

## پهنه‌بندی خطر رویداد حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی

دکتر حسین نگارش<sup>۱</sup>، وحید فیضی<sup>۲</sup>، علی اصغر هدایی<sup>۳</sup>،

مریم ملاشاهی<sup>۴</sup>، منصوره شاه حسینی<sup>۵</sup>

### چکیده

شناسایی عوامل مؤثر در وقوع حرکات دامنه‌ای و پهنه‌بندی خطر آن، یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل این پدیده و انتخاب مناسب‌ترین و کاربردی‌ترین گزینه مؤثر می‌باشد. از این رو این تحقیق با هدف شناسایی عوامل مؤثر در ایجاد حرکات دامنه‌ای و مشخص کردن مناطق دارای پتانسیل، به پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی پرداخته است. به این منظور ابتدا مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی شناسایی شد. بسیاری از اطلاعات حرکات دامنه‌ای به دست آمده در این تحقیق بر مبنای مشاهده مستقیم می‌باشد. مکان پدیده، اندازه‌گیری نسبی آن، نمونه برداری از مواد دامنه‌ای و تعیین قلمرو از جمله مواردی است که در روش میدانی انجام شده است. سپس با استفاده از روی هم‌گذاری لایه‌ها و تدقیق پهنه‌های مختلف ناپایداری، با کمک مطالعات میدانی و نظرات کارشناسی اقدام به پهنه‌بندی انواع مختلف حرکات دامنه‌ای در سطح استان گردید. در این زمینه از دو نرم افزار Arc GIS و Arc View استفاده شده است. تطبیق عوارض با تصاویر ماهواره‌ای و هوایی از جمله موارد دیگر در این تحقیق است.

نتایج نشان می‌دهد که سولی‌فلاکسیون و خزش با مساحتی برابر با 757898/8 هکتار در حدود 20 درصد از کل مساحت استان آذربایجان غربی را دربر می‌گیرد. همچنین در بین شهرستان‌های استان بیشترین احتمال خطر حرکات دامنه‌ای مربوط به شهرستان خوی می‌باشد که با مساحتی بالغ بر 556092/39 هکتار حدود 14/78 درصد از کل حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی را در بر می‌گیرد.

کلید واژه‌ها: پهنه‌بندی، حرکات دامنه‌ای، استان آذربایجان غربی

## مقدمه

آهنگ رو به رشد توسعه و عمران شهری و روستایی همراه با نتایج ارزنده در بهبود وضعیت ساکنین کره زمین موجب بروز برخی ناهنجاری‌های طبیعی نیز گردیده است. حرکات دامنه‌ای در زمره پرخسارت‌ترین آنها است که همگام با دست‌کاری بشر در سیستم‌های طبیعی در دهه اخیر شتاب فزاینده‌ای یافته است (شادفر و همکاران، 1386: 119-126). از آنجا که پیش‌بینی زمان رخداد حرکات دامنه‌ای از توان علم و دانش فعلی بشر خارج می‌باشد، لذا با شناسایی مناطق حساس به حرکات دامنه‌ای و رتبه‌بندی کردن آن می‌توان تا حدودی از خطرناشی از بروز زمین لغزش جلوگیری نمود. این موضوع در مبحث آبخیزداری با توجه به هدف آن در اجرای مدیریت جامع منابع طبیعی موجود در حوزه آبخیز و استفاده بهینه از آنها مد نظر بوده و مورد بررسی قرار می‌گیرد (شیرانی، 1383: 104).

شناسایی عوامل موثر بر حرکات دامنه‌ای و پهنه‌بندی خطر آن جهت مشخص نمودن مناطق مستعد و پر خطر ابزار اساسی بررسی و کمک به برنامه‌ریزان جهت برنامه‌ریزی و اقدامات مورد نیاز است (Anbalagan, 1992: 269-277). ویژگی‌های طبیعی، زمین‌شناسی و اقلیمی کشور ایران به گونه‌ای است که در برخی نقاط کشور هر ساله حرکات توده‌ای و زمین لغزه‌های متعددی بروز می‌کند و خسارات جانی و مالی زیادی به بار می‌آورد. بر اساس برآوردهای اولیه، سالانه 500 میلیارد ریال خسارات مالی از طریق وقوع زمین لغزه‌ها بر کشور وارد می‌شود (کمک پناه، 1373: 34). هم‌چنین بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تا اوایل سال 1378 حدود 2590 زمین لغزه در کشور باعث مرگ 162 نفر، تخریب 176 باب خانه، خسارات مالی به میزان 1866 میلیارد ریال، تخریب 6763 هکتار جنگل، تخریب 170 کیلومتر راه ارتباطی و ایجاد رسوب سالانه‌ای به حجم 963807 متر مکعب شده است (میرصانعی و کاردان، 1378: 68).

شناسایی و طبقه‌بندی نواحی مستعد حرکات دامنه‌ای و پهنه‌بندی خطر آن گامی مهم در ارزیابی خطرات محیطی جهت برنامه‌ریزی در کنترل بلایای طبیعی نیز بشمار می‌رود که نقش غیر قابل انکاری را در مدیریت حوضه‌های آبخیز ایفا می‌نماید (Sakar, Kanungo, and Mehrotar, 1995: 301-309). با این وصف، وقتی ناپایداری دامنه‌ها و حرکات توده‌ای مواد بر روی دامنه‌ها در ارتباط با انسان و ساخت و سازهای بشری و مراکز مسکونی و فعالیت‌های وی صورت گیرد، به عنوان بلایا و سوانح طبیعی قلمداد می‌شوند (حائری، 1372: 127). و گاهی وقوع آن‌ها موجب خسارات فراوانی اعم از جانی و مالی در گوشه و کنار جهان می‌گردد.

فانیولیو نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از روش ارزش اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی برای منطقه لانگنن در استان گانسو چین تهیه کرد. نتایج نشان داد که روش ارزش اطلاعاتی، مکان‌های با زمین لغزش فعال را بهتر نشان می‌دهد (Fanyu liu, 2007).

Ocakoglu (2002: 329-341) در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه، به مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی و کوتاه روزانه و ساعتی توسط آن‌ها به وضوح دلالت بر این دارد که بارش سنگین در زمین لغزش به عنوان یک عامل محرک نقش دارد. سپس توپوگرافی، شیب لایه‌بندی مارن، تراکم زیاد درختان و افق خاک ضخیم بر روی زمین‌های مارنی، نقش موثری در وقوع انواع زمین لغزش‌ها داشته‌اند.

Thommas و دیگران (1995: 4) ضمن بررسی عوامل ایجاد حرکت‌های توده‌ای در شیب‌های سنگی، سازندهای ماسه سنگ و سنگ آهک را با فراوانی بالای ریزش ذکر کردند. آن‌ها هوازدگی و خصوصیات سنگ را از عوامل مهم

در تعیین فراوانی و نوع حرکات توده‌ای مواد می‌دانند. Durgin (1997: 127-132) حرکت توده‌ای مواد را به هوازدگی سنگ‌های گرانیتی طی تکامل فرسایشی زمین‌های گرانیتی مرتبط می‌داند. Ohmori (1995: 101-149) تأثیر اختلافات محلی یا ناحیه‌ای در میزان و بزرگی لغزش‌ها به وسیله شرایط مکانی کنترل می‌شود و عوامل ناهمواری و شیب نقش اصلی دارند. به نظر Pierson و همکاران (2001: 78) بر حسب تغییرات شیب، نحوه ریزش تغییر می‌کند.

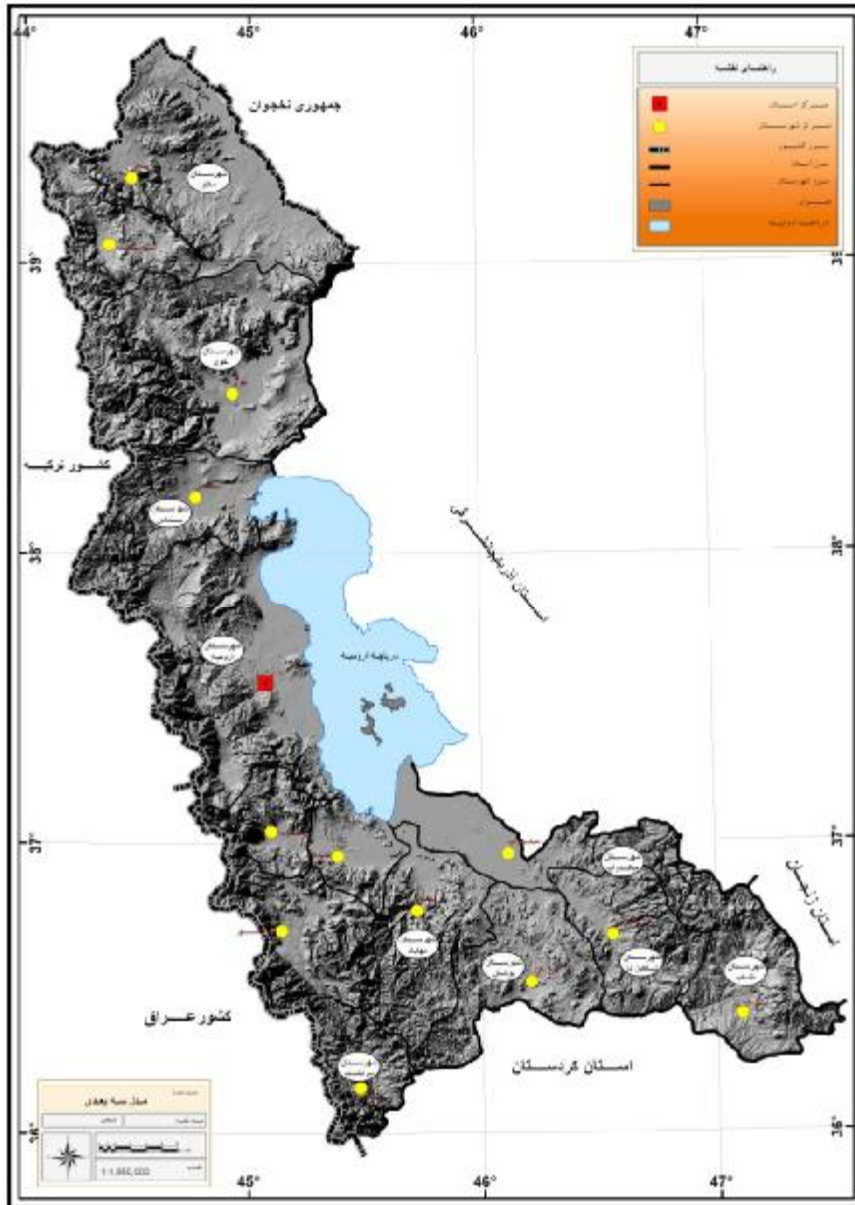
از این قبیل تحقیقات در ایران بسیار صورت گرفته و بیشتر تحقیقات نیز در زمینه زمین لغزش بوده است. از جمله می‌توان به کارهای کریمی و همکاران، 1391؛ رافت نیا و همکاران، 1390؛ امیدوار و کاویان، 1389؛ موسوی خطیر و همکاران، 1388؛ حسن زاده نفوتی و همکاران، 1390؛ امیراحمدی و همکاران، 1389؛ پورقاسمی و همکاران، 1388؛ کریمی سنگ چینی و اونق، 1390 و ... اشاره کرد که هر یک به پهنه بندی خطر زمین لغزش و علل آنها در منطقه خاصی پرداخته‌اند.

هم‌چنین در محدوده مطالعاتی استان آذربایجان غربی نیز بلاذیس در سال 1383 در پژوهشی تحت عنوان تحلیلی بر ژئومورفولوژی لغزش‌ها در منطقه ماکو به بررسی وقوع و عوامل موثر در وقوع این پدیده پرداخته است، ایشان عنوان می‌کنند که زمین لرزه‌ها، نیروهای تکتونیکی و غیره باعث تشدید حرکات دامنه‌ای می‌شوند هم‌چنین از بین بردن جنگل‌ها، احداث جاده‌ها، سدها و هر اقدام دیگری در سطوح شیب‌دار بدون آگاهی از دینامیک محیط انجام شود، همه از عوامل ناپایداری دامنه‌ها می‌باشند.

بررسی این پدیده جهت تهیه نقشه خطر حرکات دامنه‌ای، از یک سو به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل زمین لغزش در محدوده فعالیت‌های بشری حائز اهمیت بوده و از سوی دیگر جهت شناسایی مکان‌هایی امن برای توسعه زیستگاه‌های جدید و یا سایر کاربری‌های انسانی نظیر راه‌ها، مسیر انتقال نیرو و انرژی، نیروگاه‌ها و ... در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه‌ریزان قرار دارد. هدف از پژوهش حاضر آن است که با بررسی کامل ویژگی‌های طبیعی ناحیه مورد مطالعه، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>1</sup> (ساج-GIS) و داده‌های سنجش از دور و به کارگیری روش‌های آماری، انواع حرکات دامنه‌ای را در منطقه مورد مطالعه شناسایی کرد، سپس به پهنه‌بندی این حرکات در سطح استان و مساحت هر کدام از این حرکات را به تفکیک شهرستان استخراج گردد. این تحقیق در نوع خود بسیار حائز اهمیت است زیرا تحقیقی است که توانسته انواع حرکات دامنه‌ای را تقریباً با دقت بالایی در سطح وسیعی مورد شناسایی قرار دهد.

#### منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان غربی در شمال غرب کشور قرار دارد که با کشورهای عراق، ترکیه و آذربایجان دارای مرز مشترک می‌باشد. این استان در عرض جغرافیایی بین 35 تا 40 درجه شمالی و طول جغرافیایی 44 تا 48 درجه شرقی قرار گرفته است. شکل 1 تصویر سه بعدی از استان آذربایجان غربی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: تصویر سه بعدی از استان آذربایجان غربی

### مواد و روش ها

در این تحقیق، حرکات دامنه‌ای با استفاده از عواملی که در بروز و رویداد آن مؤثرند، طبقه‌بندی و پهنه‌بندی می‌شوند. در این روش ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و همچنین نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس 1:100000، گسل‌ها و واحدهای مختلف زمین‌شناسی شناسایی شدند (هدایی، 1381: 55). با توجه به عوامل گوناگونی که در رویداد حرکات دامنه‌ای مؤثر هستند، شناسایی و نحوه دخالت دادن آنها در روش‌های مختلف پهنه‌بندی با دقت متوسط به ویژه سیستم اطلاعات جغرافیایی (G.I.S) از اهمیت ویژه‌ای

برخوردار است. هم‌چنین روش ارائه شده توسط (Varnes 1978 ص 78) در این راستا قرار دارد که در سال 1991 بر اساس بررسی‌های انجام شده بر روی زمین‌لغزش‌های انجام گرفته در اثنای رویداد زمین‌لرزه‌ها گذشته و بارش‌های سنگین ایجاد شده بودند، تدوین شده است (هدایی، 1383: 125). در این روش، عوامل شرایط شدت بارندگی و لرزه‌خیزی به عنوان عامل تحریک کننده مورد توجه قرار می‌گیرد. با ترکیب آنها درجه‌ای از مخاطره حرکات دامنه‌ای بر اساس رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H = (Sr \cdot Si \cdot Sh) \cdot (Ts + Tp)$$

HL = میزان شاخص خطر زمین‌لغزش

Sr = میزان شاخص پستی و بلندی زمین

Si = نشانه قابلیت و استعداد لغزش از نظر سنگ‌شناسی

Sh = میزان تأثیر رطوبت طبیعی خاک

Ts = میزان تأثیر شدت زمین‌لرزه

Tp = میزان تأثیر شدت بارندگی

در تحقیق مورد نظر از دو نرم افزار Arc View و Arc GIS استفاده شده است و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی اطلاعات مربوط به حرکات دامنه‌ای بازنگری و تغییر مقیاس داده شدند. از روش‌های آماری و ارزش عددی شرح داده شده در بحث قبلی نیز استفاده شده است. هم‌چنین در این تحقیق از نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس 1/100000، نقشه‌های توپوگرافی 1/50000، نقشه شیب، نقشه کاربری اراضی، نقشه قابلیت اراضی، نقشه خطوط هم باران، نقشه پوشش گیاهی به پهنه‌بندی احتمال خطر حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی پرداخته شده است. در این ارتباط با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS لایه‌های مذکور روی هم‌گذاری شده و پس از آن با امتیازدهی به هر یک از شاخص‌ها، در نهایت نقشه احتمال خطر رویداد حرکات دامنه‌ای تهیه شد.

بسیاری از اطلاعات حرکات دامنه‌ای به دست آمده در این تحقیق بر مبنای مشاهده مستقیم است. مکان‌شناسی پدیده، اندازه‌گیری نسبی از پدیده، نمونه برداری از مواد دامنه‌ای و تعیین قلمرو از جمله مواردی است که در روش میدانی انجام شده است. تطبیق عوارض با تصاویر ماهواره‌ای و هوایی از جمله موارد دیگر در این تحقیق است. هم‌چنین با مراجعه به نقشه‌های پایه از قبیل توپوگرافی، زمین‌شناسی و مراجعه به کتاب‌های مرجع و دیگر منابع مکتوب مربوط به تحقیق، و نیز اخذ آمار حرکات دامنه‌ای و میزان خسارات وارد شده هر کدام از این حرکات به تفکیک شهرستان‌های استان از سازمان جنگل‌ها و مراتع و آب‌خیزداری، کار پیگیری شده است.

### شاخص‌های مورد استفاده

در این مقاله از 10 شاخص: 1. سنگ شناسی، 2. شبکه راه‌ها، 3. گسل، 4. شبکه آبراه‌های، 5. شیب، 6. جهت شیب، 7. کاربری اراضی، 8. ضخامت مواد تراکمی، 9. ضریب رطوبت و میزان بارش، 10. دما استفاده شده است. این شاخص‌ها با استفاده از روش ارزش عددی تحلیل شده‌اند و بر این اساس پهنه‌بندی صورت گرفته است.

## یافته‌های تحقیق

بر اساس آمار به دست آمده از سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، در محدوده مورد مطالعه 213 مورد حرکات دامنه‌ای رخ داده است که طبق طبقه بندی سازمان مذکور این تعداد در 5 گروه طبقه‌بندی گردید. هم‌چنین یک گروه دیگر نیز وجود دارد که در بررسی‌های انجام شده با عنوان غیر قابل ترسیم به کار رفته است. اما پنج گروه اصلی مورد بررسی در این گزارش عبارتند از: لغزش و رانش زمین، ریزش، سولیفلوکسیون یا جریان، خزش و دسته آخر که به عنوان مرکب خوانده شده است ترکیبی از چند نوع حرکت را شامل می‌شود. جدول 1 تعداد و نوع حرکات دامنه‌ای بررسی شده و درصد نسبی هر کدام از این حرکات در سطح استان را نشان می‌دهد.

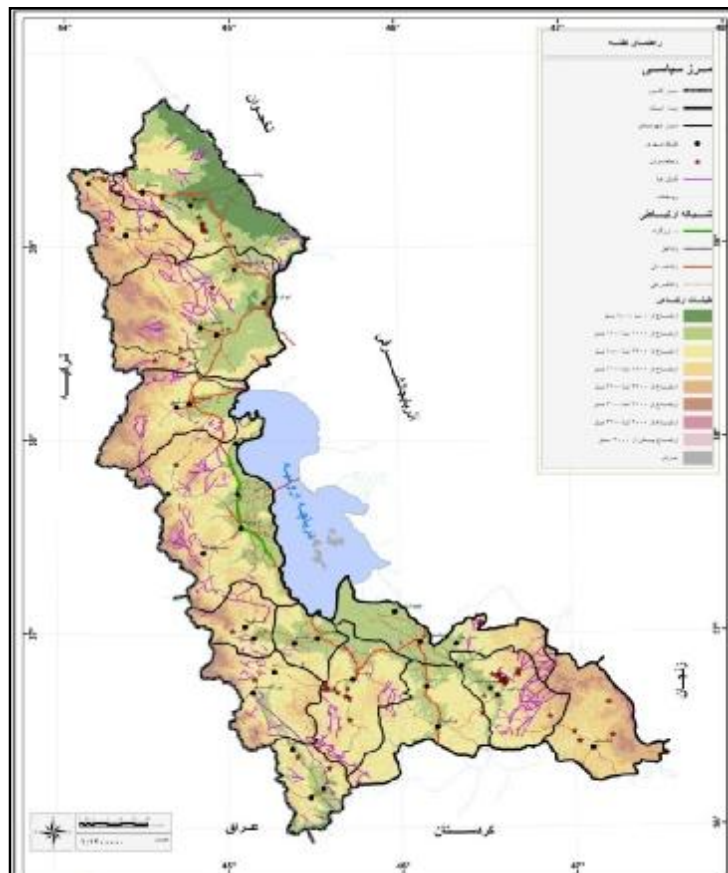
جدول 1: تعداد و نوع حرکات دامنه‌ای بررسی شده و درصد نسبی در سطح استان

نوع حرکات دامنه‌ای	تعداد حرکات بررسی شده	درصد نسبی
لغزش و رانش زمین	90	42/25
ریزش	15	7/04
جریانی	45	21/13
خزش	11	5/16
مرکب	48	22/54
غیر قابل ترسیم	4	1/88
مجموع	213	100

البته باید در این زمینه اشاره کرد که در آمار گزارش شده توسط سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، آن دسته از حرکات دامنه‌ای که منجر به وارد آمدن خسارت شده‌اند، ذکر گردیده است. لذا حرکات دامنه‌ای از قبیل خزش که به آرامی رخ می‌دهند و تخریب و خسارت آنی را در بر نمی‌گیرند از این آمار حذف شده و به عبارتی دیگر نادیده گرفته شده است. هم‌چنان که در جدول 1 مشاهده می‌شود بیشترین حرکات دامنه‌ای از لحاظ فراوانی لغزش و رانش زمین می‌باشد که به تنهایی 90 حرکت از 213 حرکت را در بر می‌گیرد. این نوع حرکت 42/25 درصد از کل حرکات دامنه‌ای بررسی شده را شامل می‌شود که نشان از اهمیت و تهدید این نوع حرکت می‌باشد. بعد از لغزش و رانش زمین، حرکات دامنه‌ای مرکب بیشترین سهم را در بررسی حرکات دامنه‌ای به وقوع پیوسته دارند. این نوع حرکات 48 مورد از 213 مورد حرکت را به خود اختصاص داده است.

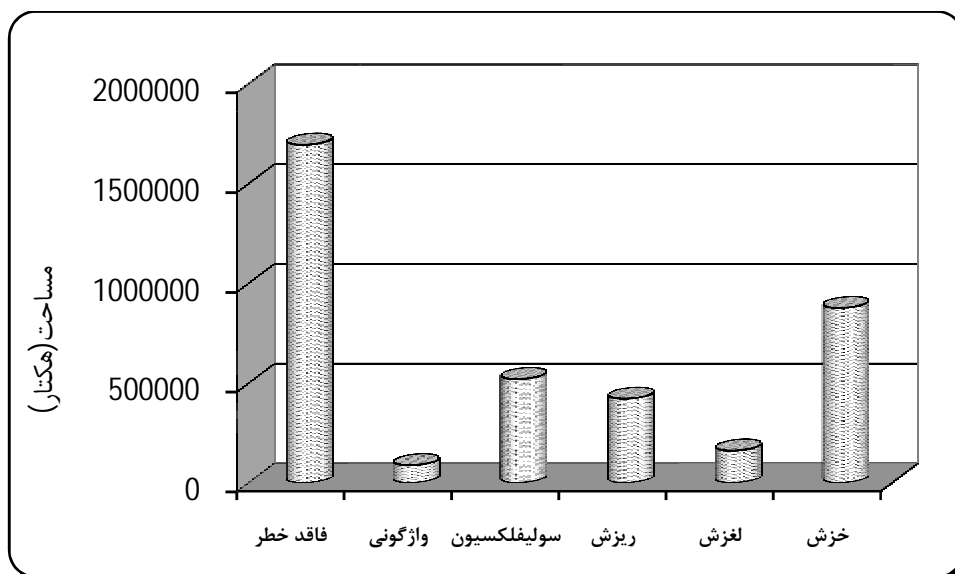
زمین لغزش یکی از مهمترین پدیده‌های زمین شناختی دامنه‌های پر شیب در غرب و شمال استان است که به طور تدریجی و گاهی در مدت زمان کوتاه باعث بروز خسارات قابل توجه می‌گردد و در چند ساله اخیر به دلیل تغییرات نامطلوب در کاربری‌ها و تخریب فزاینده مراتع و جنگل‌ها و اراضی زراعی و اجرای نامناسب پروژه‌های عمرانی در مناطق مستعد لغزش، تشکیلات زمین‌شناسی مستعد به لغزش، میزان بارندگی و اقلیم منطقه و وجود دامنه‌های پرشیب، فراوانی وقوع این پدیده مخرب، افزایش داشته است و بخش قابل توجهی از سکونتگاه‌هایی که در دامنه‌های شمالی استقرار یافته‌اند را در معرض تخریب قرار داده و بعضاً جابه‌جا یا تثبیت شده‌اند که خسارات

اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی نیز به همراه داشته است. شکل 2 موقعیت زمین لغزش‌های ثبت شده در استان را همراه با گسل‌ها و رودخانه‌ها (عوامل طبیعی) و جاده‌ها (عامل انسانی) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است بیشتر حرکات دامنه‌ای رخ داده در سطح استان در کنار عوارض طبیعی (گسل و رودخانه) یا عوارض انسانی (جاده‌ها) بوده است.



شکل 2: موقعیت زمین لغزش‌های ثبت شده در استان را همراه با گسل‌ها و رودخانه‌ها (عوامل طبیعی) و جاده‌ها (عامل انسانی)

در نهایت با استفاده از روش مذکور به پهنه‌بندی احتمال خطر حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی پرداخته شد. در شکل 3 مساحت احتمال رخداد حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی در شکل 4 منعکس شده است.



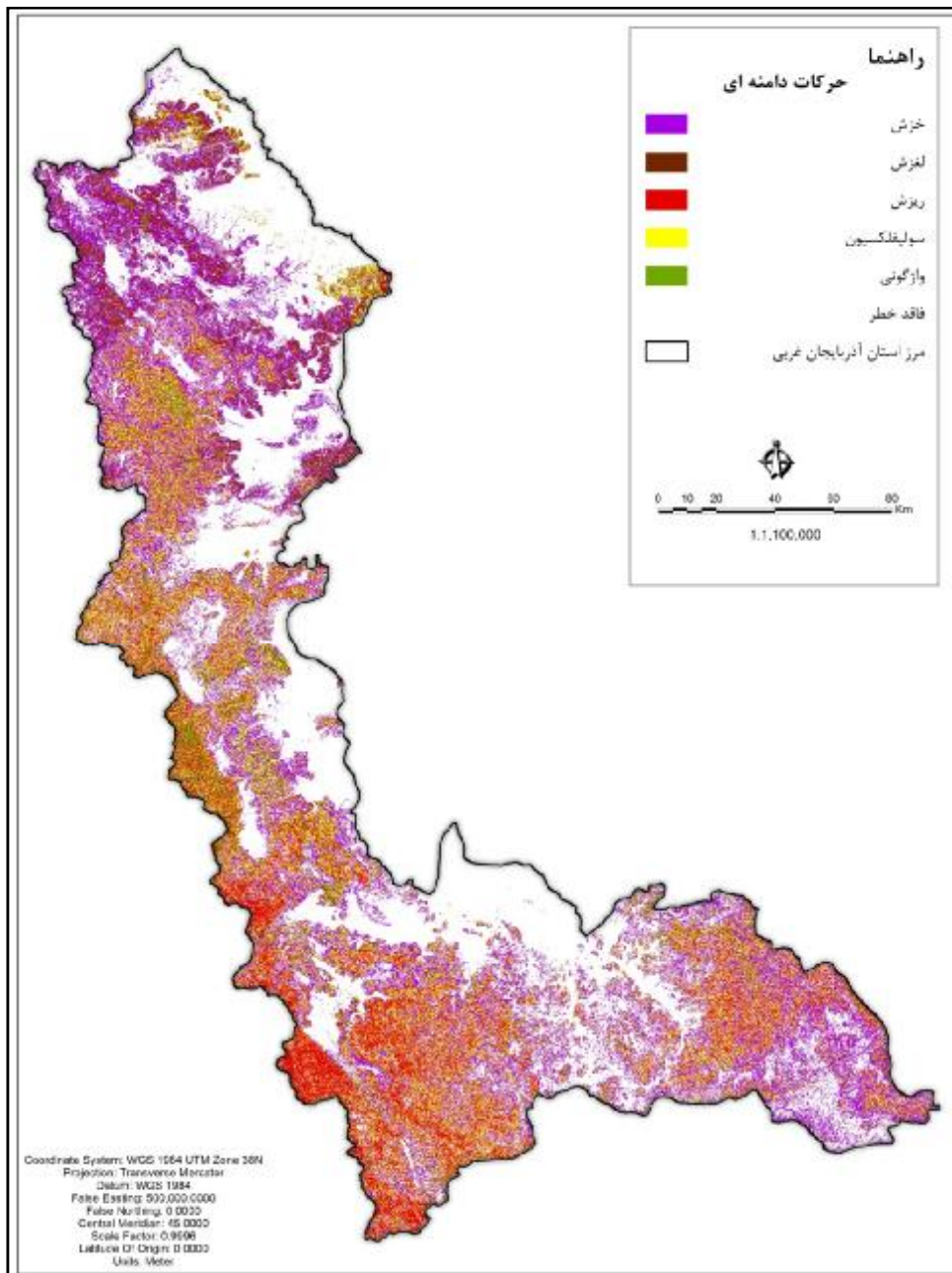
شکل 3: سطح و سطوح احتمال رخداد حرکات دامنه ای در استان آذربایجان غربی

با توجه به شکل 3 مشاهده می‌شود که در استان آذربایجان غربی پهنه‌هایی که فاقد خطر حرکات دامنه‌ای هستند، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند به طوری که این پهنه با مساحتی بالغ بر 1694409/66 هکتار در حدود 45 درصد از کل مساحت استان را دربر می‌گیرد. از نظر خطرات احتمال وقوع حرکات دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود که خزش با مساحتی برابر با 876341/77 هکتار در حدود 23 درصد از کل مساحت استان را در برمی‌گیرد و بیشترین مساحت حرکات دامنه‌ای را به خود اختصاص داده و احتمال خطر واژگونی با مساحتی بالغ بر 87778/19 هکتار کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است.

با توجه به شکل 4، پهنه‌بندی خطر رویداد حرکات دامنه‌ای استان، مشاهده می‌شود که بخش‌های شمالی و شمال غربی بیشترین حرکات دامنه‌ای از نوع سولیفلکسیون و خزش هستند. این نوع از حرکات دامنه‌ای با توجه به شیب و میزان بارش از یک طرف و قابلیت اراضی آنها که غالباً کوه، تپه و فلات می‌باشند، توجیه پذیر است. اما مهمترین عامل در وقوع این حرکات شیب است که میزان آن در بخش‌های شمالی و شمال غربی استان زیاد است. در بخش‌های جنوب و به خصوص جنوب غرب استان میزان حرکات ریزش بیشتر از سایر حرکات بوده و این خود نشان از وجود تخریب فیزیکی و شیمیایی سنگها و به وجود آمدن خاک در این مناطق است که زمینه را برای ایجاد پدیده خزش آماده کرده است.

توزیع شهرستانی این پدیده نشان می‌دهد که بیشترین سطح احتمال رخداد آن در شهرستان خوی است و کمترین سطح احتمال رخداد خزش در شهرستان نقده است به طوری که در این شهرستان این نوع از حرکات دامنه‌ای با مساحتی بالغ بر 20545/2 هکتار تنها 2/3 درصد از کل مساحت واقع در احتمال خطر خزش قرار دارند. بعد از خزش، سولیفلکسیون بیشترین گسترش را در محدوده استان قرار دارند. این نوع از حرکات دامنه‌ای بیشترین گسترش خود را در سطح شهرستان ارومیه داشته و در شهرستان چالدران احتمال وقوع چنین مخاطره‌ای دیده نشده است. جدول 2 مساحت و سهم نسبی هر یک از حرکات دامنه‌ای به تفکیک شهرستان را نشان می‌دهد.





شکل 4: احتمال خطر رویداد حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی



از جمله دیگر حرکات دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه، احتمال وقوع لغزش است. بیشترین گسترش این نوع از حرکات در واحدهای اراضی فلات، کوه‌ها، تپه‌ها و آبرفت‌های بادبزینی شکل حاشیه ارتفاعات و دره‌های موجود صورت می‌گیرد. در این نوع حرکات از نوع حرکات دامنه‌ای نیز شیب و جنس خاک بیشترین اهمیت را دارند، این نوع از حرکات معمولاً در جاهایی که شیب زمین خیلی زیاد باشد و یک لایه نفوذپذیر بر روی یک لایه سخت و نفوذناپذیر قرار گیرد، رخ می‌دهد.

البته این شرایط در کنار شیب‌های تند و شکستگی‌ها باعث می‌شوند تا احتمال خطر لغزش افزایش یابد، همان‌طور که در نقشه پهنه‌بندی خطر رویداد حرکات دامنه‌ای دیده می‌شود، در استان آذربایجان غربی این نوع حرکات در بخش‌های جنوبی نواحی غربی به ویژه در غرب شهرستان ارومیه دیده می‌شود، نکته‌ای که باید در مورد این نوع از حرکات دامنه‌ای اشاره شود، این است که در کنار رودخانه‌ها، پهنه‌های گسترده‌ای از این نوع حرکات وجود دارد به طوری که در کنار رودخانه‌های بزرگی هم‌چون قطور، سیمینه‌رود، زرینه‌رود، شهرچای، باراندوزچای و زاب کوچک بیشترین پهنه‌های خطر لغزش مشاهده می‌شود. هم‌چنین توزیع شهرستانی این پدیده نشان می‌دهد که در سطح شهرستان ماکو بیشترین مساحت حرکات لغزشی وجود دارد. این نکته را نباید فراموش کرد که اگر چه لغزش مساحت کمتری را در سطح محدوده مورد مطالعه دارد، اما بیشترین خسارات مربوط به این نوع از حرکات دامنه‌ای است که باید در خصوص جلوگیری از این حرکات اقدامات لازم را انجام داد. دلیل اصلی این امر را نیز می‌توان در وقوع سریع و ناگهانی این حرکت است.

در بین احتمال خطر حرکات دامنه‌ای در استان آذربایجان غربی، واژگونی کمترین مساحت را به خود اختصاص داده است. این نوع از حرکات در بخش‌های غربی استان بیشترین نمود را دارند، لذا شرایطی که موجب به وجود آمدن این نوع از حرکات شده در ارتباط مستقیم با ارتفاع و شیب و پراکنش گسل‌ها بوده است. در این نوع از حرکات، با نگاه اجمالی به نقشه‌های شیب مشاهده می‌شود که شیب‌های بالاتر از 65 درصد محدوده‌ای است که این حرکات بیشترین گسترش را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین در این مورد اراضی که به عنوان کوه شناخته می‌شوند (یعنی اراضی که دارای واحدهای 1.1، 1.2، 1.22 و ...) انطباق زیادی با این حرکات دارند.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای مشاهده می‌شود که بیشتر حرکات دامنه‌ای در بخش‌های غربی استان و در جایی اتفاق افتاده‌اند که شیب زمین زیاد بوده است. با توجه به این مطلب می‌توان گفت که شیب زمین به عنوان یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در رخداد حرکات دامنه‌ای می‌باشد. در ضمن در این بخش از استان میزان بارش نیز بیشتر می‌باشد که می‌تواند باعث تشدید حرکات دامنه‌ای شود. از طرفی دیگر وجود رودخانه‌ها، گسل‌ها، تکتونیک و فعالیت‌های انسانی از قبیل به هم زدن تعادل شیب و احداث جاده‌ها در وقوع حرکات دامنه‌ای موثر می‌باشند. لذا با شناسایی این مناطق می‌توان در مهار و جلوگیری از مخاطرات و وارد شدن خسارات احتمالی راهکارهایی اندیشید.

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی بر آن بود که ابتدا به شناخت ناپایداری‌ها و نحوه وقوع آن‌ها در سطح استان آذربایجان غربی پرداخته شود و سپس با بررسی وقوع حرکات دامنه‌ای رخ داده و بر اساس شاخص‌های ذکر شده به پهنه‌بندی این حرکات در سطح استان پرداخته شود. نتایج بررسی موقعیت وقوع حرکات دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که اکثر حرکات دامنه‌ای اتفاق افتاده در ارتباط با عوامل طبیعی (گسل و رودخانه) یا عوامل انسانی (جاده‌ها) بوده است. در این خصوص می‌توان به موقعیت زمین لغزه‌هایی که در کنار گسل‌های اصلی موجود در سطح منطقه اتفاق افتاده‌اند، اشاره کرد. پس از پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای در سطح استان و مقایسه آن با محل وقوع حرکات دامنه‌ای قبلی ملاحظه شد که بیشتر حرکات دامنه‌ای اتفاق افتاده در همان محدوده‌ای قرار دارند که نتایج حاصل از پهنه‌بندی نشان می‌دهند. در ضمن با توجه به نقشه پهنه‌بندی حرکات دامنه‌ای مشاهده می‌شود که بیشتر حرکات دامنه‌ای، در بخش‌های غربی استان و در جایی اتفاق افتاده‌اند که شیب، توپوگرافی، گسل، جنس زمین و خاک مساعد حرکت بوده‌اند. با توجه به این مطلب می‌توان گفت که شیب زمین به عنوان یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در رخداد حرکات دامنه‌ای است. هم‌چنین در این بخش از استان میزان بارش نیز بیشتر از بخش‌های شرقی است که می‌تواند باعث تشدید حرکات دامنه‌ای شود.

بیشترین مساحت حرکات دامنه‌ای در پهنه‌بندی انجام شده مربوط به خزش می‌باشد که با مساحتی برابر با 876341/77 هکتار در حدود 23/29 درصد از کل مساحت استان را در بر می‌گیرد. توزیع شهرستانی این پدیده نشان می‌دهد که بیشترین سطح احتمال رخداد آن در شهرستان خوی است و کمترین سطح احتمال رخداد و خزش در شهرستان نقده است. به طوری که در این شهرستان این نوع از حرکات دامنه‌ای با مساحتی بالغ بر 20545/2 هکتار تنها 2/3 درصد از کل مساحت احتمال خطر خزش را در بر می‌گیرد. کمترین مساحت حرکات دامنه‌ای مربوط به حرکت واژگونی است که با مساحتی برابر 87778/19 هکتار در حدود 2/3 درصد از کل حرکات دامنه‌ای استان آذربایجان غربی را شامل می‌شود. به لحاظ پراکنش شهرستانی نیز بیشترین میزان حرکات دامنه‌ای در سطح شهرستان خوی رخ داده و کمترین حرکات دامنه‌ای در سطح شهرستان نقده رخ داده است.

مرتبط با موضوع مورد مطالعه شادفر و همکاران (1386) به بررسی پهنه‌های زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداخته و در نهایت به پهنه‌بندی این نوع از حرکات دامنه‌ای در حوضه آبریز چالکروند تنکابن پرداخته‌اند. در مقیاس منطقه‌ای شمسی‌پور و شیخی (1389) میزان آسیب‌پذیری محیطی ناحیه غرب فارس را مورد مطالعه قرار دادند و در آن مطالعه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری محیطی بدست آمده از مدل با واقعیت زمینی پیشینه رخداد انواع پدیده‌های طبیعی منطقه مطابقت می‌نمود. در مطالعه مزبور محدوده با چهار معیار زمین‌لرزه، سیلاب، خشکسالی و حرکات دامنه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین شریف‌زادگان و فتحی (1384) ضرورت تعامل طرح‌های توسعه با سنجش حمل محیطی با استفاده از تکنیک دلفی، مدل ارزیابی سلسله مراتبی و شاخص‌های زیست‌محیطی حوزه البرز مورد بررسی قرار دادند، مطالعه مزبور بیشتر متکی بر پرسشنامه دلفی و نتایج آن قرار داشت و عناصر انسان‌ساخت از امتیاز بالایی در مطالعه برخوردار بودند. این مطالعه در مقایسه با مطالعات مشابه، با دیدی دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر در راستای برنامه‌ریزی توسعه زمین انجام گرفته و تنها موردی است که به تفکیک انواع حرکات دامنه‌ای در محدوده وسیعی انجام گرفته است.

### منابع

1. امیدوار، ابراهیم، کاویان، عطاالله، برآورد حجم زمین لغزش‌ها بر پایه مساحت در مقیاس منطقه‌ای: بررسی موردی استان مازندران. نشریه مرتع و آبخیزداری. منابع طبیعی ایران، دوره 63. شماره 4.
2. امیر احمدی، ابوالقاسم، کامرانی دلیر، حمید و صادقی، محسن، (1389)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی حوضه آبخیز چلاو آمل. انجمن جغرافیای ایران. سال هشتم شماره 27.
3. بلادپس، علی (1383). تحلیلی بر ژئومورفولوژی لغزش‌ها در منطقه ماکو (ماکو تا دشت بازرگان). مجله جغرافیا و توسعه. بهار و تابستان.
4. پورقاسمی، حمیدرضا، مرادی، حمیدرضا، فاطمی عقدا، سید محمود، مهدوی‌فر، محمدرضا و محمدی، مجید، 1388، ارزیابی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال سوم، شماره 8.
5. حائری، محسن (1372). اهمیت برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از خسارات ناشی از زمین لغزش‌ها، مجموعه مقالات اولین همایش علمی - تحقیقی مدیریت امداد و نجات.
6. حسن زاده نفوتی، محمد، چابک بلداجی، مسلم و ابراهیمی خوسفی، زهره، (1391)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی مطالعه موردی: حوضه آبخیز شلمانرود. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد نوزدهم. شماره اول.
7. رأفت‌نیا، نصرت‌الله، کاویانپور، محمدکاظم، احمدی، توفیق، (1390)، بررسی علل وقوع پدیده زمین لغزش در جنگل گلندرود مطالعه موردی، سری 3 حوزه آبخیز 48، فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی. سال ششم. شماره اول.
8. شادفر، صمد، یمانی، مجتبی، قدوسی و جمال، غیومیان (1386). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چالکرد تنکابن). فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره 75. تابستان 86.
9. شریف‌زادگان، محمد حسین و حمید فتحی (1384). ارزیابی آسیب‌پذیری زیست محیطی برای برنامه‌ریزی منطقه‌ای در حوزه‌های سه‌گانه زیست‌محیطی البرز به روش سلسله‌مراتبی. علوم محیطی. 10، صص، 1-20، تهران.
10. شمسی‌پور، علی اکبر، شیخی، محمد (1389). پهنه بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس. با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره 73. پاییز 1389.
11. شیرانی، کورش (1383). گزارش نهایی طرح تحقیقاتی ارزیابی مهم‌ترین روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به منظور انتخاب روشی مناسب: مطالعه موردی جنوب استان اصفهان منطقه سمیرم (مسیر رودخانه ماربر). پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.
12. کریمی سنگ‌چینی، ابراهیم، اونق، مجید، (1390)، پهنه بندی خطر زمین لغزش با مدل آماری دو متغیره وزنی AHP در زیرحوزه‌های چهل چای استان گلستان، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال پنجم. شماره 15.

13. کریمی، حاجی، نادری، فتح اله، مرشدی، ابراهیم و نیک سرشت، مهدی، (1391)، پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز چرداول ایلام با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه زمین شناسی کاربردی. سال هفتم. شماره 4.
14. کمک پناه، علی (1373). مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه در کشور. چاپ اول. موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. تهران. صص 5-7.
15. موسوی خطیر، سیده زهره، کاویان، عطاالله و هاشم زاده اتوئی، علی، (1388). بررسی آماری برخی ویژگی‌های مورفومتری و عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش‌ها در حوضه آبخیز سجارود. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد شانزدهم. شماره دوم.
16. میرصانعی، سیدرضا و کاردان، رحمت‌الله (1378). نگرشی تحلیلی بر ویژگی‌های زمین لغزش کشور. مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی محیط‌زیست ایران. چاپ اول. دانشگاه تربیت معلم تهران. صص 70-71.
17. نقشه توپوگرافی 1/50000 استان برگرفته از سازمان نقشه برداری کشور.
18. نقشه راه‌های استان آذربایجان غربی، برگرفته از نقشه راه‌های کشور. سازمان نقشه برداری کشور.
19. نقشه رودخانه‌ها و حوضه‌های آبریز استان، اخذ شده از سازمان مدیریت استان آذربایجان غربی.
20. نقشه زمین شناسی 1/100000 استان آذربایجان غربی به تفکیک بلوک‌های زمین شناسی. برگرفته از سازمان زمین شناسی کشور.
21. هدایی، علی اصغر (1383). جزوه درسی شناخت انواع سوانح. موسسه آموزش عالی علمی کاربردی حلال احمر.
22. هدایی، علی اصغر (1381). ناپایداری دامنه‌ای و پهنه‌بندی خطر رویداد حرکات دامنه‌ای. مجموعه مقالات اولین همایش علمی - تحقیقی مدیریت امداد و نجات.
23. Anbalagan, R. 1992; Landslide hazard development and zonation mapping in mountainous terrain. *J. Engineering Geology*, vol (32), pp: 269-277.
24. Durgin, P. B. (1977) Landslides and the Weathering of granitic rocks, Geological Society of America, *Reviews in Engineering Geology*, vol. 3, 127- 132.
25. Ocakoglu, Faruk, Candan Gokeoglu, and Murat Ercanoglu, 2002. Dynamics of a Complex Massmovement Triggered by Heavy Rainfall: a case study from NW Turkey *Geomorphology* 42:329-341.
26. Ohmori, H Sugai, T. (1995). Toward geomorphometric models for estimating dynamics and forecasting landslide occurrence in Japanese mountains. *Z. Geomorph. N. F. Supply.* - Bd. 101-149.
27. Pierson, L, AC.G. E. Gullixson, C. G. E. and Chassie, R. (2001). Rock fall catchments area design guide, for Oregon Department of Transportation and Federal Highway Administration, 78PP.
28. Sakar, S. Kanungo, D.P and S.Mehrotar. 1995; Landslide Zonation: A case study in Garwal Himalaya, India. *Mountain Research and Development*, pp: 301-309.
29. Thommas, M.b. Voinovich, G. V. and Anderson (1995). Landslide in Ohio The division of Geological survey Geofacts series, 4PP.
30. Varnes, D. J., 1978 "Slope Movement Types and Processes: In Schuster", R. L. and Krizek, R. J. (eds.), *Landslide, Analysis and Control*, transportation Research Board Special Report 176, PP. 11033.
31. Fanyu liu, Z., 2007, "Study on landslide susceptibility mapping based GIS and with bivariate statistics", a Case Study in Longnan Area Highway 212, Science paper online.