

## مدلسازی توزیع مکانی بارش‌های رعد و برقی مناطق کوهستانی شمال غرب ایران، سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲

علی‌اکبر رسولی - استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز  
سحر نصیری قلعه‌بین\* - دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشگاه محقق اردبیلی  
خلیل ولی‌زاده کامران - استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۷/۲۳

### چکیده

بارش‌های رعدوبرقی از پدیده‌های آب‌وهوایی مهم در منطقه شمال غرب ایران محسوب می‌شود که از تنوع زمانی و مکانی ویژه‌ای برخوردار است، چرا که این نوع بارش‌ها نقش بسیار مهمی در آب‌وهوای منطقه مورد مطالعه بازی می‌کند. هدف از این پژوهش بررسی توزیع مکانی بارش‌های رعدوبرقی مناطق کوهستانی شمال غرب کشور به منظور مدلسازی بارش‌های مکانی مورد بحث در محدوده فلات کوهستانی شمال غرب کشور است. داده‌های متنوعی از جمله بارش رادار TRMM و مدل ارتفاعی منطقه استفاده و در محیط نرم‌افزارهای GIS، IDRISI و ArcGIS تحلیل شد. همچنین، از فناوری GIS به منظور اخذ ویراستاری داده‌ها، تحلیل، مدلسازی و کار توگرافی مدل‌های مکانی استفاده شده است. در نهایت در نرم‌افزار IDRISI مدلسازی و تهیه مدل رگرسیون داده‌ها انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد که بارش رادار TRMM، با مدل ارتفاعی منطقه به میزان  $+63\%$  همبستگی مثبتی نشان داد؛ یعنی، در منطقه مورد مطالعه با افزایش ارتفاع، میزان بارش  $+63\%$  افزایش یافت. همچنین، این بارش‌ها در بهار و تابستان از شدت زیادی برخوردار است.

کلیدواژه‌ها: بارش‌های رعدوبرقی، توزیع مکانی، مدلسازی، مناطق کوهستانی شمال غرب کشور.

### مقدمه

عنصر بارش یکی از عناصر حیاتی آب‌وهوایی است که تغییرات زمانی و مکانی آن تنوع قلمروهای جغرافیایی را کنترل می‌کند. در این میان بارش‌های رعدوبرقی از مهم‌ترین پدیده‌های اقلیمی منطقه شمال غرب ایران محسوب می‌شود. این نوع بارش‌ها در مواقعی از سال ضمن تأمین بخشی از آب مورد نیاز زراعی، به‌ویژه در فصول گرم، تأثیرات فاجعه‌باری بر محیط طبیعی، مردم و اقتصاد کشاورزی بر جای می‌گذارد. سیستم‌های رعدوبرقی<sup>۱</sup> از جمله پدیده‌های ماه‌های گرم سال است. این نوع بارش‌های حادثه‌ساز را می‌توان معرف آب‌وهوای منطقه به‌ویژه در فصول بهار و تابستان دانست. در نگاهی اجمالی، سیستم‌های رعدوبرقی بسته‌های هوای ترمودینامیکی شناخته می‌شود که در شرایط خاصی در اتمسفر زمین ایجاد و در صورت وجود فاکتورهای مؤثر و

\* E-mail: s.nasiri66@gmail.com

مساعده محیطی در حالات سلولی، چندسلولی یا سوپرسلولی باعث وقوع رعدوبرق، وزش بادهای شدید، گردباد، ریزش تگرگ و نزول بارش‌های شدید می‌شود (رسولی و همکاران، ۱۳۸۶). توفان تندری ماشین ترمودینامیکی‌ای است که در آن انرژی پتانسیل از گرمای نهان حاصل از تراکم رطوبت در شرایط رطوبت یا ناپایداری جابه‌جایی قائم‌هوا به سرعت به انرژی جنبشی از جریان‌های شدید قائم‌هوا تبدیل می‌شود (جعفرپور، ۱۳۸۱). به عبارت بهتر، برای وقوع پدیده رعدوبرق شرایط محیطی در داخل اتمسفر، همچنین سطح زمین توأم مورد نیاز است (برایان، ۱۹۹۱).

توفان‌های تندری ممکن است به تنهایی یا با جبهه‌هایی در مقیاس سینوپتیک یا مناطق همگرایی متوسط‌مقیاس اتفاق بیفتد. ویژگی‌های اصلی توفان‌های تندری وقوع غیرقابل‌پیش‌بینی آن‌ها در ابعاد زمانی و مکانی است. به‌طور کلی، حرکت عمودی در اتمسفر کلید بسیاری از ویژگی‌های سامانه همرفتی است. در نتیجه، حرکت صعودی، انبساط، سردشدن و در نهایت تراکم بخار آب در جریان هوا صورت می‌گیرد. آزاد شدن گرمای نهان عامل مهم در تسریع همرفت از طریق افزایش ناپایداری هواست. بنابراین، شرایط اولیه تشکیل توفان تندری، رطوبت زیاد، دمای بالا، اتمسفر ناپایدار، ساختار مناسب بادهای فوقانی و سازوکار صعود برای تحریک فعالیت همرفتی است (رسولی، ۱۹۹۶).

بارش در مناطق کوهستانی که معمولاً عدم ثبت مشاهدات جوی در آن مشهود است، دارای تنوع زمانی و مکانی بیشتری است. علاوه بر این، تعداد محدودی از ایستگاه‌های ثبت مشاهدات برای پوشش مناطق بزرگ ناهمگن نیز تأثیر بزرگی در روند مدل‌سازی دارد. بنابراین، ضروری است که اطلاعات توپوگرافیک در زمان مدل‌سازی بارش‌های رعدوبرقی لحاظ شود، چرا که اثر مستقیم بر توزیع مکانی این نوع بارش‌ها دارند (گولرمو، ۲۰۰۹). الگوهای بارندگی به شرایط جوی بستگی دارد، ولی این الگوها در مناطق کوهستانی پیچیده‌ترند، زیرا در این مناطق که شرایط جوی با ویژگی‌های محیطی و محلی ترکیب شده‌اند، الگوهای بارندگی را مشخص می‌کنند. ویژگی‌های توپوگرافیک و جغرافیایی، میزان بارش را در برخی مناطق افزایش و در بعضی مناطق کاهش می‌دهد (ساری صراف و همکاران، ۱۳۸۸).

بررسی تغییرات بارندگی نسبت به ارتفاع و تعیین روابط منطقه‌ای گرادیان بارندگی به منظور برآورد میزان بارش به صورت نقطه‌ای در مناطق فاقد ایستگاه اهمیت دارد (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰). تأثیر توپوگرافی کوه بر الگوهای بارش منجر به افت مسلم حرارت اقلیم می‌شود و نقش اساسی در تعامل بین جو و سیستم زمین در طیف گسترده‌ای از مقیاس‌های زمانی بازی می‌کند (جرارد، ۲۰۰۵).

در این راستا، فناوری سنجش از دور<sup>۱</sup> نقش بی‌نظیری در کسب اطلاعات بارش ابرها بر عهده دارد، چرا که تصاویر ماهواره‌ای مزایا و امتیازهایی دارد که در دسترس بودن و تجزیه‌وتحلیل آن‌ها از مهم‌ترین امتیازهای مربوط محسوب می‌شود (ایلسند و کیفیر، ۱۹۹۴).

از آنجا که نقش متغیرهای محیطی در مقدار و پراکندگی بارش انکارناپذیر است و تفاوت در بارش‌های نقاط همجوار در حوضه‌های کوچک را دخالت عوامل محلی توجیه می‌کند، شناسایی نقش و عوامل جغرافیایی از جمله ارتفاع در ارتباط با بارش رعدوبرقی منطقه مورد مطالعه و دستیابی به مدل رگرسیون منطقه، با استفاده از بارش داده‌های TRMM سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ و مدل ارتفاعی منطقه، هدف این تحقیق است.

بازیست (۱۹۹۴) خودهمبستگی بالایی را بین ارتفاع و بارش در منطقه بین‌المدارین مشاهده کرد. کنراد (۱۹۹۶) همبستگی بالایی بین عوامل ارتفاع و فاصله تا منبع رطوبت و بارش‌های گرم و سرد در کوه‌های بلورین آمریکا نشان داد. جوهانسون (۲۰۰۳) در مورد اثر توپوگرافی در پراکنش بارش سوئد به این نتیجه رسید که در دامنه‌های رو به باد، با افزایش ارتفاع، بارش نیز افزایش می‌یابد. جان و لاکوود (۱۹۷۴) درباره رابطه بارش با توپوگرافی، ضریب همبستگی بالایی را بین مقادیر بارش و ارتفاع در کوه‌های پنین شرقی پیدا کرد.

جلالی (۱۳۸۵) در بررسی تغییرات زمانی و مکانی توزیع بارش‌های تندری در منطقه شمال غرب ایران نشان داد که بارش‌های تندری در بهار و تابستان بیشتر بود و عمدتاً در جنوب غرب منطقه و کوهستان‌ها فعال است و در نواحی پست کمتر رخ می‌دهد.

عساکره و رباب‌رزمی (۱۳۹۰) در مدلسازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی بارش اصفهان رابطه طول و عرض جغرافیایی با ارتفاع و بارش را بررسی و مدل‌های رگرسیونی بارش را ارائه کرد.

مجرد و مرادی‌فر (۱۳۸۲) به مدلسازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس با استفاده از مدل‌های رگرسیونی خطی و لگاریتمی، توانی و نمایی، دو متغیره و چند متغیره پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بارش در مناطق رو به باد کاهش یافته است. همچنین، افزایش طول و عرض جغرافیایی در غالب دوره‌های زمانی باعث کاهش بارش می‌شود.

### منطقه مورد مطالعه

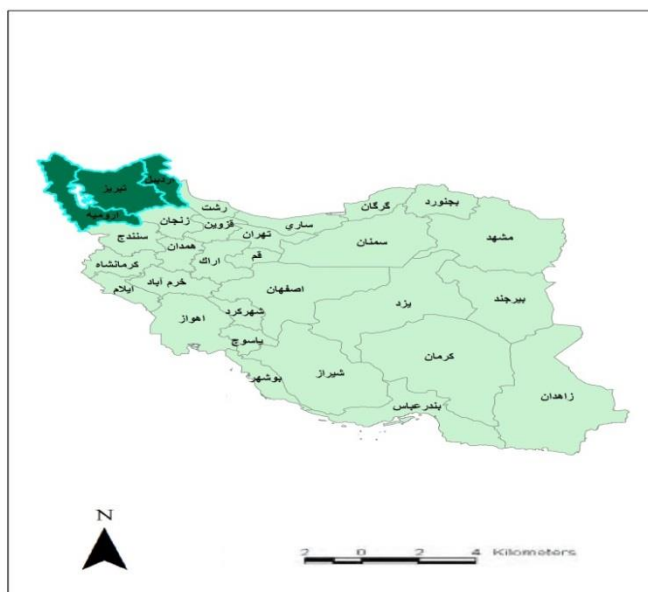
منطقه مورد مطالعه در شمال غرب ایران در محدوده ۴۰-۳۶ درجه عرض شمالی و ۴۹-۴۰ درجه طول شرقی واقع شده است. از مهم‌ترین عوارض توپوگرافی این منطقه می‌توان به وجود کوهستان‌های سه‌پند و سیلان، رشته‌کوه‌های ارسباران، بزقوش، میشو و امتداد رشته‌کوه زاگرس در غرب دریاچه ارومیه اشاره کرد. جلگه ارومیه، مغان، دشت‌های تبریز، اردبیل، سراب و اهر مهم‌ترین مناطق پست ارتفاعات شمال غرب را تشکیل می‌دهند (مطلب‌فاند، ۱۳۸۶). به‌طور کلی، آب‌وهوای منطقه شمال غرب متأثر از دو فاکتور اصلی نظیر شرایط سینوپتیک و عوارض توپوگرافیک محلی است. اولین و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر شرایط آب‌وهوایی منطقه فرارسیدن سامانه‌های جوی است که در مقیاس سینوپتیک حاکمیت دارد و نقش اصلی را در تبیین آب‌وهوای منطقه در درازمدت به عهده دارد (مسعودیان، ۱۳۸۲).

مهم‌ترین سامانه‌های جوی مؤثر در منطقه عبارت‌اند از (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷):

- توده‌های سرد و خشک سیبری در فصل زمستان از طرف شمال و شمال شرق
- توده‌های سرد و مرطوب اسکانندیناوی در فصول زمستان و بهار از طرف شمال غرب
- توده‌های مدیترانه‌ای در فصل بهار از طرف غرب
- توده‌های گرم و خشک افریقایی در فصل تابستان از طرف جنوب کشور
- جریان‌های خزری در فصول بهار و تابستان.

هر کدام از این سیستم‌ها با توجه به جابه‌جایی‌های مراکز فشار در مقیاس جهانی و منطقه‌ای، در طول سال‌های

مختلف تأثیر متفاوتی بر اقلیم منطقه بر جای می‌گذارد (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

دومین عامل مؤثر در اقلیم منطقه شرایط توپوگرافیک محلی است که فاکتور کنترل‌کننده شرایط آب‌وهوایی منطقه محسوب می‌شود. باید یادآور شد که میزان ارتفاع زمین از سطح دریا، جهت ناهمواری، دوری و نزدیکی به منابع آبی، نوع پوشش گیاهی و حتی توسعه فیزیکی شهرها را می‌توان جزو فاکتورهای مؤثر در اقلیم منطقه دانست. چنین تأییراتی را می‌توان در توزیع مقادیر دما و بارش سالانه و حتی فصلی در منطقه شمال غرب ایران ملاحظه کرد (رسولی، ۱۳۹۰).

در نگاه کلی، توده‌های جوی نظیر توده‌های سرد شمالی سیبری در فصل زمستان و هوای مرطوب شمال غرب و غرب در فصل بهار از اهم سیستم‌های سینوپتیکی عمده‌ای است که در طول سال اقلیم منطقه را متأثر می‌سازند (جهانبخش و ذوالفقاری، ۱۳۸۱).

## مواد و روش‌ها

### داده‌های رادار TRMM

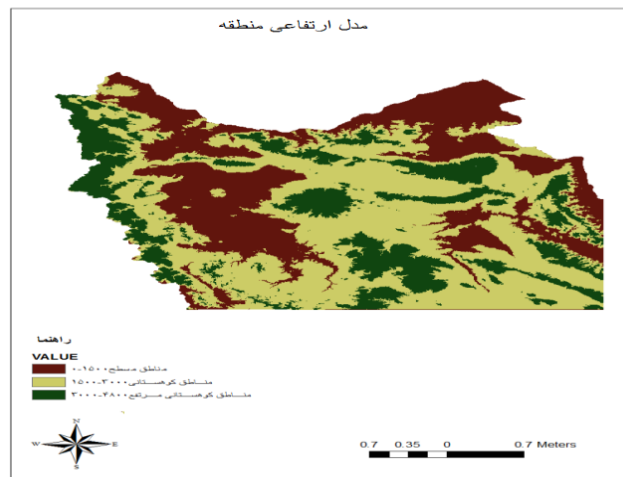
رادار ماهواره‌ای TRMM پروژه مشترک بین سازمان ملی هوا و فضای آمریکا<sup>۱</sup> و اداره اکتشافات جوی ژاپن<sup>۲</sup> است، که به منظور دیده‌بانی و مطالعه بارش‌های منطقه حاره طراحی شده و قسمتی از برنامه‌های ناسا به منظور مطالعه یکپارچه سیاره زمین را شامل می‌شود. این ماهواره در ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری از سطح زمین و با زاویه ۳۵ درجه نسبت به استوا در حال پایش ویژگی‌های جوی است. با استفاده از تصاویر ارسالی این رادار امکان ثبت و تجزیه و تحلیل مدام بارش در سطح زمین فراهم می‌شود (رسولی، ۱۳۹۰).

1. National Aeronautics and Space  
2. Japan Aerospace Exploration

اولین سری ماهواره TRMM در ۲۷ نوامبر ۱۹۹۷ از مرکز فضایی تانگشیمای<sup>۱</sup> ژاپن به فضا پرتاب شد و در حال حاضر حجم وسیعی از اطلاعات مربوط به اتمسفر و آب‌های سطحی و گردش آب در اتمسفر زمین را جمع‌آوری کرده است که در هر دو بعد فنی و تحقیقاتی باعث موفقیت‌های زیادی شده است (رسولی، ۱۳۹۰). داده‌های ماهواره دارای تفکیک مکانی ۰/۲۴ درجه جغرافیایی است. تصاویر TRMM همراه با فایل رقومی آن مربوط به سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ دانلود شد و پس از انتقال به محیط نرم‌افزار اکسل و تشکیل پایگاه داده برای آن، روزهای دارای بارش شدید مربوط به هر سال انتخاب شد. سپس، در محیط نرم‌افزار Arc Gis با استفاده از تابع IDW درون‌یابی شد.

## مدل ارتفاعی منطقه<sup>۲</sup>

بنابر نظر اغلب محققان، ارتفاع یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر بارش‌های هر منطقه، مخصوصاً مناطق کوهستانی است (ساری‌صراف و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۲. مدل ارتفاعی منطقه شمال غرب ایران در سه طبقه ارتفاعی ۱۵۰۰-۰، ۱۵۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۴۸۰۰ مناطق کوهستانی و (Arc Map) Arc Gis در نرم‌افزار مرتفع در مناطق کوهستانی مرتفع<sup>۳</sup>

مدل رقومی زمین به طور ساده نمایشی آماری از سطح پیوسته زمین است، که به وسیله تعداد زیادی نقاط انتخاب شده و با مختصات X، Y و Z در محدوده مختصات اختیاری است. به عبارت دیگر، مدل رقومی زمین نمایش عددی یا رقومی زمین واقعی است. از مهم‌ترین کاربردهای مدل رقومی می‌توان به تهیه مدل‌ها و الگوهای هم‌بارش، هم‌دما و سایر پارامترهایی اشاره کرد که همبستگی آن‌ها با افزایش یا کاهش ارتفاع مشخص شده است. بدین ترتیب که با تنظیم مدل، افزایش یا کاهش ارتفاع مشخص شده است. با افزایش یا کاهش عنصر به ازای ارتفاع، می‌توان آن را به وسیله توابع سیستم اطلاعات جغرافیایی روی مدل رقومی ارتفاع پیاده کرد تا بدین ترتیب بتوان نقشه‌های مورد نظر را بر مبنای ارتفاع تهیه و تفسیر کرد (فرج‌زاده، ۱۳۸۸).

1. Tangeshima space center

2. DEM

از سایر کاربردهای مدل ارتفاعی زمین می‌توان به همپوشانی لایه‌های هم‌ارزش با مدل رقومی ارتفاع اشاره کرد که به وسیله آن تأثیر ارتفاع روی تغییر عنصر مورد مطالعه تحلیل می‌شود.

## روش درون‌یابی

درون‌یابی معیارهایی را برای سلول‌هایی در یک رستر، از تعداد محدودی از نقاط داده‌های نمونه پیشگویی می‌کند. این روش برای پیشگویی معیارهایی برای هر داده جغرافیایی به کار می‌رود که شامل ارتفاع، میزان بارش باران، غلظت شیمیایی، سطوح پارازیت و جزآن است.

این روش روشی صرفاً ریاضی است که به فاصله نقاط مشاهداتی و نقاطی که مورد واسطه‌یابی قرار می‌گیرند استوار است. در واقع، روش وزن‌دهی معکوس فاصله رویکرد همسایگی پیشرفته‌ای دارد که از ایستگاه‌های مجاور برای برآورد وزن واسطه‌یابی استفاده می‌کند. در این روش نزدیک‌ترین ایستگاه وزن بیشتری نسبت به ایستگاه‌های دورتر دارد (فرج‌زاده، ۱۳۸۸). به این دلیل از این روش استفاده شده است که با استفاده از بارش نقاط معلوم، بارش مناطقی مشخص شود که بارش ثبت شده ندارند. رابطه ریاضی این روش به صورت زیر نوشته می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۸۸).

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{h_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}}}$$

$Z_j$  = ارزش برآوردشده در نقطه  $j$

$Z_i$  = ارزش در نقطه  $i$

$I$  = شاخص مختصات برای نقطه مجاور

$J$  = شاخص مختصات برای نقاطی که باید برآورد شود

$H_{ij}$  = فاصله بین نقطه‌ای که باید برآورد شود

$B$  = توان وزن‌دهی

## مدل رگرسیون

برآورد مقدار بارش، در کشورهای در حال توسعه، به دلیل کاربردهای فراوانی که در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، صنعت و خدمات دارد بسیار مهم است. این مسئله در کشور ما که فاقد شبکه منظم و متراکم ثبت بارش به‌خصوص در مناطق مرتفع است نیز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (مجرد و مرادی‌فر، ۱۳۸۲).

منطقه شمال غرب یکی از مناطق پرباران کشورمان است که از مقدار بارش در مناطق مرتفع آن اطلاع دقیقی در دسترس نیست. در این تحقیق سعی می‌شود با استفاده از مدل رگرسیون خطی در محیط نرم‌افزار ادریسی<sup>۱</sup> با استفاده از نقشه‌های درون‌یابی TRMM ارتباط بارش با ارتفاع (مدل ارتفاعی منطقه) در کوهستان‌های شمال غرب یافته شود.

ارزش مشاهده شده این ضریب مقداری بین +۱ و -۱ خواهد داشت که اگر بین صفر و +۱ و بالای ۰/۵ باشد، همبستگی قوی دارد و اگر زیر ۰/۵ باشد همبستگی ضعیفی دارد. و اگر بین صفر و -۱ باشد، دارای همبستگی معکوسی است؛ یعنی، همبستگی ندارد.

گراف‌های به دست آمده نتایج تحلیل واریانس را نشان می‌دهد. در این گراف منبع تغییرات متغیر وابسته در دو منبع رگرسیون (std.dev.of x) و باقیمانده (std.dev.of y) نشان داده شده است و برای هر یک از این منابع، مجموع مجذورات نشان داده می‌شود.

رگرسیون اطلاعات مربوط به میزان تغییرات متغیر وابسته را نشان می‌دهد که مدل تحقیق ماست، اما منبع باقیمانده اطلاعات مربوط به میزان تغییرات متغیر وابسته را نشان می‌دهد که خارج از مدل تحقیق ماست. بنابراین، هرچه مقدار مجموع مجذورات باقیمانده کوچک‌تر از مجموع مجذورات رگرسیون باشد، نشان‌دهنده قدرت تبیین‌گیری بالای مدل در توزیع تغییرات متغیر وابسته است. برعکس، هر چه مقدار باقیمانده بزرگ‌تر از رگرسیون باشد، نقش مدل در تبیین تغییرات متغیر وابسته ضعیف است.

سطح معناداری (std. Error of Beta) اگر کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۱ باشد، در سطح ۰/۹۹ معنادار است، اما اگر کوچک‌تر یا مساوی ۰/۰۵ باشد، در سطح ۰/۹۵ معنادار است.

آماره یا آزمون T (T state for Beta) اهمیت نسبی حضور هر متغیر مستقل در مدل را نشان می‌دهد. برای اینکه تشخیص دهیم کدام متغیرها تأثیر آماری معناداری بر متغیر وابسته دارند، می‌توانیم به مقدار T استناد کنیم. از این رو، هرگاه قدر مطلق مقدار این آماره برای متغیر بزرگ‌تر از عدد ۲/۳۳ باشد، سطح خطای آن نیز کوچک‌تر از ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ باشد، در نتیجه خواهیم گفت که متغیر مورد نظر تأثیر آماری معناداری در تبیین تغییرات متغیر وابسته داشته است، ضمن آنکه در هنگام تفسیر مقدار T به علامت مثبت و منفی آن توجه نشده و تنها قدر مطلق آن را گزارش می‌دهیم.

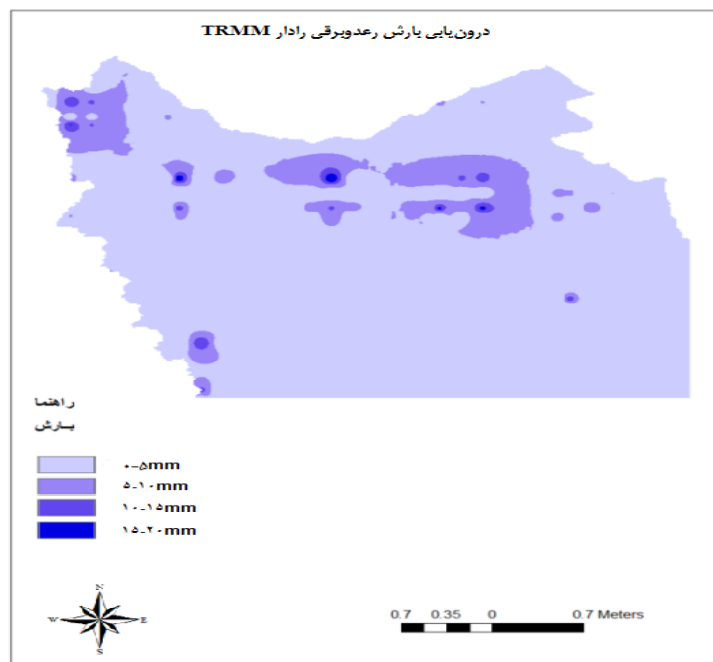
ضریب Beta ( $T \text{ state for Beta} > 1$ ) ضریب رگرسیونی استاندارد شده است که بر اساس مقادیر انحراف استاندارد سنجیده می‌شود. برای مثال، ضریب ۱ Beta نشان‌دهنده این است که تغییر ۱ انحراف استاندارد در متغیر مستقل باعث تغییر انحراف استاندارد در متغیر وابسته می‌شود.

خط ۴۵ درجه، در تفسیر گراف‌ها می‌توان گفت نقاطی که روی خط قرار می‌گیرند نشان می‌دهند که احتمال تجمع مشاهده شده با احتمال تجمع مورد انتظار چقدر یکسان است. در واقع، هر قدر تجمع نقاط حول خط بیشتر باشد، دقیق‌تر می‌توان پیش‌بینی کرد.

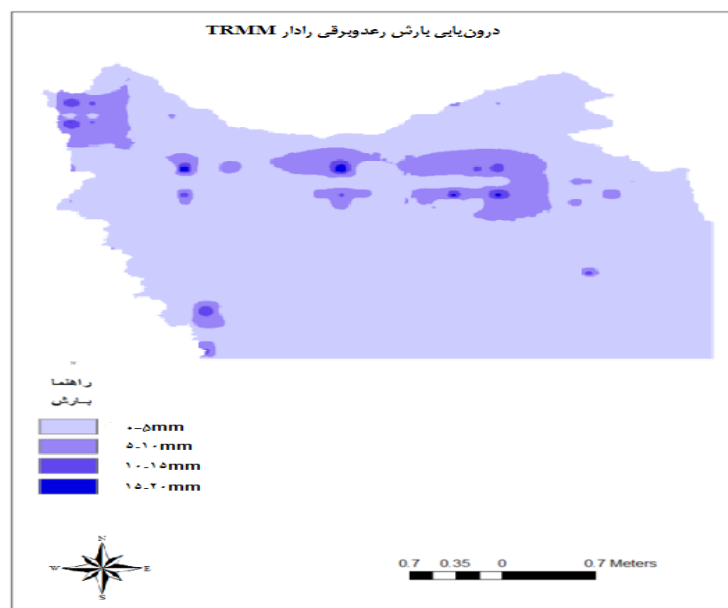
## یافته‌های پژوهش

### درون‌یابی داده‌های TRMM

محدوده مورد مطالعه در عرض جغرافیایی ۳۶ تا ۴۰ درجه واقع شده است. طول آن روی خط استوا ۱۱۱۳۲۰ متر است. این اندازه در ۳۶ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی به ترتیب ۸۷۴۰۰، ۸۶۲۰۰ و ۸۴۳۰۰ متر است. داده‌های ماهواره دارای تفکیک مکانی ۰/۲۴ درجه جغرافیایی است. تصاویر TRMM همراه با فایل رقومی آن سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ از سایت مربوط دانلود شد. پس از انتقال آن به محیط نرم‌افزار اکسل و تشکیل پایگاه داده برای آن، روزهای دارای بارش شدید مربوط به هر سال انتخاب شد. سپس، در محیط نرم‌افزار Arc Gis با استفاده از تابع IDW درون‌یابی شد.

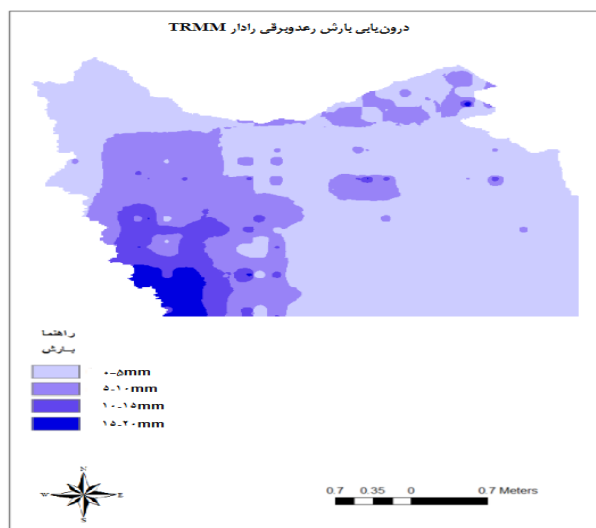


شکل ۳. تصویر درون‌یابی بارش رعدوبرقی رادار TRMM روز ۲۰۱۰/۰۶/۱۷



شکل ۴. تصویر درون‌یابی بارش رعدوبرقی رادار TRMM روز ۲۰۱۱/۰۵/۲۶

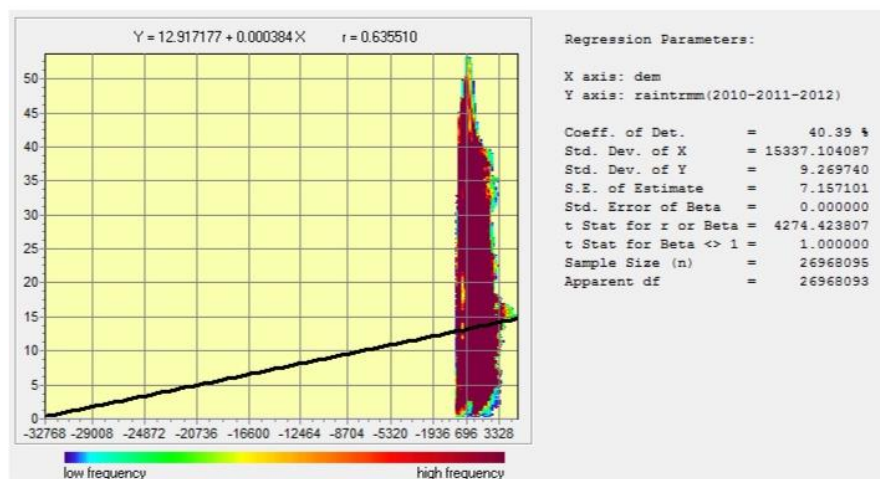




شکل ۵. تصویر درون‌یابی بارش رعدوبرقی رادار TRMM روز ۲۰۱۲/۰۴/۱۱

### مدل رگرسیونی نقشه‌های TRMM

منطقه شمال غرب یکی از مناطق پرباران کشورمان است که از مقدار بارش در مناطق مرتفع آن اطلاع دقیقی در دسترس نیست. در این تحقیق سعی می‌شود با استفاده از مدل رگرسیون خطی در محیط نرم‌افزار ادریسی با استفاده از نقشه‌های درون‌یابی TRMM، ارتباط بارش با ارتفاع (مدل ارتفاعی منطقه) در کوهستان‌های شمال غرب یافت شود. در این مدل ارتفاع متغیر مستقل و بارش رادار TRMM متغیر وابسته انتخاب شده است. از میانگین بارش نقشه‌های سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ بارش TRMM و متغیر وابسته استفاده شده است.



شکل ۶. مدل رگرسیون بارش ماهواره TRMM

$$R=0.63$$

ضریب همبستگی در تصویر فوق ۰/۶۳ و بیشتر از ۰/۵ است که نشان می‌دهد بارش ماهواره TRMM دارای

همبستگی مثبت است؛ یعنی، با افزایش ارتفاع، بارش نیز افزایش پیدا کرده است. مجموع مجدورات باقیمانده کوچک‌تر از مجموع مجدورات رگرسیون است که نشان‌دهنده این است که مدل قدرت تبیین‌گری بالایی دارد. مدل در سطح ۰/۹۹ معنادار است. آزمون T مدل، بیشتر از ۲/۳۳ است. در نتیجه، آزمون T مدل در سطح ۰/۹۹ معنادار است.

## بحث و نتیجه‌گیری

عنصر بارش یکی از عناصر پیچیده و حیاتی اتمسفر زمین است و تغییرات زمانی و مکانی آن ویژگی‌های محیطی هر ناحیه جغرافیایی را کنترل می‌کند. از این رو، بسیاری از اقلیم‌شناسان بارندگی را مهم‌ترین پدیده جوی و بارش‌های حاصل را اصلی‌ترین عنصر اقلیمی تلقی می‌کنند، چرا که فرایند بارش با سامانه‌های سینوپتیک جوی، تبدلات انرژی بین سطح زمین و هوا و اقیانوس مرتبط است (رسولی ۱۳۹۰).

برآورد مقدار بارش، در کشورهای در حال توسعه، به دلیل کاربردهای فراوان در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، صنعت و خدمات بسیار مهم است. این مسئله در کشور ما که فاقد شبکه منظم و متراکم ثبت بارش به‌خصوص در مناطق مرتفع است نیز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (مجرد و مرادی‌فر، ۱۳۸۲).

هدف اصلی پژوهش حاضر، مدل‌سازی تغییرات مکانی باران‌های ناشی از وقوع رعدوبرق از طریق تجزیه و تحلیل مشاهدات ماهواره TRMM در محدوده شمال غرب کشور بود.

در بررسی توزیع مکانی بارش‌های رعدوبرقی، پراکندگی بارش و ارتباط آن‌ها با مدل ارتفاعی منطقه مورد مطالعه اهمیت زیادی دارد. لذا، به داشتن ارتباط بین داده‌ها و مدل ارتفاعی پرداخته شد. طبق بررسی‌های انجام یافته مشاهده شد که بارش‌های رعدوبرقی در اواخر بهار و اوایل تابستان از شدت زیادی برخوردار است. همچنین، داده‌های ماهواره TRMM برخلاف انتظار از همبستگی زیادی نسبت با ارتفاع برخوردار است. همین‌طور بارش‌های تندری شمال غرب از عوارض فیزیوگرافیک نظیر ارتفاعات (سهند و سیلان و میشو) متأثر است. همچنین، رادار TRMM نتایج قابل قبولی از بارش‌های منتج از پدیده رعدوبرق ارائه می‌دهد، هر چند لازم است داده‌های نهایی کالیبره شوند. در مطالعات پیشین، بارش‌های رعدوبرقی از لحاظ پراکندگی مکانی مدل‌سازی شده‌اند. در این مقاله علاوه بر مطالعه توزیع مکانی بارش رعدوبرقی، ارتباط آن با ارتفاع و درصد همبستگی آن به میزان ۰/۶۳ مشخص شد.

## منابع

- جعفری‌پور، ا. (۱۳۸۱). مبانی اقلیم‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.
- جلالی، ا. (۱۳۸۵). تحلیل زمانی مکانی بارش‌های رعدوبرقی منطقه شمال غرب، پایان‌نامه دکتری، به راهنمایی علی‌اکبر رسولی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- جهانبخش س.؛ هادیانی، م.؛ رضایی‌بنفشه، م. و دین‌پژوه، ی. (۱۳۹۰). نقش شرایط توپوگرافی در برآورد گرادیان بارندگی طبقات ارتفاعی مناطق کوهستانی، مطالعه موردی دامنه شمالی البرز مرکزی، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، شماره ۲، ص ۱۵-۲۵.
- جهانبخش اصل، س. و ذوالفقاری، ح. (۱۳۸۱). بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۶۴-۶۳، ص ۲۳۴-۲۵۸.

- رسولی ع. (۱۳۹۰). مقدمه‌ای بر هواشناسی و اقلیم‌شناسی ماهواره‌ای، اداره چاپ و انتشارات دانشگاه تبریز.
- رسولی، ع.؛ بوداق جمالی، ج. و جلالی، ا. (۱۳۸۶). توزیع زمانی بارش‌های رعدوبرقی منطقه شمال غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای، شماره ۲۲، ص ۱۵۵-۱۷۱.
- ساری صراف، ب.؛ رجایی، ع.؛ مصری علمداری، پ. (۱۳۸۸). بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه‌های شرقی و غربی منطقه کوهستانی تالش، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۵، ص ۶۳-۸۴.
- عساکره، ج. و رزمی، ر. (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، ص ۱۳۷-۱۵۶.
- فرج‌زاده، م. (۱۳۸۸). تکنیک‌های اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.
- مجرد، ف.، مرادی‌فر، ح. (۱۳۸۲). مدلسازی بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس، نشریه مدرس، شماره ۲۹، ص ۱۶۳-۱۸۲.
- مسعودیان، ا. و کاویانی، م. (۱۳۸۷). اقلیم‌شناسی ایران، دانشگاه اصفهان.
- مطلب فائز، ر. (۱۳۸۶). مدلسازی توزیع مکانی بارش‌های رعدوبرقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شمال غرب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی علی‌اکبر رسولی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
- Bassist, A., Bell G.D. and Meentemeyer, V. (1994). **Statistical Relationship between Topography and Precipitation Pattern**. Journal of Climate.
- Brayant, E.A. (1991). **Natural Hazards**, Cambridge University Press, UK.
- Chuan, G.K. and Lockwood, J.G. (1974). **An Assessment of Rainfall in the Central Pennins**, Meteorological Magazine.
- Conrad, C. (1996). **Relationship between Precipitation Event Types and Topography in the Southern Blue Ridge Mountains of the Southeastern USA**, Int. J. Climatology, 16, 49-62.
- Gerard, H. Roe (2005). **Orographic precipitation**, Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle.
- Guillermo, A.; Baigorria, R. Q. and Consuelo, C. R. (2009). **Modeling the Spatial Distribution of Rainfall in Complex Terrains based on the Digital Mountain Wave Model**.
- Illesand, T.M. and Kiefer, P.W. (1994). **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley and Sons. Inc. USA.
- Johansson, B. and Chen, D. (2003). **The Influence of Wind and Topography on Precipitation Distribution in Sweden Statistical Analysis and Modeling**, Int. J. Climatology.
- Rasouli, A.A. (1996). **Temporal and Spatial Study of Thunderstorm Rainfall in the Greater Sydney Region**, PhD Thesis, Volongong University, Australia.