

## ارزیابی برآوردهای بارش GPM بر روی منطقه شمال غرب ایران

احسان تقی‌زاده<sup>۱</sup>، فرهنگ احمدی گیوی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، [ehsantaghizadeh@ut.ac.ir](mailto:ehsantaghizadeh@ut.ac.ir)

<sup>۲</sup>دانشیار گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، [ahmadig@ut.ac.ir](mailto:ahmadig@ut.ac.ir)

### چکیده

در این مطالعه تخمین بارش روزانه سه اجرای نسخه ۴ بازیابی‌های یکپارچه چندماهواره‌ای برای GPM (IMERG) با داده‌های بارش ۲۲ ایستگاه همدیدی سازمان هواشناسی کشور در شمال غرب و غرب ایران، برای دوره آوریل ۲۰۱۶ تا فوریه ۲۰۱۷ مقایسه می‌شوند. کمیت‌های راست آزمایی برای دو آستانه وقوع بارش (0.1 mm/day) و نیز بارش‌های متوسط یا بیشتر (5 mm/day) محاسبه شدند. نتایج حاصل فروتخمین این محصولات را به‌خصوص برای آستانه دوم نشان می‌دهند؛ اگرچه میزان این فروتخمین برای محصول IMERG-F نسبت به دو محصول دیگر خیلی کمتر است. همچنین در آستانه دوم، خطای IMERG-F کمتر، احتمال آشکارسازی (POD) و امتیاز مهارتی پیرس آن بیشتر از دو محصول دیگر است. کمیت نسبت هشدارهای نادرست (FAR) برای هر سه محصول تقریباً یکسان است. FAR و POD برای IMERG-L در آستانه دوم به ترتیب 0.50 و 0.14 و برای IMERG-F به ترتیب 0.56 و 0.27 است. در مجموع مطابق انتظار، IMERG-F نتایج قابل اعتمادتری ارائه داده است.

واژه‌های کلیدی: بارش، IMERG، احتمال آشکارسازی (POD)، امتیاز مهارتی پیرس (PSS)

## Evaluation of GPM precipitation estimations over Northwest of Iran

Ehsan Taghizadeh<sup>1</sup> and Farhang Ahmadi-Givi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Student in Meteorology, Institute of Geophysics, University of Tehran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran

### Abstract

In this study, daily rainfall estimates from IMERG Early, Late, and Final runs (IMERG-E, IMERG-L and IMERG-F) are compared with daily precipitation measured by 22 synoptic rain-gauges of Iran Meteorological Organization (IRIMO) over the northwest and west regions of Iran. Assessment is implemented for a period from April 2016 to February 2017. Statistical indices are computed for two threshold values of 0.1 mm/day to define rain/no rain and 5.0 mm/day as moderate or higher rainfall events. Overall, results reveal that all the three runs tend to underestimate in the second threshold (5.0 mm/day) with Bias less than 1.0; however IMERG-F has much better Bias. Beside that at this threshold IMERG-F has little error, more probability of detection (POD) and Peirce skill score (PSS) than the two others. False alarm ratio (FAR) for the three runs is nearly the same; at the second threshold FAR and POD for IMERG-L are about 0.14 and 0.50 and for IMERG-F are 0.56 and 0.27, respectively. As expected, IMERG-F estimates are supposed to be the most accurate and reliable.

**Keywords:** precipitation, IMERG, probability of detection (POD), Peirce skill score (PSS)

### ۱ مقدمه

مناطق وسیعی از ایران به علت شرایط خاص اقلیمی در معرض خطر سیل هستند که هر ساله منجر به وقوع خسارات جانی و مالی فراوانی می‌شود. از طرف دیگر به دلیل عدم وجود یک شبکه متراکم از ایستگاه‌های زمینی و یا نبود رادارهای بارش که بارش زمان واقعی را اعلام کنند، استفاده از داده‌های بارش ماهواره‌ای جهت کاهش تلفات سیل و همچنین به عنوان داده‌های ورودی در مدل‌های آب‌شناسی و هواشناسی مورد توجه است.

تا به امروز تعدادی از محصولات بارش ماهواره‌ای با قدرت تفکیک‌های مختلف زمانی و مکانی منتشر شده که یکی از آنها بازبایی‌های یکپارچه چند ماهواره‌ای برای (GPM (Global Precipitation Measurement)IMERG) است. محصولات بازبایی‌های یکپارچه چند ماهواره‌ای برای (IMERG (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM) به صورت رایگان با تاخیر پنج ساعته برای کاربران (برای نمونه به منظور نقشه‌برداری مکان‌های مستعد سیل و زمین لغزه و مکان و شدت چرخندها) در دسترس هستند. براساس نیاز کاربر و متناسب با مدت تاخیر و دقت داده‌ها، پردازش‌های مختلف روی داده‌ها انجام می‌شود؛ بنابراین IMERG دارای اجزاهای اول (Early)، آخر (Late؛ نزدیک زمان واقعی) و نهایی (Final) است که به ترتیب با IMERG-E، IMERG-L و IMERG-F نشان داده می‌شوند. در طول دهه گذشته مطالعات زیادی در ارتباط با محصولات بارش ماهواره‌ای انجام شده است؛ برای نمونه سانگمین و همکاران (۲۰۱۷) برآوردهای بارش نیم ساعته سه محصول IMERG-E، IMERG-L و IMERG-F را با داده‌های بارش شبکه‌بندی شده از شبکه ایستگاهی اقلیمی مترکم منطقه وگنرت فلدباخ (WEGN: WegeNerNet Feldbach)، ایستگاهی در جنوب شرق اتریش مقایسه کردند. نتایج آنها نشان داد که برآوردهای بارش IMERG-F و بعد از آن برآوردهای IMERG-L و IMERG-E در بهترین توافق با داده‌های WEGN، به خصوص برای فصل گرم، هستند. در این کار نیز تلاش شده است تا ارزیابی و مقایسه‌ای از عملکرد تخمین‌های بارش روزانه سه اجرای نسخه چهارم IMERG بر روی منطقه شمال غرب ایران انجام شود.

## ۲ روش تحقیق

رصدخانه مرکزی GPM، مأموریت مشترک سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (NASA: National Aeronautics and Space Administration) -آژانس کاوش‌های هوافضای ژاپن (JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency)، دارای دو ابزار شامل رادار دوبسامدی بارش (DPR: Dual-frequency Precipitation Radar) که توسط JAXA ساخته شده است و تصویربردار ریزموج GPM (GMI: GPM Microwave Imager) می‌باشد. رادار فعال DPR با ارائه داده‌های سه‌بعدی از میان ستون جو اطلاعاتی در باره توزیع اندازه ذرات و شدت بارش فراهم می‌کند (هو و همکاران، ۲۰۱۴). تابش سنج پیش مخروطی غیرفعال GMI (دراپر و همکاران، ۲۰۱۵) نیز دید یکپارچه‌ای از ستون بارش و به‌طور موثر مجموع مقدار بارش مایع و جامد در داخل میدان دید ارائه می‌دهد.

در سال ۲۰۱۵ ده سنجنده مشترک وجود داشت (هافمن و همکاران، ۲۰۱۵a) که با برآوردهای بارش واسنجی شده از این صورت فلکی سنجنده‌ها، همراه با داده‌های فروسرخ برای پرکردن چند شکاف زمانی، محصول بارش ترکیبی به نام IMERG توسط ناسا توسعه یافت. محصولات بارش دیگری نیز از سنجنده‌های منفرد رصدخانه هسته GPM و شرکای صورت فلکی وجود دارد. در این مطالعه محصولات تراز ۳ نسخه چهارم IMERG به کار رفته و با استفاده از روش درون‌یابی دوخطی، برآوردهای بارش ماهواره‌ای از نقاط شبکه‌ای به نقاط ایستگاهی درون‌یابی شدند. محصولات تراز ۳ شامل داده‌های بارش باران و برف با تفکیک مکانی  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  و تفکیک زمانی ۳۰ دقیقه است. درحال حاضر، داده‌های IMERG از ۱۲ مارس ۲۰۱۴ تاکنون موجود هستند؛ با این حال برخی از محصولات نسخه ۴، به دلیل تغییر محصولات ورودی که IMERG از آنها تولید می‌شد، تا آخر فوریه و برخی دیگر از محصولات این نسخه تا آخر نوامبر ۲۰۱۷ در دسترس می‌باشند. آخرین نسخه IMERG نسخه ۵ است که به تازگی منتشر شده است. نتایج اجرای نهایی نسخه پنجم IMERG (IMERG Final Run V05) در ۱۳ نوامبر ۲۰۱۷ توزیع و بعد از شناسایی و تصحیح خطاها در نسخه NetCDF مجدداً به صورت V05B در ۲۰ نوامبر بازتوزیع شد (هافمن و همکاران، ۲۰۱۷a). نتایج اجزاهای IMERG Early و IMERG Late V05B در ۱ دسامبر ۲۰۱۷ منتشر شدند (هافمن و همکاران، ۲۰۱۷b) و نویسندگان این مقاله درحال ارزیابی نسخه ۵ این مجموعه داده‌ها بر روی ایران هستند.

## ۳ نتیجه‌گیری

روش ارزیابی نتایج برآورد ماهواره در این مطالعه با استفاده از جدول توافقی است که فراوانی "بله" و "خیر" تخمین ماهواره/گزارش ایستگاه را نشان می‌دهد (جدول ۱). در بیان برآورد دودویی، "بلی، یک رویداد رخ خواهد داد" یا "خیر، رویداد رخ نخواهد داد". در این جدول a بیانگر تعداد دفعاتی است که بارش دیدبانی شده به درستی آشکارسازی شده است، b تعداد

دفعاتی است که بارش آشکارسازی شده اما دیدبانی نشده است، c تعداد دفعاتی است که بارش دیدبانی شده آشکارسازی نشده است و d تعداد دفعاتی است که بارشی دیدبانی نشده و تخمین زده نشده است. با استفاده از این جدول برای بارش روزانه، مجموعه‌ای از شاخص‌های آماری محاسبه شده که نتایج آنها در ادامه ارائه می‌شود.

جدول ۱ جدول توافقی برای ارزیابی رخداد بارش محصول ماهواره.

ماهواره				
کل	خیر	بلی		
a+c	از دست رفته (miss) (c)	برخورد (hit) (a)	بلی	گزارش ایستگاه
b+d	منفی درست (d)	هشدارهای نادرست (b)	خیر	
	c+d	a+b	کل	

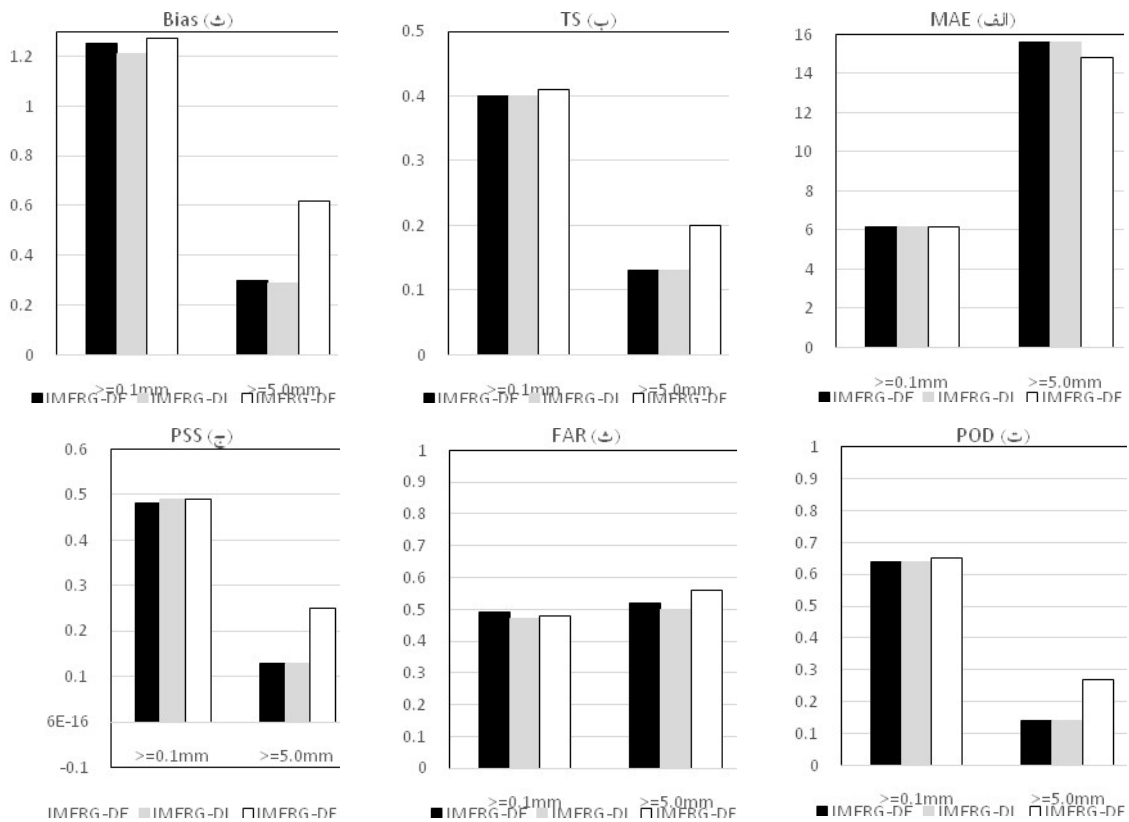
با توجه به این که در گزارش‌های همدیدی بارش‌های کمتر از 0.1 mm گزارش نمی‌شوند (به صورت Trace ثبت می‌شوند)، لذا بارش‌های بزرگتر یا مساوی 0.1 mm/day به عنوان اولین آستانه وقوع بارش در نظر گرفته شده است. همچنین در بررسی بارش‌های متوسط و شدید، آستانه بارش بزرگتر یا مساوی 5.0 mm/day به عنوان دومین آستانه استفاده شده است. در شکل ۱ نمودار برخی از کمیت‌های آماری به کار رفته در این مطالعه برای دو آستانه فوق دیده می‌شود. مطابق شکل، کمیت RMSE، به ازای آستانه بارش بیشتر از 5 mm/day برای IMERG-E حدود 32.8 و برای IMERG-L حدود 32 است؛ حال آن که این کمیت برای IMERG-F در این آستانه حدود 31.8 می‌باشد. کمیت MAE، شکل ۱-الف، برای محصول IMERG-F در آستانه دوم بارش حدود 14.8 و برای دو محصول دیگر حدود 15.65 است. از این رو محصول IMERG-F با اختلافی ناچیز دارای خطای کمتری نسبت به دو محصول دیگر بوده و برآوردهای بارش روزانه IMERG-E و IMERG-L مقادیر خطای مشابه دارند.

کمیت TS، شکل ۱-ب، برای هر سه محصول در آستانه اول وقوع بارش، تقریباً برابر با 0.41 و در آستانه دوم برای IMERG-F با اختلاف کمی (حدود 0.07) بیشتر از دو محصول دیگر است؛ لذا IMERG-F دقت بهتری را نسبت به دو محصول دیگر برای آستانه دوم نشان می‌دهد. اریبی، شکل ۱-پ، در آستانه اول وقوع بارش برای هر سه محصول بزرگتر از یک بوده و فراتخمین IMERG در این آستانه را نشان می‌دهد. برای آستانه دوم، مقادیر کمتر از یک اریبی در هر سه محصول بیانگر فروتخمین IMERG برای بارش‌های بیشتر از 5 mm/day است. به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت مواردی که سنجنده، بارش بزرگتر از 0.1 mm را آشکارسازی کرده است بیشتر از موارد گزارش بارش (بزرگتر از 0.1 mm/day) دیدبانی است. عکس این مطلب برای آستانه دوم وقوع بارش وجود دارد؛ یعنی آشکارسازی بارش‌های بزرگتر از 5.0 mm/day توسط سنجنده کمتر از مواردی است که بارش بیشتر از این آستانه گزارش شده است. در این بین فروتخمین IMERG-F کمتر از دو محصول دیگر است؛ به طوری که مقدار اریبی برای این محصول در این آستانه 0.62 و برای دو محصول دیگر حدود 0.30 است.

کمیت POD، شکل ۱-ت، که معرف کسری از موارد وقوع پدیده است که به درستی تخمین زده شده‌اند، در آستانه اول برای هر سه محصول حدود 0.65 و در آستانه دوم برای IMERG-F برابر 0.27 و دو محصول دیگر 0.14 است. این کمیت نیز در آستانه اول کارایی مشابه سه محصول و در آستانه دوم کارایی بالاتر محصول IMERG-F را نشان می‌دهد. نسبت هشدارهای نادرست (FAR)، شکل ۱-ث، که بیانگر درصد مواردی است که تخمینی بالاتر از آستانه مورد نظر زده شده ولی پدیده رخ نداده است، مقادیر تقریباً یکسانی برای هر سه محصول نشان می‌دهد؛ اگرچه با اندک اختلافی، حدود 0.05، مقدار این کمیت در آستانه دوم برای IMERG-F بالاتر است. به عبارتی در این آستانه، IMERG-F نسبت به دو محصول دیگر موارد بیشتری را بزرگتر از 5 mm/day تخمین زده است که در گزارش‌های ایستگاهی کمتر بوده است. امتیاز مهارتی پیرس، شکل ۱-ج، در آستانه بارش بیشتر از 5 mm/day برای IMERG-E و IMERG-L حدود 0.13 و برای IMERG-F حدود 0.25 است که عملکرد بهتر این محصول نسبت به دو محصول دیگر را نشان می‌دهد. در آستانه اول، سه محصول تقریباً دارای مهارت یکسانی هستند.

نکته قابل ذکر این که هر دو اجرای IMERG-E و IMERG-L تنها از برخی مراحل پردازش IMERG استفاده می‌کنند. برای نمونه، برآوردهای آبی بارش PMW تنها توسط طرح‌واره تغییرشکل پیش‌رو در زمان در اجرای IMERG-E انتشار می‌یابند، در

حالی که در اجراهای IMERG-F و IMERG-L هر دو طرحواره تغییرشکل پیشرو و پسرو استفاده می‌شوند. بدین ترتیب انتظار می‌رود اجراهای IMERG-L و IMERG-F توصیف بهتری از تغییر ویژگی‌های شدت و شکل بارش ارائه دهند. برای تنظیم اریبی، اجراهای نزدیک زمان واقعی از داده‌های باران‌سنجی اقلیم‌شناختی استفاده می‌کنند؛ ولی در اجرای IMERG-F تحلیل‌های باران‌سنجی ماهانه (Global Precipitation Climatology Center) به‌کار می‌رود. بنابراین برآوردهای IMERG-F می‌بایست دقیق‌تر و قابل اعتمادتر باشند (هافمن و همکاران، ۲۰۱۵a و b) که این موضوع در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱ نمودار کمیتهای آماری بررسی شده برای ارزیابی محصولات IMERG-E (ستون‌های مشکی)، IMERG-L (ستون‌های خاکستری) و IMERG-F (ستون‌های سفید).

### منابع

Draper, D. W., Newell, D. A., Wentz, F. J., Krimchansky, S. and Skofronick-Jackson, G. M., 2015, The Global Precipitation Measurement (GPM) Microwave Imager (GMI): Instrument Overview and Early On-orbit Performance. *Select Topics, IEEE J. Geosci. Rem. Sens.*, **8(7)**, 3452-3462.

Hou, A. Y., Kakar, R. K., Neeck, S., Azarbarzin, A. A., Kummerow, C. D., Kojima, M., Oki, R., Nakamura, K., and Iguch, T., 2014, The Global Precipitation Measurement Mission. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **95(5)**, 701-722.

Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Braithwaite, D., Hsu, K., Joyce, R., Kidd, C., Nelkin, E. J. and Xie, P., 2015a, NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). NASA, version 4.5, 30pp.

Huffman, G. J., Bolvin, D. T., and Nelkin, E. J., 2015b, Integrated MultisatellitE Retrievals for GPM (IMERG) technical documentation, available at: [http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document\\_files/IMERG\\_doc.pdf](http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_doc.pdf) (last access: 18 December 2017).

Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J., Stocker, E. F., Tan, J., 2017a, V05 IMERG Final Run Release Notes. 9 November 2017; Rev. 13 November 2017, 17 November 2017. NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, Greenbelt, MD, USA. [Available online at [https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document\\_files/IMERG\\_FinalRun\\_V05\\_release\\_notes-rev2.pdf](https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_FinalRun_V05_release_notes-rev2.pdf)]

Huffman, G. J., Bolvin, D. T., Nelkin, E. J. and Stocker, E. F., 2017b, V05 IMERG Early and Late Run Release Notes. 1 December 2017. NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, Greenbelt, MD, USA. [Available online at [https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document\\_files/IMERG\\_EarlyLateRun\\_V05\\_release\\_notes.pdf](https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_EarlyLateRun_V05_release_notes.pdf)]

Sungmin, O., Foelsche, U., Kirchengast, G., Fuchsberger, J., Jackson, T. and Petersen, W. A., 2017, Evaluation of GPM IMERG Early, Late, and Final rainfall estimates using WegenerNet gauge data in southeastern Austria. *Hydrology and Earth System Sciences*, **21(12)**, 6559-6572.