

ارزیابی خطر ریسک زمین لغزش حوضه آبخیز طالقان رود بر پایه  
ردیابی الگوهای همدید منجر به مخاطرات ژئومورفودینامیکی  
(مطالعه موردی زمین لغزش‌های ناشی از بارش‌های ۱۴-۳۱ مارس ۱۹۹۸)

نسرین نیک‌اندیش<sup>۱</sup> - استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱/۱۶

### چکیده

در رخداد مخاطرات ژئومورفودینامیکی عوامل متعددی دخیل‌اند. هرچه دامنه شناخت این مخاطرات گسترده‌تر شود، مدیریت و کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع آن‌ها امکان‌پذیرتر خواهد بود. پژوهش حاضر در همین راستا با رویکرد تحلیلی-کمی به بررسی مسیر الگوهای همدید منجر به این مخاطرات می‌پردازد. قلمرو مکانی پژوهش، البرز شمالی و زاگرس شمال‌غربی است. به‌طورکلی در این محدوده و در این مقطع زمانی، ۷۴ مورد زمین لغزش از بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌ها ثبت شده که ۹ مورد دارای تاریخ دقیق وقوع بودند که برای تحلیل انتخاب شدند. نتایج حاصل نشان داد که گرچه محدوده مطالعاتی به دنبال بارش‌های این دوره زمین لغزش‌هایی به وقوع پیوسته است اما به لحاظ تفاوت‌های محیطی و عملکرد الگوهای همدید نحوه تأثیرگذاری بارش متفاوت بوده است. پراکنش مکانی بارش تجمعی، نقش ارتفاعات زاگرس را در دریافت بارش‌های نازل شده مثبت ارزیابی می‌نماید. تحلیل داده‌های بارش نشان داد توزیع بارش در طول سال در البرز شمالی منظم‌تر بوده است. این ویژگی سبب افزایش حجم رطوبت خاک شده، تحت چنین شرایطی رخداد زمین لغزش‌ها با بارشی کمتر نشان‌دهنده آستانه کمتر بارش برای وقوع زمین لغزش می‌باشد؛ درحالی‌که در زاگرس شمال‌غربی بخش قابل‌توجهی از بارش سالانه در مقطع زمانی کوتاهی نازل می‌شود که ممکن است سبب بروز سیل یا زمین لغزش گردد. سامانه‌های ورودی منجر به مخاطره، مسیر اروپای شمالی-دریای سیاه-شرق مدیترانه، مسیر شمال آفریقا (لیبی)-جنوب مدیترانه-شرق مدیترانه، مسیر شرق مدیترانه-شمال عراق-دریای خزر، مسیر غرب مدیترانه-شرق مدیترانه-دریای خزر و مسیر شمال آفریقا (سودان)-عربستان-خلیج فارس مسیر سامانه‌های کم‌فشار مؤثر در ایجاد بارش در دوره مطالعاتی بوده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** مخاطرات ژئومورفودینامیکی، البرز شمالی، زاگرس شمال‌غربی، الگوهای همدید.

## ۱. مقدمه

در جهان ۴۰ نوع مخاطره شناسایی شده که امکان وقوع ۳۱ نوع آن در ایران وجود دارد که بیش از ۹۰٪ از آن‌ها دارای منشأ اقلیمی هستند (عابدی، ۱۳۷۷: ۵۲). یکی از مخاطرات مهم ژئومورفودینامیکی ایران زمین لغزش‌ها می‌باشد. در رخداد این پدیده عوامل متعددی دخیل می‌باشند. عوامل و عناصر اقلیمی نقش قاطع و تعیین‌کننده در رخداد آن‌ها دارند. بسیاری از دامنه‌ها درست زمانی تحریک می‌شوند که متغیرهای اقلیمی بیش از مقادیر نرمال و عادی حادث شوند. افزایش بارش تجمعی، روند توزیع بارش در طول سال، نزول بارش فراوان در مدت کوتاه، افزایش و کاهش ناگهانی دما و انباشت و ذوب برف از جمله مواردی می‌باشند که غالباً وقوع این پدیده را با تأخیر پس از سیل به دنبال دارند. این عوامل که به‌عنوان عوامل تحریک‌کننده زمین لغزش‌ها مطرح می‌شوند خود معلول آرایش خطوط هم‌فشار در سطوح مختلف هواسپهر می‌باشد. ایجاد پشته‌ها و ناوه‌ها و تغییر مسیر آن‌ها که با تغییر مکانی منطقه چرخندگی مثبت و منفی همراه می‌باشند مسیر مشخصی را دنبال می‌کنند که ایجاد ناپایداری‌های دامنه‌ای را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند.

در ۱۴ تا ۳۱ مارس ۱۹۹۸ تا ۱۳۷۷ پس از یک دوره بارشی چند روزه در نوار شمالی و غربی ایران زمین لغزش‌هایی رخ دادند. عوامل ایجاد کننده این پدیده تا رسیدن به آستانه تأثیر روند مشخصی را طی می‌کنند. شناخت این روند موضوع مور علاقه کارشناسان علوم زمین و مدیران و برنامه ریزان می‌باشد. با آگاهی از این روند می‌توان برنامه‌های کاهش خطر، تأخیر یا پیشگیری از خطر را به نحو مناسب اتخاذ نموده و بروز آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی را کاهش داد. هدف از این پژوهش ردیابی الگوهای همید منجر به زمین لغزش‌های ۱۴ تا ۳۱ مارس ۱۹۹۸ در نوار شمالی و غربی ایران به‌منظور ارائه راهنمایی برای پیش‌بینی‌های کاربردی می‌باشد. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

از جمله معدود پژوهش‌هایی که در مورد الگوهای همید مرتبط با زمین لغزش‌ها صورت گرفته است می‌توان به پژوهش سلوچی و همکاران<sup>۱</sup> اشاره کرد. این محققین الگوی سینوپتیک بارش‌های شدید منجر به زمین لغزش را در سواحل کوهستانی جنوب شرقی برزیل بررسی نمودند (سلوچی، ۲۰۰۹: ۷۷).

بورگاتی و همکاران<sup>۲</sup> در مورد زمین لغزش‌های قدیمی منطقه دولومین در شمال ایتالیا واقع در آلپ‌های شرقی به این نتیجه رسیدند که زمین لغزش‌ها شاخصی معتبر برای تعیین اقلیم گذشته، تغییر اقلیم و ارزیابی شرایط محیطی می‌باشند (بورگاتی، ۲۰۰۹: ۵۶).

1 Seluchi et al

2 Borgatti

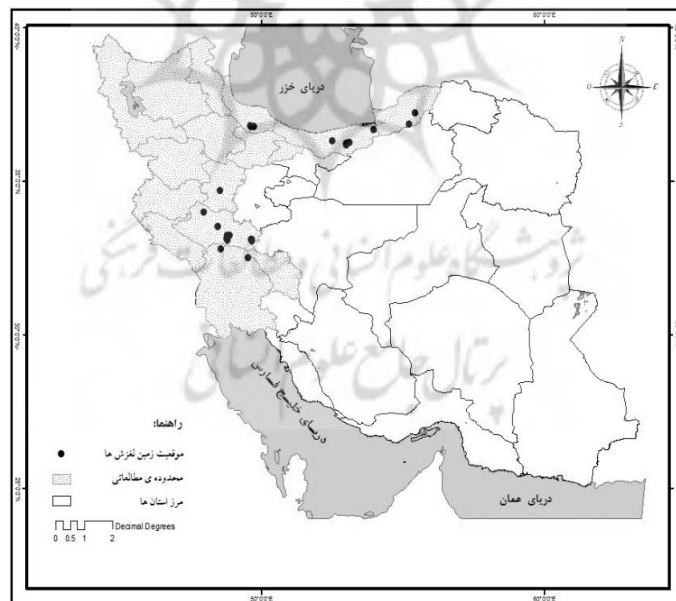
زاز و همکاران<sup>۱</sup> در مورد الگوی همدید بارش‌های محرک زمین لغزش‌ها و ارتباط آن‌ها با نوسان اطلس شمالی در لیسبون پرتغال تحقیقاتی را انجام داده‌اند. (جی آل ززاز، ۲۰۰۸: ۴۹۹).

فوه‌رمان و همکاران<sup>۲</sup> پیرامون ویژگی‌های بارش منجر به زمین لغزش در غرب کارولینای شمالی به تحقیق نمودند (فوه‌رمان، ۲۰۰۸: ۳۰۴).

بررسی‌های پریزرکاس و همکاران<sup>۳</sup> در یونان در مورد تأثیر سامانه بندالی روی اقیانوس و چرخندزایی‌های آن در غرب اقیانوس اطلس و غرب دریای مدیترانه و تأثیر آن بر بارش‌های ایران می‌باشد (پریزرکاس و همکاران، ۱۹۹۷: ۱۱۹).

## ۲. منطقه مورد مطالعه

به علت رخداد زمین لغزش‌ها در نوار شمالی و غربی کشور قلمرو مکانی پژوهش، البرز شمالی و زاگرس شمال‌غربی با مختصات ۳۰ تا ۴۰ درجه عرض جغرافیایی شمالی و ۴۲ تا ۵۵ درجه طول جغرافیایی شرقی، انتخاب شده است (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این مناطق سبب گردیده است که در سطح زمین منابع آبی خزر، خلیج فارس و دریای عمان و رشته‌کوه‌های مرتفع و توپوگرافی پیچیده البرز و زاگرس و در سطوح مختلف جو فعالیت سامانه‌های پرفشار سیبری و کم‌فشارهای مدیترانه، سودان، دریای سرخ، خلیج فارس و پشته‌ها و ناوه‌های امواج غربی، اقلیم این مناطق را تحت تأثیر قرار داده و سبب تنوع عناصر اقلیمی به‌ویژه بارش می‌گردند.



شکل ۱ موقعیت قلمرو مطالعاتی

- 1 Z ezere et al  
2 Fuhrmann et al  
3 Prezerakos

### ۳. مواد و روش‌ها

روش کلی در این پژوهش مبتنی بر تحلیل نقشه‌های همدید و تطبیق آن با داده‌ها و مستندات زمینی ثبت شده می‌باشد. پایگاه داده‌ها با بهره‌گیری از بانک‌های اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های ایران زیر نظر معاونت آبخیزداری وزارت جهاد کشاورزی، داده‌های سازمان هواشناسی کشور و داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی محیطی<sup>۱</sup> تهیه گردیده است. داده‌های اخذ شده از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌های ایران شامل مختصات جغرافیایی زمین‌لغزش‌ها، نوع زمین‌لغزش، تاریخ وقوع، علل وقوع، زمین ریخت‌شناسی و مواد دامنه‌ای درگیر لغزش می‌باشد. داده‌های اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور شامل آمار روزانه بارش و داده‌های اخذ شده از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی داده‌های شبکه‌بندی شده بارش، فشار سطح دریا ارتفاع ژئوپتانسیل، رطوبت ویژه مؤلفه باد مداری و مؤلفه باد نصف‌النهاری برای تراز سطح دریا، ۱۰۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. داده‌های مزبور با استفاده از نرم‌افزارهای آماری و زمین‌آماري جي آی اس و گرادس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

### ۴. بحث و نتایج

بر اساس بانک اطلاعات زمین‌لغزش‌های کشور تعداد ۷۴ زمین‌لغزش در اسفند ۷۶ و فروردین ۷۷ رخ داده است که توزیع مکانی آن‌ها منطبق بر ارتفاعات زاگرس و البرز که محدوده سیاسی استان‌های اردبیل، چهارمحال و بختیاری، خراسان شمالی، کردستان، کرمان، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران و همدان را شامل می‌شوند.

از آنجاکه لازمه تحلیل همدید زمین‌لغزش‌ها، آگاهی از زمان دقیق وقوع در مقیاس روز می‌باشد. از ۷۴ مورد زمین‌لغزش‌های استخراج شده از بانک اطلاعاتی زمین‌لغزش‌ها تنها ۹ مورد دارای تاریخ وقوع روز-ماه سال بودند که برای تحلیل انتخاب شدند. لازم به ذکر است تاریخ وقوع دو مورد از زمین‌لغزش‌ها از تاریخ وقوع زمین‌لغزش‌های مجاور تکمیل گردید. زمین‌لغزش‌ها در ۲۶ اسفند ۱۳۷۶، دوم، هفتم، دوازدهم، سیزدهم و پانزدهم فروردین ۱۳۷۷ رخ داده‌اند (جدول ۱).

گونه شناسی زمین‌لغزش‌های انتخاب شده بر اساس اطلاعات ثبت شده نشان می‌دهد از نظر فراوانی زمین‌لغزش چرخشی، انتقالی، جریان‌ی، گسترش یافته و بهمن سنگی به ترتیب در اولویت قرار دارند. از نظر ریخت‌شناسی بیشتر زمین‌لغزش‌ها بر محدوده‌های کوهستانی و دو مورد هم بر ریخت‌شناسی تپه‌ماهوری رخ داده‌اند. شیب و جنس مواد تشکیل دهنده ارتفاعات به‌عنوان عوامل ذاتی و مسبب و زیر شویی، بارش، ذوب برف و همچنین ایجاد ترانشه و جنگل‌زدایی به‌عنوان عوامل محرک در ایجاد زمین‌لغزش‌ها ایفای نقش

نموده‌اند. مصالح درگیر زمین لغزش سنگ، خاک و واریزه می‌باشند. از میان زمین لغزش‌ها، بهمن سنگی در استان چهارمحال و بختیاری با تلفات جانی همراه بوده است که سبب تخریب کامل روستای آبیکار لبد و مرگ ۵۵ نفر از سکنه آن گردیده است (جدول ۲).

جدول ۱ زمین لغزش‌های ایجاد شده از ۲۶ اسفند ۱۳۷۶ تا ۱۵ فروردین ۱۳۷۷ (بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌ها)

ردیف	نام استان	شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	تاریخ وقوع لغزش
۱	چهارمحال و بختیاری	فارسان	" ۳۳°۰۴۹	" ۳۲°۰۳۲	۱۳۷۷/۱/۱۲
۲	گلستان	مینودشت	" ۴۰°۲۹'۵۵	" ۵۰°۱۴'۳۷	۱۳۷۷/۱/۱۳
۳	گیلان	رودبار	" ۵۵°۳۸'۴۹	" ۲۶°۴۷'۳۶	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۴	گیلان	رودبار	" ۳۶°۴۴'۴۹	" ۰۱°۴۷'۳۶	۱۳۷۷/۱/۱۵
۵	گیلان	رودبار*	" ۰۶°۳۷'۴۹	" ۳۰°۴۹'۳۶	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۶	گیلان	رودبار*	" ۱۷°۳۸'۴۹	" ۱۴°۴۸'۳۶	۱۳۷۶/۱۲/۲۶
۷	لرستان	سپیددشت	" ۴۰°۴۸'۴۸	" ۵۰°۰۶'۳۳	۱۳۷۷/۱/۲
۸	لرستان	سپیددشت	" ۱۰°۴۹'۴۸	" ۳۰°۰۶'۳۳	۱۳۷۷/۱/۲
۱۱	همدان	همدان	" ۳۳°۳۳'۴۸	" ۲۰°۴۲'۳۴	۱۳۷۷/۱/۷

\* تکمیل شده از طریق زمین لغزش‌های مجاور

جدول ۲ ویژگی‌های زمین لغزش‌های از ۲۶ اسفند ۱۳۷۶ تا ۱۵ فروردین ۱۳۷۷ (بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌ها)

نام استان	شهر	نوع لغزش	علل لغزش	ریخت شناسی	مصالح درگیر	تلفات جانی
چهارمحال و بختیاری	فارسان	بهمن سنگی	بارش	کوه‌ها	سنگ	۵۵
گلستان	مینودشت	چرخشی	بافت، شیب، بارش، تناوب طبقات تراوا و ناتراوا	کوه‌ها	خاک	۰
گیلان	رودبار	بالقوه	بارش، آبگیری کانی‌های رسی، زلزله	کوه‌ها	سنگ	۰
گیلان	رودبار	انتقالی - جریانی	بارش، ترکیب کانی شناسی،	کوه‌ها	خاک	۰
گیلان	رودبار	جریانی/چرخشی	بارش، ترکیب کانی شناسی،	کوه‌ها	واریزه	۰
گیلان	رودبار	انتقالی - جریانی	ذوب برف، بارش، آبگیری کانی‌های رسی	کوه‌ها	خاک	۰
لرستان	سپیددشت	گسترش یافته	بارش، زیرشویی دامنه، جنگل زدایی، شیب،	کوه‌ها	خاک	۰
لرستان	سپیددشت	جریانی/انتقالی	بارش، زیرشویی دامنه، جنگل زدایی،	کوه‌ها	خاک	۰
همدان	همدان	انتقالی	بارش، کشاورزی، زیرشویی، کانی شناسی	تپه‌ها	خاک	۰

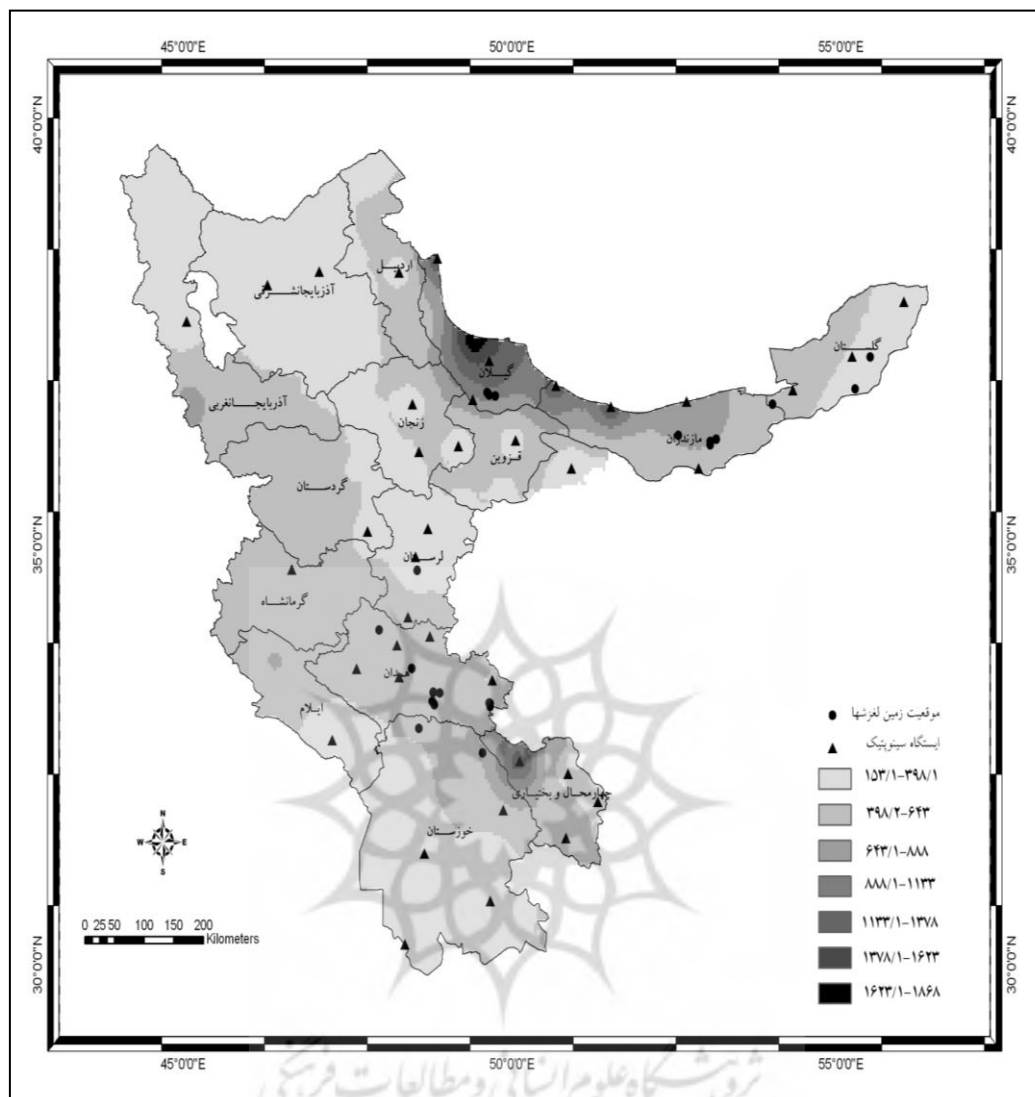
از نظر توپوگرافی ارتفاعات البرز از دره سفیدرود در شرق تا کوه شاهوار در شمال شاهرود ادامه دارد. بلندی آن در هیچ نقطه‌ای به‌غیر از دره سفیدرود کمتر از ۱۸۰۰ متر نیست. نواری کوهستانی با ارتفاع ۲۱۰۰ متر تمام منطقه را از غرب تا شرق فراگرفته است. در دامنه شمالی البرز بیشتر سیستم‌های باران‌زا رطوبت خود را از دریای خزر دریافت می‌کنند. از طرف دیگر بیشتر سیستم‌های فشار به‌صورت پرفشار هستند که

سبب می‌شوند هوای سرد در روی دریا جهت شمالی یا شمال شرقی پیدا کند. این بادهای ضمن عبور از روی دریا ناپایدار و مرطوب شده و هنگام رسیدن به ساحل باران ایجاد کرده و رطوبت کمتری را به طرف کوه‌ها حمل می‌کنند؛ اما در دامنه جنوبی بیشتر اوقات سیکلون‌های مدیترانه و یا موج‌های غربی دریای مدیترانه رطوبت را با خود حمل می‌کنند. (اداره کل هواشناسی استان گیلان). آب‌های جاری در دامنه‌های البرز عامل برتر فرسایش می‌باشند و دره‌های فعال از عناصر مهم توپوگرافی محسوب می‌شوند (علایی طالقانی، ۱۳۹۰: ۱۳۱).

سهم قابل توجهی از زمین‌های البرز از سازند شمشک تشکیل شده است. این سازند از لایه‌های زغالی در میان لایه‌های شیلی و رسی تشکیل شده است (همان: ۱۰۵)؛ که مستعد زمین‌لغزش می‌باشد. در دامنه‌های شمالی البرز به سبب برخورداری از رطوبت دریای خزر و باران فراوان و همچنین اعتدال دما، تجزیه فیزیکی و شیمیایی و بیوشیمیایی تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری، برتری کامل دارد. این فرآیند سنگ‌های سطحی را سست کرده و در نتیجه دامنه‌ها در همه‌جا از یک پوشش نسبتاً ضخیم خاک پوشیده شده‌اند (همان: ۱۳۰). در مجموع حضور سازندهای حساس به زمین‌لغزش با ترکیباتی چون رس، شیل و رسوبات مارنی دوره‌های میوسن و یکسری از رسوبات کواترنری و وجود گسل‌های فعال در منطقه می‌تواند از عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش باشد.

زاگرس شمال غربی به دلیل قرار گرفتن در مسیر جریان‌های غربی از بارش‌های سنگین برخوردار است (شکل ۲) انباشت برف در سطح دامنه‌ها به‌ویژه در پای دیواره‌ها و شکاف دره‌ها و دوام آن‌ها در طول چند ماه، محیط شکل زایی مجاور یخچالی را به وجود آورده است. محیط شکل‌زایی فعال مجاور یخچالی در زاگرس نسبت به البرز به علت عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر آن سطوح ارتفاعی بالاتر از ۳۵۰۰ متر را در برمی‌گیرد. زمین‌لغزش‌ها از پدیده‌های فراوان در زاگرس به شمار می‌آیند (همان: ۱۶۳).

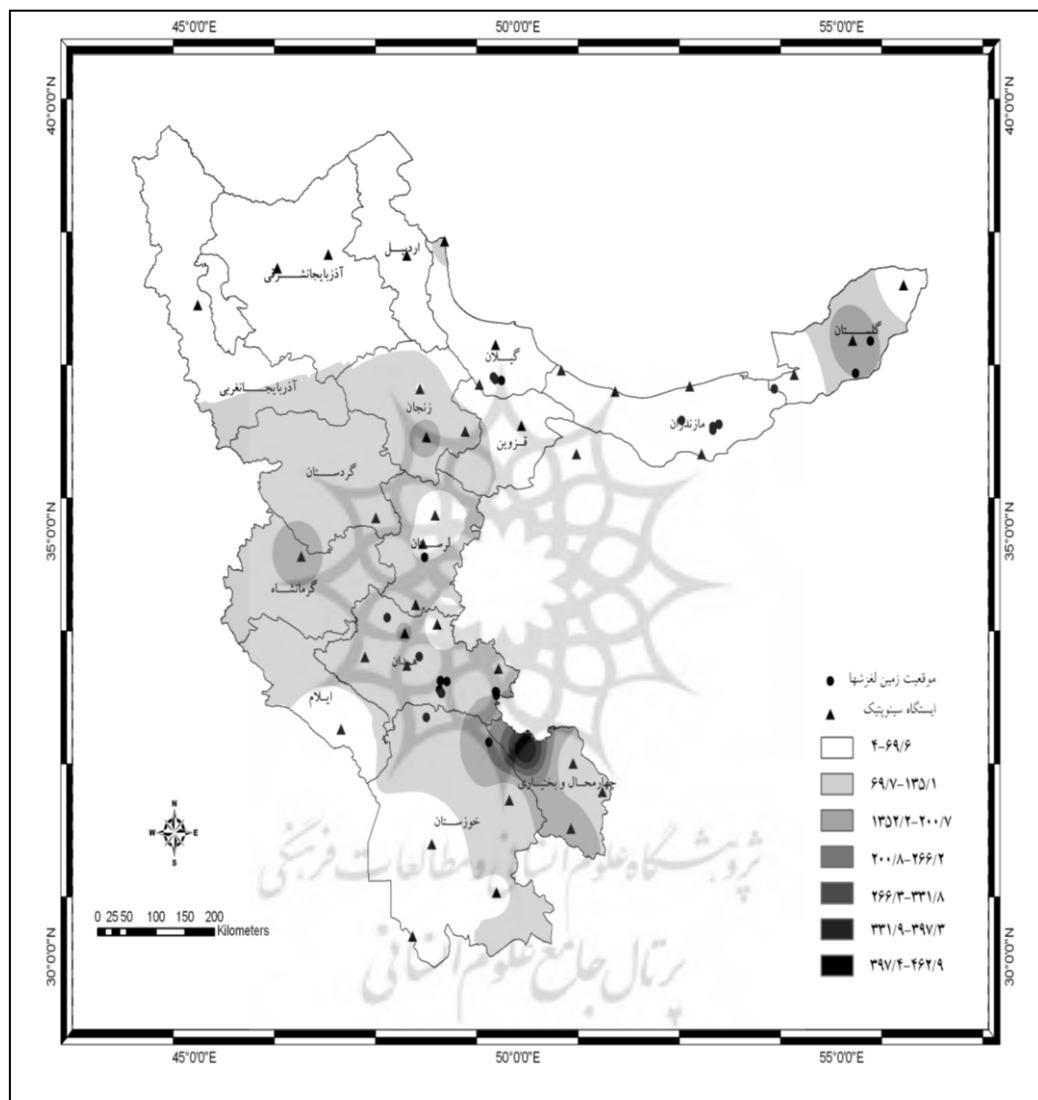
زمین ساخت فعال و فعالیت جریان‌های آبی از پیامدهای بالا آمدگی تکتونیک زاگرس می‌باشد. توده‌های آهکی خرد شده نفوذ آب به لایه‌های سست مارنی یا شیلی زیرین را فراهم نموده و موجب ناپایداری لایه‌های آهکی و وقوع زمین‌لغزش می‌گردد. سازندهای آسماری با سنگ‌های آهکی شکسته و درزه‌دار که سبب نفوذ آب هدایت آن‌ها به لایه‌های متناوب آهکی و مارنی زیرین می‌گردند و سازند پابده و سازند گورپی با تناوب مارن، شیل و آهک‌های مارنی و نهشته‌های کواترنری از سازندهای مستعد زمین‌لغزش در زاگرس به شمار می‌آیند. رسوبات عهد حاضر در زاگرس به‌صورت تناوبی از رسوبات مارنی و رسی با گراول‌ها وجود دارند که شرایط مناسبی را برای وقوع لغزش‌های چرخشی و جریان‌ی ایجاد می‌کنند (نیک اندیش، ۱۳۸۰: ۱۷۱).



شکل ۲ نقشه پهنه‌های بارشی در قلمرو مطالعاتی

برای تحلیل بارش منجر به زمین لغزش‌ها و ترسیم نقشه‌های مربوطه از داده‌های روزانه بارش ایستگاه‌های سینوپتیک واقع و یا خارج از قلمرو مطالعاتی استفاده گردید. بررسی‌ها نشان داد این بارش در دو دوره با وقفه‌ای چند روزه نازل شده است. دوره بارش اول از ۱۴ تا ۱۸ مارس به طول انجامیده است. حداکثر مجموع بارش در این دوره در ارتفاعات زاگرس شمال غربی در ایستگاه کوه‌رنگ که مجاور به بهمن سنگی است به میزان ۲۲۵ میلی‌متر رخ داده است. هسته دوم بارش بر ایستگاه سینوپتیک گنبدکاووس در شرق البرز به میزان ۱۰۶ میلی‌متر واقع می‌باشد. در بارش دوم که در مقطع زمانی ۲۴ تا ۳۰ مارس رخ داده است، هسته‌های بارش بر ارتفاعات زاگرس قرار گرفته است. ایستگاه کوه‌رنگ، الشتر و نهاوند به ترتیب با بارش

۲۳۸/۵، ۱۰۶ و ۹۹ میلی‌متر بیشترین بارش‌های این دوره را دریافت نموده‌اند (جدول ۳). بررسی پراکنش مکانی بارش تجمعی کل دوره نقش ارتفاعات زاگرس را در دریافت بارش‌های نازل شده مثبت و قوی ارزیابی می‌نماید. به استثنای گنبد کاوس هسته‌های بارش بر مرتفع‌ترین قسمت‌های زاگرس واقع شده‌اند (شکل ۳).

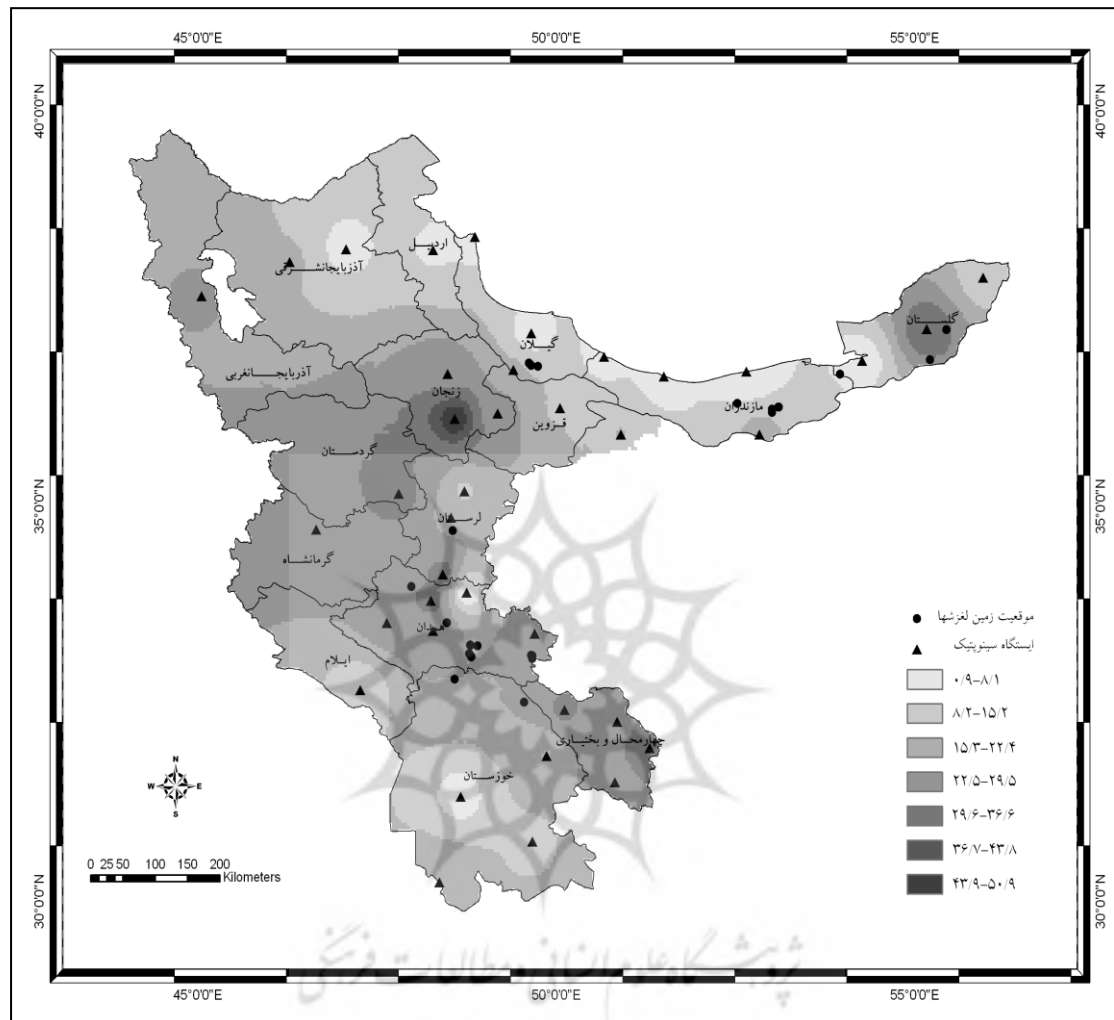


شکل ۳ پراکنش بارش تجمعی منجر به زمین‌لغزش‌ها (۱۴-۳۱ مارس)

نسبت بارش تجمعی منجر به حادثه به بارش سال وقوع در ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی ۲۲ تا ۵۰ درصد و در ارتفاعات البرز شمالی ۸ تا ۱۵ درصد می‌باشد (شکل ۴). این امر نشان می‌دهد که توزیع بارش در طول

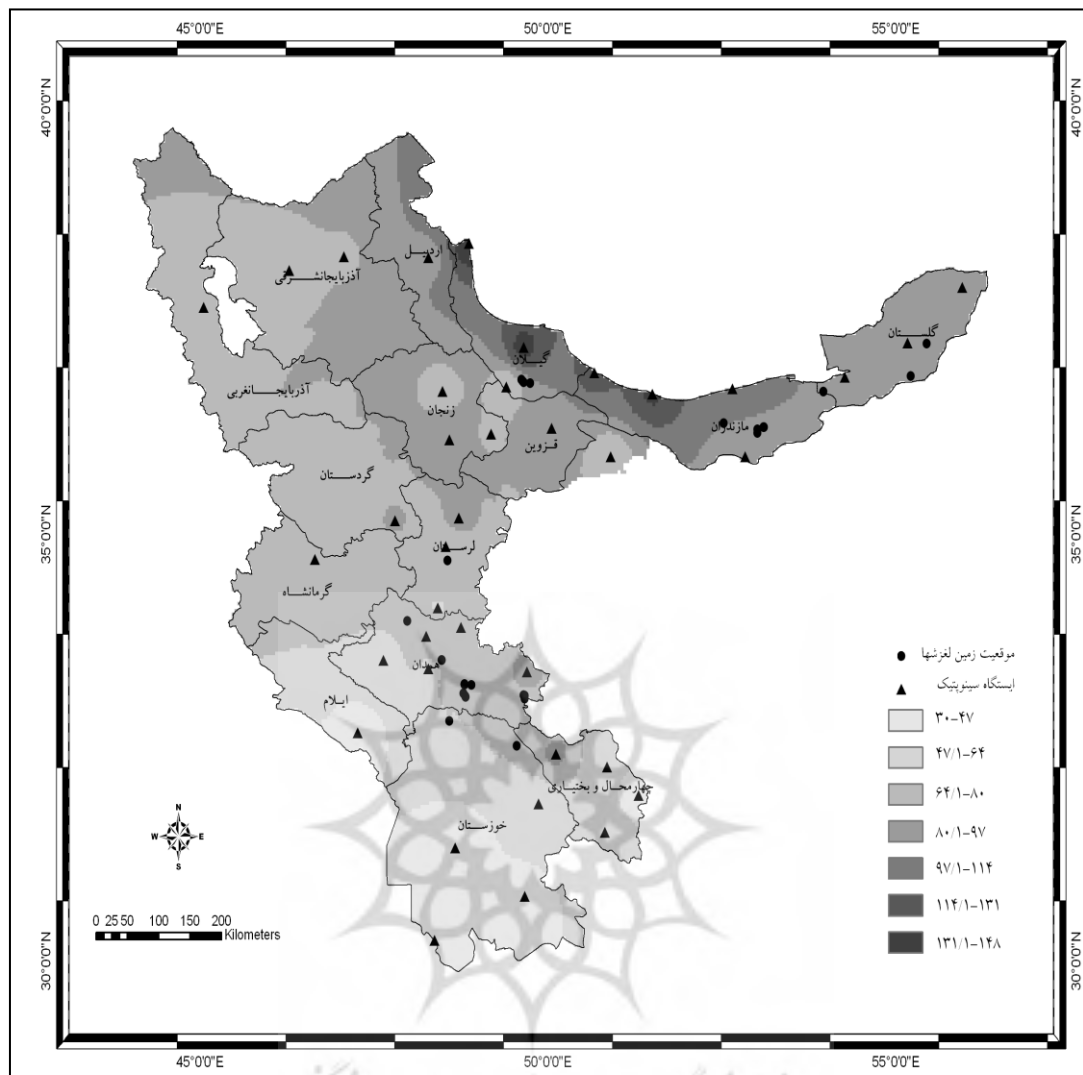


سال در البرز شمالی منظم تر می باشد. در حالی که در زاگرس شمال غربی بخش قابل توجهی از بارش سالانه در مقطع زمانی کوتاهی نازل می شود که ممکن است سبب بروز سیل یا زمین لغزش گردد.



شکل ۴ درصد بارش تجمعی منجر به زمین لغزش ها به بارش سالانه

بررسی روزهای بارانی در طول سال نشان می دهد که در قلمرو البرز شمالی در ۱۱۵ تا ۱۴۸ روز از سال و در قلمرو زاگرس شمال غربی در ۶۵ تا ۹۷ روز از سال نزولات جوی به صورت باران بر منطقه نازل می شود (شکل ۵). توزیع منظم تر بارش در طول سال در البرز شمالی سبب افزایش حجم رطوبت خاک می گردد. تحت چنین شرایطی رخداد زمین لغزش ها با بارشی کمتر نشان دهنده آستانه کمتر بارش برای وقوع زمین لغزش می باشد.



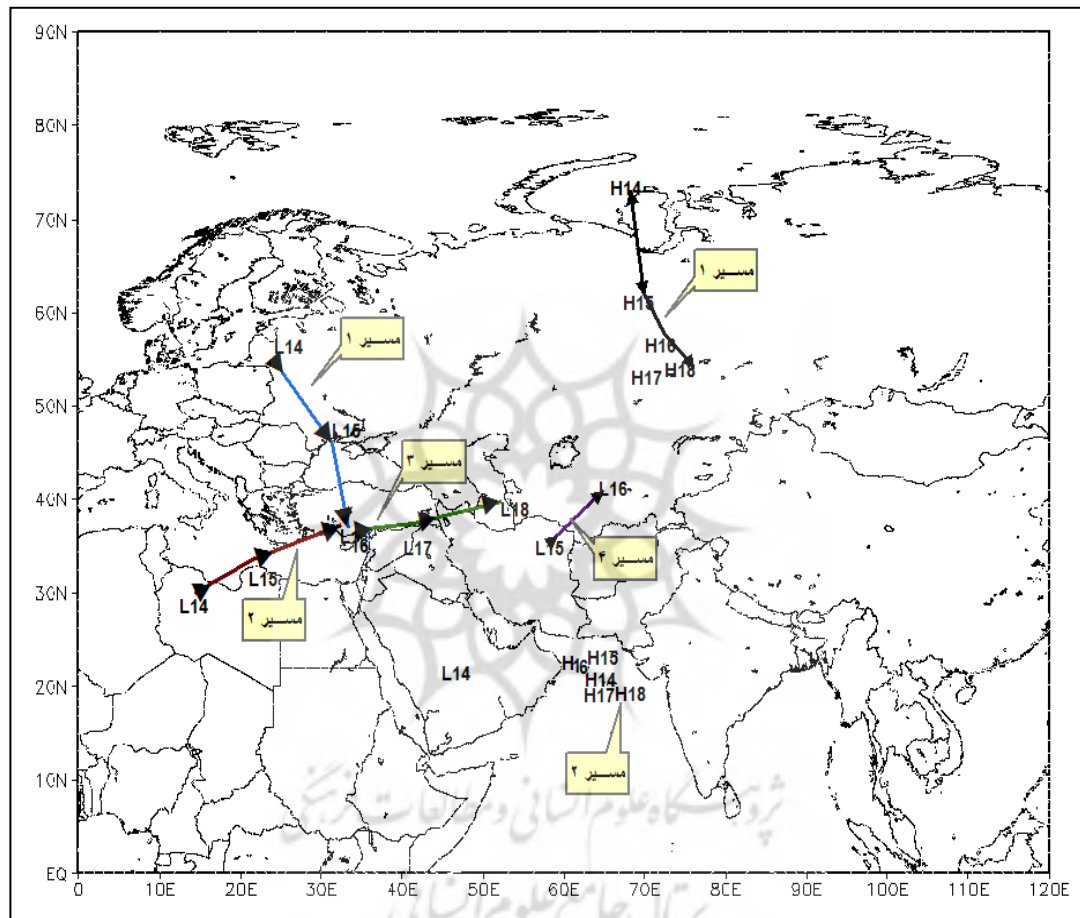
شکل ۵ پراکنش تعداد روزهای بارانی در سال وقوع زمین لغزشها

بررسی داده‌های بارش ۳۴ ایستگاه سینوپتیک قلمرو مطالعاتی نشان می‌دهد که ناپایداری دامنه‌ها حاصل عملکرد دو دوره بارش می‌باشد؛ که با وقفه‌ای چند روزه از هم جدا شده‌اند. گرچه طول دوره‌ها در ایستگاه‌ها تا حدودی با هم متفاوت می‌باشد اما تمام ایستگاه‌ها در روزهای ۱۷، ۱۸ و ۳۰ مارس بارش دریافت نموده‌اند. منشأ و مسیر سامانه‌های بارش را در هر دو دوره متفاوت می‌باشد. تعیین مسیر الگوهای هم‌دید درک علت وجودی تفاوت بارش‌ها را در قلمرو مطالعاتی آسان می‌سازد. برای ردیابی الگوهای هم‌دید، نقشه‌های بارش، فشار، ژئوپتانسیل، خطوط جریان و وزش رطوبتی در سطح زمین و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم و بررسی گردید. سپس با تعیین مراکز کم‌فشار و پرفشار، کم ارتفاع و پر ارتفاع مسیر عبور سامانه‌ها برای هر دو بارش و دوره بین بارش مشخص گردید.

بارش اول از ۱۴ تا ۱۸ مارس ۱۹۹۸ ادامه داشته است. اوج بارش در روزهای ۱۷ و ۱۸ مارس نازل شده است. در روز ۱۴ مارس دو سامانه کم فشار تشکیل گردیده است. یک سامانه کم فشار بر اروپای شمالی و سامانه دیگر در شمال آفریقا تشکیل شده است. مرکز سامانه کم فشار اروپای شمالی با فشار ۱۰۰۰ میلی بار بر دریای بالتیک قرار دارد و جهت حرکت آن جنوبی است. مرکز سامانه کم فشار شمال آفریقا با فشار ۱۰۱۰ میلی بار بر لیبی قرار دارد و جهت حرکت آن شرقی-شمال شرقی-شرقی است. این دو کم فشار در روز ۱۶ مارس بر دریای مدیترانه ادغام شده و ایران تحت سیطره زبانه‌هایش قرار می‌گیرد. این سامانه، تلفیقی در حرکت شرق سوی خود ابتدا ارتفاعات زاگرس شمال غربی را در روز ۱۷ مارس و سپس نیمه شمالی ایران را در روز ۱۸ مارس تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این روز هسته کم فشار بر دریای خزر واقع می‌باشد. جهت حرکت سامانه‌های کم فشار مزبور توسط پرفشار سیبری کنترل می‌شود. پرفشار سیبری در ۱۴ مارس با فشار مرکزی ۱۰۴۵ میلی بار بر دریای کارا در شمال سیبری تشکیل گردیده است. در روزهای بعد تقویت شده و با فشار مرکزی ۱۰۵۰ میلی بار بر سیبری مستقر می‌شود و با حرکت رو به جنوب و گسترش غرب سوی خود سبب هدایت و تمرکز سامانه کم فشار سیاه-مدیترانه بر ترکیه، عراق و ایران گردیده است و با ریزش هوای سرد بر ایران سامانه‌های کم فشار را تقویت می‌نماید. سامانه کم فشار دیگری در روز ۱۵ مارس بر شمال شرقی ایران تشکیل گردیده است که در حرکت شرق سوی خود در روز بعد از ایران خارج گردیده است. اندرکنش این سامانه با پرفشار سیبری سبب ایجاد حداکثر بارش در گرگان و رشت گردیده است. استقرار زبانه ۱۰۲۵ میلی بار پرفشار تبت بر دریای عرب با حرکت ساعتگرد خود سبب ورود هوای گرم و مرطوب به سامانه‌های بارش زا به‌ویژه در روزهای ۱۷ و ۱۸ مارس گردیده است. رطوبت سامانه‌ها در این سطح از دریای سیاه، مدیترانه، سرخ، خلیج فارس، عمان و دریای عرب تأمین گردیده است. به‌طور کلی مسیرهای سامانه‌های بارش زا این دوره در سطح زمین به شرح زیر می‌باشد: مسیر ۱ اروپای شمالی-دریای سیاه-شرق مدیترانه، مسیر ۲ شمال آفریقا (لیبی)-جنوب مدیترانه-شرق مدیترانه، مسیر ۳ شرق مدیترانه-شمال عراق-دریای خزر، مسیر ۴ شمال شرق ایران-ازبکستان، مسیر پرفشار ۱ دریای کارا-سیبری، مسیر پرفشار ۲ دریای عرب (شکل ۶)

سامانه‌های ۵۰۰ هکتوپاسکال در ارتباطی دو سویه سامانه‌های سطح زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این سطح نیز با استفاده از نقشه‌های ژئوپتانسیل، خطوط جریان و وزش رطوبتی مراکز کم ارتفاع و پراارتفاع ردیابی گردیدند. سامانه‌های کم فشار سطح زمین توسط سامانه کم ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال کنترل می‌گردند. در روز ۱۴ مارس بر دریای بالتیک مرکز کم ارتفاعی (ناوه) به ارتفاع ۵۲۰۰ متر مستقر گردیده است که منطبق با محور شمالی-جنوبی در گسترش نصف‌النهاری خود تا جنوب دریای سیاه را در برمی‌گیرد. این کم ارتفاع در روزهای بعد با حرکت رو به جنوب و همچنین شرق سوی خود به عرض‌های جنوبی‌تر

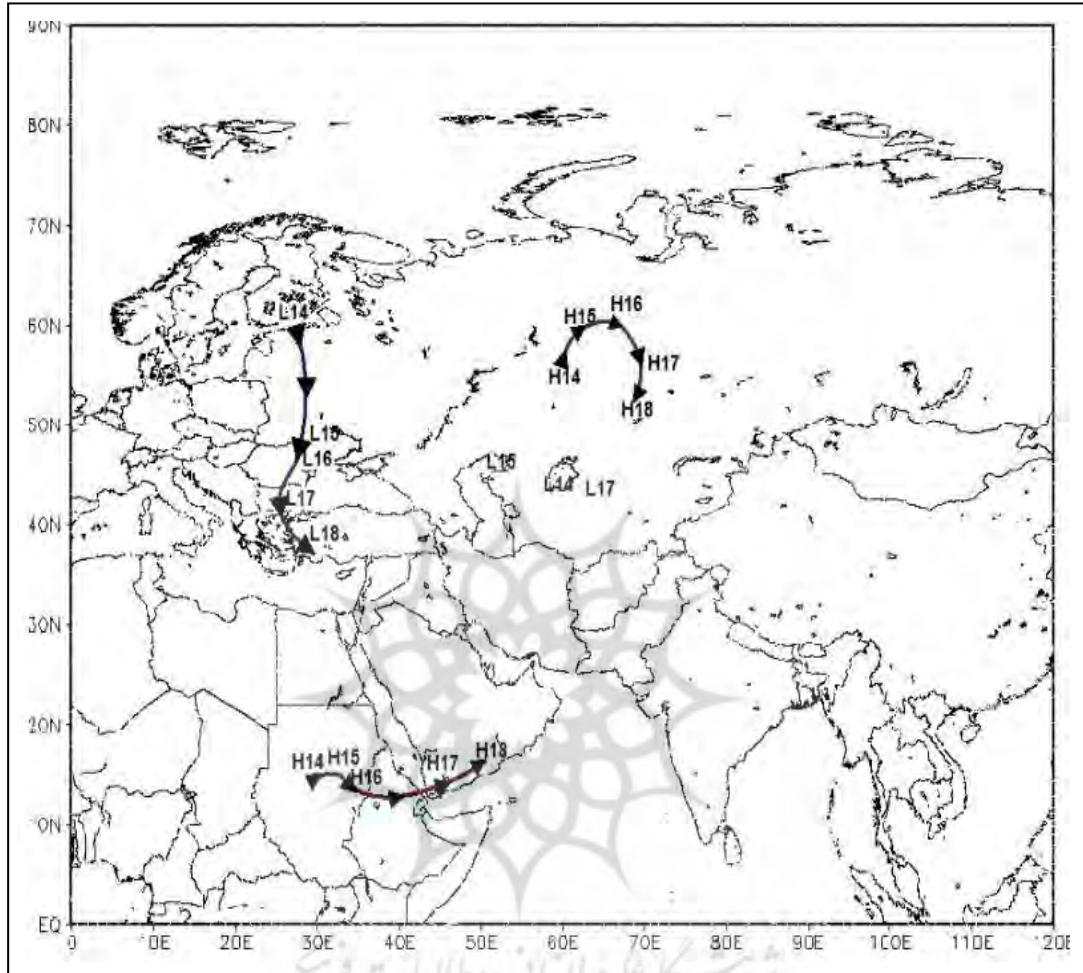
منتقل و مرکزش بر دریای سیاه قرار می‌گیرد. در روز ۱۶ مارس محور کم ارتفاع شمال شرقی-جنوب غربی شده و با حفظ گسترش نصف‌النهاری تا شمال آفریقا توسعه می‌یابد. در این روز نوار غربی ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع قرار می‌گیرد. در روز ۱۷ مارس محور کم ارتفاع مجدداً شمالی-جنوبی شده و در حرکت شرق سوی خود بخش‌های مرکزی ایران و در روز بعد به استثنای جنوب شرق تمام ایران در منطقه تاوایی مثبت قرار می‌گیرند.



شکل ۶ مسیر کم فشارها (L) و پرفشارها (H) در ۱۴-۱۸ مارس ۱۹۹۸

پراارتفاع (پشته) مستقر بر سیبری با حرکت کند خود به صورت بن‌دال عمل نموده و ضمن هدایت کم ارتفاع سبب تعمیق آن نیز می‌شود. پراارتفاع دیگری در روز ۱۴ مارس بر سودان تشکیل گردیده است که با حرکت کند خود در روز ۱۸ مارس بر عربستان قرار گرفته و در حرکت ساعتگرد خود هوای گرم و مرطوب دریای عرب را به سامانه تزریق می‌نماید (شکل ۷). با توجه به نقشه‌های وزش رطوبتی دریای مدیترانه،

سرخ، خلیج فارس و دریای عرب منابع رطوبتی تغذیه‌کننده در این سطح به‌ویژه در روزهای ۱۶، ۱۷ و ۱۸ مارس می‌باشد.



شکل ۷ مسیر کم ارتفاعها (L) و پر ارتفاعها (H) در ۱۴-۱۸ مارس ۱۹۹۸

در بیشتر ایستگاه‌ها از ۱۹ تا ۲۳ مارس دوره بدون بارش استقرار داشته است. در این دوره سامانه‌های بارش‌زا مسیر شمالی در پیش گرفته و به‌طور کامل از ایران خارج می‌گردند. ایران از روز ۱۹ مارس تحت تسلط زبانه‌های پرفشاری می‌باشد که مرکز آن بر تونس قرار دارد. این پرفشار دارای حرکت جنوبی و شرقی است و در روز ۲۲ مرکز آن بر شمال‌غربی ایران قرار می‌گیرد. در این دوره بر دریای عرب پرفشاری تشکیل گردیده است که عملکرد آن به‌گونه‌ای است که در حرکت ساعتگرد خود رطوبت را به عربستان هدایت می‌کند.

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دو مسیر برای کم ارتفاعها و دو مسیر برای پرارتفاعها قابل تشخیص می‌باشد. یک مسیر کم ارتفاعها از شرق دریای سیاه شروع، سپس دریای خزر، دریاچه آرال و قزاقستان را طی

می‌نماید این مسیر کم‌فشارهای شمال دریای خزر در سطح زمین را تحت کنترل خود دارند. مسیر دیگر از نروژ شروع و سپس به دریای بارنتز، جنوب فنلاند و رومانی می‌رسد. مسیر مرکز پراارتفاع‌ها بر سبیری و دریای عرب می‌باشد. پشته مرکز پراارتفاع دریای عرب در این دوره بر ایران مستقر می‌باشد (شکل ۱۰). با از بین رفتن مکانیزم صعود توقف بارش و تشدید و تسریع نفوذ آب باران و آب ناشی از ذوب برف زمینه را برای وقوع ناپایداری دامنه آماده می‌سازد.

بارش دوم از ۲۴ تا ۳۱ مارس ۱۹۹۸ ادامه داشته است. اوج بارش در روز ۲۹ مارس بر ارتفاعات زاگرس شمال غربی نازل شده است. در روز ۲۴ مارس دو سامانه کم‌فشار و دو سامانه پرفشار تشکیل گردیده است که در روزهای بعد در مسیری مشخص ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از سامانه کم‌فشار بر غرب مدیترانه و سامانه دیگر در شرق آفریقا تشکیل شده است. مرکز سامانه کم‌فشار غرب مدیترانه با فشار ۱۰۱۵ میلی‌بار در روز ۲۴ مارس تشکیل شده و دارای حرکت شرق‌سو می‌باشد. مرکز سامانه کم‌فشار شرق آفریقا با فشار ۱۰۱۰ میلی‌بار بر سودان قرار دارد و جهت حرکت آن شمال - شرق - شمال شرقی است. در روز ۲۹ مارس سامانه مدیترانه‌ای از شمال‌غرب و سامانه سودانی پس از عبور از خلیج فارس از جنوب غرب وارد ایران می‌شود. حاصل اندرکنش این دو سامانه کم‌فشار بارش سنگین و استثنایی بر ارتفاعات زاگرس شمال‌غربی می‌باشد. ایستگاه کوه‌رنگ در این روز در حدود ۱۴۷ میلی‌متر بارش دریافت نموده است. دو سامانه پرفشار حرکت و ویژگی‌های سامانه‌های کم‌فشار مدیترانه‌ای و سودانی را کنترل می‌کنند. پرفشار اروپای شمالی در ۲۴ مارس با فشار مرکزی ۱۰۳۵ میلی‌بار بر دریای بالتیک تشکیل گردیده است. در روزهای بعد با حرکت جنوبی-شرقی خود سبب هدایت و تمرکز سامانه مدیترانه بر ایران گردیده است؛ و با ریزش هوای سرد این سامانه را تقویت می‌نماید.

سامانه پرفشار دیگری در روز ۲۴ مارس بر دریای عرب تشکیل گردیده است که با حرکت کند غربی-جنوبی خود با تزریق هوای گرم و مرطوب سبب تقویت سامانه سودانی گردیده است. در روز ۲۴ مارس پرفشار منفردی بر دریای خلیج فارس تشکیل گردیده است که در حرکت ساعتگرد خود هوای گرم و مرطوب را به سمت ارتفاعات زاگرس هدایت کرده و سبب ریزش باران در این روز گردیده است. رطوبت سامانه‌ها در سطح زمین از مدیترانه، سرخ، خلیج فارس، عمان و دریای عرب تأمین گردیده است.

به‌طورکلی مسیرهای سامانه‌های بارش‌زا این دوره در سطح زمین به شرح زیر می‌باشد (شکل ۸):

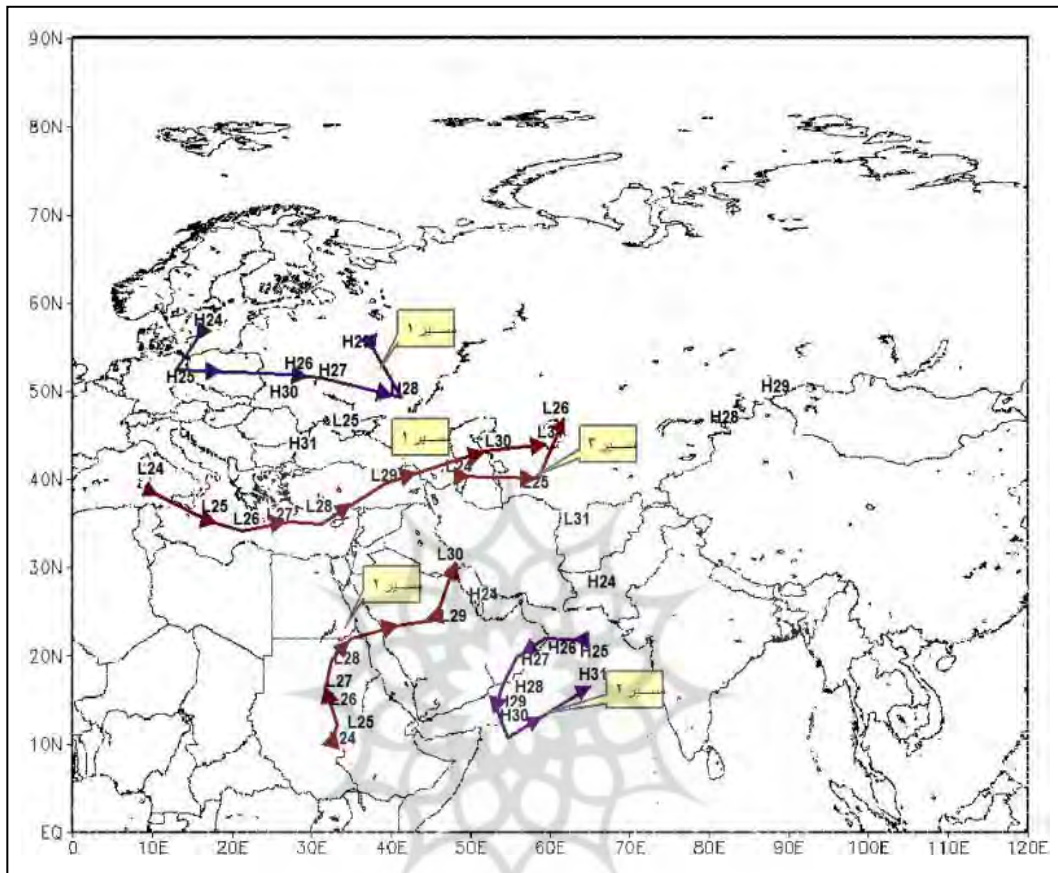
مسیر ۱ غرب مدیترانه - شرق مدیترانه - دریای خزر

مسیر ۲ شمال آفریقا (سودان) - عربستان - خلیج فارس

مسیر ۳ آذربایجان - خزر - ارمنستان

مسیر پرفشار ۱ دریای بالتیک-لهستان-روسیه

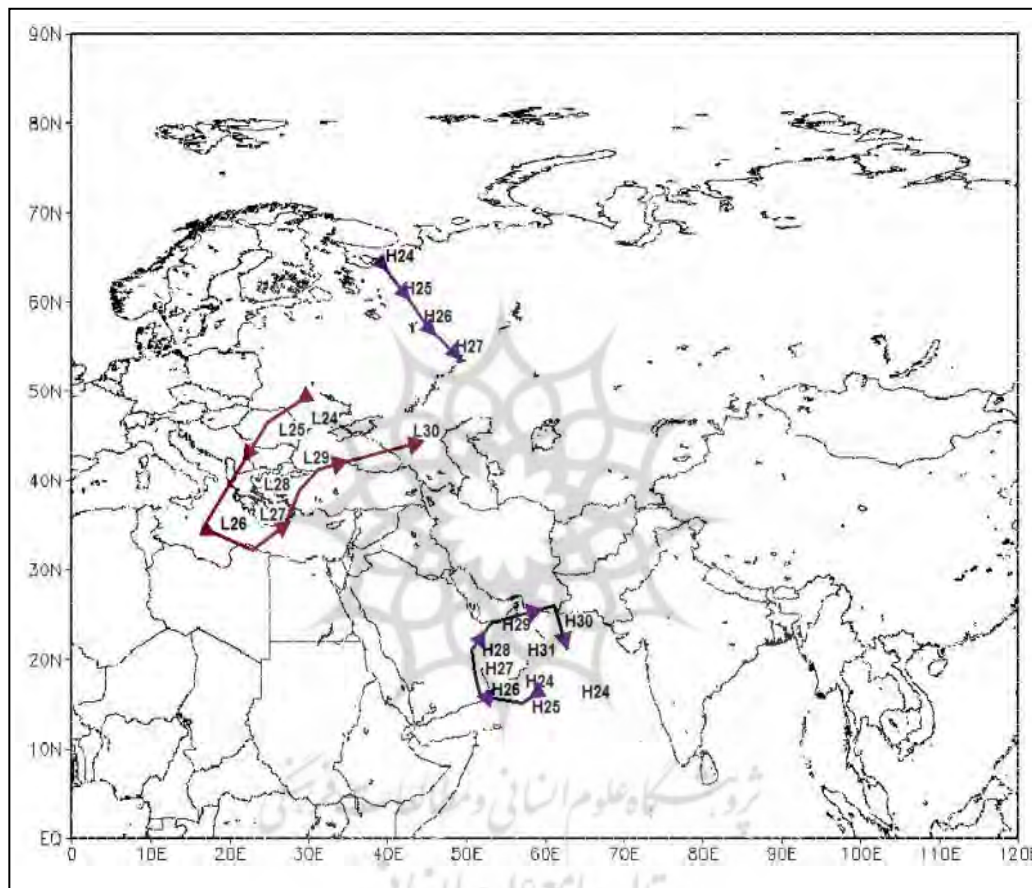
مسیر پرفشار ۲ دریای عرب



شکل ۸ مسیر کم فشارها (L) و پرفشارها (H) در ۲۴-۳۱ مارس ۱۹۹۸

در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ مارس بر دریای سیاه مرکز کم ارتفاعی (ناوه) به ارتفاع ۵۴۰۰ متر مستقر گردیده است که منطبق با محور شرقی- غربی در گسترش مداری خود دریای خزر تا دریای مدیترانه را در بر می گیرد. تحت چنین محوری نوار غربی ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع می باشد. این کم ارتفاع در روزهای بعد با حرکت رو به جنوب و همچنین شرق سوی خود به عرض های جنوبی تر منتقل می گردد. در روز ۲۵ مارس محور کم ارتفاع شمال شرقی- جنوب غربی شده و تا حدودی گسترش نصف النهاری پیدا می کند. در این روزه استثنای جنوب شرقی تمام قسمت ایران در بخش تاوایی مثبت این کم ارتفاع قرار می گیرد. محور کم ارتفاع در روز ۲۷ مارس شمالی- جنوبی شده از یونان گذشته و در حرکت شرق سوی خود نوار غربی ایران در تاوایی مثبت قرار می گیرد. در روز ۲۹ مارس مرکز کم ارتفاع بر جنوب دریای سیاه قرار گرفته و محور آن با جهت شمال شرقی- جنوب غربی از شرق مدیترانه می گذرد.

این کم ارتفاع در گسترش نصف‌النهاری خود در این روز هوای سرد را از عرض‌های ۶۰ درجه به عرض‌های ۲۰ درجه هدایت می‌کند. نیمه غربی ایران در این روز و تمام ایران در روز بعد در بخش تاوایی مثبت آن قرار می‌گیرد. پراارتفاع (پشته) مستقر بر دریای عرب با گسترش غربی و شمالی و در حرکت ساعتگرد خود هوای گرم و مرطوب را به منطقه تزریق می‌نماید (شکل ۹). با توجه به نقشه‌های وزش رطوبتی دریای مدیترانه، سرخ، خلیج فارس و دریای عرب منابع رطوبتی تغذیه‌کننده در این سطح می‌باشد.



شکل ۹ مسیر کم ارتفاع‌ها (L) و پراارتفاع‌ها (H) در ۲۴-۳۱ مارس ۱۹۹۸

## ۵. نتیجه‌گیری

عملکرد عوامل اقلیمی در سطح زمین حاصل اندرکنش سطوح مختلف هواسپهر و سنگ‌کره می‌باشد. یکی از عوامل تأثیرگذار بر این اندرکنش مسیری است که سامانه‌های فشار آن را درمی‌نوردند. در این مسیر است که سامانه‌ها تغییر می‌کنند و تغییر ایجاد می‌کنند و سرانجام ممکن است به یکی از پدیده‌های ژئومورفودینامیکی و یا مخاطرات محیطی تبدیل شوند. در قلمرو مطالعاتی در مقطع زمانی ۱۴ تا ۳۱ مارس ۱۹۹۸ مسیر سامانه‌های بارشی با توجه به ویژگی‌های سطح زمین در خلق زمین‌لغزش‌ها به‌طور مؤثر ایفای



نقش نموده‌اند سامانه‌های بارشی در بارش اول از سه مسیر اروپای شمالی - دریای سیاه - شرق مدیترانه و مسیر شمال آفریقا (لیبی) - جنوب مدیترانه - شرق مدیترانه و مسیر شرق مدیترانه - شمال عراق به ایران وارد و پس از گذشتن از دریای خزر از ایران خارج گردید. گرچه در این مسیر سامانه‌ها از دریای سیاه و مدیترانه رطوبت کافی دریافت نموده‌اند اما نقش پرفشار سیبری در شمال شرق و پرفشار دریای عرب در جنوب کشور در احیا و تشدید فعالیت چرخندها در تمام طول دوره قابل توجه می‌باشد. ورود هوای گرم و مرطوب از طریق پرفشار دریای عرب و هوای سرد از طریق پرفشار سیبری سبب افزایش شیب دمایی در چرخندها می‌گردد. چنین سازوکاری سبب می‌گردد نیروی مقاومت دامنه‌ها نسبت به تنش‌های وارده کاهش یابد و دامنه‌ها آستانه ناپایداری را تجربه نماید. رخداد اکثر زمین لغزش‌ها مقارن با اتمام این بارش و یا دوره بین دو بارش بوده است. در دوره بین دو بارش با استقرار پرفشار بر ایران آب‌ها فرصت نفوذ یافته و یا با افزایش قدرت آب‌های جاری، زیرشویی دامنه‌ها در نهایت به ناپایداری و لغزش آن‌ها می‌انجامد. بر اساس اطلاعات حاصل از بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور زمین لغزش‌های ایجاد شده از نوع چرخشی، جریان‌ی، انتقالی و گسترش یافته بودند.

در بارش دوم که ۲۴ تا ۳۱ مارس به طول انجامید سامانه‌های بارشی در دو مسیر به سمت ایران حرکت نمودند. در مسیر اول سامانه‌ها از غرب مدیترانه - شرق مدیترانه - دریای خزر و در مسیر دوم از شمال آفریقا (سودان) - عربستان - خلیج فارس وارد ایران شدند. گرچه اندرکنش کم‌فشارهای سودانی با کم‌فشارهای مدیترانه‌ای موجب نزول بارش‌های سنگینی در نوار غربی ایران به‌ویژه زاگرس شمال‌غربی گردیده است، اما به‌غیر از بهمن سنگی آبیکارلبد زمین لغزش مهم دیگری در ارتباط با بارش رخ نداده است. بهمن سنگی آبیکارلبد در زاگرس مرتفع جای دارد و با رخداد آن قسمتی از دامنه شمال شرقی کوه کینو از پیکرکوه جدا و به دره رودخانه لبد سقوط کرد که پس از عبور از دره، روستای آبیکار را مدفون ساخت. ورود کم‌فشار سودانی پس از عبور از دریای سرخ و خلیج فارس، ارتفاع، امتداد و جهت قله زاگرس شمال غربی و شرایط هیدرودینامیکی و هیدروژئولوژیکی ناشی از بارش اول و دوره بین دو بارش عوامل مهمی هستند که موجب رخداد بهمن سنگی آبیکار گردید. ارتفاعات زاگرس راه عبور توده‌های هوای مرطوبی که از غرب و جنوب غرب وارد ایران می‌شوند را مسدود می‌کنند. دامنه‌های غربی زاگرس از مهم‌ترین منبع رطوبتی منطقه یعنی خلیج فارس فاصله زیادی ندارند. در ۲۹ مارس بیشترین بارش به میزان ۱۴۷ میلی‌متر در ایستگاه کوه‌رنگ نزدیک‌ترین ایستگاه به بهمن سنگی ثبت شده است. سامانه وارد شده از مسیر سودان، دریای سرخ و خلیج فارس، بارش گرم تولید کرده که فرآیند ذوب برف تسریع می‌کند. در مورد بارش دوم هم نقش پرفشار روسیه و دریای عرب قابل توجه می‌باشد.

نقش چیدمان پراتفعاها و کم ارتفاع در سطوح میانی هوا سپهر در مورد هر دو بارش به گونه ای است کم فشارهای سطح زمین در منطقه تاوایی مثبت کم ارتفاعها واقع شده اند که از شرایط اولیه ایجاد ناپایداری های جوی می باشد.

### کتابنامه

بیاتی خطیبی، مریم؛ ۱۳۸۶. مفهوم زمان، طیفها و مقیاسهای آن در پژوهشهای ژئومورفولوژی (با نگاهی تحلیلی بر مفهوم زمان در سیستمهای طبیعی). رشد آموزش جغرافیا. دوره بیست و دوم. شماره ۲. زمستان ۱۳۸۶، صص ۳-۱۰

عابدی. قدرت الله؛ ۱۳۷۷. بررسی بلایای طبیعی و نقش آن در توسعه پایدار. نشریه سپهر. دوره هفتم. شماره ۲۸، صص ۵۲-۶۴.

علایی طالقانی. محمود؛ ۱۳۹۰. ژئومورفولوژی ایران. چاپ پنجم. نشر قومس. صص ۱۰۵-۱۱۵  
گروه مطالعه امور زمین لغزشها؛ ۱۳۸۴. راهنمای بانک اطلاعاتی زمین لغزشهای کشور. سازمان جنگلها و مراتع و آبخیزداری کشور. وزارت جهاد کشاورزی

نیکاندیش، ن؛ ۱۳۸۰. بررسی نقش عوامل مسبب وقوع زمین لغزشها در حوضه کارون میانی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی (دانشگاه اصفهان). ۲(۱۰). ۱۶۳-۱۸۴.

نیکاندیش، ن؛ هدائی آرنائی، م؛ ۲۰۱۵. نقش آفرینی بندالها در رخداد مخاطرات ژئومورفودینامیکی (مطالعه موردی زمین لغزه های فروردین ۱۳۷۷ غرب استان چهارمحال و بختیاری). جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳(۲۶)، ۱۷۱-۱۹۲.

سازمان هواشناسی ایران. آمار روزانه ایستگاههای سینوپتیک (۱۹۹۸)

Fuhrmann, C. M., Konrad, C. E., & Band, L. E. (2008). Climatological perspectives on the rainfall characteristics associated with landslides in western North Carolina. *Physical Geography*, 29(4), 289-305.

Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: investigation and mitigation. Chapter 3-Landslide types and processes. *Transportation research board special report*, 247, 36-85.

Elorza M. M. & Mart nez, V. S (2001). Multiple talus flatirons, variations of scarp retreat rates and the evolution of slopes in Almazán Basin (semi-arid central Spain). *Geomorphology*, 38(1), 19-29.

Hungr, O., Evans, S., Bovis, M., & Hutchinson, J. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3), 221-238.

Fairbridge, R. W. (1968). The encyclopedia of geomorphology. New York, Reinhold Book Corp

Zêzere, J. (2007). *Rainfall-triggered landslides occurred in the Lisbon Region in 2006: validation of regional rainfall thresholds and relationships with the North Atlantic Oscillation*. Paper presented at the Geophysical Research Abstracts.

- Sillmann, J., & Croci-Maspoli, M. (2009). Present and future atmospheric blocking and its impact on European mean and extreme climate. *Geophysical Research Letters*, 36(10).
- Borgatti, L., & Soldati, M. (2010). Landslides as a geomorphological proxy for climate change: a record from the Dolomites (northern Italy). *Geomorphology*, 120(1), 56-64.
- Phillips, J. (2006). Evolutionary geomorphology: Thresholds and nonlinearity in landform response to environmental change, in *Models and applications of chaos theory in modern sciences*, CRC press, 196-214.
- Prezerakos, N., & Flocas, H. (1997). The role of a developing upper diffluent trough in surface cyclogenesis over central Mediterranean. *Meteorologische Zeitschrift*, 6(3), 108-119.
- Seluchi, M. E., & Chou, S. C. (2009). Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 98(1-2), 67-77.

