

کاربرد داده‌های جهانی بارش (GPM) در مدیریت مخاطرات محیطی و آینده پژوهی منابع زمین

معصومه اردونی^۱، هادی معماریان^۲، مرتضی اکبری^۳، محسن پورضا بیلندی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه بیرجند

^۲ استادیار گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند

^۳ استادیار گروه مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

m.ordoni@birjand.ac.ir

چکیده

امروزه پیشبینی داده های هواشناسی برای برنامه ریزی های آینده در زمینه های طبیعی و انسانی از اهمیت بالایی برخوردار است . اندازه گیری دقیق بارش، کاربردهای بسیاری در زمینه های مختلف همچون موضوعات اقلیمی، کشاورزی، خشکسالی، بلایای طبیعی و آب شناسی دارد. بارش نه تنها در زندگی بشر، بلکه در زندگی گیاهان و جانوران از ارزش حیاتی برخوردار بوده و جزء جدا نشدنی طبیعت محسوب میگردد. این پدیده طبیعی ارزشمند، میتواند در عین اهمیت، به عنوان یک مخاطره طبیعی مهم نیز قلمداد شده و برای زندگی بشر، گیاهان و جانوران خطر آفرین باشد. سیل رویدادی ناگهانی است که منشاء آن بارندگی بیش از حد میباشد که همه ساله در ایران و جهان خسارتهای شدید جانی و مالی را به بار می آورد. درمورد خشکسالی در سالهای اخیر و به دنبال سوء استفاده های انسان از طبیعت و بر هم زدن پتانسیلهای محیطی، این رخداد به یکی از بزرگ ترین مخاطره های محیطی جهان تبدیل شده است. آگاهی از مقدار و تغییرات زمانی باران در هر منطقه می تواند برای برنامه ریزی و مدیریت منابع آب سطحی بسیار مفید باشد. امروزه برآورد میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی از قبیل سیل، خشکسالی، زمین لغزش، طوفان و غیره با استفاده از داده های ماهواره ای بسیار متداول است. تعیین راهبرد مناسب برای جلوگیری و کاهش خسارت بلایای طبیعی از جمله دیگر کاربردهای داده های ماهواره ای است. تحقیق حاضر، با هدف مروری بر کاربرد داده های جهانی بارش (GPM) در فرآیند مدیریت برخی از مخاطرات طبیعی انجام شده است.

کلمات کلیدی: سنجش جهانی بارش (GPM)، مخاطرات محیطی، بارش، تخمین بارش ماهواره ای

مقدمه

اندازه‌گیری دقیق بارش، کاربردهای بسیاری در زمینه‌های مختلف همچون موضوعات اقلیمی، کشاورزی، خشکسالی، بلایای طبیعی و آب‌شناسی دارد (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۶). در سالهای اخیر، اندازه‌گیری دقیق بارش، توزیع مکانی و جهانی آن در سطح جهان مورد توجه قرار گرفته است. برخلاف دیگر پارامترهای هواشناسی، پراکندگی مکانی و زمانی بارندگی بسیار متغیر بوده و ممکن است ۰/۱ تا ۱۰۰ میلیمتر بر ساعت تغییر کند و مدت بارش نیز از چند ثانیه تا چند روز به طول انجامد. شدت بارش از ساختار مکانی و زمانی بارندگی، بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی از جمله تولید رواناب و میزان رطوبت خاک تأثیر می‌گذارد. بنابراین اندازه‌گیری دقیق بارش و تهیه نقشه توزیع مکانی و زمانی آن کاملاً چالش برانگیز است. (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲) بطور کلی داده‌های بارندگی با وضوح زمانی و مکانی بالا به‌عنوان ورودی کلیدی در مدل‌های هیدرولوژی و هواشناسی جهت افزایش دقت پیش‌بینی مدیریت منابع آب ضروری می‌باشند. در واقع یک مدل هیدرولوژیکی خیلی خوب توسعه داده شده بدون برآوردهای دقیق و مطمئنی از بارش به‌عنوان مهم‌ترین ورودی این مدل‌ها، ممکن نیست بتواند هیدروگراف خروجی را با دقت مناسبی پیش‌بینی کند. مشاهدات زمینی بارندگی اغلب توسط باران‌سنج‌ها یا از طریق رادارهای زمینی انجام می‌شود (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۵). ایستگاه‌های باران‌سنجی از نظر مکانی در بسیاری از مناطق به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران فاقد یک شبکه مترابند بوده و با توجه به نقطه‌ای بودن بارش اندازه‌گیری شده، نمی‌توانند بارش را به‌صورت سطحی نمایش دهند که این موضوع محدودیت قابل‌توجهی برای کاربردهای هیدرولوژیکی به‌وجود آورده است (شریفی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌دلیل صدمات ناشی از کمبود بارش در بخش وسیعی از کشور ایران و همچنین تلفات ناشی از وقوع سیلاب، برآورد دقیق مقدار بارش از نیازهای حیاتی کشور به‌شمار می‌رود. بارش یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعادل آب و انرژی در جهان است (کید^۱ و همکاران، ۲۰۱۱؛ علی‌بخشی و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اهمیت داده‌های بارش در علوم مختلف و شبکه‌ی باران‌سنجی گسترده و مناسب، لازم است داده‌های بارش به‌نحوی برآورد شوند (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین ماهواره‌ها می‌توانند تصویر بهتری از توزیع باران و برف در کره زمین نسبت به ایستگاه‌های زمینی، به‌ویژه در مناطقی که کمبود ایستگاه‌های زمینی وجود دارد فراهم نمایند (شریفی و همکاران، ۱۳۹۵). در این زمینه مأموریت علمی ناسا^۲ با همکاری ژاکسای^۳ ژاپن در سال ۲۰۱۴ منجر به پرتاب رصدگر سامانه اندازه‌گیری بارش جهانی^۴ (GPM) به مدار زمین شد. این ماهواره نخستین عضو از یک مجموعه سامانه فضایی است که میزان بارش باران و برف را در سراسر کره زمین با دقت بالایی پایش می‌کند. اطلاعات به‌دست‌آمده از این سامانه به سؤالات بسیاری در مورد چرخه آب زمین پاسخ داده و مدیریت منابع آب و پیش‌بینی‌های آب و هوایی را تسهیل خواهد کرد (صبوری، ۱۳۹۲). مدل‌های مختلفی بر اساس الگوریتم‌های تخمین بارش مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به CMORPH^۵ و IMERG^۶ اشاره کرد. محققان زیادی به بررسی دقت داده‌های بارش ماهواره‌ای پرداخته‌اند که به برخی از این تحقیقات و نتایج آنها اشاره می‌شود.

جویس^۸ و همکاران (۲۰۰۴)، در تحقیق خود جهت معرفی مدل CMORPH به مقایسه بارش حاصل از آن با داده‌های ایستگاهی در استرالیا و ایالات متحده پرداختند و به این نتیجه رسیدند که CMORPH تخمین خوبی از بارش در این مناطق ارائه می‌دهد و

^۱ Kid

^۲ NASA

^۳ Japan Aerospace Exploration Agency

^۴ Global Precipitation Measurement

^۵ Climate Prediction Center Morphing Algorithm

^۶ Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM

^۷ Tropical Rainfall Measuring Mission ۳B۴۲RT ۷۷

^۸ Joyce

پیشرفت‌های قابل توجه‌ای در هر دو قسمت تخمین ماکروویو^۱ و ترکیب اطلاعات ماکروویو و مادون قرمز داشته است. پراکاش^۲ و همکاران (۲۰۱۶)، عملکرد^۳ TMPA با IMERG در تشخیص و برآورد بارش باران سنگین در هند را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که ارزیابی اولیه برآورد بارش ماهواره‌ای IMERG که بر اساس GPM در فصل‌های بارندگی موسمی جنوب غربی انجام می‌شود نشان از پیشرفت قابل ملاحظه GPM نسبت به TMPA در تشخیص بارش سنگین هند دارد. تانگ^۴ و همکاران (۲۰۱۶)، به ارزیابی دقت داده‌های بارش پایگاه‌های IMERG، ۳B۴۲۷۷، در مقایسه با داده‌های زمینی در شش منطقه چین پرداختند. نتایج این پژوهش عملکرد بهتر IMERG در عرض‌های جغرافیایی بالا، متوسط و مناطق آب و هوایی خشک را نشان می‌دهد. پراکاش و همکاران (۲۰۱۶)، در تحقیقی دیگر به این نتیجه دست یافتند که برآوردهای IMERG نشان‌دهنده میانگین بارندگی موسمی است و تغییرات آن واقع‌گرایانه‌تر از داده‌های TMPA و GSMaP^۵ است. شریفی و همکاران (۱۳۹۵)، برای اولین بار برآوردهای بارش را توسط هر سه محصول ERA-Interim، ۳B۴۲ و IMERG در مناطق مختلف اقلیمی و آب و هوایی ایران مورد بررسی قرار دادند که نتایج میانگین‌گیری شده مکانی بر روی کل کشور ایران نشان می‌دهد که هر سه محصول تمایل به برآورد کمتر بارش نسبت به مقادیر ایستگاه‌های زمینی دارند اما IMERG عملکرد بهتر و بایاس^۶ خیلی کمتری نسبت به دیگر محصولات داشت. کاسلا^۷ و همکاران (۲۰۱۷)، به ارزیابی توانایی DPR^۸ برای شناسایی بارش پرداختند. نتایج تحقیق آنان نشان داد اگر صحت وقایع رویدادهای برفی که توسط محصولات DPR شناسایی شده‌اند نسبت به CPR^۹ خیلی کم (حدود ۷-۵ درصد) باشد، میزان کسری توده‌ی بارش برف ناچیز (۳۴-۲۹ درصد) است. لی^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷)، محصول IMERG و RQPE^{۱۱} را با داده‌های درون‌یابی بارندگی مقایسه کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که هر دو محصول سنجش از راه دور می‌تواند بارندگی را نسبتاً خوب در حوضه برآورد کند، درحالی‌که RQPE نسبت به IMERG تقریباً در تمام موارد موردبررسی بهتر عمل کرد. ضرایب همبستگی RQPE (CC=۰/۶۷ و CC=۰/۹۸) بسیار بالاتر از محصولات IMERG (CC=۰/۳۳ و CC=۰/۸۰) در مقیاس حوضه و شبکه بود. لانج نکر^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی همبستگی هیدروگراف‌های فصل بهار با داده‌های سنجش جهانی بارش (GPM) برای حفاظت از منابع آب کرست نتیجه گرفتند که این روش پتانسیل قابل توجهی در بهبود سرعت و صحت شناسایی حوضه و ویژگی‌های هیدرودینامیکی با برنامه‌های کاربردی حفاظت منابع آب و اکتشافات آب‌های زیرزمینی دارد. او و زو پنس کی^{۱۳} (۲۰۱۷)، مطالعه که به منظور بررسی توانایی بازیابی هیدرومتر در سیستم تحقیق و پیش‌بینی آب‌وهوا و طوفان^{۱۴} (HWRP) در اداره ملی اقیانوس و جوی^{۱۵} (NOAA) انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد وقتی که از اپراتورهای مشاهداتی جدید استفاده می‌شود تجزیه و تحلیل برای مشاهدات، تنظیمات واقعی و کنترل متغیرها مناسب است که در توسعه تجزیه و تحلیل آشکاراست. همچنین بهبود پیش‌بینی شدت طوفان را نشان می‌دهد. وانگ^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۷)، در حوضه رودخانه

^۱ Micro Wave

^۲ Prakash

^۳ TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis

^۴ Tang

^۵ Global Satellite Mapping of Precipitation

^۶ Bias

^۷ Casella

^۸ Dual-frequency Precipitation Radar

^۹ Cloud Profiling Radar

^{۱۰} Li

^{۱۱} radar mosaic quantitative precipitation estimation

^{۱۲} Longenecker

^{۱۳} Wu and Zupanski

^{۱۴} Hurricane Weather Research and Forecasting

^{۱۵} National Oceanic and Atmospheric Administration

^{۱۶} Wang

بیجیانگ^۱ عملکرد سه محصول IMERG ابتدایی^۲، IMERG نهایی^۳ و IMERG پایانی^۴ ارزیابی کردند. IMERG-F دارای دقت بالا و کاربرد مناسب هیدرولوژیکی است در حالی که محصولات IMERG-E و IMERG-L در فصل وقوع سیل دارای کاربرد مناسب هیدرولوژیکی هستند و از این رو پتانسیل بالایی برای پیش‌بینی زمان واقعی سیل دارند. مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع مروری و با مراجعه و استناد به منابع کتابخانه‌ای، سایت‌های معتبر علمی و استفاده از مقالات علمی-پژوهشی گردآوری و جمع‌بندی شده است.

۳- معرفی GPM

ماهواره هسته سنجش جهانی بارندگی در ۲۸ فوریه (سال ۲۰۱۴) از مرکز فضایی تانگشیا ژاپن به فضا پرتاب شد (هافمن^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). این ماهواره قابلیت اندازه‌گیری بارش‌های سبک و همچنین بارش برف و تگرگ را نیز دارد در حالی که ماهواره‌های قبلی در این مورد عملکرد قابل قبولی از خود نشان ندادند. این ماهواره بر پایه موفقیت‌ها و استراتژی TRMM که آن‌هم محصول مشترک سازمان فضایی ایالات متحده آمریکا و آژانس اکتشافات هوایی ژاپن بود ساخته شد. GPM در سازمان فضایی ناسا ساخته و در ژاپن به فضا پرتاب شد و در ارتفاع ۴۰۷ کیلومتری زمین در مدار غیر خورشیدآهنگ به حرکت خود ادامه می‌دهد. این ماهواره با استفاده از دو ابزار تصویربرداری میکروویو^۶ (GMI) و رادار بارش دو فرکانسه (DPR) می‌تواند بارش‌های برف و باران را مشاهده کند. GMI یک سنسور غیرفعال میکروویو است که از طریق دریافت انرژی میکروویو انتشار یافته از زمین و اتمسفر در ۱۳ فرکانس مختلف مشاهده انواع مختلف بارش از قبیل بارش سبک، سنگین و همین‌طور برف را ممکن می‌سازد. DPR یا رادار بارش دو فرکانسه نصب شده بر روی ماهواره می‌باشد که اطلاعات دوبعدی و سه‌بعدی ذرات بارش، مشتق شده از انرژی بازتابش شده از این ذرات را در ارتفاعات مختلف و همین‌طور سطح زمین شامل شدت بارش برف ارائه می‌دهد. DPR دو فرکانس مختلف دارد که به رادار این اجازه را می‌دهد که اندازه ذرات بارش را تخمین، طیف وسیع‌تری از بارش را تشخیص و دیدگاهی از ساختار فیزیکی طوفان را ارائه بدهد (هافمن و همکاران، ۲۰۱۵).

یک مأموریت بین‌المللی بین ماهواره‌های کشورهای مختلف که شامل ۱۰ ماهواره تخمین بارش می‌باشد به رهبری GPM آغاز شده که محصول نهایی آن IMERG نام دارد (هافمن و همکاران ۲۰۱۵؛ کلی، ۲۰۱۶). این محصول دارای وضوح زمانی نیم‌ساعته و مکانی ۰/۱ درجه در ۰/۱ درجه می‌باشد. این محصول در حال حاضر از عرض جغرافیایی ۶۰ درجه شمالی تا ۶۰ درجه جنوبی را پوشش می‌دهد ولی انتظار می‌رود به‌زودی نسخه جدید آن کل کره‌ی زمین را از قطب شمال تا جنوب پوشش دهد (هافمن و همکاران، ۲۰۱۵). این پروژه بخشی از برنامه ناسا به نام مأموریت‌های روش مند زمین است که با در اختیار داشتن مجموعه‌ای از ماهواره‌ها به منظور تأمین پوشش کلی کره زمین فعالیت می‌کند (هو^۷ و همکاران، ۲۰۱۴) که به پژوهشگران در زمینه مطالعه اقلیم جهان، پیش‌بینی حوادث و بلایای طبیعی و بهبود کاربرد داده‌های ماهواره‌ای در زمینه کمک به جامعه بشری یاری می‌رساند (علی بخشی و همکاران، ۱۳۹۵). پردازش داده

^۱ Bejjiang

^۲ Early IMERG

^۳ Late IMERG

^۴ Final IMERG

^۵ Huffman

^۶ GPM Microwave Imager

^۷ Hou

در سیستم پردازش بارش^۱ (PPS) در مرکز فضایی گودارد ناسا و همچنین ژاکسای ژاپن انجام می‌شود. داده‌ها در سطوح پردازش چندگانه، از اندازه‌گیری‌های خام ماهواره‌ای تا نقشه‌های جهانی بارندگی برآورد شده و با استفاده از ترکیب همه مشاهدات مجموعه و سایر داده‌های هواشناسی ارائه می‌شوند. تمام داده‌های این مأموریت در وبسایت‌های ناسا به صورت رایگان در اختیار عموم قرار می‌گیرد (هو و همکاران، ۲۰۰۸).

کاربردهای عمومی GPM

۱) گسترش توانایی‌های فعلی در نظارت و پیش‌بینی طوفان و سایر حوادث آب و هوایی شدید. مزیت ابزارهای مایکروویو در مقایسه با حسگرهای مادون قرمز و مرئی توانایی دیدن آن‌ها از طریق ابرها تا ساختارهای بارندگی است، از جمله منشا طوفان و ردیابی ماریچی در سیکلون گرمسیری مشخص می‌شود. قابلیت‌ها در حال حاضر توسط عملیات متعدد سازمان‌ها مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. GMI، با آنتن ۱۲ متر، قادر به اندازه‌گیری بالاترین وضوح مکانی در میان تمام مجموعه رادیومترها است، که برای دستیابی به محدوده دقیق پیش‌بینی مراکز طوفان ضروری است. بهبود تولیدات داده‌های باران توسط مجموعه GPM بیشتر به بهبود بهره‌وری این سنسورها کمک خواهد کرد.

۲) مهارت‌های متعدد پیش‌بینی آب و هوا فراهم شده است. یکسان‌سازی اطلاعات بارش در سیستم‌های پیش‌بینی‌های جهانی و منطقه‌ای و تجزیه و تحلیل اتمسفر و پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت در موقعیت‌های مختلف بهبود یافته‌اند. ردیابی مایکروویو تحت تاثیر باران و بازیابی باران در حال حاضر در مراکز NWP^۲ برای بهبود پیش‌بینی‌های عملیاتی استفاده می‌شود. با ارائه دقیق‌تر و مشاهدات مکرر در زمان واقعی، GPM مراکز NWP برای بهبود پیش‌بینی‌ها از طریق توسعه تکنیک‌های یکسان‌سازی پیشرفته مانند جمع‌آوری مجموع داده‌های و کاربرد یکسان‌سازی بارندگی از مدل پیش‌بینی به عنوان محدودیت ضعیف فعال خواهد شد. فعالیت‌های GPM، GV^۳ برای توصیف بهتر خطاهای اندازه‌گیری GPM، که بسیار مهم هستند برای استفاده بهینه از اطلاعات بارش در سیستم‌های NWP انتظار می‌رود.

۳) پیش‌بینی سیل، لغزش‌ها و منابع آب‌های شیرین بهبود یافته است. داده‌های GPM فراوانی بارش‌های که ۸۰٪ آن‌ها کمتر از ۳ ساعت مدت خواهند داشت ارائه می‌دهد. داده‌های GPM می‌تواند به‌طور عملی در یکسان‌سازی داده‌های زمین برای ارائه بهتر رطوبت خاک، دما، لایه برف و شرایط اولیه پوشش گیاهی در پیش‌بینی‌های همراه NWP و یا به سیستم اطلاعات زمین در بهبود سیستم‌های جمع‌آوری داده‌های عملیاتی زمین^۴ (LDAS) مورد استفاده قرارگیرد. نمونه‌گیری بارش زمین در دوره GPM پیشرفت کرده است و قابلیت پیش‌بینی برای سیل و رانش زمین و نیز ارزیابی و پیش‌بینی منابع آب شیرین در مقیاس حوضه‌های متوسط تا بزرگ، بهبود یافته است. به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، جایی که شبکه‌های باران‌سنج کم هستند. GPM در حال حاضر با برنامه NOAA HMT^۵ (<http://hmt.noaa.gov>) برای بهبود استفاده از داده‌های بارندگی ماهواره‌ای در عملیات کاربردی آب‌وهواشناسی در مقیاس حوضه کوچک، و اطلاعات GPM در هشدار سیل و قحطی سیستم‌هایی مانند شبکه بین‌المللی سیل^۶ (IFNET).

^۱ Precipitation Processing System

^۲ Numerical weather prediction

^۳ Ground validation

^۴ Land Data Assimilation Systems

^۵ National Oceanic and Atmospheric Administration Hydrometeorology Testbed

^۶ International flood network

سیستم اخطار هشدار فحطی^۲ (FEWS؛ www.fews.net) در آفریقا، آسیا و آمریکای لاتین استفاده می شود (هو و همکاران، ۲۰۱۴).
www.internationalfloodnetwork.org) در برنامه ژاپن^۱ (USAIR USA-NASA SERVICE) (www.servirglobal.net) و

جدول ۱- اهداف علمی (GPM) (هو و همکاران، ۲۰۱۴)

اهداف علم (GPM)	اهداف ماموریت (GPM)
۱- پیش بینی اندازه گیری بارش از فضا	ارائه اندازه گیری خواص میکرو فیزیکی و اطلاعات ساختاری عمودی از بارش با استفاده از تکنیک های سنجش ازدورفعال سرتاسر محدوده گسترده طیفی ترکیب سنجش ازدور فعال و منفعل تکنیک های ارائه استاندارد واسنجی برای یکسان سازی و بهبود اندازه گیری بارش جهانی توسط مجموعه تحقیق و سنسورهای مایکروویو عملیاتی
۲- بهبود دانش بارندگی، چرخه متغییر آب و آب شیرین در دسترس	ارائه اندازه گیری چهاربعدی (D۴) تغییر مکان - زمان بارش جهانی تا بهتر ساختارهای طوفان، ارزیابی انرژی، آب، منابع آب شیرین و تعاملات بین بارش و دیگر پارامترهای درک شود.
۳- بهبود و پیش بینی های مدل های اقلیم	ارائه تخمین جریان های آب سطحی، ابر، میکرو فیزیک بارش و انتشار گرمای ناپایدار در جو برای بهبود سیستم های مدل سازی و تجزیه و تحلیل زمین
۴- بهبود پیش بینی آب و هوا و بررسی مجدد چهاربعدی اقلیم	ارائه دقیق فراوانی اندازه گیری بارش، ردیابی مایکروویو تحت تاثیر بارش و نرخ بارش لحظه ای همراه با ویژگی های خطای کمی برای یکسان سازی پیش بینی آب و هوا و سیستم های همانند ساز داده ها
۵- بهبود مدل سازی و پیش بینی هیدرولوژیکی	داده های بارش با وضوح بالا از طریق کاهش مقیاس مدل سازی هیدرولوژیکی نوآورانه برای پیشرفت پیش بینی های طبیعی با تاثیر بالا حوادث خطرناک

^۱ United States Agency for International Development National Aeronautics and Space Administration-The Regional Visualization and Monitoring System

^۲ Famine Early Warning System

۳- مخاطرات محیطی

سوانح یا رخدادهای طبیعی فرآیندهای پیچیده‌ای هستند که بر تمامی بخش‌های کره زمین تأثیرگذارند. در این بین فلات ایران یکی از مناطق خاص جغرافیایی است که در معرض انواع سوانح نظیر سیل، خشکسالی، زمین‌لغزش و ... قرار دارد. این رخدادها را می‌توان به روش‌های گوناگونی دسته‌بندی کرد. یکی از روش‌های ممکن عبارت است از: رخدادهای صرفاً طبیعی، رخدادهای صرفاً انسانی، رخدادهای ناشی از خطاهای انسانی. همچنین سوانح را می‌توان بر اساس مدت‌زمان تأثیر یا زمان پیش‌آگاهی آن‌ها از یکدیگر متمایز نمود. خسارات اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی در کشورهای درحال توسعه می‌تواند به اندازه ۸۰ درصد میزان تولید ناخالص داخلی باشد. بنابراین تمهیدات مدیریتی جهت به حداقل رساندن تبعات مذکور ضروری می‌باشد. امور مدیریتی شامل پیشگیری از وقوع بلایای قابل کنترل، آمادگی در برابر مخاطرات و کمک‌رسانی مناسب و به موقع می‌باشد. در این راستا تصمیمات مبتنی بر داده‌های مکان مرجع و به‌ویژه تصاویر و داده‌های سنجش‌ازدوری و ماهواره‌ای از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. برخی از این کاربردها، شامل مواردی از جمله: شناسایی مناطق مستعد مخاطرات طبیعی، ارزیابی سریع شدن و میزان خسارات ناشی از سیل، خشکسالی و بلایای طبیعی دیگر و ... می‌باشد. در واقع بررسی نقش داده‌های سنجش‌ازدوری و ماهواره‌ای در مدیریت بحران، نیازمند درک صحیح از مراحل مختلف چرخه مدیریت بحران می‌باشد. آمادگی، هشدار به موقع، واکنش، فراهم کردن شرایط عادی و بازسازی، مراحل مختلف این چرخه می‌باشد (دشتی و همکاران، ۱۳۹۳). امروزه برآورد میزان خسارت ناشی از بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله، آتشفشان، طوفان و غیره با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای بسیار متداول است. تعیین راهبرد مناسب برای جلوگیری و کاهش خسارت بلایای طبیعی از جمله دیگر کاربردهای داده‌های ماهواره‌ای است (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۲). در ذیل، کاربرد داده‌های جهانی بارش در مدیریت حوادث طبیعی (سیل، خشکسالی و طوفان) به صورت مختصر بیان کنیم.

۳-۱ خشکسالی

وقایع خشکسالی پیامد اجتناب‌ناپذیر نوسانات آب و هوایی می‌باشند و به‌عنوان یک پدیده‌ی طبیعی، نتیجه‌ی کمبود بارش نسبت به مقدار مورد انتظار یا نرمال منطقه می‌باشد. هنگامی که این مفهوم به فصل یا دوره‌ی زمانی طولانی‌تر تعمیم داده شود، خشکسالی کمبود بارش برای جبران فعالیت‌های انسانی و زیست‌محیطی تعریف می‌شود (قبائی سوق و همکاران، ۱۳۹۵). خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی است که در همه شرایط اقلیمی و در همه مناطق کره زمین به وقوع می‌پیوندد. عواقب ناشی از این پدیده در بخش‌های مختلف به‌ویژه بخش کشاورزی که عمده‌ترین مصرف‌کننده آب بشمار می‌رود خسارات زیادی وارد می‌نماید. پایش خشکسالی و پی بردن به الگوی بارندگی فصول خشک در زمان و مکان برای مواجه‌شدن با شرایط خشکسالی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است از طرفی داده‌های بارندگی که نقشی کلیدی در پایش خشکسالی ایفا می‌کنند متأسفانه پراکندگی نامناسب و کوتاهی دوره آماری بسیاری از ایستگاه‌های سنجش آن، مطالعات منابع آبی و اقلیمی را با مشکل مواجه نموده است، از این رو لازم است منابع داده اقلیمی جایگزین، که بتوانند این نقیصه‌ها را مرتفع سازند، ارزیابی نموده و مورد استفاده قرار گیرند. داده‌های بارش ماهانه ماهواره TRMM برای پایش خشکسالی در استان خراسان رضوی و برای مقیاس‌های زمانی استفاده گردید. محاسبات پایش خشکسالی به کمک SPI (شاخص استاندارد شده بارش) و برای مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱ و ۱۲ ماهه انجام پذیرفت. بر اساس نتایج بدست آمده داده ماهانه ماهواره TRMM پتانسیل پایش خشکسالی در استان خراسان رضوی را دارد غفوریان و همکاران، ۱۳۹۲). از آنجا که GPM برپایه موفقیت

^۱ Standard perception index

TRMM ساخته شده است، بر همین اساس پیشنهاد می شود برای پایش خشکسالی از داده های ماهانه ماهواره GPM و مقیاس های زمانی برای پایش خشکسالی استفاده گردد.

۳-۲ سیل

سیل به عنوان پدیده ای که سبب مرگ و میرها و خسارت های اقتصادی می شود، اهمیت زیادی دارد و به گفته ای، پدیده ی سیل یکی از پیچیده ترین و مخرب ترین رویدادهای طبیعی است که بیش از هر بلای طبیعی دیگری، جان و مال انسان و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه را به خطر می اندازد. توزیع غیریکنواخت بارش ها از نظر زمان، شدت و مقدار، در بخش های گسترده ای از ایران که شرایط خشک و نیمه خشک دارند، سبب بروز سیلاب های ناگهانی با مرگ و میرها و زیان های بسیار مالی می شوند. مزید بر این، به دلیل تخریب شدید منابع طبیعی چه به صورت بهره برداری بی رویه از جنگل ها و مراتع و چه به شکل تغییر کاربری اراضی و تبدیل آن ها به اراضی کشاورزی نامناسب یا ساخت بی رویه ی مناطق مسکونی، سبب شده که سیلاب ها سال به سال چه از دیدگاه تعداد وقوع و چه از دیدگاه شدت خسارات، افزایش یابند. در گذشته تعداد سیلاب ها کمتر بوده و خسارات کمتری نیز به وجود آورده اند و احداث سیل بند و حفر خندق، تعداد زیادی از سیلاب ها را مهار می کرد، در حالی که اکنون گسترش شهرها به گونه ای است که مجال احداث چنین سازه هایی را فراهم نمی کند و تجاوز به حریم مسیل ها و تغییر کاربری اراضی نیز به سرعت انجام می شود. (دستی و همکاران، ۱۳۹۳). گرچه سیل بلایی با منشأ طبیعی است اما در نتیجه ی تأثیر انسان بر محیط و تغییرات ناشی از عمل بشر در سطح زمین موجب می شود تا میزان، شدت و سطح تخریب سیل افزایش یابد (عبدالخانی نژاد و منوری، ۱۳۹۲). هشدار و پیش بینی سیلاب می تواند به عنوان یکی از موثرترین روش های غیر سازه ای در مدیریت سیلاب و کاهش خطرات و خسارات ناشی از سیلاب مطرح شود (آذری و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به علل مختلف و مؤثر در بروز سیل، می توان با اعمال روش ها، اقدام و راهکارهای علمی و عملی، از روی دادن بسیاری از سیل ها پیشگیری کرده و در سیل هایی که توانایی پیشگیری از رخداد آن نیست با انجام تدابیر مختلف، از جمله پهنه بندی سیل و به دنبال آن، تعیین کاربری مناسب برای مناطق سیل گیر، خسارات ناشی از آن ها را کاهش داد از طرفی نقشه احتمال وقوع سیل را می توان از ترکیب کردن نقشه های کاربری زمین، نقشه توزیع بارش باران، نقشه ضریب نفوذپذیری خاک، نقشه میزان تجمع جریان و نقشه شیب تهیه کرد. یکی از پارامترهای مهم که بر روی وقوع سیل و جاری شدن آن بسیار مهم می باشد، نقشه توزیع بارش باران می باشد. تولید نقشه ی تعیین درصد وقوع سیل برای مناطق سیل خیز می تواند کمک شایانی در امر مدیریت بحران کند، زیرا با داشتن این نقشه، چنانچه توسط سازمان هواشناسی اخطار در مورد وقوع سیل در اثر بارش های شدید داده شود، می توان اقدامات پیشگیرانه جهت تخلیه مردم از جاهایی که در آن مناطق احتمال وقوع سیل بیشتر است را انجام داد (دستی و همکاران، ۱۳۹۳). این نقشه با اعمال ماهواره GPM تهیه شده است (سایت GPM). وانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۷)، در حوضه رودخانه بیجیانگ^۲ عملکرد سه محصول IMERN^۳ ابتدایی^۴، IMERG^۵ نهایی^۵ و IMERG^۶ پایانی^۶ با استفاده از شاخص های آماری و ظرفیت نفوذ متغیر^۶ مدل هیدرولوژیکی توزیع شده از لحاظ عملکرد کمی ابزار هیدرولوژیکی ارزیابی کردند. IMERG-F دارای دقت بالا و کاربرد مناسب هیدرولوژیکی است در حالی که محصولات IMERG-E و

^۱ Wang

^۲ Beijiang

^۳ Early IMERG

^۴ Late IMERG

^۵ Final IMERG

^۶ Variable Infiltration Capacity

IMERG-L در فصل وقوع سیل دارای کاربرد مناسب هیدرولوژیکی هستند و از این رو پتانسیل بالایی برای پیش‌بینی زمان واقعی سیل دارند.

۳-۳ طوفان

بر اساس مطالعات سازمان هواشناسی جهانی، بادهایی با سرعت بیش از ۱۵ متر در ثانیه (۳۰) طوفان شناخته می‌شوند. بادهای شدید و طوفان‌ها از جمله پدیده‌های پرانرژی جو هستند، که معمولاً هر ساله در زمان و مکان خاصی تکرار می‌شوند و دوره بازگشت و شدت آن‌ها قابل محاسبه است و فرآیندهای همراه آن غالب آن خطر آفرین و گاهی به شدت مخرب می‌باشند. با توجه به انرژی باد در پدیده طوفان صدمات زیادی به ساختمان‌ها و محصولات کشاورزی وارد می‌آید. باد یکی از متغیرهای مهم برای شناخت پدیده‌های جوی است. باد یک تعدیل‌کننده مهم در طبیعت است زیرا اختلاف مربوط به دما، رطوبت و فشار که در جهات افقی جو وجود دارد، از بین رفته و هوا به حالت تعادل درمی‌آید (فرج زاده و رازی، ۱۳۹۰). توانایی‌های گسترده در نظارت و پیش‌بینی ماهواره‌های طوفان به ما امکان می‌دهد که تغییرات ساختار بارندگی را در طول دوره طوفان، به‌ویژه در اقیانوس‌ها و مناطق که داده‌های زمینی کم است، مشاهده کنیم. ماموریت GPM با ابزار DPR که یک رادار فضایی است نقشه‌های سه‌بعدی ساختار طوفان را در طول مسیرش فراهم می‌کند. (هو و همکاران، ۲۰۰۸). همان‌طور که قبلاً گفته شد مطالعه که به منظور بررسی توانایی بازیابی هیدرومتر در سیستم تحقیق و پیش‌بینی آب‌وهوا و طوفان (HWRF) در اداره ملی اقیانوس و جوی (NOAA) انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد وقتی که از اپراتورهای مشاهداتی جدید استفاده می‌شود تجزیه و تحلیل برای مشاهدات، تنظیمات واقعی و کنترل متغیرها مناسب است که در توسعه تجزیه و تحلیل آشکاراست. همچنین بهبود پیش‌بینی شدت طوفان را نشان می‌دهد (او و زو پنس کی، ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری

همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد پژوهش حاضر باهدف کاربرد داده‌های جهانی بارش (GPM) در مدیریت مخاطرات محیطی صورت گرفت. در سال‌های اخیر، داده‌های ماهواره‌ای برای برآورد بارش در مناطق گوناگون جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که مناطق وسیعی از ایران به علت شرایط خاص اقلیمی در معرض خطر سیل یا خشکسالی می‌باشند که هر ساله منجر به وقوع خسارت جانی و مالی فراوانی می‌شود و از طرف دیگر عدم وجود یک شبکه متراکم از ایستگاه‌های زمینی و یا وجود رادارهای بارش که بارش زمان واقعی را اعلام کنند احساس می‌شود، لذا استفاده از داده‌های بارش ماهواره‌ای جهت کاهش تلفات سیل یا مدیریت ریسک خشکسالی و همچنین به‌عنوان داده‌های ورودی در مدل‌های هیدرولوژی و هواشناسی مورد توجه می‌باشد. لازم به ذکر است که در بیشتر کشورهای در حال توسعه و همچنین کشورهای کمتر توسعه یافته، استفاده از رادارهای بارش بسیار پرهزینه و همچنین حفظ و نگهداری آن سخت و دشوار است، در نتیجه نمی‌تواند یک گزینه کاربردی در این مناطق باشد. به‌علاوه پوشش محدود بر روی مناطق کوهستانی، کالیبره کردن رادار، وجود انعکاس‌های امواج غیر واقعی و غیره از دیگر محدودیت‌های استفاده از رادار می‌باشند. استفاده از ماهواره‌های تخمین بارش دارای چندین مزیت از قبیل، وضوح زمانی و مکانی بالا، پوشش مکانی جهانی بر روی اقیانوس‌ها و زمین و به‌طور مشخص مناطق کوهستانی است. از آنجاکه اطلاعات این پایگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت ارائه می‌شود، پتانسیل مناسبی برای استفاده در سیستم‌های هشدار سیلاب دارند؛ بنابراین به‌صورت عملیاتی با انجام اصلاحات ممکن بر روی اطلاعات بارش این پایگاه‌ها، می‌توان مدیریت سیلاب را با استفاده از اطلاعات دریافتی از این پایگاه‌ها انجام داد. با توجه به این‌که ماهواره GPM به‌تازگی در مدار قرار گرفته و داده‌های بارش را منتشر کرده است و همچنین با در نظر گرفتن ارزیابی‌های محدود صورت گرفته در سطح دنیا از داده‌های

بارش سیستم ماهواره‌ای GPM پس صحت سنجی این داده‌ها پیش از کاربرد بسیار ضروری است. داده‌های سنجش‌ازدوری و داده‌های ماهواره‌ای از اهمیت بسزایی در مراحل مختلف مدیریت سوانح طبیعی، برخوردار می‌باشند. سازمان‌ها و ارگان‌های مختلف باید از طریق یک شبکه به هنگام به این اطلاعات دسترسی داشته باشند و از قابلیت‌های تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی مخاطرات، به هنگام رسانی نقشه‌ها و غیره استفاده نمایند. جمع‌بندی نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که داده‌های بارندگی ماهواره GPM از پتانسیل بالایی برای تخمین مقادیر بارندگی در مقیاس‌های زمانی مختلف برخوردار است. همچنین، اکثر پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه واسنجی داده‌های بارندگی GPM اغلب در خارج از کشور انجام شده است و ارزیابی و واسنجی سری داده‌های روزانه در ایران بر اساس داده‌های بلندمدت ایستگاه‌های سینوپتیکی واقع در زون‌های اقلیمی مختلف انجام نشده است. از آنجاکه بیشتر مناطق ایران دارای اقلیم خشک، و نیمه‌خشک، است، آگاهی از مقدار و تغییرات زمانی باران کلیماتولوژی باران در هر منطقه برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب سطحی بسیار مفید است.

منابع

- عرفانیان، م، کاظم پور، س، حیدری، ح. ۱۳۹۲. ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای TRMM در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، کنفرانس ملی آب و هواشناسی.
- عرفانیان، م، کاظم پور، س، حیدری، ح. ۱۳۹۵. واسنجی داده‌های باران سری ۳B۴۲ و ۳B۴۳ ماهواره TRMM در زون‌های اقلیمی ایران، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۸(۲): ۲۷۸-۳۰۳
- دشتی، س، سبزقبایی، غ، محسنی، ف و هدایت زاده، م. ۱۳۹۳. کاربرد دورسنجی (RS) در ارزیابی، پایش و مدیریت سوانح طبیعی، اولین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.
- رحیمی، م، دماوندیان، ع، جعفریان، و. ۱۳۹۲. بررسی کاربردهای سنجش‌ازدور در ارزیابی و پایش تخریب سرزمین و بیابان‌زایی. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۲۲(۸۸)، ۱۱۵-۱۲۸.
- فرج زاده، م، رازی، م. ۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی و زمانی طوفان‌ها و بادهای شدید در ایران، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش‌های سازندگی) ۹۱
- قبائی سوق، م، مساعدی، ا و زارع ایبانه، ح. ۱۳۹۵. ضرورت پایش خشکسالی بر اساس شاخص‌های چند متغیره، کنفرانس ملی مدیریت منابع آب، دانشگاه کردستان، ۶.

آذری، ح، متکان، ع، یکباش، ع و پور علی، ح. ۱۳۸۸. شبیه سازی و هشدار سیل GIS و مدل های آبشناس در برآورد بارش از طریق سنجش ازدور. فصلنامه زمین شناسی ایران، سال سوم، ۹، ۳۹-۵۱.

عبدالخانی نژاد، ط، منوری، م. ۱۳۹۲. تهدیدات ناشی از مخاطرات محیطی، اقلیمی و زمین ساختی (سیل، زلزله و خشکسالی) با استفاده از Arc GIS مطالعه موردی: شهر بوشهر کنفرانس بین المللی مخاطرات محیطی، تهران، دانشگاه خوارزمی، ۲.

غفوریان، ه، ثنایی نژاد، ح و داوری، ک. ۱۳۹۲، ارزیابی داده های ماهواره TRMM در پایش خشکسالی استان خراسان رضوی، کنفرانس بین المللی مخاطرات محیطی، تهران، دانشگاه خوارزمی، ۲.

عبداللهی، ب، حسینی موغاری، م و ابراهیمی، ک. ۱۳۹۶. ارزیابی داده های ماهواره ای CMORPH و TRMM ۳B۴۲RT ۷۷ به منظور تخمین بارش در حوضه گرگان رود، نشریه علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳۶: ۵۶-۶۹.

شریفی، ا، ثقفیان، ب و اشتایناکر، ر. ۱۳۹۵. بررسی کارایی جدیدترین نسل محصولات بارش ماهواره ای با وضوح زمانی- مکانی بالا، کنفرانس ملی مدیریت منابع آب، دانشگاه کردستان، ۶.

علی بخشی، م، فریدحسینی، ع، داوری، ک، علیزاده، ا و مونیگا گاسچا، ه. ۱۳۹۵. مقایسه آماری بین محصولات IMERG و TMPA ۳B۴۲V۷ در سطح سه داده های بارشی GPM و TRMM مطالعه موردی: حوضه آبریز کشف رود، استان خراسان رضوی، مجله منابع طبیعی ایران، ۴(۶۹): ۹۶۳-۹۸۱.

صبوری، م. ۱۳۹۲. ماهنامه صنایع هوافضا، ۹۵، ۳۲-۳۳.

Kidd, C., & Huffman, G. (۲۰۱۱). Global precipitation measurement. *Meteorological Applications*, ۱۸(۳), ۳۳۴-۳۵۳.

Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., & Xie, P. (۲۰۰۴). CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, ۵(۳), ۴۸۷-۵۰۳.

Prakash, S., Mitra, A. K., Pai, D. S., & AghaKouchak, A. (۲۰۱۶). From TRMM to GPM: How well can heavy rainfall be detected from space?. *Advances in Water Resources*, ۸۸, ۱-۷.

- Tang, G., Ma, Y., Long, D., Zhong, L., & Hong, Y. (۲۰۱۶). Evaluation of GPM Day-۱ IMERG and TMPA Version-۷ legacy products over Mainland China at multiple spatiotemporal scales. *Journal of Hydrology*, ۵۳۳, ۱۵۲-۱۶۷.
- Casella, D., Panegrossi, G., Sandò, P., Marra, A. C., Dietrich, S., Johnson, B. T., & Kulie, M. S. (۲۰۱۷). Evaluation of the GPM-DPR snowfall detection capability: Comparison with CloudSat-CPR. *Atmospheric Research*, ۱۹۷, ۶۴-۷۵.
- Li, N., Tang, G., Zhao, P., Hong, Y., Gou, Y., & Yang, K. (۲۰۱۷). Statistical assessment and hydrological utility of the latest multi-satellite precipitation analysis IMERG in Ganjiang River basin. *Atmospheric Research*, ۱۸۳, ۲۱۲-۲۲۳.
- Prakash, S., Mitra, A. K., AghaKouchak, A., Liu, Z., Norouzi, H., & Pai, D. S. (۲۰۱۶). A preliminary assessment of GPM-based multi-satellite precipitation estimates over a monsoon dominated region. *Journal of Hydrology*.
- Longenecker, J., Bechtel, T., Chen, Z., Goldscheider, N., Liesch, T., & Walter, R. (۲۰۱۷). Correlating Global Precipitation Measurement satellite data with karst spring hydrographs for rapid catchment delineation. *Geophysical Research Letters*.
- Wang, Z., Zhong, R., Lai, C., & Chen, J. (۲۰۱۷). Evaluation of the GPM IMERG satellite-based precipitation products and the hydrological utility. *Atmospheric Research*, ۱۹۶, ۱۵۱-۱۶۳.
- Wu, T. C., & Zupanski, M. (۲۰۱۷). Assimilating GPM hydrometeor retrievals in HWRF: choice of observation operators. *Atmospheric Science Letters*, ۱۸(۶), ۲۳۸-۲۴۵.
- Huffman, G. J., & Bolvin, D. T. (۲۰۱۵). Real-time TRMM multi-satellite precipitation analysis data set documentation. NASA Tech. Doc..
- Kelley, O. (۲۰۱۶). The IMERG multi-satellite precipitation estimates reformatted as ۲-byte TIFF files for display in Geographic Information Systems (GIS) .
- Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., . & Iguchi, T. (۲۰۱۴). The global precipitation measurement mission. *Bulletin of the American Meteorological Society*, ۹۵(۵), ۷۰۱-۷۲۲.

Hou, A. Y., Skofronick-Jackson, G., Kummerow, C. D., & Shepherd, J. M. (۲۰۰۸). Global precipitation measurement. *Precipitation: Advances in Measurement, Estimation, and Prediction*, ۱۳۱-۱۷۰.

http://www.nasa.gov/mission_pages/GPM/main/index.html (۱/۰۶/۲۰۱۶).