

## مدل سازی توزیع مکانی بارش‌های رعد و برقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برآورد آب قابل بارش، مورد مطالعه: شهرهای استان اردبیل

\*بهروز سبحانی<sup>۱</sup>، وحید صفریان زنگیر<sup>۲</sup>، رباب دیهم ساریخان<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۱۶

## Spatial Distribution Modeling of Lightning Precipitation Using Satellite Images and Estimation of Perceptible Water, Case Study: Cities of Ardebil Province

\*Behrooz Sobhani<sup>1</sup>, Vahid Safarian Zengir<sup>2</sup>, Robab Dyham Sarikhan<sup>3</sup>

1. Associate Professor Physical Geography Department, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Ph.D. Student, Physical Geography Department, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3. MA. Physical Geography Department, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 13/02/2018 Accepted: 09/09/2018

### Abstract

Thunderstorms rainfalls are a kind of unstable storms that are caused by an extremely strong abnormal state of atmospheric displacement and are one of the most important climatic phenomena in the northwest of the country. The aim of this study was to determine the spatial distribution of thunderstorms rainfalls in Ardabil province by using satellite images and Estimation of perceptible water. In this study, synoptic stations data, satellite imagery and MODIS bands 17 and 18 for Estimation of perceptible water were used. Images of thunderstorms rainfalls on 05.10.2010 and 18.06.2012 in ENVI4.4 software was processed and then they were interpolated in ArcGIS. Also, the results of interpolated field data revealed that the highest thunderstorms rainfalls are at Khalkhal station and lowest occurs in Meshkinshar station. In addition, thunderstorms rainfalls in the province in the spring and early summer lightning occurs. The results of the analysis of ground data and satellite imagery indicated this fact that the thunderstorms rainfalls derived from satellite imagery is far more accurate than data that obtained from the harvest of the earth. Also, maps of thunderstorms rainfalls can be extracted quickly and accurately, as well as using in the prediction of atmospheric hazards and optimal water resources planning in Ardabil province.

### Keywords

Spatial Distribution, Rainfall Thunderstorms, Satellite Images, Perceptible Water, Ardabil Province.

### چکیده

بارش‌های رعد و برقی نوعی از رگبارهای غیر پایدار هستند که با یک حالت غیرعادی فوق‌العاده قوی، از جابه‌جایی اتمسفر ایجاد می‌شوند و از پدیده‌های مهم آب و هوایی در شمال غرب کشور محسوب می‌شوند. هدف از این پژوهش بررسی توزیع مکانی بارش‌های رعد و برقی استان اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برآورد آب قابل بارش است. در این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین برای برآورد آب قابل بارش از باندهای ۱۷ و ۱۸ سنجیده مودیس استفاده شده است تصاویر بارش‌های رعد و برقی روزهای ۲۰۱۰/۵/۱۰ و ۲۰۱۲/۶/۱۸ در نرم‌افزار ENVI4.4 پردازش و سپس در محیط ArcGIS درون‌یابی گردید. همچنین نتایج درون‌یابی داده‌های زمینی نیز نشان داد که بیش‌ترین بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه خلخال، کم‌ترین آن در ایستگاه مشکین‌شهر رخ می‌دهد و بارش‌های رعد و برقی استان در فصل بهار و اوایل تابستان اتفاق می‌افتد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های زمینی و تصاویر ماهواره‌ای حاکی از این واقعیت است که بارش‌های رعد و برقی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای به مراتب دقیق‌تر از داده‌های حاصل از طریق برداشت‌های زمینی است و نیز می‌توان نقشه‌های بارش‌های رعد و برقی را با سرعت و دقت، استخراج و در روند پیش‌بینی‌های مخاطرات جوی و برنامه‌ریزی بهینه منابع آب در استان اردبیل به کار گرفت.

### واژگان کلیدی

توزیع مکانی، بارش‌های رعد و برقی، تصاویر ماهواره‌ای، آب قابل بارش، استان اردبیل.

## مقدمه

بارش های سنگین یکی از بلایای طبیعی می باشد که باعث ایجاد خسارت های هنگفتی می شود. شمال شرق ایران در بعضی اوقات تحت تأثیر بارش های شدید قرار گرفته می شود که در نهایت منجر به بروز سیل و در پی آن دچار خسارات مالی و حتی جانی می شود. بارش سنگین، بارشی است که کل بارش روزانه بیش تر از ۱۵ میلی متر ثبت شده باشد (احمدیان پور و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). بارش یکی از نامنظم ترین عناصر اقلیمی مناطق نیمه خشک محسوب می شود بخصوص این که شرایط خاص وقوع آن و بالاخص بارش های سنگین که اغلب منجر به سیل می شود (گل کار و محمدی، ۱۳۹۲: ۳۴).

توفان های تندی از مهم ترین، فراوان ترین و شدیدترین مخاطره های جوی هستند که هر ساله علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی موجب تلفات انسانی می شوند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۸). از میان ۴۵ بلایای طبیعی شناخته شده سیل از جمله ویرانگرترین آنهاست که خسارت و تلفات جانی فراوانی به بار می آورد (مسعودیان و کارساز، ۱۳۹۳: ۱). به طور کلی، بارش های سنگین از جمله آثار و شواهد ناهنجارهای اقلیمی است که کره ی زمین را با بحران های مختلف از جمله سیلاب های شدید، خسارت در بخش های مختلف حمل و نقل و مرگ های انسانی مواجه کرده است (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۴).

## مبانی نظری

مطالعات متعددی در زمینه بارش های رعد و برقی صورت گرفته شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می شود. کیا و همکاران (۲۰۰۵)، ساختار بارش رعدوبرق و تخلیه های آذرخش در حاشیه شمال شرق کینگ های فلات تبت مطالعه نمودند و نتیجه گرفتند که فعالیت آذرخش در بخش پایین و طوفان شدیدتر از بخش فوقانی است.

فنگ (۲۰۱۱)، شاخص آسیب رسانی طوفانی باد و تگرگ در استان شاندونگ چین را توسط رادار داپلر بررسی و چنین نتیجه گرفته است که سرعت باد در جلوی طوفان بیش تر از عقب آن است.

رامش و همکاران (۲۰۱۲)، تقابل خشکی - دریا در فعالیت آذرخش در جنوب شرقی آسیا را با استفاده از ردیاب ناپایدار نوری بررسی کردند.

زپکا و همکاران (۲۰۱۳)، نیز در پیش بینی آذرخش در جنوب شرقی

شرقی برزیل، از مدل WRF استفاده کردند و نتیجه گرفتند که مدل WRF بهترین مدل برای شناسایی آذرخش در مساحت بزرگ تر

است و مناسب ترین روش برای پیش بینی آذرخش است.

کاراجیندیس و همکاران (۲۰۱۶)، با استفاده داده ماهواره ای راداری رعدوبرق منطقه مینلند یونان را بررسی و به این نتیجه رسیدند که بیش ترین فراوانی وقوع رعدوبرق در محدوده ماه های می تا سپتامبر اتفاق می افتد.

نسترو (۲۰۱۳)، تحلیل حداکثر فرین بارش با استفاده از تصاویر ماهواره در غرب مدیترانه را بررسی و به این نتیجه رسیده است که پراکنندگی مکانی عامل ایجاد بارش های فرین در منطقه می باشد.

سن روی (۲۰۱۴)، در تحقیقی فعالیت طوفان های رعد و برقی و برقی را در جنوب آفریقا و تابستان در استرالیا می توان مشاهده می کرد.

ساینگ و همکاران (۲۰۱۳)، تغییر نوع بارش در اثر فعالیت های تابش خورشیدی و تأثیر ارتفاع به بارش رعد و برقی را در جنوب شرقی آسیا مطالعه کردند.

کولی آر و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از تصاویر ماهواره ای نواحی که مناسب برای رعد و برقی و برقی بودند را در امریکای جنوبی مطالعه و به این نتیجه رسیدند که عامل توپوگرافی نقش مؤثر در ایجاد رعدوبرق دارد.

گوپالاکریشن و همکاران (۲۰۱۱)، مشخصات الکتریکی رعدوبرق ها را در بخش شرقی هند بررسی و به این نتیجه رسیدند که بیش ترین رعدوبرق ها در این ناحیه دارای ساختار بار دوقطبی مثبت هستند.

پترو و همکاران (۲۰۱۲)، فعالیت آذرخش فصل تابستان را در مدیترانه در طی تابستان سال ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که رعدوبرق در نواحی قاره ای و ساحلی در ساعت های بعد از ظهر در نواحی دریایی در ساعت های صبح اتفاق می افتد.

شارما و همکاران (۲۰۱۰)، فعالیت های آذرخش دو موقعیت جغرافیایی گرمسیر مثل سریلانکا و سودان را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که فعالیت های آذرخش برای هر موقعیت منحصر به فرد می باشند.

وی یو و همکاران (۲۰۱۴)، بهره برداری از رادارهای باند پهن Ku برای مشاهده هرچه بهتر مناطق رعد و برقی؛ یوشیکاوا و همکاران (۲۰۱۲)، بررسی ویژگی های انتشار محدود رعدوبرق؛ یوشیدا و همکاران (۲۰۱۲)، بررسی ویژگی های رعدوبرق در شمال چین و برآورد تخلیه انرژی آن، لو و همکاران (۲۰۱۳)، لیو و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه ویژگی رعدوبرق در طول فصل موسمی، بررسی نقش ذرات معلق در ایجاد رعدوبرق در منطقه مدیترانه، مکلا و همکاران (۲۰۱۴) و پرواستاکیس (۲۰۱۶) از جمله تحقیقاتی می باشند که در مورد بارش های رعد و برقی و برقی انجام شدند.

(۱۳۸۶). ایرانیان و همکاران (۱۳۹۴)، بر اساس مطالعه‌ای که انجام دادند، این نتیجه را گرفتند که در ایستگاه نوزه همدان به صورت همدید توفان تندی به همراه بارش رگباری رخ می‌دهد. دیهم (۱۳۹۳)، اقلیم داده‌های بارش‌های رعد و برقی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی و به این نتیجه رسید که بارش‌های رعد و برقی و برقی با الگوی فشار در سطح زمین و سطح بالای جو در ارتباط هستند و بارش‌های رعد و برقی در استان اردبیل علی‌رغم ایجاد بارندگی از مخاطرات جوی محسوب می‌شود. با توجه به بررسی پیشینه پژوهش، در این تحقیق تلاش گردید برای رسیدن به اهداف پژوهش از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و تصویر ماهواره استفاده کند.

### روش تحقیق

الف. بارش: بارش‌های رعد و برقی و برقی استان از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ از ایستگاه‌های سینوپتیک استان تهیه گردید و کدهای مربوط به بارش‌های رعد و برقی در جدول ۱، نشان داده شده است.

مطلب فائد (۱۳۸۶)، نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مدل‌سازی بارش‌های رعد و برقی شمال غرب ایران انجام داده است. جلالی و جهانی (۱۳۸۷)، پراکنش مکانی بارش‌های تندی شمال غرب ایران را با استفاده از توزیع گاما در مقیاس سالانه و فصلی مورد بررسی قرار دادند و بر اساس مطالعه آن‌ها از غرب به شرق و از جنوب غرب به شمال شرق منطقه مورد مطالعه از میزان فعالیت سامانه‌های تندی کاسته می‌شود. فرهادی و همکاران (۱۳۹۳)، صعود رطوبت از دریای سرخ و دریای مدیترانه را عامل بارش زاگرس جنوبی در تابستان می‌دانند و این موضوع را بیان می‌کنند که ویژگی‌های توپوگرافی و جغرافیایی، میزان بارش را در برخی مناطق افزایش و در بعضی مناطق کاهش می‌دهند.

ساری صراف و همکاران (۱۳۸۸)، 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) و مهم‌ترین علل وقوع بارش‌های رگباری در جنوب ارس را ناپایداری‌های محلی در فصل گرم و ورود جبهه سرد در فصل سرد تشخیص دادند (خوشحال و قویدل،

جدول ۱. جزئیات کدهای هوای مربوط به وقوع بارش‌های رعد و برقی

کد	شرح	کد	شرح
۱۳	زمانی که برق دیده شده ولی صدای رعد به گوش نرسد	۹۶	رعدوبرق ملایم یا متوسط توأم با تگرگ، در زمان دیدبانی
۱۷	رعدوبرق بدون بارندگی در ساعات دیدبانی	۹۷	رعدوبرق شدید توأم با باران یا برف و یا مخلوط برف و باران
۹۳	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ ملایم توأم با رعدوبرق در ساعت گذشته زمان دیدبانی	۹۸	رعدوبرق توأم با گردوخاک یا طوفان شن در هنگام دیدبانی
۹۴	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ متوسط و یا شدید توأم با رعدوبرق در ساعت گذشته زمان دیدبانی	۹۹	رعدوبرق شدید توأم با تگرگ در زمان دیدبانی
۹۵	رعدوبرق ملایم یا متوسط با باران یا برف و یا مخلوط برف و باران در وقت دیدبانی بدون تگرگ		

ب. محاسبه آب قابل بارش: توسط سنجنده MODIS مربوط به روزهای بارش رعد و برقی از سایت <sup>۱</sup> ladsweb دانلود شد.

ج. درون‌یابی داده‌ها: به وسیله نرم‌افزار ArcGIS برای نشان دادن چگونگی توزیع بارش‌های رعد و برقی در سطح استان اردبیل از روش (IDW) استفاده شده است.

$$\tau_{\omega} = (0.02 - (\text{LOG}(\text{Transparency})/0.65)) \cdot 2 \\ ((0.02) - (\text{alog}_{10}(b1)/0.65)) \cdot 2$$

د. نرم‌افزار ENVI4.4: از این نرم‌افزار جهت پردازش و آماده‌سازی تصاویر مودیس استفاده شده است. با استفاده از

رابطه ۱. استخراج آب قابل بارش

<sup>۱</sup> <http://ladsweb.nascom.gov>

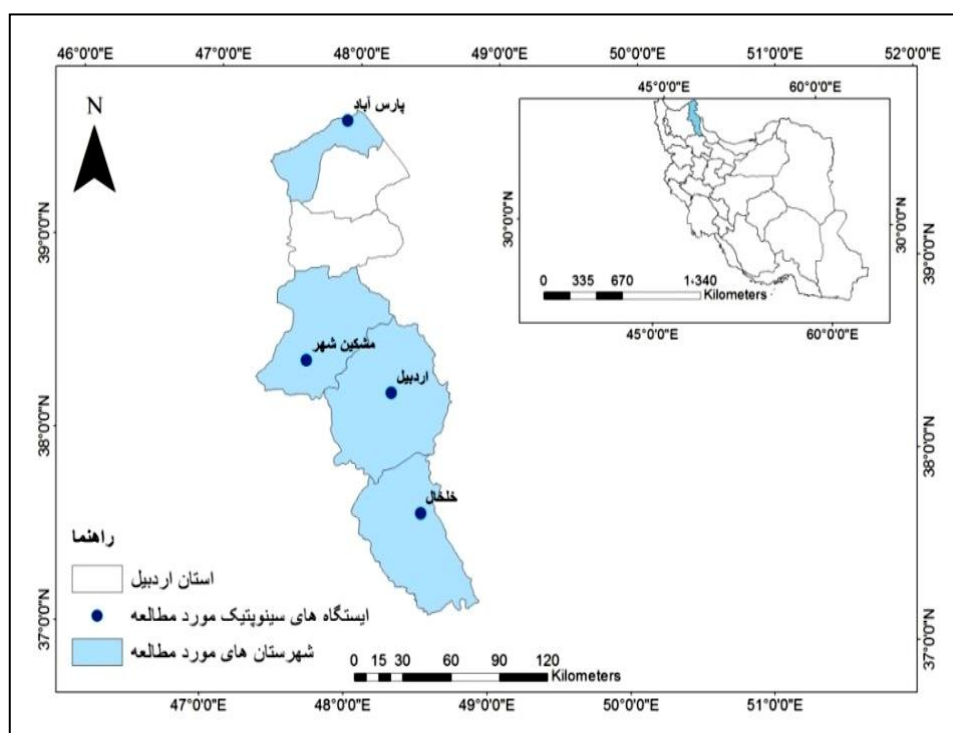
## محدوده مورد مطالعه

خزر در شرق استان بر شرایط دمایی و رطوبتی آن اثر می کند و موجب تعدیل آب و هوا در آن مناطق می شود. با عنایت به این که استان از دویخش کوهستانی سرد و جلگه های معتدل تشکیل شده و به تبع عوامل طبیعی و جغرافیایی، دارای تنوعات اقلیمی قابل توجه است. ویژگی سردی که ناشی از تأثیر توده های هوای سرد شمالی، ارتفاع و عرض جغرافیائی است، صفت مشترک اقلیم های گوناگون استان گردیده و حتی در پست ترین نقاط استان که دارای اقلیم معتدل هست به طور متوسط در حدود ۶۰ روز از سال دارای شرایط یخبندان بوده و سردی هوا بر تمامی استان و کلیه اقلیم ها کم و بیش تأثیر می گذارد (جدول ۲).

استان اردبیل در شمال غرب ایران حدود ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع مساحت دارد. موقعیت آن در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و در طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی قرار دارد. از شمال با جمهوری آذربایجان و از شرق با استان گیلان و از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان آذربایجان شرقی همسایه است (شکل ۱). این استان در فصل های سرد سال تحت تأثیر توده های مهاجر از شمال، شمال غرب و غرب قرار می گیرد. در فصل تابستان نیز گاهی سیستم های کم فشار باران زایی نیز تأثیر گذاشته و بارندگی های تابستانه را در این مناطق باعث می گردد بخش هایی از استان تحت تأثیر اقلیم خزری قرار داشته و دریایی

جدول ۲. مختصات جغرافیایی ایستگاه های سینوپتیک

ردیف	ایستگاه ها	طول			عرض			ارتفاع (m)
		ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه	
۱	اردبیل	۰۲	۱۷	۴۸	۵۱	۱۵	۳۸	۱۳۶۵
۲	پارس آباد	۱۸	۵۵	۴۷	۰۸	۳۹	۳۹	۷۵
۳	خلخال	۵۹	۳۰	۴۸	۰۸	۳۸	۳۷	۱۷۹۶
۴	مشکین شهر	۲۵	۴۰	۴۷	۰۰	۲۳	۳۸	۱۵۶۸



شکل ۱. موقعیت ایستگاه های هواشناسی استان اردبیل

## یافته‌ها

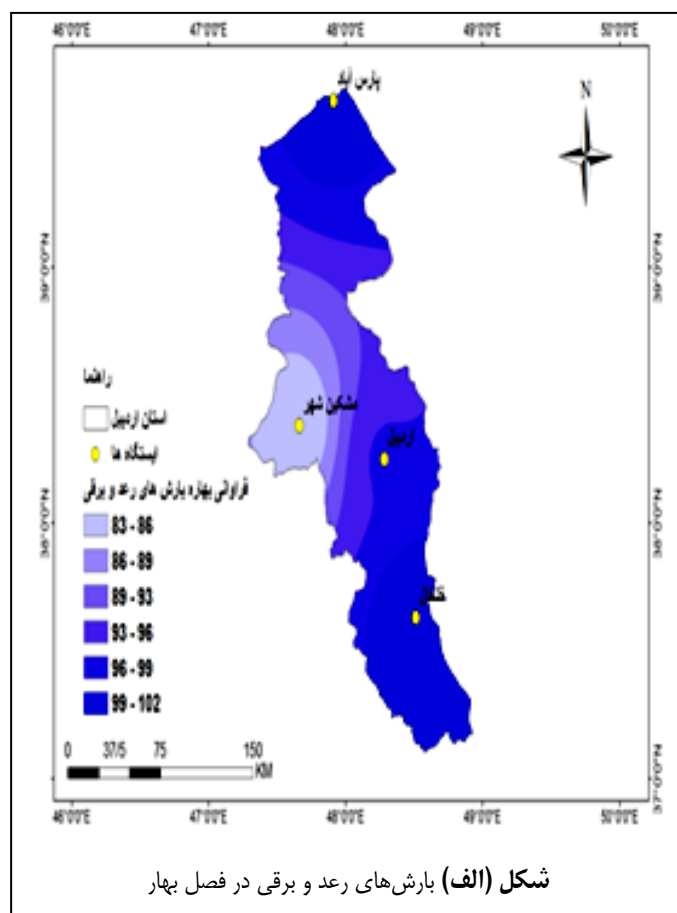
### درون‌یابی بارش‌های رعد و برقی

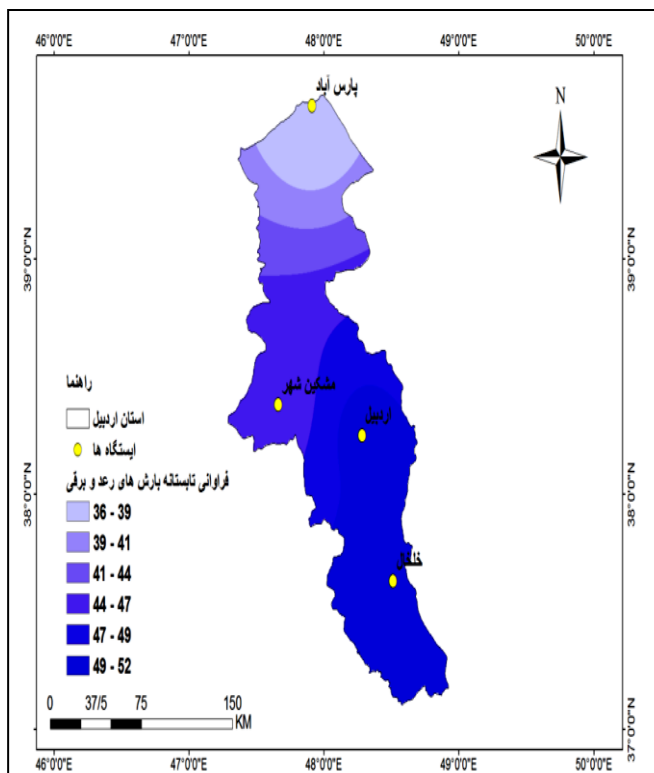
عنصر بارش یکی از عناصر پیچیده و حیاتی اتمسفر زمین است و تغییرات زمانی و مکانی آن ویژگی‌های محیطی هر ناحیه جغرافیایی را کنترل می‌کند (لیو و همکاران، ۲۰۱۳). در این تحقیق با استفاده از داده‌های بارش ایستگاه‌های استان، مقادیر بارش فصلی تهیه گردید (اشکال ۲ تا ۵). نتایج حاصل از تحلیل مقادیر بارش ایستگاه‌ها بیانگر آن است که بارش شدید رعد و برقی در استان اردبیل، در نیمه فصل بهار و اوایل تابستان رخ داده است و اردیبهشت از ماه‌های پر بارش در استان اردبیل است که همراه با سیستم‌های فعال و پر بارش می‌باشد. فراوانی بارش‌های رعد و برقی بهاره استان اردبیل در شکل (۲- الف) نشان داده شده است که بیش‌ترین فراوانی بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه خلخال و

پارس‌آباد و کم‌ترین بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه مشکین‌شهر اتفاق افتاده است. در شکل (۲- ب) فراوانی بارش‌های رعد و برقی تابستانه در استان اردبیل نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه‌های خلخال و اردبیل و کم‌ترین بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه پارس‌آباد رخ داده است.

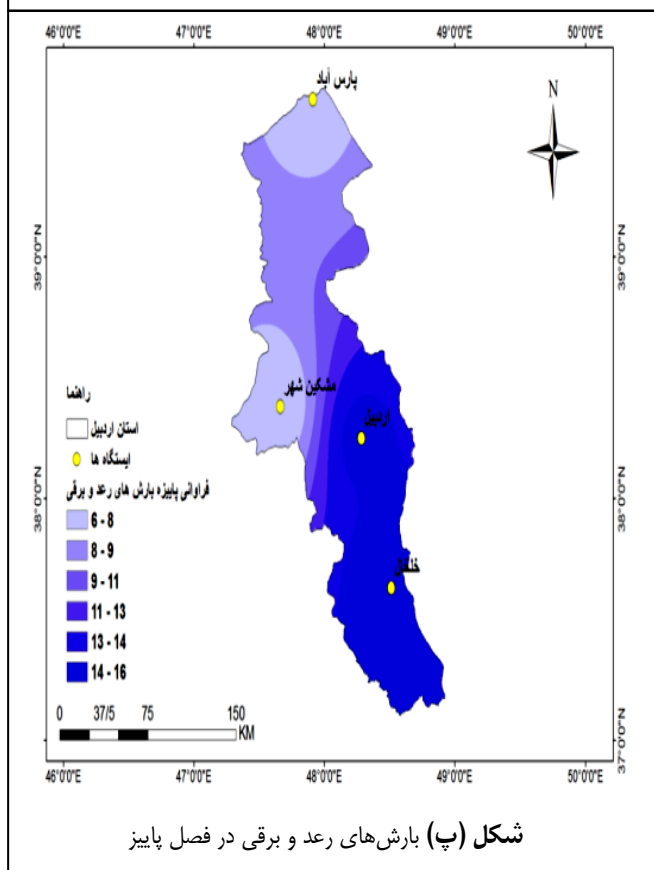
شکل (۲- پ) فراوانی بارش‌های رعد و برقی پاییزه استان اردبیل را نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه خلخال و اردبیل و کم‌ترین بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه پارس‌آباد و مشکین‌شهر رخ داده است.

شکل (۲- ت) فراوانی بارش‌های رعد و برقی زمستانه استان اردبیل را نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه خلخال و کم‌ترین بارش‌های رعد و برقی در ایستگاه اردبیل، پارس‌آباد و مشکین‌شهر اتفاق افتاده است.

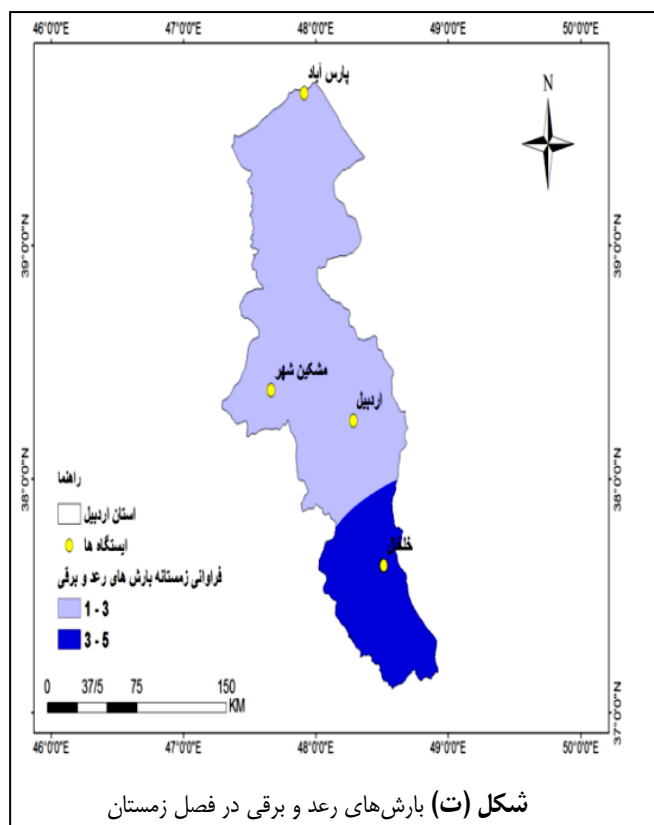




شکل (ب) بارش های رعد و برقی در فصل تابستان



شکل (پ) بارش های رعد و برقی در فصل پاییز



شکل ۲. درون‌یابی بارش‌های رعد و برقی در چهار فصل استان اردبیل

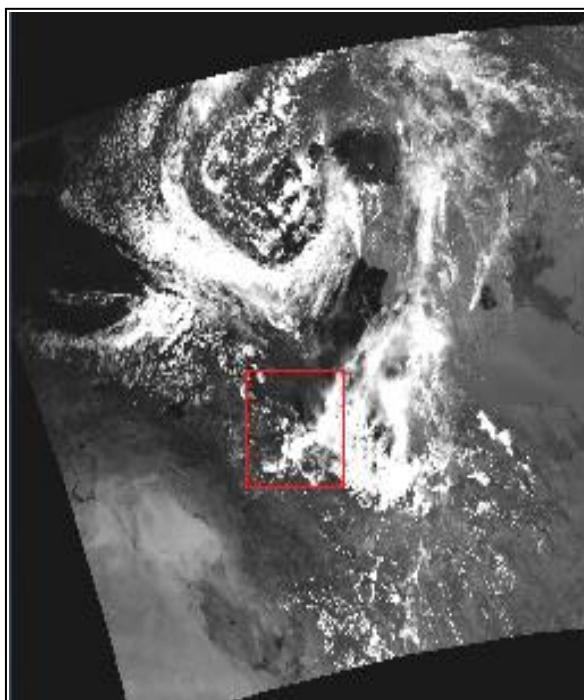
### برآورد آب قابل بارش

برای برآورد آب قابل بارش از تصویر سنجنده مودیس، ابتدا تصاویر ماهواره آکوا، سنجنده مودیس و سطح یک از سایت مربوط داندود گردید. در بازه زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۲ تنها دو روز وجود داشت که بارش‌های رعد و برقی در همه ایستگاه‌ها مشترک بود انتخاب شد. تصاویر مربوط به روزهای ۲۰۱۰/۵/۱۰ و ۲۰۱۲/۶/۱۸ اخذ شد و برای پردازش وارد نرم‌افزار ENVI شد (شکل‌های ۳- الف- ب).

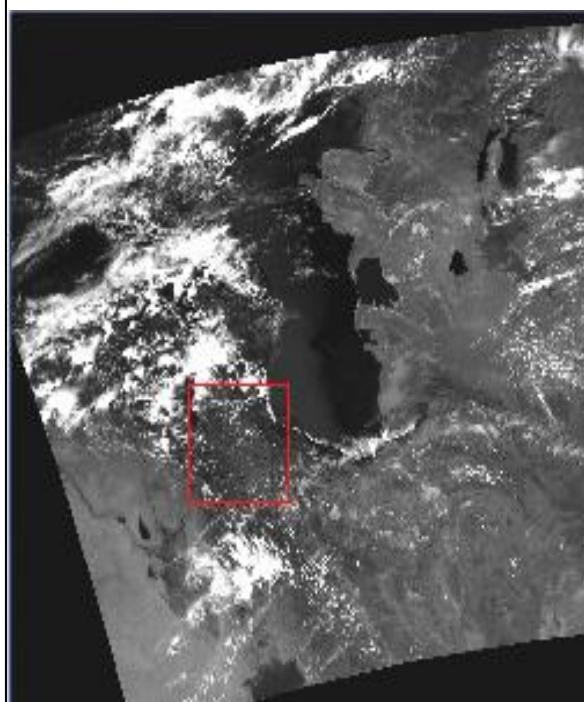
**مرحله اول.** فراخوانی نرم‌افزار و load کردن تصاویر موردنظر و ژئورفرنس کردن تصاویر در نرم‌افزار ENVI.

**مرحله دوم.** محاسبه فرمول مربوطه در Band Math، برای محاسبه Transparency باند جذبی (۱۷ و ۱۸) بر باند عبوری (باند ۲) تقسیم گردید. تصاویر خروجی حاصل از مرحله دوم (تصاویر خروجی از باند ۱۷ و ۱۸) در (شکل‌های ۳- پ- ت) نشان داده شد.

**مرحله سوم.** محاسبه بخارآب بر اساس رابطه (۱) انجام شد و (شکل‌های ۳- ث- ج) حاصل گردید.

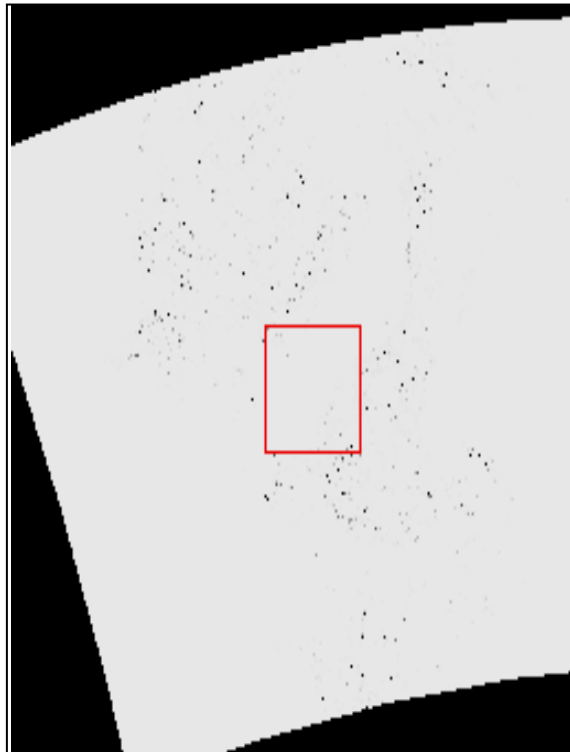


شکل (الف) تصاویرسنجنده MODIS سال ۲۰۱۲/۶/۱۸

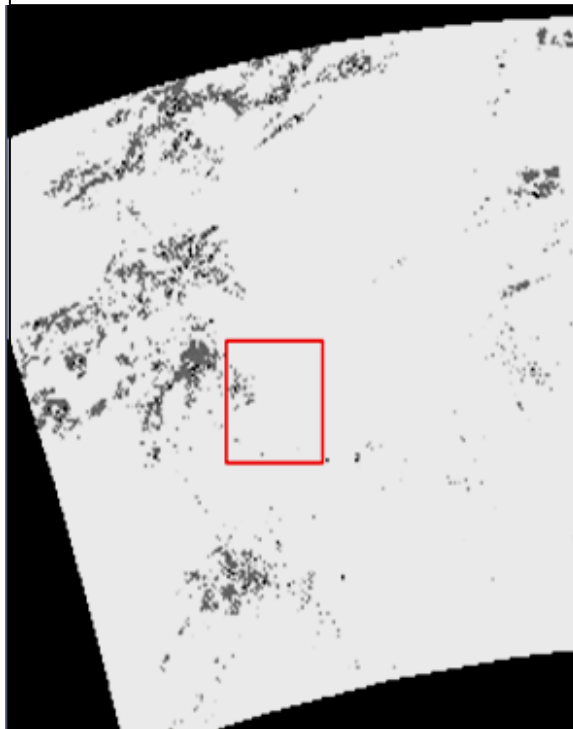


شکل (ب) تصاویرسنجنده MODIS سال ۲۰۱۰/۵/۱۰

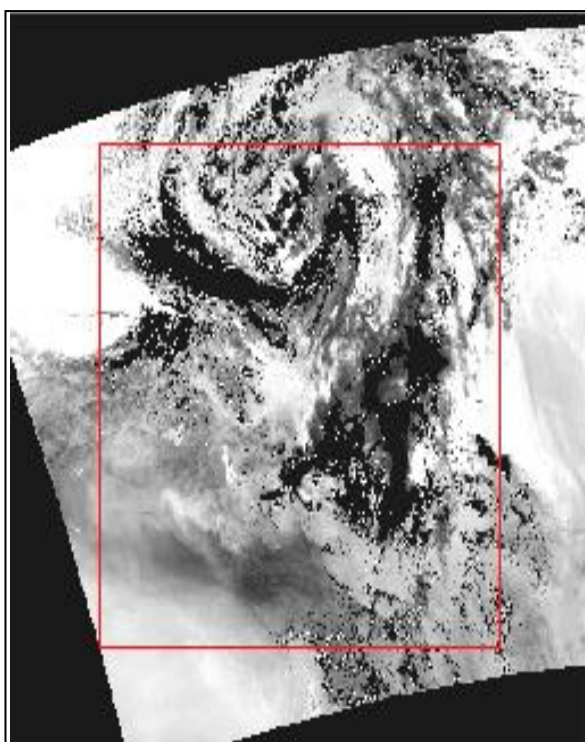




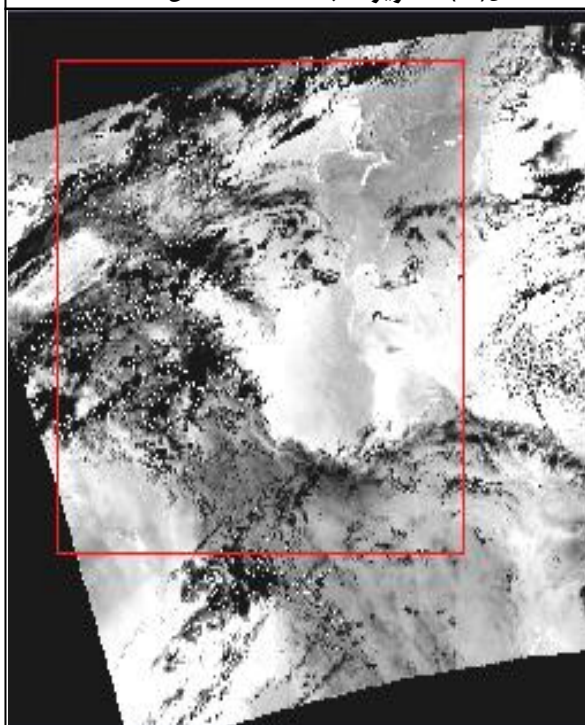
شکل (پ) تصاویر سنجنده MODIS سال ۲۰۱۲/۶/۱۸



شکل (ت) تصاویر سنجنده MODIS سال ۲۰۱۰/۵/۱۰



شکل (ث) تصاویر سنجنده MODIS سال ۲۰۱۲/۶/۱۸



شکل (ج) تصاویر سنجنده MODIS سال ۲۰۱۰/۵/۱۰

شکل ۳. شکل‌های استفاده‌شده در نرم‌افزار ENVI برای برآورد آب قابل بارش و خروجی حاصل از آن

چند هسته بارش با مقادیر کم در ایستگاه اردبیل و مشکین‌شهر می‌باشد.

بیش‌ترین بارش در این ساعت در ایستگاه پارس‌آباد و خلخال اتفاق افتاده است که ۳ میلی‌متر می‌باشد. شکل ۴- ب، توزیع بارشی رعد و برقی ثبت‌شده در روز ۱۸ ماه ژوئن سال ۲۰۱۲ در ساعت ۴۵: ۹ به وقت گرینویچ را نشان می‌دهد و این مدل نشان‌دهنده استقرار یک مرکز بارش شدید در ایستگاه پارس‌آباد و مشکین‌شهر و اردبیل است و هسته‌های بارش با مقادیر کم در ایستگاه خلخال می‌باشد.

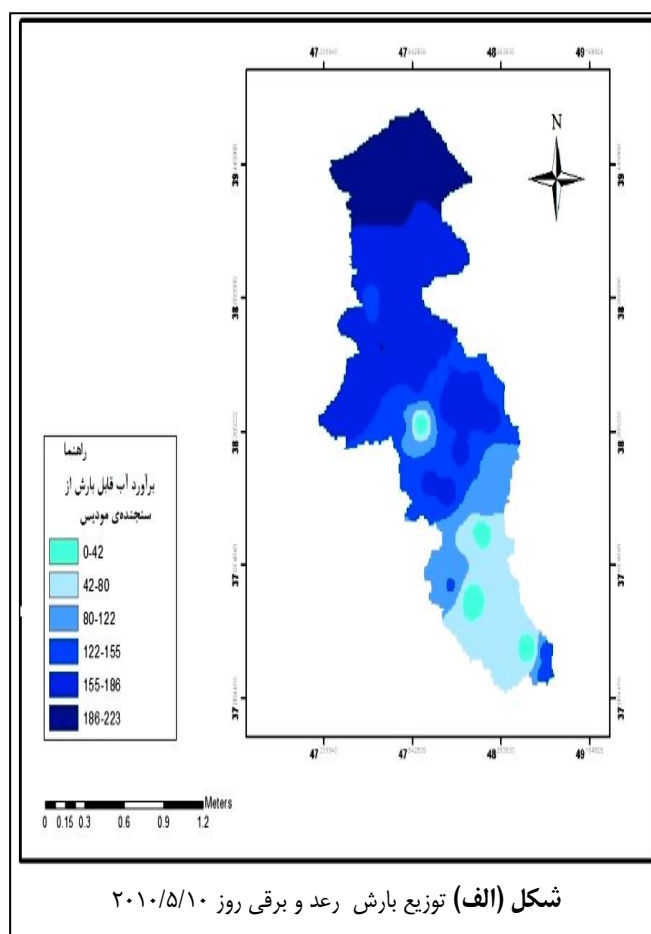
بیش‌ترین بارش در این ساعت در ایستگاه پارس‌آباد اتفاق افتاده که ۶ میلی‌متر است و در همین راستا، اشاره به این نکته لازم است که این تصاویر در یک ساعت مشخص از سنجنده گرفته‌شده است و چه‌بسا در ساعت‌های دیگر مقدار بارش‌ها در ایستگاه‌ها متفاوت می‌باشد.

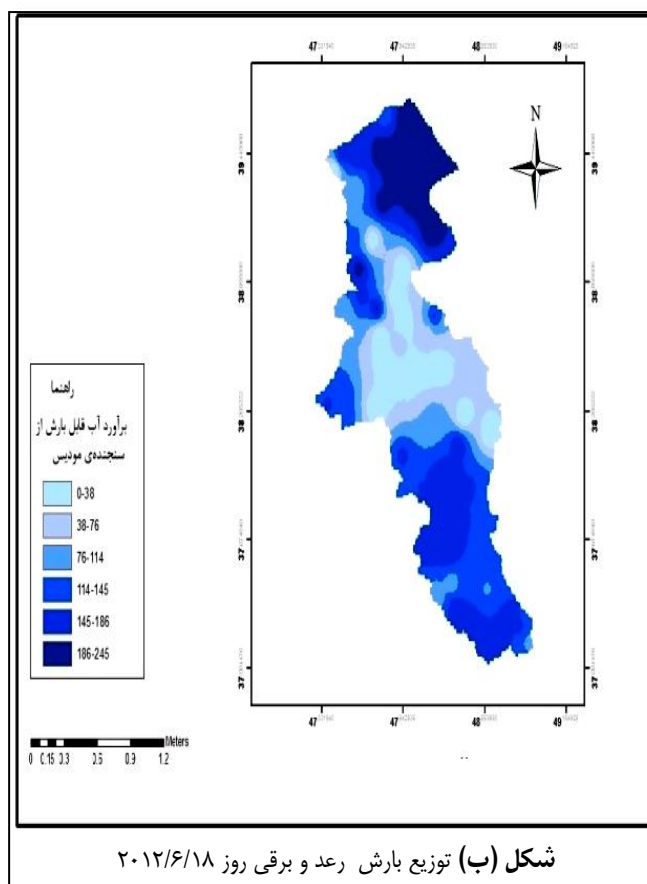
بعد از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار ENVI، برای استحصال آب قابل بارش تصاویر به محیط نرم‌افزار ArcGIS منتقل شد و با استفاده از تابع Spatial Analysts نقاط دارای بارش استخراج شد.

### تصاویر درون‌یابی شده از سنجنده مودیس

در مرحله بعدی، باهدف نمایش تغییرات مکانی بارش‌های رعد و برقی اطلاعات ثبت‌شده توسط سنجنده مودیس برای روزهای ۲۰۱۰/۵/۱۰ و روز ۲۰۱۲/۶/۱۸ اخذ و مورد پردازش قرار گرفت و این تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ArcGIS درون‌یابی و در محدوده استان اردبیل شبیه‌سازی شدند.

هدف از انتخاب این دو روز این است که معلوم شود آیا داده‌های ماهواره‌ای با داده‌های زمینی مطابقت دارد؟ شکل ۴-الف، توزیع بارشی رعد و برقی ثبت‌شده در روز ۱۰ ماه می سال ۲۰۱۰ در ساعت ۹ به وقت گرینویچ را نشان می‌دهد و این مدل نشان‌دهنده استقرار یک مرکز بارش شدید در ایستگاه پارس‌آباد و خلخال است و





شکل ۴. تصاویر درون‌یابی شده از سنجنده مودیس

### 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، چراکه فرایند بارش با سامانه‌های سینوپتیک جوی، تبادلات 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 مترکبم ثبت بارش به‌خصوص در مناطق مرتفع است نیز اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کنند (مجرد و مرادی فر، ۱۳۸۲).

استان اردبیل از جمله مناطقی است که به دلیل وقوع توفان‌های شدید، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی

ممکن است سبب تلفات انسانی نیز شوند. بنابراین، شناخت سازوکار تشکیل، توسعه و پیش‌بینی رخداد توفان تندی و پدیده‌های ناشی از آن مانند تگرگ، بارش سنگین و سیل‌آسا، صاعقه و باد شدید، می‌توانند کمک فراوانی را در جهت کاهش خسارت این توفان فراهم کنند.

هدف این پژوهش، مدل‌سازی تغییرات مکانی بارش‌های ناشی از وقوع رعدوبرق از طریق تجزیه و تحلیل مشاهدات ایستگاه‌های سینوپتیک و سنجنده مودیس می‌باشد که نتایج آن به شرح زیر است:

۱. بارش‌های رعد و برقی در اواخر بهار و اوایل تابستان، از شدت زیادی برخوردار است که رسولی (۱۳۸۴: ۲۵) توزیع زمانی بارش‌های رعد و برقی را در محدوده شهر تبریز مورد بررسی قرارداد و احتمال وقوع این نوع بارش‌ها را در فصول بهار و تابستان به اثبات رساند؛

(Athanasios et al, 2016: 57-69)، مطالعه مناطق رعدوبرقی و علل آن در شبه‌جزیره هند و چین (Devendra et al, 2015: 1058-1103) و بررسی مناطق رعد و برقی در آسیا (Tomoo et al, 20158: 89-102) اشاره کرد. در این تحقیق، به‌منظور تهیه نقشه‌های بارش‌های رعد و برقی با توجه به تعداد و محدوده طیفی باندهای این سنجنده از باند ۱۷ و ۱۸ این سنجنده به منظور برآورد آب قابل بارش حاصل از بارش‌های رعد و برقی استفاده شده است؛

۵. نتایج نهائی نشان می‌دهد که بارش‌های رعد و برقی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای به‌مراتب دقیق‌تر از داده‌های حاصل از طریق برداشت‌های زمینی می‌باشد و نیز می‌توان نقشه‌های بارش‌های رعد و برقی را با سرعت و دقت استخراج و در روند برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب در استان اردبیل با اطمینان به کار گرفت.

۲. بیش‌تر بارش‌های رعد و برقی در استان اردبیل در ایستگاه خلخال و کم‌ترین بارش‌ها به ایستگاه مشکین‌شهر تعلق دارد؛

۳. داده‌های حاصل از تصاویر مودیس با داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک زمینی تطابق دارد؛

۴. داده‌های سنجنده مودیس به‌منظور بررسی پارامترهای هیدرولوژی از جمله بارش‌های رعد و برقی بسیار مناسب می‌باشد، از آن جهت که دارا بودن قدرت تفکیک مناسب (زمانی، طیفی، رادیو متریک و مکانی) بر مزیت این نوع داده‌ها افزوده است. همچنین، در مطالعات دیگر، برآورد آب قابل بارش و استخراج نقشه‌های بارش تصاویر حاصل از سنجنده مودیس مورد پردازش قرار می‌گیرد. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه مناطق رعد و برقی با استفاده از تصاویر مادون قرمز ماهواره و متئورست

## منابع

۱. ایرانپور، فخرالدین، یزدان پناه، حجت‌الله، حنفی، علی (۱۳۹۴)، تحلیل ترمودینامیکی توفان تندر در ایستگاه‌های هواشناسی استان همدان، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۳: ۱۱۵-۱۳۱.
۲. احمدی، محمود، قویدل، رحیمی، جا نثاری، محدثه (۱۳۹۴)، تحلیل زمانی - مکانی سالانه توفان‌های تندر استان تهران، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، شماره ۲۸: ۸۷-۱۰۰.
۳. احمدیان پور، محسن، علیجانی، بهلول، صادقی، علیرضا (۱۳۸۹)، شناسایی الگوهای هم‌مدیدی بارش‌های شدید شمال شرق ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱: ۱۶-۱.
۴. جلالی، ارو، جهانی، محمود (۱۳۸۷)، بررسی پراکنش مکانی بارش‌های تندر شمال غرب ایران، مجله فضایی جغرافیایی، شماره ۲۳: ۵۸-۳۵.
۵. جهان‌بخش‌اصل، سعید، رضایی بنفشه، مجید، پژوه، یعقوب (۱۳۹۰)، نقش توپوگرافی در برآورد گرادیان بارندگی طبقات ارتفاعی مناطق کوهستانی، مطالعه موردی دامنه شمالی البرز مرکزی، فصل‌نامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۲: ۱۵-۲۵.
۶. خوشحال دستجردی، جواد، قویدل، یوسف (۱۳۸۶)، شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی منطقه شمال غرب ایران (نمونه مطالعاتی: خطر توفان‌های تندر)، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، شماره ۵۳: ۱۱۱-۱۱۵.
۷. خورشیددوست، علی‌محمد، رسولی، علی‌اکبر، سلاجقه، علی، نساجی زواره، مجتبی (۱۳۹۵)، ارزیابی همگنی سری‌های زمانی دمای بیشینه و کمینه سالانه و فصلی (مطالعه موردی ناحیه خزر)، مجلات تخصصی نور، شماره ۵۷: ۱۴۹-۱۳۳.
۸. دیهم، رباب (۱۳۹۳)، مدل‌سازی توزیع مکانی بارش‌های رعدوبرقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در استان اردبیل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب و هواشناسی گرایش ماهواره‌ای، راهنمای بهروز سبحانی، دانشگاه محقق اردبیلی.
۹. رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۴)، مدل‌سازی بارش‌های رعد و برقی محدوده شهر تبریز از دیدگاه ریسک وقوع سیلاب، کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی، ۷-۵ مهر، دانشگاه تبریز، ۱۱۹-۱۲۵.
۱۰. رسولی، علی‌اکبر، نصیری، سحر، ولی زاده، کامران (۱۳۹۰)، مدل‌سازی توزیع مکانی بارش‌های رعد و برقی در مناطق کوهستانی شمال غرب سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴۰: ۴۱۷-۴۰۷.
۱۱. ساری‌صراف، بهروز، رجایی، عبدالحمید، مصری، پری‌چهر (۱۳۸۸)، بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه شرقی و غربی منطقه کوهستانی طالش، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۵: ۶۳-۸۴.
۱۲. گل‌کار، محمد، محمدی، حسین (۱۳۹۲)، بارش‌های شدید خراسان جنوبی، فصل‌نامه جغرافیایی سرزمین، ۳۷: ۵۴-۳۳.
۱۳. فرهادی، نصرت، گندم‌کار، امیر، عساکره، حسین، منظر، مجید (۱۳۹۳)، تحلیل شرایط جوی توأم با بارش‌های تابستانه در زاگرس جنوبی مطالعه موردی: بارش ۱۲-۶ سپتامبر ۲۰۰۸، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴: ۲۲۸-۲۱۵.
۱۴. مطلب‌فاند، رضا (۱۳۸۶)، مدل‌سازی توزیع مکانی بارش‌های رعد و برقی و برقی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شمال غرب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی علی‌اکبر رسولی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.
۱۵. مجرد، فیروز، مرادی فر، حاجی‌مراد (۱۳۸۲)، مدل‌سازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس، سپهر، شماره ۲: ۲۰-۱.
۱۶. مسعودیان، ابوالفضل، کارساز، سکینه (۱۳۹۲)، تحلیل هم‌مدیدی الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی،

جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷: ۲۸-۱۵.

17. Athanasios, K. Konstantinos, L. Vassiliki, K. (2016), *The use of lightning data and Meteosat infrared imagery for the nowcasting of lightning activity*. Atmospheric Research. 168: 57-69.
18. Collier, A.B., Urgesser, R.E.B., Vila, E.E.A. (2013), *Suitable regions for assessing long term trends in lightning activity*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 92: 100-104.
19. Devendraa Siingh, P. S. Buchunde, H. (2015), *Lightning and convective rain over Indian peninsula and Indo-China peninsula*. Advances in Space Research 55 : 1085 - 1103
20. Feng, G. Hu, X. (2011), *Analysis of Lightning Characteristics in a Thunderstorm with Gust*. Earth and Planetary Science 2: 205 - 211.
21. Gopalakrishnan, V. Pawar, S D. Murugavel, P. Johare, K. (2011), *Electrical characteristics of thunderstorms in the Eastern part of India*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 411: 1786-1882.
22. Karagiannidis, A. Lagouvardos, K. Kotroni, V. (2016), *The use of lightning data and Meteosat infrared imagery for the nowcasting of lightning activity*. Atmospheric Research 168: 57-69.
23. Liu, D. Qie, X. Pan, L. Peng, L. (2013), *Some characteristics of lightning activity and radiation source distribution in a squall line over north China*. Atmosphere Reserch 133: 423-433.
24. Lü, F. Zhu, B. Zhou, H. Rakov, V.A. Xu, W. Qin, Z. (2013), *Observations of compact intracloud lightning discharges in the northernmost region of China*. Journal Geophysic Reserch Atmospher 118, 4458-4465.
25. Makela, A. Shrestha, R. Karki, R. (2014), *Thunderstorm characteristics in Nepal during the pre-monsoon season 2012*. Atmospher Reserch. 137: 91-99
26. INastos, P.T. Kapsomenakis, J. Douvis, K.C. (2013), *Analysis of precipitation extremes based on satellite and high-resolution gridded data set over Mediterranean basin*. Atmospheric Research 131, 46-59.
27. Petrova, S. Mitzeva, R. Kotroni, V. (2012), *Summer-time lightning activity and its relation with precipitation: Diurnal variation over maritime, coastal and continental areas*. Atmospheric Research 152, 2-9.
28. Proestakis, S. Kazadzis, K. Lagouvardos, V. Kotroni.A. (2016), *Lightning activity and aerosols in the Mediterranean region*. Atmospheric Research 170: 66-75.
29. Qiea, X. Konga, X. Zhanga, G. Zhanga, T. Yuana, T. Zhoua Y. Zhanga, Y. Wanga, H. Sunb, A. (2005), *The possible charge structure of thunderstorm and lightning discharges in northeastern verge of Qinghai-Tibetan Plateau*. Atmospheric Research 76:231-246.
30. Ramesh, Kuma, P. Kamra, A.K. (2012), *Land-sea contrast in lightning activity over the sea and peninsular regions of South/Southeast Asia*. Atmospheric Research 118: 52-67.
31. Sen Roy, S. Balling, Jr, R.C. (2014), *Spatial patterns of diurnal lightning activity in southern Africa during austral summer*. Atmospheric Research 145: 182-188.
32. Sharma, S.R. Cooray, V. Fernando, M. (2010), *Unique lightning activities pertinent to tropical and temperate thunderstorms*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 73: 483- 487.
33. Siingh, D. Kumar, P.R. Kulkarni, M.N. Singh, R.P. Singh, A.K. (2013), *Lightning, convective rain and solar activity Over the South/Southeast Asia*. Atmospheric Research 120: 99-111.
34. Tomoo, U. Ting, W. Satoru, Y. (2015), *Review of recent progress in lightning and thunderstorm detection techniques in Asia*. Atmospheric Research 154: 89 - 102.
35. Wu, T. Yoshida, S. Ushio, T. Kawasaki, Z. Takayanagi, Y. Wang, D. (2014), *Large bipolar lightning discharge events in winter thunderstorms in Japan*. Journal Geophysic Atmospher Ocean Technology 29:1757-1768.
36. Yoshida, S. Akita, M. Morimoto, T. Ushio, T. Kawasaki, Z. I. (2012), *Propagation characteristics of lightning stepped leaders developing in charge regions and descending out of charge regions*. Atmospher Reserch 106: 86-92.
37. Yoshikawa, E. Ushio, T. Kawasaki, Z. I. Chandrasekar, V. (2012), *Dual-directional radar observation for performance evaluation of the Ku-band broadband radar network*. Journal Reserch Atmosphere 119: 555-566.
38. Zepka, G.S. Pinto, Jr, G.S. Saraiva, A.C.V. (2013), *Lightning forecasting in southeastern Brazil using the WRF model*. Atmospheric Research 515: 2-19.