معرفی و مقایسه پایگاه‌های داده بارشی TRMM و اسفزاری

سید ابوالفضل مسعودیان*، فاطمه رعیت‌پیشه و محمدصادق کیخسروی کیانی

دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، اصفهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۴، تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲۲.)

چکیده

در پژوهش کنونی برای بررسی صحت پایگاه بارشیTRMM 3B43 که یکی از فرآورده‌های بارشی TRMM است تلاش شده است. فرآورده بارشی TRMM 3B43 بارش را به کمک مشاهدات ماهواره‌ای و ادغام آن با داده‌های زمینی برآورد می‌کند. این فرآورده بارشی دو طیف از داده‌ها را مورد استفاده قرار می‌دهد. داده‌های ریزموج (میکروویو) و داده‌های فروسرخ در برآوردهای بارشی به کار می‌روند. داده‌های پایگاه GPCC درحکم داده‌های شبکه‌ای مکمل در این پایگاه به کار رفته است. پرتاب حس‌گر TRMM از سوی ناسا و آژانس کاوش فضایی ژاپن در ۱۹۹۷ داده‌های بارشی را برای پهنه‌های حاره و جنب‌حاره تولید و تا کنون بیش از ۱۵ سال داده‌های بارشی از این پهنه‌ها فراهم کرده است. این پایگاه دارای داده‌های شبکه‌ای بارش در تفکیک ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه عرض جنوبی تا ۵۰ درجه عرض شمالی و ۱۸۰ درجه طول جغرافیایی تا ۱۸۰- درجه طول جغرافیایی، در مقیاس ماهانه است. در این پژوهش برای راستی‌آزمایی‌های این پایگاه، از پایگاه ملی اسفزاری، در یک بازه زمانی مشترک استفاده شد. هدف از این مقایسه، بررسی صحت داده‌های این پایگاه برای استفاده در پژوهش‌های اقلیمی است. پایگاه اسفزاری با بهره‌گیری از بیش از ۱۴۰۰ ایستگاه بارشی در کشور ساخته شده است. این پایگاه بازه زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۴ را پوشش می‌دهد. نمودار همبستگی دو پایگاه نشان‌دهنده همبستگی زیاد این دو پایگاه بود. ضریب همبستگی بین بارش ماهانه دو پایگاه اسفزاری و TRMM 3B43 ۰/۹۷ به‌دست آمد که نشان‌دهنده نزدیکی زیاد این دو پایگاه داده است. همچنین اختلاف این دو پایگاه داده نیز محاسبه شد؛ که برون‌دادها نشانگر این هستند که در قلمرو بسیار وسیعی از کشور میان برآوردهای بارشی این پایگاه با پایگاه اسفزاری تفاوت چشم‌گیری وجود ندارد. بیشترین اختلاف این پایگاه ماهواره‌ای با داده‌های اسفزاری در راستای رشته‌کوه‌های زاگرس و البرز دیده شده است. به نظر می‌رسد بیشترین کاستی این پایگاه بارشی در نواحی مرتفع کشور است. در مجموع در زاگرس مرکزی این پایگاه دارای کم‌برآوردی بارش است به گونه‌ای که این اختلاف بین ۵ تا ۲۱ میلی‌متر در سال است. در بخش‌هایی از رشته‌کوه‌های زاگرس و البرز بیش‌برآوردی بارش در این پایگاه دیده شد. مقدار این بیش‌برآوردی بین ۹ تا ۲۵ میلی‌متر در سال بود. در دیگر نقاط کشور مقدار این اختلاف بین ۵- تا ۹ میلی‌متر بود. روی هم رفته به نظر می‌رسد این پایگاه ماهواره‌ای در برآورد بارش‌هایی که از نوع کوهستانی است دارای کاستی است و روی برخی از ناهمواری‌های کشور دارای بیش‌برآوردی بارش و در برخی دیگر دارای کم‌برآوردی بارش است.

واژه‌های کلیدی: پایگاه داده اسفزاری، پایگاه داده TRMM 3B43، بارش، اُریبی

Introducing the TRMM and Asfezari precipitation database: A comparative study

Seyed Abolfazl Masoodian*, Fateme Rayatpishe and Mohammad Sadegh Keykhosravi Kiani

Faculty of Geography Science and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran

(Received: 14 January 2014, accepted: 14 October 2014)

*Corresponding author: porcista@yahoo.ie *نگارنده رابط:

Summary

In the present study, the TRMM 3B43 precipitation database was validated as one of the TRMM products. This precipitation database estimates rainfall by applying both satellite observations and rain gauge data. This database utilizes two groups of data: microwave and infrared data. GPCC data are used in the database as supplementary data. The launch of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite in November 1997 by National Aeronautics and Space Administration (NASA) of the US and the Japanese Aerospace Exploration Agency (JAXA) provided more than fifteen years of quality rainfall data for tropical and subtropical rainfall studies. The TRMM3B43 precipitation output comprises 0.25°×0.25° grid cells for every month with a spatial extent covering a global belt (180°W to 180°E) extending from 50° S to 50° N latitude. In the present study, Asfezari and TRMM3B43 gridded precipitation databases were compared to each other from 1998 to 2004 that is the joint period of time between the two databases. Asfezari national database has been made using more than 1400 weather stations in Iran. In the Asfezari database the data of synoptic, climatology, and rain stations have been applied to construct it. It covers the period of 1961 to 2000. The correlation coefficient was 0.97 which showed a significant correspondence between Asfezari and TRMM 3B43. The bias of TRMM 3B43 was calculated on 2491 grid cells at a resolution of 0.25 * 0.25 geographical degrees of latitude and longitude for all the seasons. Results showed that there was not a considerable difference between the two databases in a large extent of Iran. Most of the bias has been calculated to be along the Alborze and Zagrous mountains. It seems that most faults of the satellite data are on highlands where the estimation of the rainfall is not as accurate as in other parts of the country. Overall findings showed that the satellite data underestimated the amount of rainfall on the central parts of Zagrous Mountains. The satellite data underestimate the rainfall between 5 to 21 mm in an annual timescale in this part of the country. In some parts of the Alborze and Zagrous mountains, there was an overestimation of precipitation by TRMM 3B43. The amount of this overestimation was between 9 to 25 mm in an annual timescale. In the other parts of the country, the bias of precipitation was -4 to +9 mm. It seems that this database has a fault in the estimation of precipitation that originates from the factor of mountains and the difficulty that the aforementioned satellite data has over highlands. It seems that it underestimates the precipitation over some highlands and overestimates it on some other highlands as well.

Keywords: Asfezari database, TRMM 3B43 database, precipitation, bias, Iran

۱ مقدمه

اندازه‌گیری درست بارش در مقیاس‌های زمانی و مکانی گوناگون نه تنها برای اقلیم‌شناسان، بلکه برای کشاورزان، آب‌شناسان، مدیران و صنعت‌گران دارای اهمیت بسیاری است. با ظهور ماهواره‌های هواشناسی و به کارگیری آنها از دهه ۱۹۷۰ به این سو، دانشمندان روش‌هایی را بنیان نهادند تا به کمک آنها از روی مشاهدات تابش‌سنجی (رادیومتریک) ماهواره‌ها بارش را برآورد کنند.

در پهنه‌هایی از سیاره که تراکم ایستگاه‌های سنجش بارش کم است، چنین داده‌هایی را می‌توان درحکم جایگزین داده‌های ایستگاهی به کار برد. امروزه نیز شمار رو به رشدی از فرآورده‌های بارشی کم و بیش بهنگام روی وبگاه در دسترس‌است، که راستی‌آزمایی فرآورده‌های آنها دراندازه‌گیری بارش ضروری است. (پارکاش و همکاران، ۲۰۱۰). رادارها و ماهواره‌ها ابزارهای سودمندی هستند که به کمک آنها می‌توان شناخت بهتری از وضعیت بارش به‌دست آورد. اما ازآنجاکه سنجش بارش با بهره‌گیری از ابزارهای سنجش از دور، غیرمستقیم و در مقام برآورد

است، لازم است تا چنین برآوردهایی به درستی ارزیابی و صحت‌سنجی شوند.

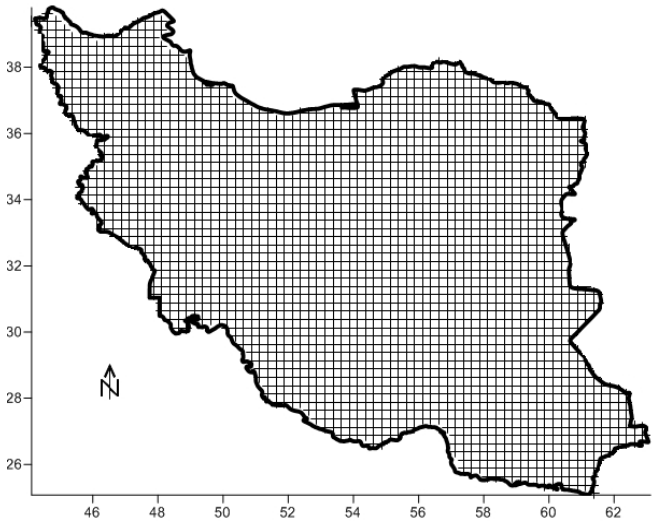
درعین‌حال شمار ایستگاه‌هایی که در این فرآورده‌های بارشی به کار گرفته می‌شوند، در طول سال‌ها و در بخش‌های گوناگون جهان با هم فرق دارد. کنترل کیفیت، شیوه‌های تصحیح خطا و روش‌های درون‌یابی که در هرکدام از پایگاه‌ها برای پدیدآوردن داده‌های شبکه‌ای به کار گرفته می‌شود نیز متفاوت است. چنین تفاوت‌های مهمی که چندان هم به چشم نمی‌آید، ممکن است منجر به تفاوت‌های برجسته‌ای درکیفیت فرآورده‌های بارشی گوناگون شود.

در سال‌های اخیر تقاضاهای بسیاری برای داده‌های شبکه‌ای در حوزه‌های کشاورزی، آب‌شناسی و سلامت وجود داشته است. داده‌های شبکه‌ای برای راستی‌آزمایی مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای و جهانی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بااین‌حال برای واکاوی‌های منطقه‌ای نیازمند پایگاه‌های خوش‌تفکیک‌تری در زمان و مکان هستیم، به گونه‌ای که به کمک چنین پایگاه‌های خوش‌تفکیکی می‌توان تفاوت‌های اقلیمی را در پهنه‌های کوچک‌تر شناسایی کرد و میانگین‌ها و فرین‌های اقلیمی را مورد واکاوی قرار داد. در همین چند سال گذشته، شماری پایگاه در مقیاس روزانه در اروپا، امریکای جنوبی، امریکای شمالی و آسیا در تفکیک مکانی حدود ۵۰ کیلومتر پدید آمده است (هررا و همکاران، ۲۰۱۲). به سبب پستی و بلندی‌های پیچیده و گسترش نصف‌النهاری ایران‌زمین و فرونشینی هوا در یاخته هادلی در عرض‌های میانه، بارش‌ها در ایران، هم از نظر مکانی و هم از نظر زمان ریزش بسیار متغیرند. رخداد بارش و مقدار آن در بخش‌های مرطوب کوهستانی غرب تا پهنه‌های خشک و نیمه‌خشک شرق و میانه که دارای بارش‌های پراکنده هستند، متفاوت است.

افزون بر اینها افزایش تقاضا برای آب به خاطر رشد جمعیت، رشد شهرنشینی و رشد صنعت آسیب‌پذیری ما را در برابر خشک‌سالی بیشتر کرده است (رضیئی و همکاران، ۲۰۱۱). به کمک این فرآورده‌ها تحقیقات بسیاری در جهان صورت گرفته است؛ دینکو و همکاران (۲۰۰۸)، پایگاهی بارشی را برای بررسی یک منطقه پرعارضه در کشور اتیوپی راه اندازی کردند و سپس این پایگاه را با دیگر پایگاه‌های بارش جهانی همچون NOAA–CPC، GPCC و CRU مورد مقایسه قرار دادند. ایشان روشن ساختند که روی‌هم‌رفته بین این پایگاه‌های جهانی و پایگاه ملی، سازگاری بسیاری چه از نظر سری زمانی بارش و چه از نظر مقادیر بارشی وجود دارد. بررسی‌های آنان نشان داد از نظر مقادیر بارشی، در تفکیک ۲/۵×۲/۵ طول و عرض جغرافیایی بین نسخه کامل GPCC و پایگاه ملی، ضریب همبستگی بسیار زیادی وجود دارد، به‌گونه‌ای که برای دوره زمانی ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ و دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ این همبستگی به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/۹۱ بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بالاترین سازگاری بین پایگاه‌های بارش جهانی و پایگاه ملی در پُربارش‌ترین فصل‌ها رخ می‌دهد اما در فصل‌های خشک این سازگاری ضعیف می‌شود (دینکو و همکاران، ۲۰۰۸).

کونگ‌وانگ و چیو (۲۰۰۸) نیز در پژوهشی داده‌های روزانه بارش کشور تایلند را با مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی GPCC و اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای فرآورده TRMM مقایسه کردند. بررسی‌های ایشان نشان داد که برآوردهای بارشی فرآورده TRMM 3B43 با پایگاه ملی دارای نزدیکی است امّا هم‌خوانی بین پایگاه GPCC با پایگاه ملّی بیشتر است.

سو و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی فرآورده بارشی TRMM 3B42V-6 را با پیمون‌گاه‌های بارشی حوضه آبریز لاپلاتا در امریکای جنوبی برای دوره زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۶ مقایسه کردند. ایشان مقادیر بارش این فرآورده را

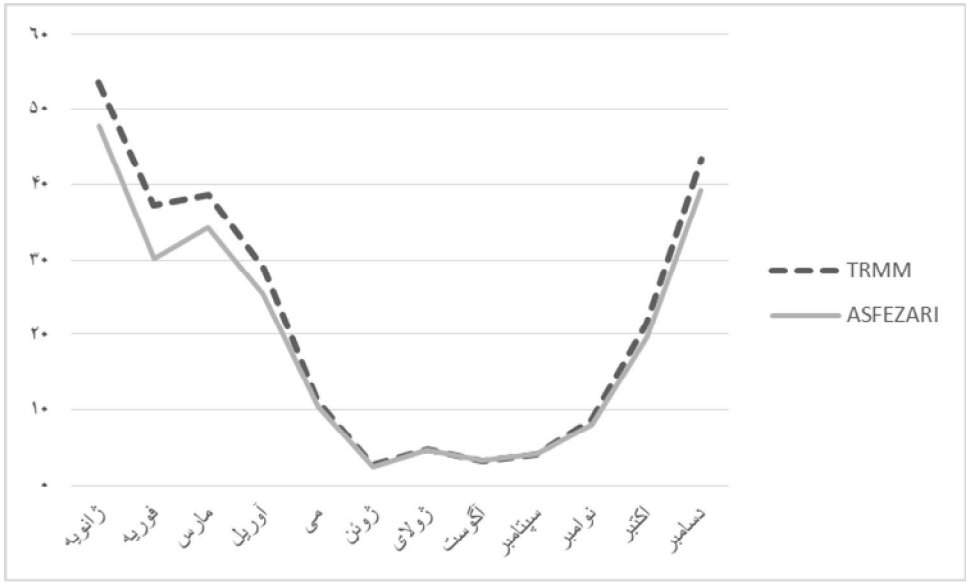


شکل ۱. تفکیک مکانی یاخته‌های ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی در ایران.

با داده‌های پیمون‌گاهی در مقیاس ماهانه مقایسه کردند و دریافتند ضریب همبستگی میان آنان بسیار بالا و چشم‌گیر است به‌گونه‌ای که در یک‌یکِ زیرحوضه‌های لاپلاتا این ضریب از ۰/۹ تا ۰/۹۹ متفاوت بود. فرآورده ماهواره‌ای در همه زیرحوضه‌ها دچار بیش‌برآوردی بارش بود اما در حوضه پاراگوئه مقادیر کمتری از بارش را برآورد می‌کرد (سو و همکاران، ۲۰۰۷). سیکور و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی واکاوی بارش چند ماهواره طرح مأموریت اندازه‌گیری بارش استوا (TRMM) را با پیمون‌گاه‌های بارشی جزیره مالی کشور اندونزی در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و فصلی مقایسه کردند. مقایسه در بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ انجام گرفت. ایشان مقادیر وزنی بارش به‌دست آمده به کمک پیمون‌گاه‌های بارشی را با داده‌های دو پایگاه 3B42 و 3B43 در مقیاس ماهانه مقایسه کردند. واکاوی‌ها نشان داد که بین داده‌های پیمون‌گاهی و داده‌های پایگاه‌های نامبرده شده، ضریب همبستگی زیادی دیده می‌شود به گونه‌ای که این ضریب برای پایگاه‌های 3B42 و 3B43 به‌ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۶ بود. سری زمانی بارش این دو پایگاه با داده‌های پیمون‌گاهی نیز بررسی و آشکار شد که همبستگی بسیار نیرومندی (ضریب همبستگی ۰/۹۳) بین برآوردهای ماهواره‌ای و زمینی دیده می‌شود.

سیکور و همکاران در گامی دیگر برآوردهای ماهواره‌ای را با داده‌های ایستگاهی، آن هم در مقیاس فصلی، مقایسه کردند و دریافتند که همبستگی‌ها در فصل‌های خشک از فصل‌های مرطوب بیشتر است. دستاورد شایسته پژوهش سیکور و همکاران این بود که بر پهنه جزیره مالی می‌توان برآوردهای ماهواره‌ای بارش دو پایگاه 3B42 و 3B43 را به‌جای داده‌های ایستگاهی (با در نظرگرفتن برخی ناهماهنگی‌ها و خطاها) به کار گرفت (سیکور و همکاران، ۲۰۱۱).

نائیر و همکاران (۲۰۰۹) در کوششی پایگاه بارشی TRMM 3B42-V6 را با شبکه‌ای انبوه از پیمون‌گاه‌های بارشی در ایالت غربی ماهاراشترای هندوستان مقایسه کردند. یافته‌ها نشان داد که بیشترین همبستگی بین این داده‌ها در ماه ژوئن با ضریب ۰/۷۴ است که به تدریج از میزان این همبستگی با نزدیک شدن به ماه‌های پایانی فعالیت پدیده موسمی کاسته می‌شود. در ماه پایانی یعنی ماه سپتامبر، ضریب همبستگی به کمترین مقدار خود (۰/۳۰) می‌رسد. واکاوی‌ها در مقیاس روزانه نشان داد که

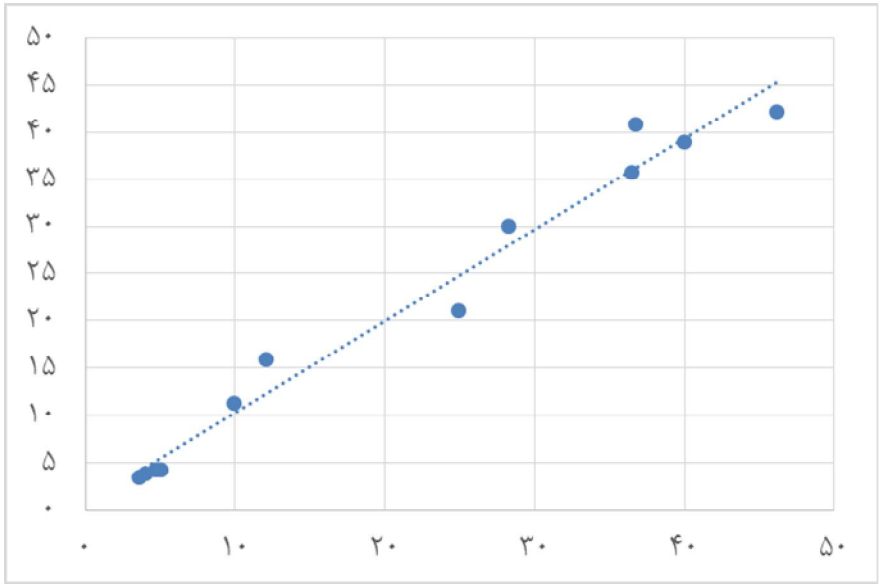


شکل ۲. مقایسه میانگین بلندمدت ماهانه بارش ایران بر پایه داده‌های اسفزاری و TRMM با یاخته‌های ۰/۲۵ درجه (برحسب میلی‌متر).

پایگاه TRMM 3B42-V6 در نشان دادن دوره‌های مرطوب و خشک پدیده موسمی نیز توانا است (نائیر و همکاران، ۲۰۰۹).

نذرالاسلام و یویدا (۲۰۰۸) فرآورده TRMM 3B42 را با ۳۱ پیمون‌گاه بارشی در کشور بنگلادش برای بازه زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ مقایسه کردند. ایشان برای این کار سه دوره از سال را برگزیدند. دوره پیش از آغاز ریزش‌های موسمی، دوره رخداد و فعالیت پدیده موسمی و دوره پس از ریزش‌های موسمی. ایشان میانگین بارش این ۳۱ پیمون‌گاه را محاسبه و با فرآورده TRMM 3B4 مقایسه‌کردند. آنان دریافتند که در طول فعالیت پدیده موسمی، فرآورده TRMM 3B42 برآورد کمتری از ریزش‌های فروباریده نسبت به پیمون‌گاه‌ها به‌دست می‌دهد این در حالی است که همین فرآورده در دوره پیش از آغاز ریزش‌های آسمانی نسبت به پیمون‌گاه‌ها، برآورد بیشتری به‌دست می‌دهد.

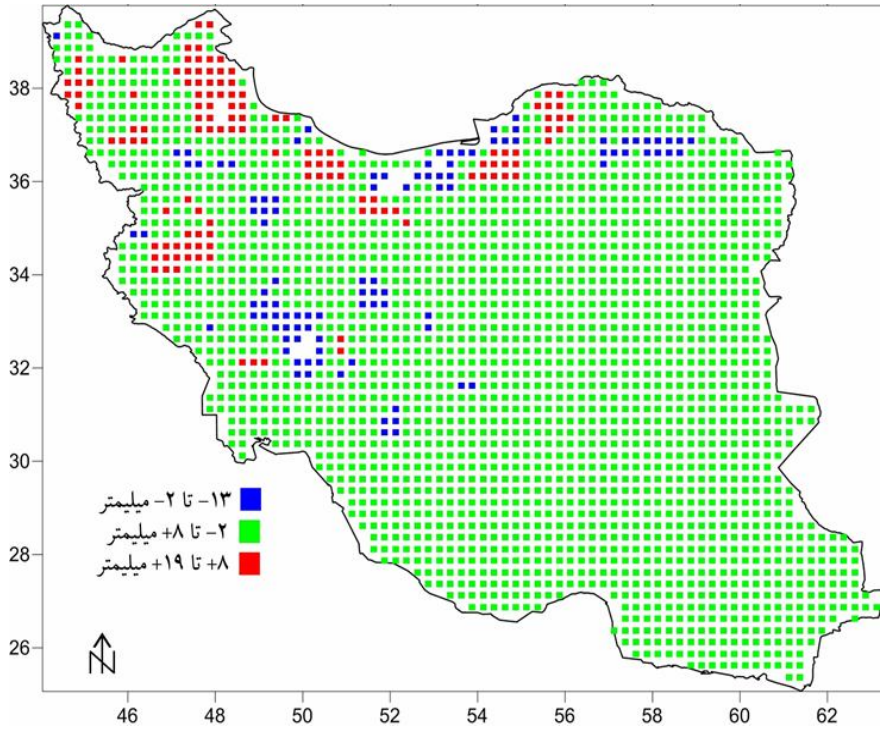
ورنمین و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی درستی سه فرآورده بارشی ماهواره‌ای TMPA 3B42RT ، CMORPH و PERSIAN را با داده‌های پیمون‌گاهی چند خُردپهنه در کشور اندونزی در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ مقایسه کردند. در گام نخست داده‌های این فرآورده‌ها که در تفکیک مکانی و زمانی به‌ترتیب ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی و ۳ ساعته بود را برداشت کردند و به بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه درآوردند. درگامی دیگر پیمون‌گاه‌های موجود در تکه پهنه‌های برگزیده شده برای مقایسه را بررسی و داده‌های پرت و نادرست این ایستگاه‌ها را شناسایی کردند و برچیدند (ورنمین و همکاران، ۲۰۱۲، ۱۳۳–۱۳۵). بررسی‌ها نشان داد که روی‌هم‌رفته فرآورده بارشی PERSIAN دارای بیشترین بیش‌برآورد و فرآورده CMORPH دربرگیرنده بیشترین کم‌برآوردی بارش است. اما در این میان بهترین عملکرد ازآنِ فرآورده TMPA 3B42RT بود. البته بین این پایگاه و داده‌های ایستگاهی تفاوت‌هایی نیز دیده می‌شد که برای چاره‌جویی این مشکل ورنمین و همکاران از یک معادله تصحیح اُریبی بهره جستند، به‌گونه‌ای که پس از به کار



شکل۳. وایازش خطی بین بارش ماهانه پایگاه داده اسفزاری و TRMM.

بستن این معادله، ضریب همبستگی این دو پایگاه بهبود یافت و از میانگین ۰/۸۷ به ۰/۸۸ و خطای اختلاف کمترین مربعات از ۷۷/۳ به ۶۶/۴ رسید. ایشان دریافتند تفاوت‌های بین این فرآورده‌های ماهواره‌ای در نواحی ساحلی و مناطق پُرارتفاع‌تر بسیار چشم‌گیراست. برای نمونه فرآورده CMORPH در پهنه‌های پُرارتفاع‌تر نسبت به دو فرآورده دیگر دچار بیش‌برآوردی بارش بود (ورنمین و همکاران، ۲۰۱۲). مهم‌ترین یافته این پژوهشگران این بود که فرآورده TMPA 3B42RT پُراعتمادترین فرآورده بارشی است و از آن می‌توان برای پایش خشکسالی و پژوهش‌هایی از این دست در کشور اندونزی بهره جست. هم‌اینک به کمک داده‌های تصحیح شده پایگاه نامبرده، یک سامانه هشدار بهنگام خشکسالی در این کشور در دست راه‌اندازی است (ورنمین و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین ایشان دریافتند که درستی برآورد فرآورده‌های ماهواره‌ای در فصل‌های گوناگون با یکدیگر متفاوت است. برای نمونه در بیشتر خُردپهنه‌های برگزیده‌شده، فرآورده‌های ماهواره‌ای در ماه‌های خشک دچار کم‌برآوردی بارش و در ماه‌های مرطوب دچار بیش‌برآوردی بارش بودندکه یافته این پژوهشگران هماهنگ با دست‌یافت‌های پژوهشگران دیگر نیز بود. برای نمونه در پژوهشی ایبرت و همکاران (۲۰۰۷) فرآورده‌های گوناگون بارشی و مدل‌های عددی را برای ایالات متحد امریکا، شمال‌غرب اروپا و استرالیا با داده‌های پیمون‌گاهی مقایسه کردند. این مناطق دارای رژیم‌های گوناگون بارشی هستند. بررسی‌های ایشان نشان داد کارایی فرآورده‌های ماهواره‌ای و مدل‌های عددی بسته به رژیم‌های بارشی متفاوت است. برای نمونه در فصل تابستان و در عرض‌های پایین جغرافیایی فرآورده‌های ماهواره‌ای برآورد درست‌تری از بارش به‌دست می‌دهند؛ چرا که ریزش‌های آسمانی دارای طبیعتی همرفتی‌اند. اما مدل‌های عددی در فصل زمستان و عرض‌های بالای جغرافیایی از کارایی بیشتری برخوردارند (ایبرت و همکاران، ۲۰۰۷).

یافته‌های ایبرت و همکاران با دست‌یافت‌های آدلر و همکاران (۲۰۰۱) هماهنگ بود. این پژوهشگران دریافتند مدل‌های عددی دارای توانمندی زیادی در عرض‌های میانه و در فصل سرد هستند چراکه در این هنگام از سال



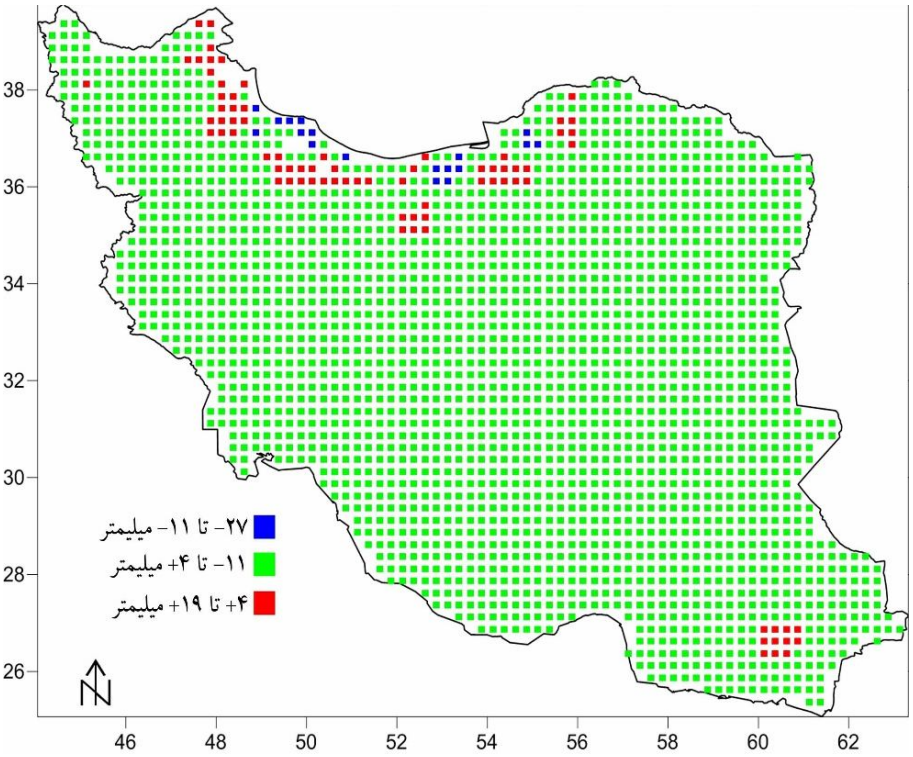
شکل ۴. میانگین اختلاف بارش پایگاه TRMM نسبت به پایگاه اسفزاری (فصل بهار).

سامانه‌های همدیدی دارای چیرگی‌اند. اما فرآورده‌های ماهواره‌ای در فصل‌های گرم و عرض‌های پایین دارای عملکرد بهتری هستند چرا که بارش‌ها در آن هنگام، دارای طبیعتی همرفتی است (آدلر و همکاران، ۲۰۰۱).

ویلیرانی و کراچسکی (۲۰۰۷) نیز در پژوهشی فرآورده بارشی TMPA را در تفکیک مکانی ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی بر خُردپهنه‌ای به وسعت ۶۲۵ کیلومترمربع که دارای ۲۳ پیمون‌گاه بارشی بود در ایالات متحد امریکا واکاوی کردند. ایشان مقایسه‌ها را برای فصل‌های سرد، گرم و بسیارگرم عملی کردند و دریافتند که این فرآورده ماهواره‌ای دارای بهترین کارایی در فصل بسیارگرم سال است (ویلیرانی و کراچسکی، ۲۰۰۷). امروزه با بهره‌گیری از دانش سنجش از دور، بارش را در مناطق گوناگون جهان پیش‌بینی می‌کنند اما نکته مهم ارزیابی دقت ماهواره‌ها در برآورد بارش است.

در پژوهش حاضر تلاش شده است تا دقت برآوردهای بارشی پایگاه TRMM روی کشور ایران ارزیابی و صحت‌سنجی شود. مقایسه و بررسی داده‌های ماهواره‌ای TRMM دارای کاربردهای بسیار مهمی است. این حس‌گر دارای فرآورده‌های گوناگونی است. با توجه به تفکیک زیاد داده‌های این پایگاه ماهواره‌ای و روزآمد بودن داده‌های آن می‌توان از آن برای شناخت بیشتر از وضعیت بارش کشور بهره جست. اما پیش از به کارگیری داده‌های این پایگاه بارشی می‌باید داده‌های شبکه‌ای این پایگاه ماهواره‌ای در برابر داده‌های ایستگاهی کشور صحت‌سنجی شود.

با توجه به نبود دسترسی بهنگام به داده‌های بارشی ایستگاه‌های کشور، می‌توان از داده‌های این پایگاه منوط بر صحتشان در بررسی روند بارش کشور و یا به‌دست آوردن دید بهتر از بارش ایران در شرایطی که داده‌های روزآمد در اختیار نیست استفاده کرد. هدف نهایی از این



شکل۵. میانگین اختلاف بارش پایگاه TRMM نسبت به پایگاه اسفزاری (فصل تابستان)

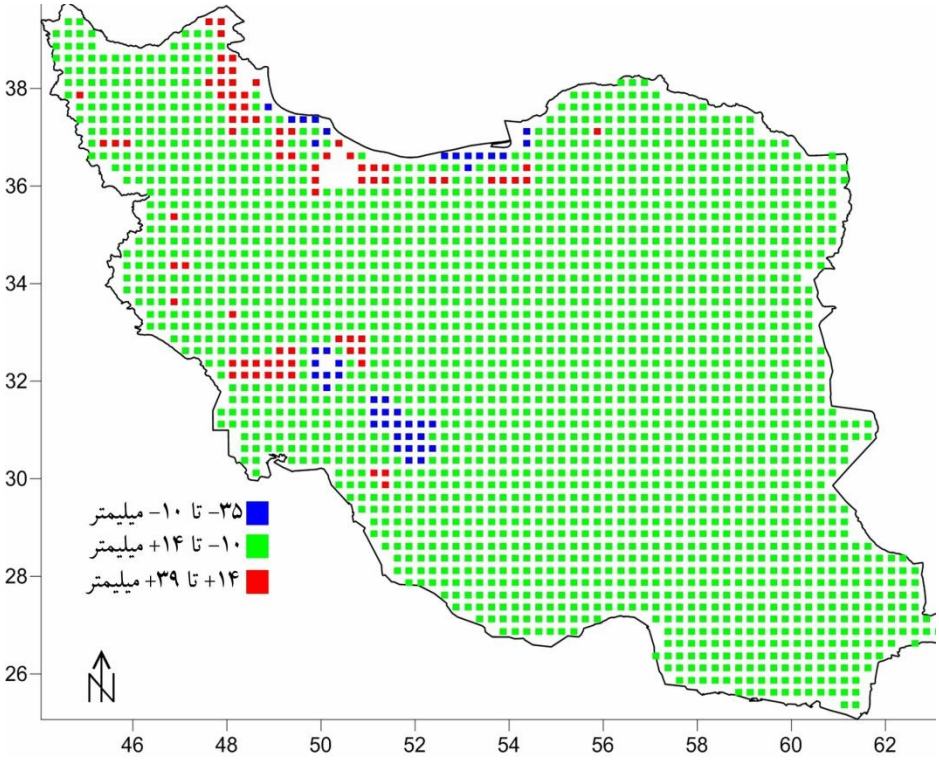
پژوهش نیز ارزیابی برآوردهای بارشی این پایگاه ماهواره‌ای در مناطق گوناگون کشور و در فصل‌های متفاوت سال است.

۲ روش تحقیق

۲ -۱ معرفی پایگاه داده بارش TRMM

طرح اندازه‌گیری بارش استوا TRMM در ۱۹۹۷ آغاز به کار کرد. این کار بخشی از طرح بین‌المللی ناسا و هدف از آن به‌دست آوردن برآوردی دقیق‌تر از بارش در پهنه‌های استوایی و مناطق جنب حاره‌ای است.

ماهواره TRMM را ایالات متحده امریکا و ژاپن در ۱۹۹۶ به فضا پرتاب کردند. روی این کاوشگر حس‌گرهایی همچون رادار بارشی (PR)، نگارگر ریزموج، پوشش‌گر فروسرخ و مرئی (VIRS) راه‌اندازی شده است. این ماهواره هر ′91°30 به دور زمین می‌چرخد و مدار آن به گونه‌ای انتخاب شده که چرخه‌های اقلیم‌شناسی بارش روزانه به خوبی با آن ردیابی و پایش می‌شود. این پایگاه دارای نسخه‌های گوناگونی است. برای نمونه فرآورده TRMM 3A12 مقادیر میانگین بارش را فراهم می‌آورد و همچنین ۱۴ نیم‌رخ قائم از آب بارش، یخ ابر و گرمای نهان را اندازه‌گیری می‌کند. تفکیک داده‌های این فرآورده بارشی ۰/۵ × ۰/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی است و بازه زمانی ماهانه را پوشش می‌دهد. پوشش مکانی آن نیز میان ۴۰ درجه شمالی تا ۴۰ درجه جنوبی است. داده‌های این فرآورده از دسامبر ۱۹۹۷ در دسترس است. نسخه دیگر 3B42 TRMM است این داده‌ها نیز در بازه زمانی ماهانه و دارای داده‌های بسیار خوش‌تفکیکی در مقیاس ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی است. داده‌های ریزموج دارای کیفیت مطلوبی است و داده‌های فروسرخ ماهواره‌های قطب‌آهنگ، در این فرآورده به کارگرفته می‌شود (فیداس، ۲۰۱۰). در پایگاه ماهواره‌ای

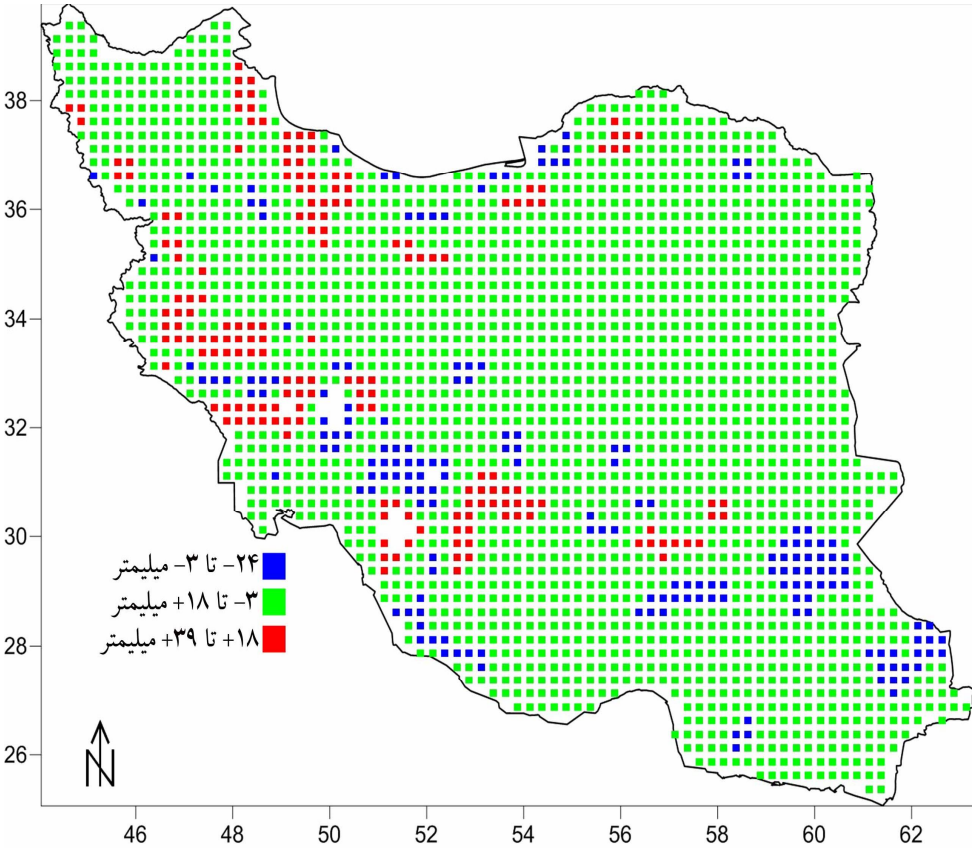


شکل ۶. میانگین اختلاف بارش پایگاه TRMM نسبت به پایگاه اسفزاری (فصل پاییز).

TRMM 3B43 داده‌های ایستگاه‌های زمینی نیز به کار می‌رود. در این میان داده‌های شبکه‌ای پایگاه بارشی مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی GPCC که کشور آلمان آن را راه‌اندازی کرده با برآورده‌های ماهواره‌ای این پایگاه ادغام می‌شود. داده‌های شبکه‌ای پایگاه GPCC حاصل داده‌های بیش از ۷۰۰۰۰ ایستگاه باران‌سنجی در سراسر کره زمین است. داده‌های بارش شبکه‌ای TRMM 3B43 از ۱۹۹۸ تا به امروز با تأخیری دوماهه و تفکیک مکانی ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی در دسترس است. پوشش مکانی این داده‌ها از ۵۰ درجه جنوبی تا ۵۰ درجه شمالی و از ۱۸۰ درجه غربی تا ۱۸۰ درجه شرقی است.

۲-۲ معرفی پایگاه داده ملی اسفزاری

این پایگاه، مجموعه‌ای از داده‌های شبکه‌ای چندین عنصر اقلیمی در سراسر ایران زمین است. تقویم این داده‌ها از ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ خورشیدی یا ۱۹۶۱/۳/۲۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ میلادی را شامل می‌شود. داده‌های شبکه‌ای بارش این پایگاه داده براساس دیدبانی‌های ۱۴۳۷ ایستگاه باران‌سنجی، اقلیمی و همدید تهیه شده است. این شبکه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ حاصل شده است. در این پایگاه برای هر عنصر اقلیمی شبکه‌ای با ابعاد ۷۱۸۷×۱۵۹۹۲ تعریف شده است که در آن سطرها نشانگر یاخته‌های مکانی و ستون‌ها مشخص کننده زمان (برحسب روز) است. در ایران پایگاه داده شبکه‌ای برای سنجه‌های هواشناسی نظیر دما، بارش و رطوبت جوّی و برخی عناصر اقلیمی دیگر را مسعودیان تهیه کرده است. این پایگاه داده به افتخار اقلیم‌شناس برجسته ایرانی حکیم ابوحاتم اسفزاری نام‌گذاری شده است. پژوهش‌های زیادی با استفاده از پایگاه داده اسفزاری صورت پذیرفته است؛ منتظری (۱۳۸۴) به کمک پایگاه داده اسفزاری دمای ایران را واکاوی کرد. او روشن ساخت دمای شبانه



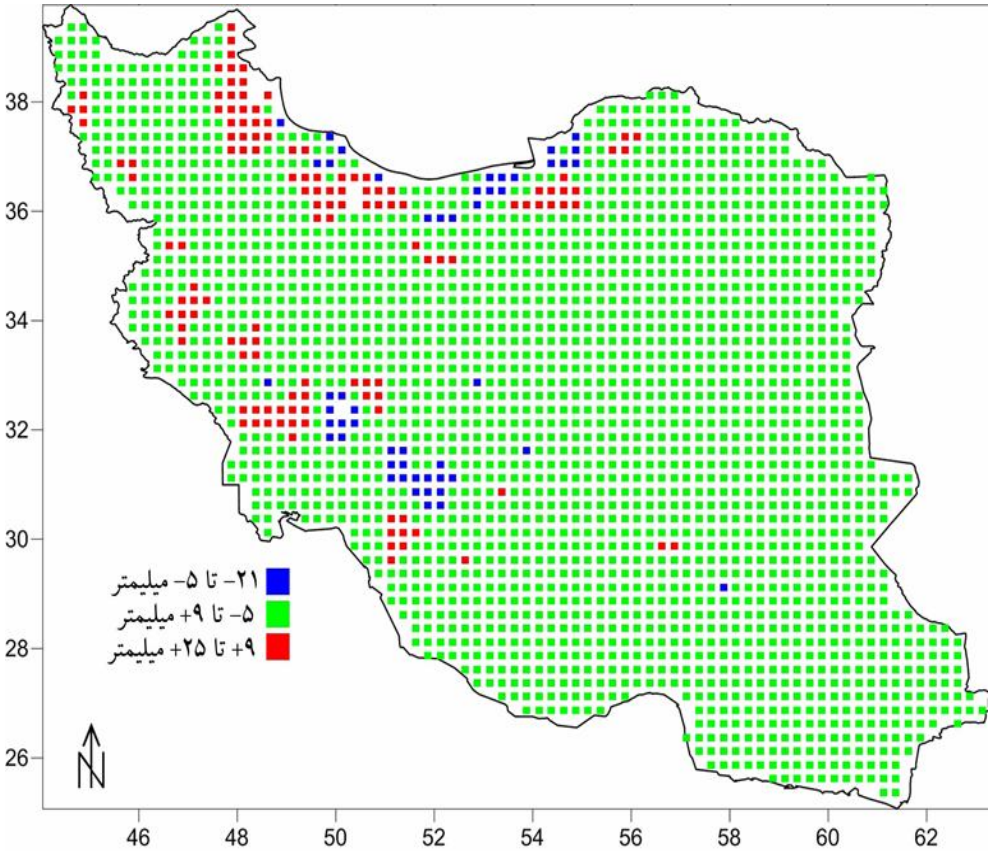
شکل ۷. میانگین اختلاف بارش پایگاه TRMM نسبت به پایگاه اسفزاری (فصل زمستان).

ایران با آهنگ ۳ درجه در هر صد سال و دمای روزانه با آهنگ ۱ درجه در هر صد سال افزایش داشته است. محمدی (۱۳۸۸) به کمک پایگاه اسفزاری بارش‌های اَبَرسنگین ایران‌زمین را واکاوی کرد. یافته‌های پژوهش او نشان داد که سه الگوی اصلی فشار تراز دریا در پدید آوردن ریزش‌های اَبَرسنگین در ایران‌زمین موثر بوده است. دارند (۱۳۹۰) به کمک پایگاه داده اسفزاری سرماهای ایران زمین را از دیدگاه همدید برای نیم‌سده گذشته واکاوی کرد. او نشان داد که روند سرماهای فرین ایران منفی است و شمار روزهای فرین سرد ایران در بیشتر ماه‌های سال روند منفی داشته است.

۲-۳ روش پژوهش

هدف از این پژوهش واکاوی صحت داده‌های پایگاه داده بارش TRMM 3B43 است، این کار جز از طریق مقایسه داده‌های شبکه‌ای این پایگاه با داده‌های شبکه‌ای پایگاه ملی امکان‌پذیر نبود. شایان توجه است که ساختار داده‌های TRMM، داده به شکل میلیمتر در ساعت و در مقیاس ماهانه است، برای مثال برای به‌دست آوردن مقدار بارش هر ماه مقدار بارش این پایگاه ابتدا در ۲۴ ساعت و سپس در تعداد روزهای هر ماه ضرب شده است تا داده‌های واقعی بارش هر ماه در چارچوب مرزهای ایران به‌دست آمده است.

آرایه نهایی به‌دست‌آمده دارای ابعاد ۱۸۰×۲۴۹۱ است که ستون‌ها نشان‌دهنده بعد زمانی (شمار ماه‌ها) و سطرها نمایانگر بعد مکانی هستند (شکل ۱). گام بعدی تبدیل مقیاس و مختصات پایگاه داده اسفزاری بود. ازآنجاکه پایگاه داده اسفزاری دارای مختصات متریک و



شکل۸ میانگین اختلاف بارش پایگاه TRMM نسبت به پایگاه اسفزاری (سالانه).

ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر است، ابتدا مختصات آن به جغرافیایی تبدیل شد و سپس با استفاده از تابع‌های بازمقیاس، مقیاس آن، هماهنگ با مقیاس پایگاه داده TRMM 3B43 به تفکیک ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی تغییر داده شد. سپس میانگین وزنی بارش هر یاخته به‌دست آمد. ازآنجاکه دستگاه مختصات داده‌های مورد بررسی جغرافیایی است، مساحت هر یاخته در عرض‌های گوناگون جغرافیایی متفاوت است. ازاین‌رو یاخته‌ها در عرض‌های متفاوت وزن‌های متفاوت دارند و مقدار بارش منتسب به آنها نیز تابعی از مساحتشان است. برای محاسبه میانگین وزنی بارش از رابطه (۱) استفاده شده

$$Pw = \frac{1}{\Sigma a_i} \times \sum_{i=1}^{2491} P_i a_i , \qquad (۱)$$

که P مقدار بارش هر یاخته و a مساحت هر یاخته است. سپس برای کامل شدن این قیاس، اُریبی این دو پایگاه داده محاسبه شد، روش اُریبی، روشی پرکاربرد برای مقایسه داده‌های اقلیم‌شناسی است. برای محاسبه این روش از رابطه (۲) استفاده شده است (ورمین و همکاران، ۲۰۱۲):

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (S_i - G_i), \qquad (۲)$$

که n تعداد مشاهدات، S_i برآورد پایگاه بارشی TRMM و G_i برآورد بارش پایگاه اسفزاری روی هر یک از یاخته‌ها است. تعداد n نشانگر ۲۴۹۱ یاخته بارشی در کشور است. برون‌داد این رابطه نشانگر اختلاف بارش دو پایگاه بارشی مورد بررسی است.

جدول ۱. برخی از ویژگی‌های ماهواره TRMM.

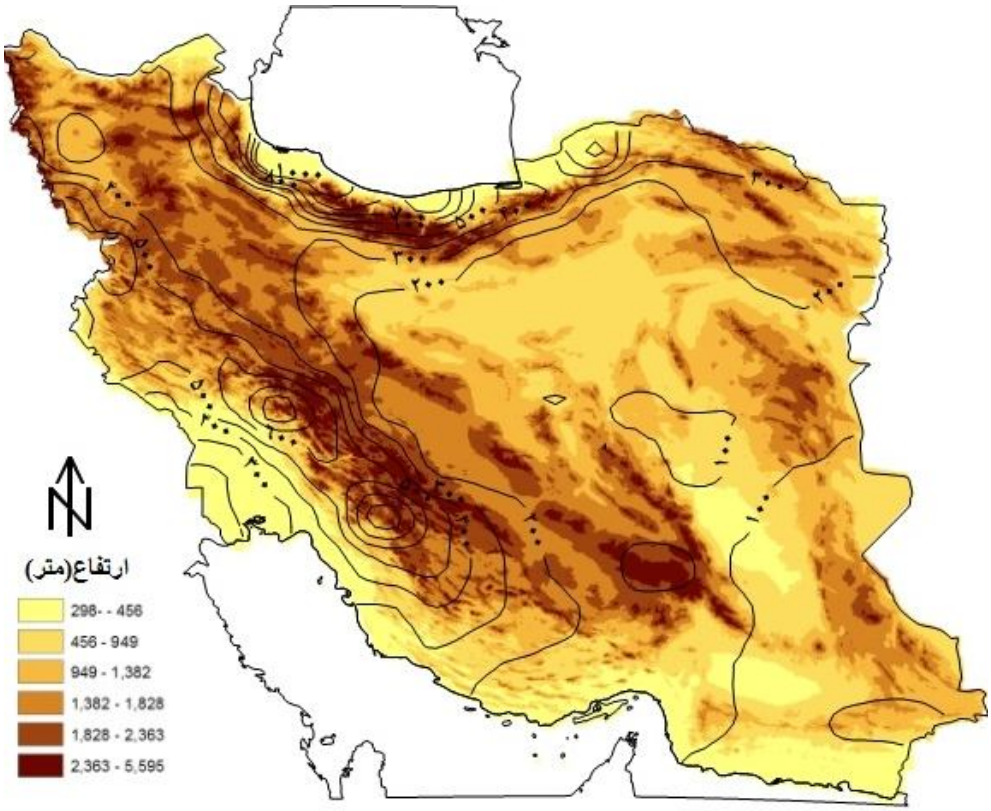
پرتابگر	راکت
تاریخ پرتاب	۲۸ نوامبر ۱۹۹۷
ارتفاع پروازی	۳۵۰ کیلومتری سطح زمین
میل	۳۵ درجه
ریخت‌شناسی	ارتفاع ۵/۱ متر قطر ۳/۷ متر
وزن	۳۶۲۰ کیلوگرم

جدول ۲. حس‌گرها و داده‌هایی که در ماهواره TRMM به کار می‌رود.

یاداشت‌ها	پایان مأموریت	آغاز فعالیت	حس‌گر
	۳ اکتبر ۲۰۱۱	۱۹ ژوئن ۲۰۰۲	AMSR-E
	۳۱ ژوئیه ۲۰۰۹	۱ ژانویه ۱۹۹۸	SSMI DMSP F13
	۲۳ اوت ۲۰۰۸	۱ ژانویه ۱۹۹۸	SSMI DMSP F14
	۱۳ اوت ۲۰۰۶	۲۳ فوریه ۲۰۰۰	SSMI DMSP F15
	فعّال	۲۰ نوامبر ۲۰۰۵	SSMIS DMSP F16
	فعّال	۱۹ مارس ۲۰۰۸	SSMIS DMSP F17
	فعّال	۸ مارس ۲۰۱۰	SSMIS DMSP F18
	۱۴ سپتامبر ۲۰۱۰	۱ ژانویه ۲۰۰۰	AMSU-B NOAA-15
	۳۰ آوریل ۲۰۱۰	۴ اکتبر ۲۰۰۰	AMSU-B NOAA-16
	۱۷ دسامبر ۲۰۰۹	۲۸ ژوئن ۲۰۰۲	AMSU-B NOAA-17
	فعّال	۲۵ مه ۲۰۰۵	MHS NOAA-18
	فعّال	۲۵ فوریه ۲۰۰۹	MHS NOAA-19
	فعّال	۵ دسامبر ۲۰۰۶	MHS MetOp-A
	فعّال	۱ ژانویه ۱۹۹۸	TMI
	فعّال	۱ ژانویه ۱۹۹۸	TCI
	فعّال	۱ ژانویه ۱۹۹۸	IR
تفکیک ۱×۱ داده‌های بازکاوی شده و پایشی	فعّال	ژانویه ۱۹۹۸	Gauge

۲-۴ بحث و نتایج

در این تحقیق مقایسه پایگاه بارشی TRMM 3B43 بر مبنای پایگاه ملی بارش اسفزاری صورت پذیرفت. آنچه بیش از ماهیت مقایسه اهمیت دارد، به کارگیری داده‌های این پایگاه داده با اطمینانی بیشتر است. نقص زمانی داده‌های اقلیمی، مانعی بزرگ برای بسیاری از تحقیقات، به‌خصوص سری‌های زمانی و بررسی‌های تغییرات اقلیمی است. در کشور ایران بارش دارای توزیع زمانی و مکانی



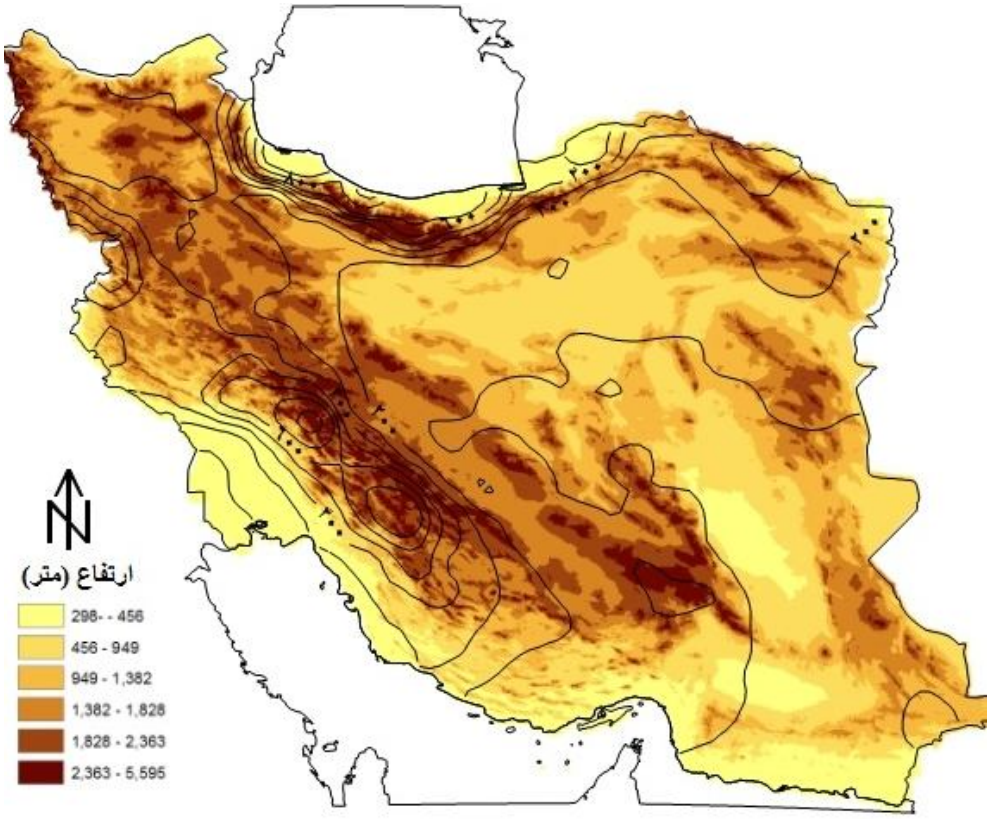
شکل ۹. متوسط سالانه بارش ایران بر پایه پایگاه داده TRMM (میلی‌متر).

گسترده‌ای است و بنابراین واکاوی این عنصر اقلیمی اهمیت زیادی دارد. همان‌گونه که اشاره شد، پایگاه‌های بارشی گوناگونی در سراسر سیاره، داده‌های شبکه‌ای بارش را تولید و در دسترس کاربران قرار می‌دهند. مهم‌ترین ویژگی این پایگاه‌های بارشی بهنگام بودن آنها است.

نتایج نشان داد که، میانگین‌های بلندمدت بارش ماهانه، تغییرات همانندی در هر دو پایگاه داده؛ به‌جز ماه‌های سرد سال که بیش‌برآوردی اندکی در بارش TRMM دیده می‌شود، نشان می‌دهد (شکل۲). معادله وایازشی (رگرسیونی) میان این دو پایگاه داده بارشی نشانگر ضریب همبستگی زیاد (۰/۹۷) بین این دو پایگاه داده است که بیانگر نزدیکی زیاد این دو پایگاه بارشی است (شکل‌های ۲ و ۳).

محاسبه اُریبی بارش برای دو پایگاه بارشی مورد بررسی نشانگر نتایج قابل‌توجهی است. در فصل بهارگستره زیادی از ایران اختلافی در حدود ۲- تا ۸ میلی‌متر بین دو پایگاه مورد بررسی نشان می‌دهد. بیشترین اختلاف برآوردهای بارشی در راستای کوه‌های زاگرس در غرب ایران و رشته‌کوه‌های البرز در شمال دیده می‌شود. در بخش‌هایی از رشته‌کوه‌های زاگرس، اختلاف بارش این دو پایگاه بین ۱۳- تا ۲- میلی‌متر است به این معنی که پایگاه ماهواره‌ای بارش را ۲ تا ۱۳ میلی‌متر کمتر از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند. اما در بخش‌هایی از شمال غرب و کرانه‌های خزر این پایگاه بارش را بیش از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند (شکل ۴).

در فصل تابستان در کرانه‌های دریای خزر این پایگاه، بارش را بین ۱۱ تا ۲۷ میلی‌متر کمتر از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند، اما در رشته‌کوه‌های البرز این پایگاه دارای بیش‌برآوردی بارش است، به گونه‌ای که بارش را

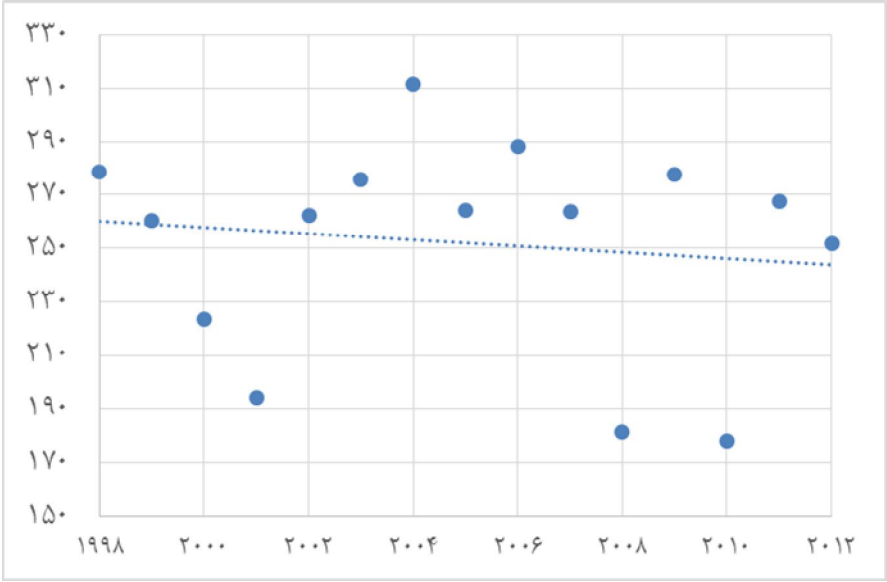


شکل ۱۰. متوسط سالانه بارش ایران بر پایه پایگاه داده اسفزاری (میلی‌متر).

بین ۴ تا ۱۹ میلی‌متر بیشتر برآورد می‌کند. در دیگر مناطق ایران، برآورد بارشی این پایگاه بین ۱۱- تا ۴+ میلی‌متر تفاوت می‌کند (شکل ۵). در فصل پاییز نیز در بخش‌هایی از زاگرس جنوبی و کرانه‌های دریای خزر، اختلاف بارشی به میزان ۳۵- تا ۱۰- میلی‌متردیده می‌شود؛ به این معنی که بارش در این بازه کمتر از پایگاه اسفزاری برآورد می‌شود. در بخش‌هایی از زاگرس میانه و رشته‌کوه‌های البرز اختلاف میانگین بارش آن ۱۴ تا ۳۹ میلی‌متر است. در دیگر قلمروهای جغرافیایی کشور اختلاف بارش این پایگاه ۱۰- تا ۱۴ میلی‌متر برآورد شده است (شکل ۶).

در زمستان اختلاف بارشی این پایگاه در قلمرو بسیار وسیعی از کشور بین ۳- تا ۱۸ میلی‌متر است. در بخش‌هایی از جنوب و شرق زاگرس و بخش‌های از شرق البرز این پایگاه دارای اختلاف برآورد بارش به میزان ۱۸ تا ۳۹ میلی‌متر است. در مناطقی از جنوب شرق و جنوب ایران، کرانه‌های دریای خزر و خلیج فارس و بخش‌هایی از زاگرس، اختلاف دو پایگاه ۳- تا ۲۴- میلی‌متر است (شکل ۷).

پایگاه TRMM 3B43 در نوار ساحلی دریای خزر، بارش را کمتر از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند. یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش ورنمین و همکاران (۲۰۱۲) در کشور اندونزی دارای هماهنگی است. بررسی‌های آنان نشان داد که برآورد ماهواره‌ای پایگاه TRMM 3B42 در نواحی ساحلی و مناطق پُرارتفاع‌تر با دیگر حس‌گرها دارای اختلاف است. با بررسی نقشه‌های اختلاف بارش، این‌گونه برداشت می‌شود که در فصل زمستان و بهار پایگاه ماهواره‌ای TRMM مقدار بارش را در ارتفاعات



شکل ۱۱. سری زمانی بارش سالانه ایران بر پایه داده‌های TRMM با یاخته‌های ۰/۲۵ درجه (برحسب میلی‌متر).

کمتر برآورد می‌کند. افزون بر این در همه فصل‌های سال این پایگاه ماهواره‌ای بارش را در نوار رشته‌کوه‌های البرز بیش از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند.

به نظر می‌رسد که این پایگاه حساسیت بیشتری نسبت به بارش‌های کوهساری نشان می‌دهد؛ چراکه کم‌برآوردی و بیش‌برآوردی بارش‌ها عمدتاً در راستای ناهمواری‌های دیده شده است. در پژوهش‌های پیشین نیز این گونه تفاوت‌ها در اقلیم‌های گوناگون گزارش شده است. ایبرت و همکاران (۲۰۰۷) فرآورده‌های گوناگون بارشی و مدل‌های عددی را برای ایالات متحد امریکا، شمال‌غرب اروپا و استرالیا با داده‌های پیمون‌گاهی مقایسه کردند که این مناطق دارای رژیم‌های بارشی متفاوت بودند.

نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی فرآورده‌های ماهواره‌ای و مدل‌های عددی، بسته به رژیم‌های بارشی متفاوت است. برای نمونه در فصل تابستان و در عرض‌های پایین جغرافیایی فرآورده‌های ماهواره‌ای برآورد درست‌تری از بارش به‌دست‌می‌دهند چرا که ریزش‌های آسمانی دارای طبیعتی همرفتی‌اند. بااین‌حال مدل‌های عددی در فصل زمستان و عرض‌های بالای جغرافیایی، کارایی بیشتری دارند (ایبرت و همکاران،۲۰۰۷، ۵۴)، شایان ذکر است که یافته‌های ایبرت و همکاران با نتایج آدلر و همکاران (۲۰۰۱) هماهنگی دارد. این پژوهشگران دریافتند مدل‌های عددی در عرض‌های میانه، به علت چیرگی سامانه‌های همدیدی در فصل سرد سال دارای توانمندی زیادی است؛ اما فرآورده‌های ماهواره‌ای در فصل‌های گرم و عرض‌های پایین به سبب منشا همرفتی بارش، دارای عملکرد بهتری هستند (آدلر و همکاران، ۲۰۰۱). اسکیل و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داده‌اند که در پهنه‌های کوهستانی، پستی و بلندی‌ها اثرات نیرومندی بر سیگنال‌های ریزموج دارند چرا که بسته به بلندی ناهمواری‌ها و عرض جغرافیایی به خاطر تفاوت سطح پوششی برف، تاثیری به سزا روی دمای درخشانی دارند.

درازی راهی که بارش در رسیدن به سطح زمین می‌پیماید نقش مهمی در مقدار تبخیر آن دارد و به کار نبستن روش‌های تصحیح ارتفاع می‌تواند سبب بیش‌برآوردی بارش شود. ابرهای ناباران‌زایی همچون ابرهای پرسا (سیروس) در پدیده‌های همرفتی، در برآوردهای بارشی داده‌های فروسرخ در نظرگرفته

می‌شوند. توده‌های بسیار سرد و پوشش برف در فرآیند برآورد بارش به کمک داده‌های فروسرخ اثرات ناخوشایندی دارد (اسکیل و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین نوع اقلیم، رویه‌های متفاوت سطح زمین، فاصله بین تاج ابر تا سطح زمین و رژیم بارش، همگی در برآورد بارش به کمک ماهواره نقش مهمی دارند. با همه این تفاسیر، پایگاه ماهواره‌ای TRMM 3B43 با اختلاف نه چندان زیادی بارش را در کشور ایران برآورد می‌کند. شکل‌های ۹ و ۱۰ این مقایسه را به روشنی نشان می‌دهد. با توجه به بهنگام و روزآمد بودن داده‌های این پایگاه ماهواره‌ای، برای به‌دست آوردن شناخت بهنگام از وضعیت کلی بارش در کشور، می‌توان داده‌های این پایگاه را به کار گرفت. در پایان، سری زمانی بارش ایران بر پایه داده‌های TRMM 3B43 به‌دست آمد که در شکل ۱۱ نشان داده شده است. روند کاهشی بارش که با داده‌های موجود (اسفزاری) مورد تأیید نبود در این نمودار به روشنی آشکار است؛ هر چند که فرضیه‌ای قوی در مورد کاهش مقدار بارش در این سال‌ها نظر پژوهشگران را به خود جلب کرده که با بسیاری از داده‌های ایستگاهی نیز اثبات شده است. بااین‌حال این نمودار با بیانی روشن‌تر با تکیه بر داده‌هایی که صحت آن برای ما ثابت شده است، این تغییرات را نشان می‌دهد.

۳ نتیجه‌گیری

به‌طورکلی بررسی‌ها نشان داد که عمدتاً در نوار ساحلی دریای خزر، پایگاه ماهواره‌ای TRMM 3B43 دارای کم‌برآوردی بارش است. در بخش‌هایی از زاگرس مرکزی نیز این کم‌برآوردی بارش دیده شد که نشان‌دهنده این نکته است که برآوردهای ماهواره‌ای این پایگاه در خصوص بارش‌های کوهستانی دارای کاستی نسبی است. در بخش‌هایی از مناطق شمال غرب کشور در فصل بهار که دارای منشأ بارش‌ها از نوع همرفتی است، این پایگاه ماهواره‌ای بارش را بیش از پایگاه اسفزاری برآورد می‌کند. در قلمرو گسترده‌ای از کشور اختلاف دو پایگاه داده، چندان چشمگیر نبود و به نظر می‌رسد علت آن نبود یا کاستی ایستگاه‌های ثبت اطلاعات آب‌وهواشناسی در مناطق مرتفع ایران باشد. بیشنه اختلاف این دو پایگاه داده نیز در همین گستره دیده می‌شود. امید است با بهره‌گیری از داده‌های شبکه‌ای بارش که امروزه در جهان به‌دست گروه‌های دانشگاهی و مراکز پژوهشی تولید می‌شود، بتوان پراکنش‌های زمانی و مکانی بارش را نه فقط در کشورمان بلکه در هر کجای دیگر از این جهان بهتر شناخت.

منابع

دارند، م.، ۱۳۹۰، تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، رساله دکتری، رشته جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

محمدی، ب.، ۱۳۸۸، تحلیل همدید بارش‌های ابر سنگین ایران، رساله دکتری، رشته جغرافیا، دانشگاه اصفهان

منتظری، م.، ۱۳۸۴،تحلیل زمانی-مکانی دمای ایران در نیم سده گذشته، رساله دکتری، رشته جغرافیا، دانشگاه اصفهان.

Adler .R .F, Kidd. G, Morissey. M and Goodman .H. M., 2001, Intercomparison of global precipitation products: The third precipitation intercomparison project,Bull. Amer. Meteor .Soc. 82, no. 7, 1377-1396

Chokngamwong. R And Chiu. L., 2008 , Thailand daily rainfall and comparison with TRMM products, Journal of HydroGeomorphology, VOL 9, no. 2, 256-266

Dinku, S. J. Connor, P. Ceccato and C. F. Ropelewski.,2008, Comparison of global gridded precipitation products over a mountainous region of Africa, International Journal of Climatology *Int. J. Climatol.* 28, no. 12, 1627–1638.

Herrera, J. M. Guti´errez, R. Ancell, M. R. Pons, M. D. Fr´ıasc and J. Fern´andez ,2012, Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02) International Journal of

57.
Saykur, R. AS., Tanaka, T., Prasetia, R., Swardik, I. K., and Kasa, I. W., 2011, Comparison of TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA) products and daily-monthly gauge data over Bali: International Journal of Remote Sensing, 32, no. 24, 8969-8982.
Su, F., Hong, Y., Lettenmaier, D., 2008, Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and Its utility in hydrologic prediction in the La Plata basin: Journal of Hydro Geomorphology, **4**, 622-640.
Vernimmen, R., Hooijer, A., Mamenun, Aldrian, E., and van Dijk, A. I. J. M., 2012, Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia Hydro: Earth Syst. Sci., 16, no. 1, 133–146.
Villarini1, G., and Krajewski, W., 2007; Evaluation of the research version TMPA three-hourly 0.25 × 0.25 rainfall estimates over Oklahoma, Geophysical research letters, **34**(5), L05402.

Climatology *Int. J. Climatol.* 32, no. 1, 74–85.
Nair. S, Srinivasan. G.Nemani. R., 2009, Evaluation of Multi-Satellite TRMM Derived Rainfall Estimates over a Western State of India, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 87, No. 6, 927-939
Nazrul Islam, M., and Uyeda, H., 2008, Short communication vertical variations of rain intensity in different rainy periods in and around Bangladesh derived from TRMM observations: Int. J. Climatol, 28, no. 2, 273–279.
Raziei, T., Mofidi, A Jo˜ao, A., Santos and Bordi, I., 2011, Spatial patterns and regimes of daily precipitation in Iran in relation to large-scale atmospheric circulation: International Journal of Climatology, **32**(8), 1226-1237.
Prakash, S. C., Mahesh, R. M., Gairola, P. K., Pal, 2010, Estimation of Indian summer monsoon rainfall using Kalpana-1 VHRR data and its validation using rain gauge and GPCP data Meteorol Atmos Phys, 110, no. 1-2, 45–