ برای طول ۵۲ درجه شرقی و عرض ۳۰ درجه شمالی نشان می‌دهد که تا سطح ۸۰ هکتوپاسکالی، با افزایش ارتفاع روند کاهشی دما وجود دارد و از این سطح به بالاتر دوباره روندی افزایشی به خود گرفته که شروع سطح وارونگی دمایی است و از سطح زمین تا سطح بالایی جت استریم‌ها، دما دارای روندی کاهشی است (شکل شماره ۸). نقشه دمایی سطح منطقه در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکالی در این روز نیز در شکل شماره (۹) آورده شده است.



شکل شماره ۸- نمودار برش قائم دمایی جواز سطح ۱۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکالی



شکل شماره ۹- میانگین دمای جو در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال در ۲ فوریه ۲۰۱۲

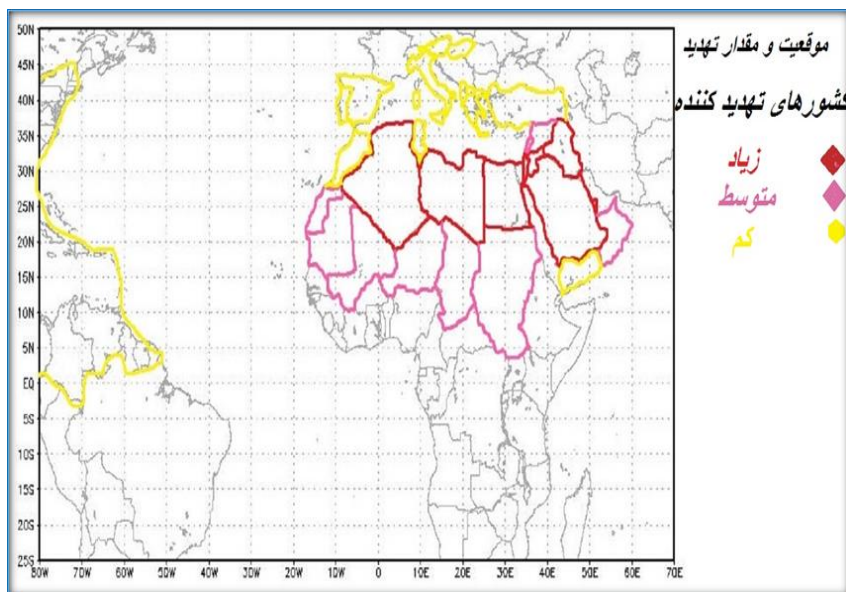
با توجه به نتایج حاصل از تفسیر نقشه‌های خروجی می‌توان اظهار داشت که کل کشور در معرض این تهدید قرار دارد و این پدیده تقریباً از ماه نوامبر شروع می‌شود و حدوداً به مدت پنج ماه تا ماه مارس ادامه پیدا می‌کند. با توجه به این که پدیده‌های اقلیمی مسیر ثابت ندارند، جت استریم‌ها نیز از چندین جهت وارد ایران می‌شوند. هرچند که استان‌های مورد مطالعه در نیمه شرقی و جنوبی کشور واقع شده است ولی این استان‌ها نیز کاملاً در معرض تأثیرات جت استریم‌ها می‌باشند. نتایج نشان داد که استان‌های مورد مطالعه در این پژوهش به ترتیب اولویت که دارای بیشترین تأثیرات نظامی (در معرض تهدیدات) از جت استریم‌ها می‌باشند عبارت‌اند از: ۱- یزد ۲- کرمان ۳- خراسان جنوبی ۴- هرمزگان ۵- سیستان و بلوچستان ۶- اصفهان ۷- خراسان رضوی ۸- سمنان ۹- قم. از آنجا که مرکز مداری مسیر اصلی جت استریم‌های ورودی به ایران، عرض ۳۰ درجه شمالی است به همین دلیل استان‌هایی مانند یزد و کرمان

دارای بیشترین فراوانی می‌باشند (شکل شماره ۱۰) و در برنامه‌ریزی‌های نظامی از این پدیده باید در این دو استان، از نظر دفاعی مورد توجه بیشتری قرار گیرند.



شکل شماره ۱۰- فراوانی تهدید برای استان‌های مورد مطالعه

بر اساس نتایج حاصل تعداد ۳۳ کشور خارجی در مسیر این جت استریم‌ها قرار دارند که همگی به‌عنوان کشورهای تهدیدی به حساب می‌آیند. سه مسیر با فراوانی‌های کم، متوسط و زیاد شناسایی شدند که بیشترین و متراکم‌ترین مسیر از کشورهای عراق، عربستان، اردن، مصر، لیبی، الجزایر می‌باشند. در گروه متوسط نیز کشورهای کویت، سوریه، اسرائیل، عمان، مالی، موریتانی، قرار دارند. دلیل وجود کشورهای تهدیدی زیاد از نظر این پدیده این است که از نظر تراکم جغرافیایی، کشورهای زیادی در غرب ایران تا اقیانوس اطلس قرار گرفته‌اند و برخلاف جنگ جهانی دوم که فقط چند کشور آسیای جنوب شرقی عامل تهدیدی برای آمریکا بودند برای ایران کشورهای زیادی دارای سلاح کاربردی جت استریم در طول سال به ویژه فصل سرد می‌باشند (شکل شماره ۱۱ و جدول شماره ۳).



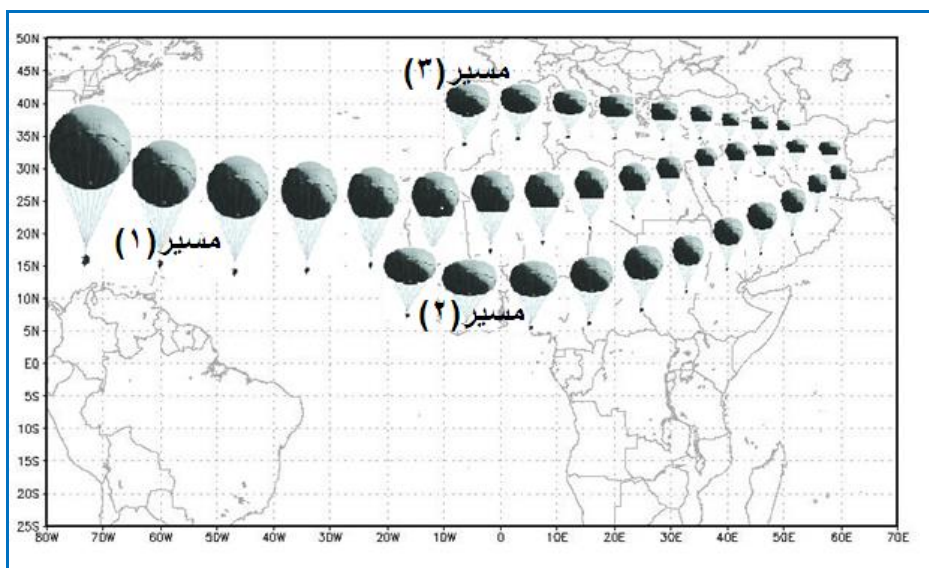
شکل شماره ۱۱ - موقعیت و شدت تهدید کشورهای خارجی از نظر کاربرد جت استریم

جدول شماره ۳ - طبقه‌بندی کشورهای تهدید کننده از نظر رخداد جت استریم

کشورهای تهدید کننده طی دوره مورد مطالعه	مقدار تهدید بر حسب فراوانی رخداد جت استریم
عراق - عربستان - مصر - لیبی - الجزایر - اردن	خیلی زیاد ($20 <$)
کویت - اسرائیل	زیاد (۲۰-۱۵)
مالی - موریتانی - عمان	متوسط (۱۵-۱۰)
ترکیه - یونان - اسکوپیه - اتریش - مجارستان - تیرانا - بلغاردا - ابوظبی - سودان - چاد - نیجر - بیروت - سوریه، پر تغال - اسپانیا - آمریکا - ایتالیا - مراکش - تونس	کم ($10 >$)

با توجه به نتایج بررسی جت استریم‌ها از نظر رخداد زمانی و مکانی، به‌طور میانگین، سه مسیر ورودی جت استریم به کشور ایران شناسایی شد. مسیر اصلی که در مسیر هم‌عرض کشور ایران قرار گرفته است می‌تواند از کشورهای آمریکایی شروع و پس از عبور از اقیانوس اطلس، وارد مسیری شود که بیشتر کشورهای عربی را شامل و معمولاً از سمت کشور عراق وارد ایران می‌شود. مسیر دوم در عرض‌های پایین‌تری از مسیر اول قرار گرفته و معمولاً از

سمت کشور عربستان وارد کشور می‌شود. مسیر سوم که مسیری فرعی تر از دو مسیر قبلی است عمدتاً کشورهای اروپایی را شامل و از سمت خاک ترکیه وارد جو کشور می‌شود (شکل شماره ۱۲).



شکل شماره ۱۲- مسیرهای مناسب جهت ورودی بالن‌های نظامی به کشور (۱- اصلی ۲- فرعی ۳- جزئی)

نتیجه‌گیری

جت استریم‌ها در زمینه‌های مختلف هواشناسی و نظامی دارای کاربردهای فراوانی هستند. در بخش هواشناسی از موقعیت آن‌ها برای پیش‌بینی‌های جوی استفاده می‌شود، در بخش نظامی نیز از جت استریم‌ها به عنوان حامل بمب‌های بالنی و میکروبی، وسایل جاسوسی و همچنین به عنوان سپر دفاعی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. پژوهش‌های صورت گرفته در مورد جت استریم‌ها در ایران بیشتر در زمینه هواشناسی و در ارتباط با رابطه بین موقعیت جت استریم‌ها و رابطه آن با بارش و الگوهای پیوند از دور و با دید کاربرد نظامی به جت استریم‌ها توجه پژوهشی کمتری شده است. لذا در این پژوهش به تحلیل آماری و سینوپتیکی جت استریم‌های حاکم بر جو ایران با رویکردی دفاعی سرزمینی پرداخته شد. نتایج نشان داد که ایران سالانه در

مسیر گذر جت استریم‌های زیادی قرار دارد که در بیشتر موارد جت استریم جنب حاره وارد کشور ایران می‌شود و جت استریم جبهه قطبی در مواردی کمتر و بخش‌های شمالی ایران را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. در طول دوره مطالعاتی ۵ ساله، ۲۷ جت استریم با کاربرد نظامی شناسایی شد. این جت استریم‌ها از نظر پهنا و طول دارای اندازه‌های متفاوتی می‌باشند که میانگین پهنای این جت استریم‌ها ۱۲۵۰ کیلومتر و میانگین طولی آن‌ها برابر با ۹۷۶۷ کیلومتر هست. طولانی‌ترین آن‌ها با طولی بیشتر از ۱۶ هزار کیلومتر، از مرزهای آمریکای لاتین و کانادا شروع و تا جو بالای ایران ادامه پیدا کرده است. همچنین بر اساس نتایج حاصل تعداد ۳۳ کشور تهدیدی برای ایران از نظر کاربرد نظامی جت استریم‌ها شناسایی شدند و کشورهای عراق، عربستان، مصر، لیبی، الجزایر، اردن در اولویت کشورهای تهدیدی قرار دارند. در بین استان‌های مورد مطالعه نیز استان‌های یزد و کرمان در رأس بیشترین تهدید قرار دارند. جت استریم‌های کشور معمولاً در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی بهترین کاربرد نظامی را دارند. بیشینه سرعت جت استریم‌ها در طول دوره مطالعه تا ۷۰ متر بر ثانیه نیز می‌رسد که توانایی حمل بالن با سرعت‌های بیش از ۲۵ کیلومتر در ساعت را دارند. شکل نیم‌رخ جت استریم‌ها نیز نشان داد که از سطح ۱۰۰ هکتوپاسکالی به بالا به دلیل کاهش فشردگی مولکولی هوا، جت استریم‌ها گستردگی بیشتری پیدا کرده‌اند و بخش بالایی آن‌ها حالت پخی به خود می‌گیرد. در تحلیل نقشه‌های میانگین دمایی سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی نیز نتایج نشان داد که در طول رخداد پدیده جت استریم، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با روزهای بدون رخداد این پدیده، وجود ندارد ولی فشردگی خطوط هم‌دما بیشتر شده و شیب تغییرات دمایی، تغییرات مشهودی را به خود گرفته و بر مقدار آن افزوده شده است. در واقع شدت شیب تغییرات دمایی رابطه مستقیم با سرعت جت استریم‌ها دارد. بنابراین لازم است بنیه دفاعی زمین‌به‌هوا و هوا به‌هوا در مرزهای غربی، شمال‌غربی، جنوبی و جنوب‌غربی کشور بیشتر تقویت شود و باتوجه به اینکه معمولاً جت استریم‌های ورودی به ایران در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکالی حرکت می‌کنند باید در این سطح جوی، تمرکز مطالعاتی بیشتری صورت بگیرد.

منابع

- احمدی، محمود و علیجانی، بهلول (۱۳۸۶)، تحلیل فضایی نقش اقلیم بر تجهیزات و ادوات نظامی در ایران، فصلنامه سرزمین، سال چهارم، شماره ۱۳، ۴۰-۲۷.
- افروشه، رضا؛ سعیدی، علی و مختاری، داود (۱۳۹۱)، نقش عناصر آب‌وهوایی بر فعالیت نیروهای نظامی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص دمای فیزیولوژی (PET)، پنجمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تبریز.
- خورانی، اسداله (۱۳۸۴)، تعیین موقعیت جت در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور در دوره زمانی ۱۹۹۰-۱۹۹۹، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی و برنامه‌ریزی محیطی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- درویشی، رمضانعلی (۱۳۷۸)، بررسی دمای آسایش محور شاهرود- سمنان از دیدگاه نظامی، پایان‌نامه کارشناسی رشته جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران.
- زرین، آذر و مفیدی، عباس (۱۳۸۴)، وردش پذیری فعالیت خورشیدی و اثر آن بر اقلیم زمین (مطالعه موردی: اقلیم خاورمیانه و ایران)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال ۲، شماره ۸، ۱۰۴-۸۳.
- شمس‌آبادی، حسین (۱۳۷۵)، کاربردهای نظامی اقلیم و ژئومرفولوژی محور نفوذی خانقین- قصر شیرین کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
- عزیزی، قاسم و صفرراد، طاهر (۱۳۹۱)، تحلیل ویژگی‌های رودباد طی فازهای ENSO (مطالعه موردی: سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰)، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۳، شماره ۹، ۶۹-۸۲.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران.
- علیجانی، بهلول (۱۳۶۷)، آب‌وهوا و برنامه‌ریزی فعالیت‌های نظامی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۹۶-۱۱۸.

فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ لشکری، حسن و خورانی، اسداله (۱۳۸۶)، تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور (استان‌های ایلام و کرمانشاه)، مجله مدرس، دوره ۱۱، شماره ۵۳، ۲۳۹ - ۲۵۶.

کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۷۱)، مبانی آب‌وهواشناسی، انتشارات سمت، تهران. کاظم‌پور، علیرضا (۱۳۸۴)، بررسی حالات خاص جت استریم روی ایران؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.

مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰)، آب‌وهوای ایران، انتشارات شریعه توس، چاپ اول، مشهد.

Crook, J. 2009. Climate analysis & long range forecasting of dust storms in Iraq, Msc thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California.

LaJoie, M. 2006, The impacts of climate variations on military operations in the Horn of Africa, Msc thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California

McKay, H., 1945. Japanese paper balloons. Engr. J., September, 563-567.

Mikesh, R., 1973. Japan's World War II Balloon Bomb Attacks on North America. Smithsonian Annals of Flight Series, Vol. 9, Smithsonian Institution Press, 85 pp.

Millikan, R., 1919. Some scientific aspects of the meteorological work of the United States Army. Mon. Wea. Rev., 47, 210-215.

Montgomery, Christi S. 2008. Climate variations in tropical West African rainfall & the implications for military planners, Msc thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California.

Reiter, e.l. 1986. jet streams. In J.E.oliver & R.W. Fairbridge (Eds) Encyclopedia of climatology. New work: van nostrand reinhold book.