

## مقدمه

بارش مهم‌ترین متغیر هیدرولوژیکی است که اتمسفر را به فرآیندهای سطح زمین ارتباط داده و نقش اساسی در آب و هوای مناطق مختلف ایفا می‌کند [۲۵]. در مدل‌های هیدرولوژیکی، بارش بعنوان یکی از مهم‌ترین ورودی‌های جوی مدل بوده و اندازه‌گیری دقیق بارش برای پیش‌بینی‌های هیدرولوژیکی بسیار ضروری است [۲۶]. امروزه بیشتر داده‌های بارش از ایستگاه‌های زمینی باران‌سنجی و هواشناسی جمع‌آوری می‌شود. این در حالی است که شبکه ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در بیشتر مناطق به ویژه در کشورهای در حال توسعه از توزیع مکانی خوبی برخوردار نمی‌باشند. بنابراین کیفیت و فراهم بودن داده‌های مناسب بارش در مناطق مختلف جهت استفاده در زمینه‌های علمی و عملی اهمیت زیادی دارد [۱۸]. در دهه‌های اخیر روش‌های مختلفی به منظور تخمین بارش از روی تصاویر ماهواره‌ای در مناطق فاقد آمار و ایستگاه توسعه یافته است. در این راستا، با توسعه و پیشرفت ماهواره‌های هواشناسی در دهه ۱۹۷۰، تخمین و ارزیابی بارش از طریق تصاویر ماهواره‌ای امکان پذیر شده‌است [۱۵]. در این زمینه مدل‌هایی با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا ارائه شده است که می‌توان به مدل‌های (Precipitation Networks Neural Artificial Using Information) Climate)، PERSIANN (Sensed Remotely from Estimation)، CMORPH (technique morphing (CPC) Center Prediction)، TMPA (Tropical Multi-satellite Precipitation Analysis) NOAA (Administration Atmospheric Oceanic National) اشاره کرد [۸؛ ۷؛ ۱۱؛ ۶؛ ۲۵]. همچنین با پرتاب ماهواره (Tropical Mission Measuring Rainfall) TRMM در اواخر نوامبر سال ۱۹۹۷ پیشرفت قابل توجهی در ارزیابی و تخمین بارش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است [۲۴؛ ۱۴] و پژوهش‌های متعددی در این راستا انجام شده است.

مسعودیان و همکاران [۱۷] در مطالعه‌ای به معرفی و مقایسه پایگاه‌های داده‌های بارش TRMM و اسفزاری پرداختند. نتایج حاکی از همبستگی بالا بین بارش ماهانه اسفزاری و 3B43 TRMM بود که نشان دهنده نزدیکی زیاد دقت این دو پایگاه داده بهم بوده است. اختلاف این دو پایگاه داده نیز نشان داد که پایگاه داده‌ای TRMM در زاگرس مرکزی دارای کم برآوردی و در بخش‌های از رشته کوه‌های البرز و زاگرس دارای بیش برآوردی است. بطور کلی در بارش‌هایی از نوع کوهستانی خطای ماهواره TRMM افزایش می‌یابد. رسولی

ارزیابی دقت توزیع مکانی بارش ماهواره  
TRMM 3B43 در اقالیم مختلف کشور ایرانجواد اکبری<sup>۱</sup> و مجید کاظم‌زاده<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰

## چکیده

عدم وجود یک سیستم دیده‌بانی بارش قابل اعتماد و گسترده یکی از چالش‌های مهم در تجزیه و تحلیل، پیش‌بینی هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب در ایران است. لذا هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی و پهنه‌بندی میزان دقت بارش ماهانه ماهواره TRMM 3B43 در پهنه ایران با ایستگاه‌های زمینی است. بدین منظور داده‌های ماهانه بارش TRMM بصورت شبکه‌ای و با تفکیک مکانی  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  درجه طول و عرض جغرافیایی طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ استخراج گردید و با ۴۱ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی دقت بارش برآوردی و پهنه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا، به ترتیب از معیارهای  $NSE$ ،  $RMSE$ ،  $BIAS$ ،  $ME$  و روش  $IDW$  در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 استفاده شد. در حالت کلی نتایج نشان داد که در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک کشور ماهواره TRMM دارای بیش‌برآوردی بارش و در مناطق پر بارش کشور کم برآوردی داشته است و با توجه معیار  $ME$ ، در ۸۲/۹۳ درصد ایستگاه‌ها این کم و بیش برآوردی کمتر از ۱۰ میلی‌متر در ماه بوده است. همچنین نتایج رتبه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا نشان داد که ایستگاه اردبیل با مجموع رتبه پنج و ایستگاه اصفهان با مجموع رتبه ۱۴۶ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین خطا را در برآورد بارش ماهانه داشتند. به طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که داده‌های بارش ماهانه TRMM در اکثر نقاط کشور از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است.

## کلید واژه‌ها: بارش، توزیع فضایی، 3B43، ایران، IDW

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران،

پست الکترونیک: javad\_akbari@ut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری، آب، دانشگاه تهران

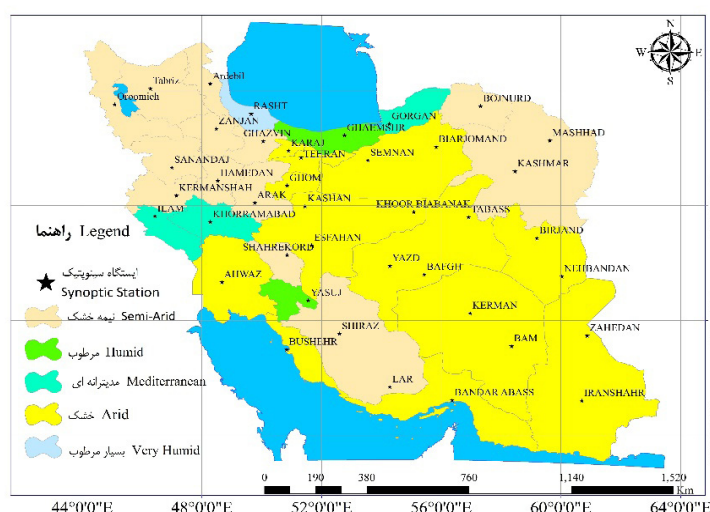
و همکاران [۲۱] مطالعه‌ای با هدف ارزیابی تطبیقی مقادیر بارندگی ماهواره TRMM با بارش مشاهده شده ایستگاه‌های زمینی در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که واسنجی بارش برآوردی ماهواره TRMM همبستگی ۰/۶۹ با داده‌های ایستگاه‌های زمینی داشته که نشان‌دهنده انطباق نسبی داده‌های بارش TRMM با مقادیر زمینی می‌باشد.

جوانمرد و همکاران [۹] مطالعه‌ای با عنوان مقایسه بارش ایستگاه‌های زمینی با داده‌های بارش شبکه‌ای برآوردی ماهواره TRMM در سراسر ایران انجام دادند. نتایج تحلیل داده‌های بارش ایستگاه‌های زمینی دو الگوی بارش یکی در کرانه دریای خزر و دیگری در امتداد کوه‌های زاگرس را نشان داد، این دو الگو توسط ماهواره TRMM نیز بخوبی تشخیص داده شده است و هم‌چنین مقایسه توزیع فضایی مقادیر داده‌های بارش شبکه‌ای برآوردی TRMM در مقیاس سالانه و فصلی مطابقت خوبی را با مقادیر بارش ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی داشته است. جانزی و همکاران [۱۱] به ارزیابی بارش ماهواره TRMM 3b42 با استفاده از داده‌های بارش ۵۲ ایستگاه باران‌سنجی در حوزه آبخیز میچوان (Meichuan) چین طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج نشان داد که در مقیاس ماهانه و سالانه مقادیر بارش برآوردی ماهواره TRMM مطابقت خوبی با مقادیر بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی دارد. فانگ و همکاران [۴] مطالعه‌ای با عنوان ریز مقیاس‌نمایی داده‌های بارش ماهواره TRMM و تاثیر توپوگرافی بر ویژگی‌های هواشناسی در مناطق کوهستانی واقع در حوزه آبخیز رودخانه خیائو (Xiao) چین انجام دادند. جهت این کار از داده‌های بارش ماهواره TRMM و بر اساس روابط بارش، توپوگرافی ریزمقیاس‌نمایی را انجام دادند، نتایج نشان داد، که رگرسیون و همبستگی بین تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های زمینی بیشتر از رگرسیون حاصل از درونیابی بارش ایستگاه‌های زمینی در مناطق فاقد آمار بوده است.

عبدالریا و همکاران [۱] در مطالعه خود با عنوان مقایسه داده‌های بارش ایستگاه‌های زمینی با بارش برآوردی ماهواره TRMM در پهنه کشور عراق به ارزیابی بارش ماهانه برآوردی ماهواره TRMM در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج حاکی از این بود که همبستگی بالایی بین بارش برآوردی TRMM و بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی وجود داشته و استفاده از داده‌های بارش برآوردی ماهواره TRMM برای مناطق فاقد آمار بسیار مفید خواهد بود. گوفنگ و همکاران [۵] در مطالعه‌ای در جنوب غربی منطقه موسمی چین به بررسی صحت داده‌های بارش TRMM پرداختند. نتایج نشان داد که داده‌های بارش ماهواره TRMM برای پروژه‌های هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب در مناطقی که ایستگاه‌های هواشناسی دارای توزیع ناهمگن و یا مناطقی که فاقد ایستگاه هستند، می‌تواند به طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مطالعات صورت گرفته در کشورهای دیگر و یافته‌های تحقیقات داخلی، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی توزیع مکانی خطای داده‌های بارش ماهواره TRMM در اقلیم مختلف کشور می‌باشد.

#### منطقه مورد مطالعه

ایران با وسعتی بیش از ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع در نیمکره شمالی زمین و در قاره آسیا واقع شده است. بیشتر سطح کشور در مناطق خشک و نیمه خشک با متوسط بارندگی کم و تبخیر و تعرق زیاد قرار گرفته است و هم‌چنین به لحاظ ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیای تنوع زیادی دارد. ایران در محدوده ۲۵°۳۱' تا ۳۹°۴۷' عرض جغرافیایی شمالی و ۴۴°۵۱' تا ۶۳°۱۸' طول جغرافیای شرقی قرار دارد. شکل و جدول شماره ۱ مشخصات جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های انتخاب شده در سطح کشور و اقلیم مختلف جمهوری اسلامی ایران را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که اقلیم‌بندی ایستگاه‌ها براساس شاخص دومارتن انجام شده است [۱۳].



شکل ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه و اقلیم‌بندی ایران براساس شاخص دومارتن

Fig. 1 Studied stations and climate classification based on De Martonne method for Iran

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{N} (P_i - O_i)^2} \quad (1)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (2)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (3)$$

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{N} \quad (4)$$

$$Bias = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (5)$$

در این روابط، و به ترتیب مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای و  $t$  مربوط به رتبه داده‌ها می‌باشند.

#### پهنه‌بندی نتایج معیارهای ارزیابی خطا

پهنه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا با هدف نشان دادن میزان خطا در مناطق فاقد آمار انجام شده است، بطوری که ارزیابی خطاهای اندازه‌گیری محدود به ایستگاه و یک پیکسل نباشد. جهت پهنه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و از روش درونیابی (Inverse distance weighting) IDW استفاده شد. این روش درونیابی برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی براساس فاصله بین آنها تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد، سپس این وزن‌ها توسط توان وزندهی کنترل می‌شود، به طوری که توان‌های بزرگ‌تر، اثر نقاط دورتر از نقطه برآورد را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچک‌تر، وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همجوار توزیع می‌کنند [۲۲]. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$\lambda_i = \frac{D_i - a}{\sum_{i=1}^n D_i - a} \quad (6)$$

که در آن  $\lambda_i$  وزن ایستگاه  $i$  ام،  $D_i$  فاصله ایستگاه  $i$  ام تا نقطه مجهول،  $a$  توان وزندهی می‌باشد.

#### جدول ۲- نتایج معیارهای ارزیابی خطای بارش مشاهداتی و برآوردی در اقالیم مختلف

Table 2. The error of results of criteria evaluation in different climates of rainfall observed and estimated

| نام ایستگاه‌ها        | اقلیم       | میانگین خطا | خطای بایاس | ریشه دوم میانگین مربع خطا | ضریب ناش - ساتکلیف |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|---------------------------|--------------------|
| name Stations         | climate     | ME          | Bias       | RMSE                      | NSE                |
| Rasht                 | بسیار مرطوب | 14.92-      | 0.86       | 42.45                     | 0.77               |
| Yasuj                 | مرطوب       | 7.74-       | 0.89       | 22.85                     | 0.95               |
| shahr ghaem Gharakhil | مرطوب       | 4.78-       | 0.92       | 23.61                     | 0.71               |
| Khoramabad            | مدیترانه‌ای | 10.31       | 1.29       | 23.73                     | 0.67               |

ماهواره TRMM در سال ۱۹۹۶ با همکاری ایالات متحده و ژاپن به فضا پرتاب شد. این ماهواره با استفاده از پنج ابزار سنجش موجود بر روی خود و به کمک الگوریتم‌های متفاوت، محصولات مختلفی را در رابطه با بارش ارائه می‌دهند. این محصولات شامل بارش سه ساعته، روزانه، ماهانه و تفکیک‌های مختلف مکانی از  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  تا  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  درجه می‌باشد [۲۳]. داده‌های بارش شبکه‌ای TRMM 3B43 از ۱۹۹۸ تا به امروز با تاخیری دو ماهه و تفکیک مکانی  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  درجه طول و عرض جغرافیایی در دسترس است. پوشش مکانی این داده‌ها از  $50^\circ$  درجه جنوبی تا  $50^\circ$  در شمالی و از  $180^\circ$  درجه غربی تا  $180^\circ$  درجه شرقی است. به علت اینکه داده‌های ماهواره‌ای از سال ۱۹۹۸ در دسترس بوده و عرضه شده‌اند بنابراین در پژوهش حاضر از داده‌های بارش ماهانه ماهواره TRMM نسخه هفت با قدرت تفکیک مکانی  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  طی دوره آماری از سال ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۱۴ استفاده شده است. هم‌چنین به‌منظور ارزیابی دقت نتایج ماهواره مذکور از داده‌های بارش ماهانه ۴۱ ایستگاه سینوپتیک در سطح کل کشور طی دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است.

#### روش برآورد بارش ماهانه ماهواره TRMM

پس از دانلود تصاویر بارش ماهانه ماهواره، لایه‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 از فرمت NTCDF به لایه رستری با فرمت TIF تبدیل شد و سپس مقادیر بارش مربوطه به هریک از ایستگاه‌ها از روی تصاویر طی ماه‌های مختلف سال استخراج گردید.

#### معیارهای ارزیابی خطا

جهت ارزیابی دقت برآورد بارش ماهانه از داده‌های ماهواره TRMM از پنج معیار ارزیابی خطا شامل ریشه دوم میانگین مربع خطا (Root Mean Squared Error)، ضریب ناش - ساتکلیف (Nash - Sutcliffe)، ضریب همبستگی (Correlation Coefficient)، میانگین خطا (Mean Error) و خطای بایاس (Bias Error) استفاده شده است که روابط آنها به شرح ذیل می‌باشد [۱۲].

|          |            |             |               |        |      |       |       |
|----------|------------|-------------|---------------|--------|------|-------|-------|
| گرگان    | Gorgan     | مدیترانه‌ای | Mediterranean | 14.00- | 0.68 | 23.50 | 0.50  |
| ایلام    | Ilam       | مدیترانه‌ای | Mediterranean | 3.14   | 1.07 | 23.15 | 0.81  |
| اراک     | Arak       | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 3.41   | 1.14 | 12.50 | 0.80  |
| اردبیل   | Ardabil    | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 29.74  | 2.33 | 38.66 | 2.70- |
| بجنورد   | Bojnord    | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 7.37   | 1.34 | 14.94 | 0.49  |
| تبریز    | Tabriz     | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 6.06   | 1.30 | 10.48 | 0.74  |
| همدان    | Hamadan    | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 1.65   | 1.07 | 9.78  | 0.85  |
| سنندج    | Sanandaj   | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 2.87   | 1.10 | 14.29 | 0.79  |
| شهرکرد   | Shahrkord  | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 13.14  | 1.50 | 22.58 | 0.56  |
| شیراز    | Shiraz     | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 14.56  | 1.58 | 25.96 | 0.64  |
| زنجان    | Zanjan     | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 3.05   | 1.13 | 10.00 | 0.81  |
| مشهد     | Mashhad    | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 1.96   | 1.10 | 6.57  | 0.92  |
| قزوین    | Qazvin     | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 18.74  | 1.73 | 27.86 | 0.20- |
| کرمانشاه | Kermanshah | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 9.35   | 1.30 | 21.53 | 0.60  |
| ارومیه   | urmia      | نیمه خشک    | Arid-Semi     | 2.46   | 1.10 | 10.57 | 0.84  |

## نتایج

### نتایج معیارهای ارزیابی دقت بارش برآوردی

معیارهای ارزیابی خطا برای ایستگاه‌های مختلف در جدول شماره ۲ و ۳ ارائه شده است. شاخص آماری ME، شاخصی برای تعیین میزان میانگین خطای یک مجموعه از داده‌ها است. هر چقدر مقادیر شاخص میانگین خطا ME به صفر نزدیک‌تر باشد برآورد ماهواره دقیق‌تر بوده است.

بطور کلی در ۶۰/۹۷ درصد ایستگاه‌ها مقدار بیش یا کم برآوردی کمتر از ۵ میلی‌متر در ماه بوده است و در ۸۲/۹۳ درصد موارد ماهواره کمتر از ۱۰ میلی‌متر در ماه بیش یا کم برآوردی داشته است. هم‌چنین تجزیه و تحلیل بارش ایستگاه‌های موجود در اقلیم خشک نشان داد که بارش برآوردی ماهواره در تمام ایستگاه‌های اقلیم خشک دچار بیش برآوردی بوده که مقدار این بیش برآوردی در ۸۱/۸۲ درصد ایستگاه‌ها کمتر از پنج میلی‌متر در ماه بوده است. در بین ایستگاه‌های

### جدول ۳- نتایج معیارهای ارزیابی خطای بارش مشاهداتی و برآوردی در اقلیم خشک

Table 3. The results of the error's evaluation criteria of rainfall observed and estimated in arid climate

| نام ایستگاه‌های | اقلیم   | میانگین خطا | خطای بایاس | ریشه دوم میانگین مربع خطا | ضریب ناش - ساتکلیف |
|-----------------|---------|-------------|------------|---------------------------|--------------------|
| name Stations   | climate | ME          | Bias       | RMSE                      | NSE                |
| اصفهان          | Arid    | 0.43        | 1.04       | 6.83                      | 0.85               |
| Ahvaz           | Arid    | 1.62        | 1.10       | 9.53                      | 0.88               |
| ایران‌شهر       | Arid    | 2.23        | 1.30       | 8.73                      | 0.76               |
| Bafgh           | Arid    | 3.29        | 1.85       | 7.95                      | 0.11               |
| Bam             | Arid    | 2.09        | 1.53       | 5.67                      | 0.51               |
| بندرعباس        | Arid    | 2.39        | 1.23       | 14.44                     | 0.71               |
| Bushehr         | Arid    | 3.37        | 1.17       | 11.82                     | 0.91               |
| Biarjomand      | Arid    | 3.38        | 1.33       | 10.21                     | 0.36               |
| kn]Fdv          | Arid    | 3.47        | 1.31       | 9.83                      | 0.63               |
| خوربیاباناک     | Arid    | 3.38        | 1.52       | 8.66                      | 0.29               |
| Zahedan         | Arid    | 0.47        | 1.09       | 5.93                      | 0.70               |

|         |           |     |      |      |      |       |       |
|---------|-----------|-----|------|------|------|-------|-------|
| سمنان   | Semnan    | خشک | Arid | 5.23 | 1.45 | 8.80  | 0.62  |
| طبس     | Tabas     | خشک | Arid | 4.81 | 1.75 | 10.75 | 0.15- |
| قم      | Qom       | خشک | Arid | 3.82 | 1.32 | 8.18  | 0.72  |
| کاشان   | Kashan    | خشک | Arid | 4.77 | 1.42 | 9.93  | 0.63  |
| کاشمر   | Kashmar   | خشک | Arid | 1.54 | 1.11 | 7.01  | 0.87  |
| کرج     | Karaj     | خشک | Arid | 7.81 | 1.35 | 13.96 | 0.65  |
| کرمان   | Kerman    | خشک | Arid | 2.75 | 1.29 | 8.73  | 0.72  |
| لار     | Lar       | خشک | Arid | 2.04 | 1.17 | 13.05 | 0.69  |
| یزد     | Yazd      | خشک | Arid | 5.08 | 2.20 | 10.33 | 0.54- |
| تهران   | Tehran    | خشک | Arid | 9.84 | 1.51 | 14.89 | 0.55  |
| نهبندان | Nehbandan | خشک | Arid | 1.34 | 1.16 | 7.00  | 0.83  |

بارش مشاهده شده در ایستگاه است. کمترین مقدار نیز برای ایستگاه گرگان و برابر با ۰/۶۸ بود که حاکی از کمبرآوردی ماهواره در این ایستگاه است. بهترین حالت برای ایستگاه اصفهان می باشد که بارش برآوردی ماهواره ۱/۰۴ برابر بیشتر از بارش مشاهده شده در ایستگاه زمینی است.

مورد مطالعه بیشتر میزان ME برابر ۲۹/۷۴ برای ایستگاه اردبیل و کمترین مقدار برای ایستگاه رشت، برابر با ۱۴/۹۲- بود. آماره خطای بعدی BIAS می باشد که نشان می دهد میزان بارش برآوردی ماهواره چند درصد بیشتر یا کمتر از بارش مشاهده شده توسط ایستگاه است. بیشترین میزان این شاخص با ۲/۳۳ برای ایستگاه اردبیل است، که نشان می دهد بارش برآوردی ماهواره ۲/۳۳ برابر بیشتر از

جدول ۴- رتبه بندی معیارهای خطای ارزیابی شده برای اقلیم های مختلف

Table 4. Ranking the error criteria evaluated for different climates

| مجموع | ضریب ناش<br>– ساتکلیف | ریشه دوم میانگین<br>مربع خطا | خطای<br>بایاس | میانگین<br>خطا | اقلیم         | نام ایستگاه‌ها                              |
|-------|-----------------------|------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------------|
| total | NSE                   | RMSE                         | BIAS          | ME             | climate       | name Stations                               |
| 52    | 28                    | 1                            | 20            | 3              | Very humid    | Rasht<br>رشت                                |
| 87    | 41                    | 9                            | 26            | 11             | humid         | Yasuj<br>ياسوج                              |
| 75    | 23                    | 6                            | 29            | 17             | humid         | Gharakhil<br>قراخيل قائم شهر<br>shahr ghaem |
| 50    | 19                    | 5                            | 19            | 7              | Mediterranean | Khoramabad<br>خرم آباد                      |
| 37    | 9                     | 7                            | 16            | 5              | Mediterranean | Gorgan<br>گرگان                             |
| 96    | 32                    | 8                            | 30            | 26             | Mediterranean | Ilam<br>ایلام                               |
| 93    | 30                    | 18                           | 24            | 21             | Arid-Semi     | Arak<br>اراک                                |
| 5     | 1                     | 2                            | 1             | 1              | Arid-Semi     | Ardabil<br>اردبیل                           |
| 46    | 8                     | 12                           | 14            | 12             | Arid-Semi     | Bojnoord<br>بجنورد                          |
| 79    | 26                    | 22                           | 18            | 13             | Arid-Semi     | Tabriz<br>تبریز                             |
| 129   | 35                    | 28                           | 30            | 36             | Arid-Semi     | Hamadan<br>همدان                            |
| 99    | 29                    | 15                           | 27            | 28             | Arid-Semi     | Sanandaj<br>سنندج                           |
| 38    | 12                    | 10                           | 10            | 6              | Arid-Semi     | Shahrkord<br>شهرکرد                         |
| 31    | 17                    | 4                            | 6             | 4              | Arid-Semi     | Shiraz<br>شیراز                             |

|          |            |          |           |    |    |    |    |     |
|----------|------------|----------|-----------|----|----|----|----|-----|
| زنجان    | Zanjan     | نیمه خشک | Arid-Semi | 27 | 25 | 25 | 31 | 108 |
| مشهد     | Mashhad    | نیمه خشک | Arid-Semi | 35 | 27 | 39 | 40 | 141 |
| قزوین    | Qazvin     | نیمه خشک | Arid-Semi | 2  | 5  | 3  | 3  | 13  |
| کرمانشاه | Kermanshah | نیمه خشک | Arid-Semi | 9  | 18 | 11 | 13 | 51  |
| ارومیه   | urmia      | نیمه خشک | Arid-Semi | 30 | 27 | 21 | 34 | 112 |

مقیاس سالانه و ماهانه کمترین مقدار RMSE مربوط به داده‌های مقیاس ماهانه می‌باشد، که نشان‌دهنده مشابهت بارش برآوردی ماهواره TRMM و بارش مشاهده‌ای است. مقدار خطای NSE هر چقدر به یک نزدیک‌تر باشد برآورد ماهواره بهتر بوده است. بهترین مقدار ضریب ناش - ساتکلیف برابر با ۰/۹۵ برای ایستگاه یاسوج و ضعیف‌ترین مقدار برابر با ۲/۷۰- برای ایستگاه اردبیل است.

خطای RMSE میانگین مربعات خطا که نشان‌دهنده میزان خطای بارش برآوردی مدل با مقدار واقعی است. واضح است که هر چقدر مقدار این خطا کم باشد مدل برآورد بهتری داشته است [۲]. بیش‌ترین مقدار معیار RMSE برای ایستگاه رشت و کم‌ترین مقدار برای ایستگاه بم و به ترتیب برابر با ۴۲/۴۵ و ۵/۶۷ می‌باشد. عرفانیان و همکاران [۳] بیان کردند که در بین داده‌های ماهواره TRMM با

### جدول ۵- رتبه‌بندی معیارهای خطای ارزیابی شده

Table 5. Ranking the error criteria evaluated for arid climates

| مجموع | ضریب ناش -<br>ساتکلیف | ریشه دوم میانگین<br>مربع خطا | خطای<br>بایاس | میانگین خطا | اقلیم   | نام ایستگاه‌ها         |
|-------|-----------------------|------------------------------|---------------|-------------|---------|------------------------|
| total | NSE                   | RMSE                         | Bias          | ME          | climate | name Stations          |
| 146   | 36                    | 38                           | 31            | 41          | خشک     | Esfahan اصفهان         |
| 131   | 38                    | 29                           | 27            | 37          | خشک     | Ahvaz اهواز            |
| 109   | 27                    | 32                           | 18            | 32          | خشک     | Iranshahr ایرانشهر     |
| 68    | 5                     | 35                           | 3             | 25          | خشک     | Bafgh بافق             |
| 91    | 10                    | 41                           | 7             | 33          | خشک     | Bam بم                 |
| 88    | 22                    | 14                           | 21            | 31          | خشک     | Abbas Bandar بندر عباس |
| 104   | 39                    | 19                           | 22            | 24          | خشک     | Bushehr بوشهر          |
| 69    | 7                     | 24                           | 15            | 23          | خشک     | Biarjomand بیارجمند    |
| 80    | 16                    | 27                           | 17            | 20          | خشک     | kn]Fdv بیرجند          |
| 69    | 6                     | 33                           | 8             | 22          | خشک     | Khorbiabanak خوربیبانک |
| 129   | 21                    | 40                           | 28            | 40          | خشک     | Zahedan زاهدان         |
| 69    | 14                    | 30                           | 11            | 14          | خشک     | Semnan سمنان           |
| 44    | 4                     | 20                           | 4             | 16          | خشک     | Tabas طبس              |
| 93    | 24                    | 34                           | 16            | 19          | خشک     | Qom قم                 |
| 71    | 15                    | 26                           | 12            | 18          | خشک     | Kashan کاشان           |
| 137   | 37                    | 36                           | 26            | 38          | خشک     | Kashmar کاشمر          |
| 57    | 18                    | 16                           | 13            | 10          | خشک     | Karaj کرج              |
| 104   | 25                    | 31                           | 19            | 29          | خشک     | Kerman کرمان           |
| 93    | 20                    | 17                           | 22            | 34          | خشک     | Lar لار                |
| 42    | 2                     | 23                           | 2             | 15          | خشک     | Yazd یزد               |
| 41    | 11                    | 13                           | 9             | 8           | خشک     | Tehran تهران           |
| 132   | 33                    | 37                           | 23            | 39          | خشک     | Nehbandan نهبندان      |

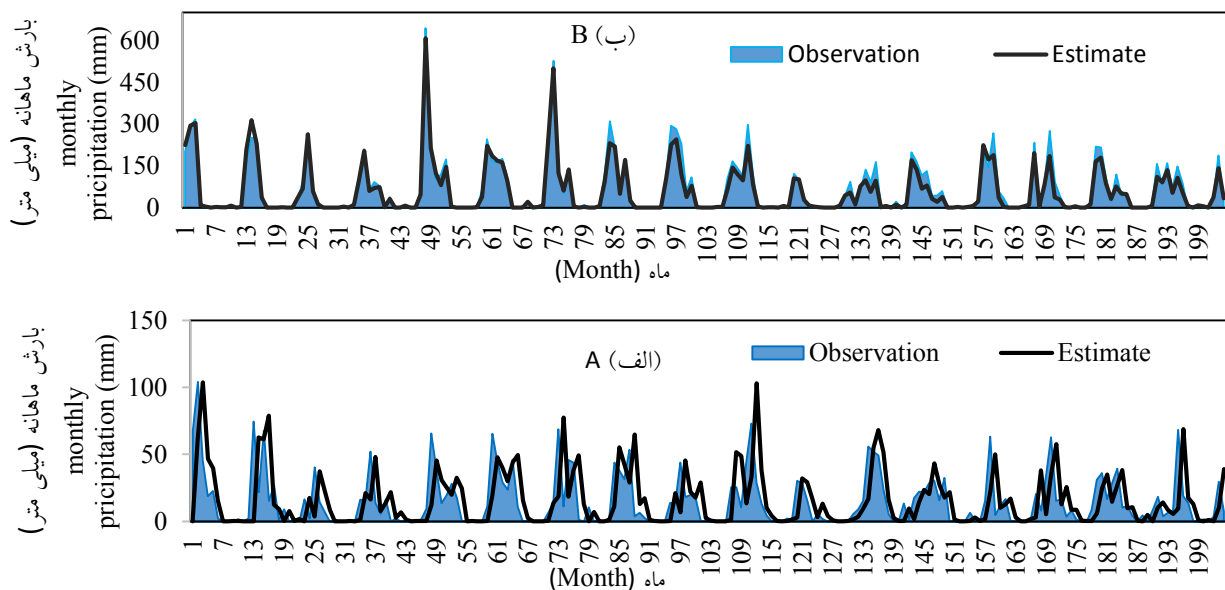
با توجه به تعداد زیاد معیارهای ارزیابی خطا، لذا به منظور تعیین مناطقی که دقت بارش برآوردی بیشتر و یا کمتر داشته از روش رتبه‌بندی، معیارهای ارزیابی خطا ارزش‌گذاری گردیدند که نتایج آنها در جدول ۴ و ۵ ارائه شده است. بدین صورت که برای ضعیف‌ترین مقدار هر معیار خطا عدد یک و به ترتیب هرچه مقدار معیار خطای مورد نظر به بهترین اندازه‌گیری نزدیک می‌شد ارزش بیشتری داده شد، در نهایت به بهترین مقدار هر معیار بیشتر عدد داده شد. برای مثال ایستگاه اردبیل با  $2/89$  - ضعیف‌ترین مقدار برای معیار ناش - ساتکلیف ارزش یک و ایستگاه یاسوج با  $0/95$  بهترین مقدار برای معیار ناش - ساتکلیف ارزش ۴۱ داده شده است. در نهایت ارزش معیارها با هم جمع شد تا بهترین و ضعیف‌ترین برآورد بارش ماهواره در مقایسه با ایستگاه‌های زمینی مشخص شود، که بهترین برآورد با توجه به مجموع ارزش‌ها مربوط به ایستگاه اصفهان بود. مقادیر  $ME$ ،  $BIAS$ ،  $RMSE$  و  $NSE$  برای ایستگاه اصفهان به ترتیب برابر با  $0/43$ ،  $1/04$ ،  $6/83$  و  $0/85$  بود و به ترتیب ارزش‌های ۴۱، ۳۱، ۳۸ و ۳۶ داده شد. ایستگاه اردبیل با مجموع ارزش و رتبه ۵ کم‌ترین ارزش را داشته و به عبارتی ماهواره TRMM ضعیف‌ترین برآورد را برای ایستگاه اردبیل در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ارایه کرده است. دلیل اینکه ماهواره در ایستگاه اردبیل دچار بیش‌برآوردی و در نتیجه خطای زیادی شده است می‌تواند این باشد که در مناطق سرد ایران در ماه‌هایی که دمای هوا پایین است یخ موجود در هوا توسط حسگر MW باران تلقی شده و باعث بیش برآوردی بارش توسط ماهواره می‌شود [۱۹]. بطور کلی نتایج معیار بایاس نشان می‌دهد که ماهواره TRMM 3B43 در  $72/97$  درصد مقدار خطای کمتر از  $1/40$  بوده است و همچنین  $70/73$  درصد از ایستگاه‌ها دارای ضریب ناش - ساتکلیف بالای  $0/60$  بودند که

نشان‌دهنده بارش برآوردی قابل قبول برای ماهواره TRMM 3B43 در مقیاس ماهانه است. در شکل ۲ و ۳ مقادیر بارندگی ماهانه و بارش برآوردی ماهواره TRMM 3B43 برای ایستگاه‌های کاشمر و یاسوج دوره مطالعاتی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ به عنوان مثال نشان داده شده است. مقدار ضریب ناش - ساتکلیف برای ایستگاه یاسوج  $0/95$  و برای ایستگاه کاشمر  $0/87$  می‌باشد. همان‌طور که در شکل‌ها نیز پیداست بارش برآوردی مطابقت بسیار خوبی با بارش ایستگاه زمینی دارد، به طوری که با افزایش یا کاهش میزان بارش ایستگاه مقدار بارش برآوردی ماهواره نیز افزایش یا کاهش یافته است. دزفولی و همکاران [۲] نشان دادند که در مقیاس زمانی ماهانه داده‌های بارش برآوردی ماهواره TRMM و بارش مشاهداتی رفتار نزدیک بهم دارند.

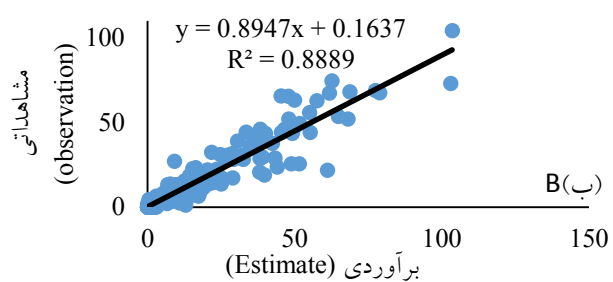
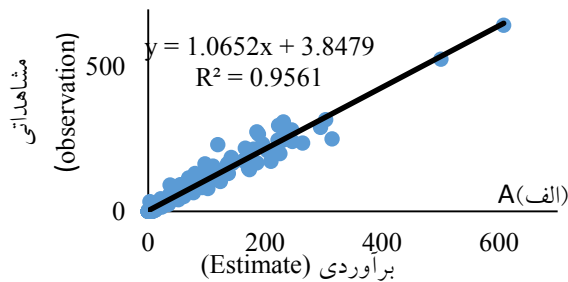
شکل ۴ همبستگی بین بارش برآوردی ماهواره با بارش مشاهده شده در ایستگاه زمینی را برای دو ایستگاه یاسوج و کاشمر به عنوان نمونه نشان می‌دهد. مقدار ضریب همبستگی پیرسون برای این دو ایستگاه به ترتیب برابر با  $0/97$  و  $0/94$  می‌باشد، که نشان‌دهنده همبستگی بسیار بالا در این دو ایستگاه است. شیروانی و همکاران [۲۳]، مددی و همکاران [۱۶] نشان دادند که همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین داده‌های بارش زمینی و ماهواره‌ای در مقیاس‌های ماهانه وجود دارد. عرفانیان و همکاران [۳] بیان کردند که بارش برآوردی ماهواره TRMM در مقیاس ماهانه کارایی قابل قبولی دارد.

#### پهنه‌بندی داده‌های شاخص‌های ارزیابی دقت بارش ماهانه برآوردی

نتایج حاصل از درونیایی معیارهای ارزیابی دقت بارش ماهانه برآوردی حاصل از ماهواره TRMM در شکل (۵) ارائه شده است.



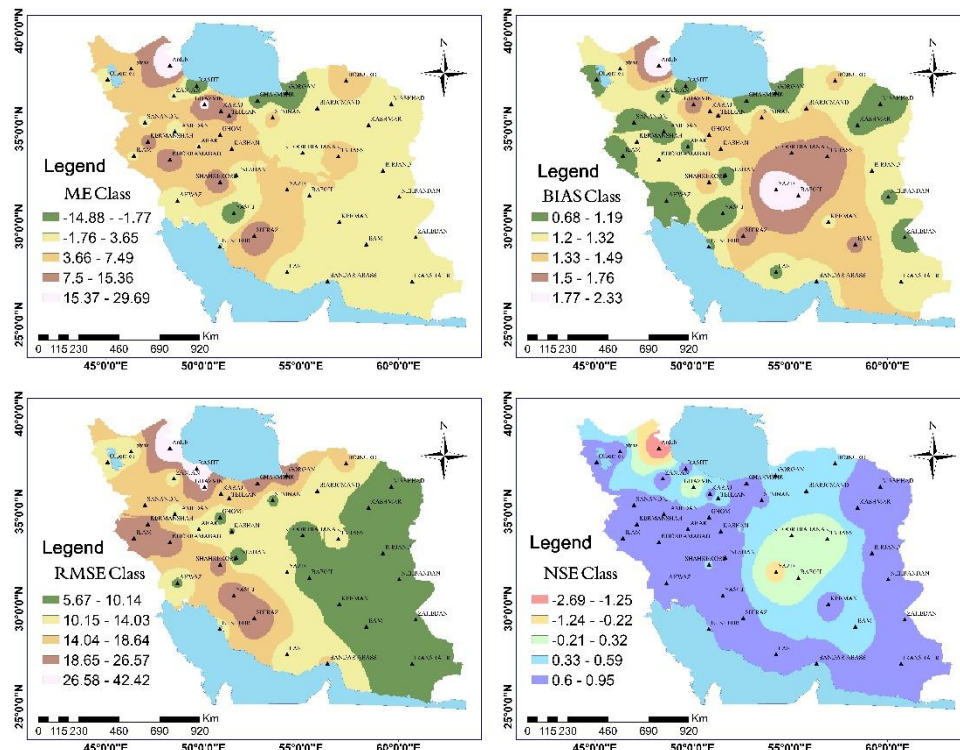
شکل ۳- مقادیر بارش مشاهداتی و برآوردی حاصل از ماهواره TRMM برای (الف) ایستگاه کاشمر و (ب) ایستگاه یاسوج  
Fig. 3 The values of observed and TRMM satellite estimated rainfall for a) (Kashmar station and) b) (yasuj station)



شکل ۴- همبستگی بین مقادیر بارش مشاهداتی و برآوردی حاصل از TRMM برای (الف) ایستگاه یاسوج و (ب) ایستگاه کاشمر  
Fig 4. The correlation between the observed and estimated TRMM for rainfall values (a) Kashmar station and (b) yasuj station.

برآوردی خواهد شد. نتایج دورنیابی معیار ME نشان داد که مناطق مربوطه به شمال شرقی، شرقی، جنوب شرقی و جنوب غربی دارای خطای کمتری نسبت به سایر مناطق هستند. در نقشه حاصل از دورنیابی معیار ناش- ساتکلیف اکثر مناطق کشور بجز بخشی از فلات مرکزی، بخش کوچکی از شمال و شمال غربی دارای ضریب بالای ۰/۶۰ هستند که بیانگر دقت قابل قبول بارش برآوردی در مقایسه ماهانه برای بیشتر نقاط کشور است. نتایج پهنه‌بندی معیار RMSE هم با نتایج معیار ME مطابقت دارد بطوری که مقادیر هر دو معیار در مناطق شرقی، جنوب شرقی و دشت‌های مرکزی دارای کم‌ترین میزان بودند (۱۰/۱۴ - ۵/۶۷ و ۱/۷۶ - ۷/۴۹).

پهنه‌بندی معیار خطای BIAS نشان می‌دهد که مقدار معیار بایاس در اکثر مناطق کوهستانی کشور به جز بخشی از رشته کوه‌های البرز (کلاس ۰/۶۸ - ۱/۱۹ و ۱/۳۲ - ۱/۲۰) بارش برآوردی تقریباً ۳۰ درصد با بارش مشاهده‌ای اختلاف داشته است. در مناطق نیمه‌خشک قطرات باران قبل از رسیدن به سطح زمین تبخیر می‌شوند [۲۵]. بنابراین دلیل بیش برآوردی ماهواره در مناطق خشک و نیمه خشک این است که باران قبل از اینکه در دستگاه باران‌سنج وارد و اندازه‌گیری شود تبخیر می‌شود [۱۷]، در نتیجه بارش برآوردی ماهواره در مناطقی مانند ایستگاه طبس، یزد و بافق و سایر ایستگاه‌های مناطق خشک و نیمه خشک دچار بیش



شکل ۵- (الف). نقشه پهنه‌بندی معیار BIAS. (ب). نقشه پهنه‌بندی معیار ME. (ج). نقشه پهنه‌بندی معیار RMSE. (د). نقشه پهنه‌بندی معیار NSE حاصل از داده‌های بارش ماهانه برآوردی و مشاهده‌ای

Fig 5. (a) BIAS criteria zoning map (b) ME criteria zoning map (c) RMSE criteria zoning map (d) NSE criteria zoning map of estimated and observational monthly precipitation data

2. Dezfooli, D. Hosseini Moghari, M. Ebrahimi, K. (2016) Compare the PERSIANN and TRMM 3B42 v7 satellite rainfall data with observations from ground stations (case study: Gorgan River basin). Journal of Soil and Water Sciences. 20(76). (in Persian)

3. Erfanian, M. Vafaii, N. Rezayyanzadeh, D. (2014) A new method for assessing the risk of drought in Fars province whit incorporation the data of TRMM satellite rainfall and vegetation index NDVI images Terra/Modis. Journal of physical geography research quarterly.(3): 93-108.(in Persian)

4. Fang, J. Du, J. Xu, W. Shi, P. Li, M. Ming, X. (2013). Spatial downscaling of TRMM precipitation data based on the orographical effect and meteorological conditions in a mountainous area. Advances in Water Resources. 61: 42-50.

5. Guofeng, Z. Dahe, Q. Yuanfeng, L. Fenli, C. Pengfei, H. Dongdong, C. Kai, W. (2016). Accuracy of TRMM precipitation data in the southwest monsoon region of China. Theoretical and Applied Climatology. 1-10.

6. Hong, Y. Hsu, K. L. Sorooshian, S. Gao, X. (2004). Precipitation estimation from remotely sensed imagery using an artificial neural network cloud classification system. Journal of Applied Meteorology. 43(12): 1834-1853.

7. Hsu, K. L. Gao, X. Sorooshian, S. Gupta, H. V. (1997). Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. Journal of Applied Meteorology. 36(9): 1176-1190.

8. Huffman, G. J. Bolvin, D. T. Nelkin, E. J. Wolff, D. B. Adler, R. F. Gu, G. Stocker, E. F. (2007). The TRMM multi satellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. Journal of Hydrometeorology. 8(1): 38-55.

9. Javanmard, S. Yatagai, A. Nodzu, M. I. BodaghJamali, J. Kawamoto, H. (2010). Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM\_3B42 over Iran. Advances in Geosciences. 25: 119-125.

10. Joyce, R. J. Janowiak, J. E. Arkin, P. A. Xie, P. (2004). CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. Journal of Hydrometeorology. 5(3): 487-503.

## بحث و نتیجه گیری

در سال‌های اخیر داده‌های ماهواره‌ای برای برآورد بارش در نقاط مختلف جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. تاکنون محصولات متنوعی بر حسب نوع داده و روش برآورد با تفکیک مکانی و زمانی در دنیا عرضه شده و مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از این تحقیق ارزیابی بارش ماهانه محصول ماهواره TRMM 3B43 v7 و تحلیل مکانی معیارهای خطای مورد ارزیابی در سراسر ایران است. محصول بارش TRMM بصورت شبکه‌ای و با تفکیک مکانی  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  درجه در مقیاس ماهانه برای سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۴ استخراج شد. تعداد ۴۱ ایستگاه سینوپتیک برای ارزیابی و مقایسه بارش در سطح کشور انتخاب و داده‌های مربوط به مقادیر بارش ماهانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. معیارهای ارزیابی خطا RMSE, NSE, ME, BIAS برای ارزیابی دقت بارش برآوردی ماهانه استفاده شدند. جهت پهنه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و روش درون‌یابی IDW استفاده شد. نتایج معیارهای ارزیابی خطا نشان داد که بارش برآوردی در  $90/24$  درصد موارد بیشتر از بارش مشاهده شده است، که از آن حدود  $72/97$  درصد از ایستگاه‌ها دارای مقدار خطای BIAS کمتر از  $1/40$  بوده است. هم‌چنین برای ایستگاه‌های که در مناطق پر باران قرار داشتند، مانند ایستگاه رشت، قائم شهر، گرگان و یاسوج بارش برآوردی کمتر از مقدار واقعی مشاهده گردید. بطور کلی در  $60/97$  درصد ایستگاه‌ها مقدار بیش یا کم برآوردی کمتر از ۵ میلی‌متر در ماه بوده است و در  $82/93$  درصد ایستگاه‌ها ماهواره کمتر از ۱۰ میلی‌متر در ماه بیش یا کم برآوردی داشته است. هم‌چنین تجزیه و تحلیل بارش ایستگاه‌های موجود در اقلیم خشک نشان داد که بارش برآوردی ماهواره در تمام ایستگاه‌های اقلیم خشک دچار بیش برآوردی بوده که مقدار این بیش برآوردی در  $81/82$  درصد ایستگاه‌ها کمتر از پنج میلی‌متر در ماه بوده است. ارزش‌گذاری و رتبه‌بندی مقادیر معیارهای ارزیابی خطا هم نشان داد که ایستگاه اردبیل با مجموع ارزش پنج و ایستگاه اصفهان با مجموع ارزش ۱۴۶ به‌عنوان ضعیف‌ترین و بهترین ایستگاه برآورد بارش ماهانه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بودند. نتایج پهنه‌بندی معیارهای ارزیابی خطا حاکی از این بود که ماهواره در برآورد بارش در مناطق مرکزی و بخشی کوچکی از شمال‌غربی (ایستگاه اردبیل) بیش برآوردی دارد. به‌طور کلی نتایج این تحقیق حاکی از آن است که داده‌های بارش ماهواره TRMM در مقیاس ماهانه در اکثر نقاط کشور از دقت قابل قبولی برخوردارند و با انجام تصحیحات ساده قابل استفاده در زمینه‌های مختلف منابع آب و هواشناسی هستند. لذا پیشنهاد می‌شود برای بهتر نتیجه گرفتن از داده‌های بارش ماهواره TRMM از رویکردهای مختلف کاهش خطا و مقایسه با نتایج پایگاه‌های مختلف زمینی و ماهواره‌ای استفاده گردد.

## منابع

1. Abdulrida, M. A. Al-Jumaily, K. J. (2016) Comparisons of Monthly Rainfall Data with Satellite Estimates of TRMM

19. Moazami, S. Golian, S. Kavianpour, M. R. Hong, Y. (2013). Comparison of PERSIANN and V7 TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *International journal of remote sensing*. 34(22): 8156-8171.
20. Prakash, S. Mitra, A. K. AghaKouchak, A. Pai, D. S. (2015). Error characterization of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA-3B42) products over India for different seasons. *Journal of Hydrology*. 529: 1302-1312.
21. Rasouli, A. Erfanian, M. Sari Sarraf, B. Javan, Kh. (2016) A comparative evaluation of the TRMM estimated rainfall amounts and recorded precipitation at ground stations in Urmia Lake. *Jouranl of Geographic Space*. 16(54). (in Persian)
22. Sadeghi, E. Ghassemieh, S. Momeni Damneh, J. Mousavi, H. (2016). The zoning of Irrigation and urban water quality by using GIS. *Journal of irrigation & water*. 6(24). (in Persian)
23. Shirvani, A. Fakhari, A. (2014). Comparing the TRMM satellite rainfall estimates and observed data in Fars province. *Jouranl of agricultural meteorology*.(2).(in Persian)
24. Simpson, J. Kummerow, C. Tao, W. K. Adler, R. F. (1996). On the tropical rainfall measuring mission (TRMM). *Meteorology and Atmospheric physics*. 60(1-3): 19-36.
25. Sorooshian, S. Hsu, K. L. Gao, X. Gupta, H. V. Imam, B. Braithwaite, D. (2000). Evaluation of PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 81(9): 2035-2046.
26. Su, F. Hong, Y. Lettenmaier, D. P. (2008). Evaluation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) and its utility in hydrologic prediction in the La Plata Basin. *Journal of Hydrometeorology*. 9(4): 622-640.
27. Tesfagiorgis, K. Mahani, S. E. Krakauer, N. Y. Khanbilvardi, R. (2011). Bias correction of satellite rainfall estimates using a radar-gaugeproduct—A case study in Oklahoma (USA). *Hydrology and Earth System Sciences*. 15(8): 2631.
11. Junzhi, L. A-Xing, Z. Zheng, D. (2012). Evaluation of TRMM 3B42 precipitation product using rain gauge data in meichuan watershed, Poyang Lake Basin, China. *Journal of Resources and Ecology* 3(4): 359-366.
12. Kazemzadeh, M. Azimi, V. Khalighi Sigaroudi, Sh. (2014). Evaluate the performance of M5 and MLP models to estimate the amount of total dissolved solids (Case Study: Watershed Lighvan). *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*. 8(27). (in Persian)
13. Khamchyn Moghaddam, F. Rezai Pajand, H. (2009) A review of Domarten climate classification model for daily maximum precipitation in Iran by using linear torque. *Journal of Engineering of Islamic Azad University of Mashhad*. (2). (in Persian)
14. Kummerow, C. Simpson, J. Thiele, O. Barnes, W. Chang, A. T. C. Stocker, E. Ashcroft, P. (2000). The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit. *Journal of Applied Meteorology*. 39(12): 1965-1982.
15. Levizzani, V. Amorati, R. Meneguzzo, F. (2002). A review of satellite-based rainfall estimation methods. *European Commission Project MUSIC Report (EVK1-CT-2000-00058)*. 66.
16. Madadi, Gh. Hamzeh, S. Norozi, A. (2015). Assessment of precipitation in daily, monthly and annually scale by use of satellite images (Case Study: West border areas of Iran). *Journal of RS and GIS for Natural Resource*. (2): 59-74. (in Persian)
17. Masoodian, A. Raeiat Pisheh, F. Keikhosravi Kyani, M. (2013) Introducing and comparing the the TRMM and Asfazari precipitation data databases. *Iranian Journal of Geophysics*. 8(4): 15-31. (in Persian)
18. Mianabadi, A. Alizadeh, A. Sanainejad, H. Banayan Aval, M. Hoseini, F.A. (2013). Statistical evaluation the output of CMORPH model in estimated in the North East of Iran (Case study: North Khorasan province). *Journal of water and soil*. 27(5): 919-927.(in Persian)

*Abstract***Accuracy Evaluation of Rainfall Distribution of TRMM 43B3 Satellite in the Different Climates of Iran**J. Akbari<sup>1</sup> and M. Kazemzadeh<sup>2</sup>

Received: 19-05-2017 Accepted: 21-11-2018

The lack of a reliable and extended system to monitor rainfall is one of the major challenges in analyzing, hydrological prediction and water resources management in Iran. Using satellite precipitation products in some parts of the country with lack or presence of low quality precipitation data, which can be used as alternative source for basins with sparse data in developing countries such as Iran, will be very useful. Hence, the main objective of this study is to evaluate and interpolate the accuracy of monthly precipitation of TRMM 3B43 v7 satellite data in Iran with ground stations. The monthly precipitation data of TRMM with a spatial resolution  $0.25 \times 0.25$  degree were extracted and evaluated with 41 stations in the country during the periods of 1998 to 2014. To evaluate the accuracy of rainfall estimation and interpolation of error criteria, the NSE, RMSE, BIAS, ME criteria and IDW methods in ArcGIS 10.3 software were used, respectively. Generally, the results showed that more arid and semiarid regions of Iran had overestimation while underestimation was in high precipitation regions. And based on the ME, 82.93 percent of stations had upper and under estimation with limitation of less than 10 mm in month. Also, the results of rating showed that Ardebil station with total rating of 5 and Esfahan stations with total rating of 146 had the highest and lowest error of monthly rainfall estimation. In general, the results showed that monthly rainfall data of TRMM had acceptable accuracy in most parts of the country.

**Keywords:** *Precipitation, Spatial distribution, 3B43, Iran, IDW*

---

1. Corresponding author and MSc Student of Watershed Management, Tehran University, Email: javad\_akbari@ut.ac.ir

2. Ph.D. Student of Watershed Management –water science, Tehran University