

## پهنه بندی حرکات توده ای با استفاده از درونیابی ویژه و درصدهی به هر یک از زیرعوامل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دماوند)

علی اصغر محمدی

دانشجوی دوره دکتری آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

E-mail: [AliAsgharMohammady@yahoo.com](mailto:AliAsgharMohammady@yahoo.com)

سادات فیض نیا

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

### چکیده:

شناخت عوامل موثر در وقوع حرکات توده ای و پهنه بندی خطر حرکات توده ای از مهمترین اقدامات جهت پیشگیری و کاهش خطرات آنها می باشد. در این تحقیق، پهنه بندی حرکات توده ای در حوزه آبخیز دماوند به مساحت ۷۶۱ کیلومتر مربع واقع در حاشیه جنوبی رشته کوه البرز با روش درونیابی ویژه و درصدهی به هر یک از زیرعوامل انجام شد. برای این منظور ابتدا از نقشه پراکنش حرکات که با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و انجام بازدید صحرائی تهیه گردیده (سفیدگری ۱۳۸۱) استفاده شد. در این نقشه ۴۱۰ مورد لغزش، ۱۶۲ مورد ریزش، ۵۶ مورد سولیفلوکسیون و ۲۶ مورد جریان سولیفلوکسیون و در مجموع ۶۵۴ حرکت توده ای نشان داده شده است. در این تحقیق عوامل موثر بر وقوع حرکات توده ای: کاربری اراضی، سازند زمین شناسی، بارندگی، شیب، جهت شیب و ارتفاع تشخیص داده شده است. سپس با استفاده از نقشه پراکنش حرکات توده ای و کمی نمودن عوامل موثر در بروز آنها، پهنه بندی حرکات توده ای در حوزه آبخیز دماوند به شرح زیر انجام شد. ابتدا نقشه پراکنش حرکات توده ای، با درصدهی به زیرعوامل هر کدام از عوامل شش گانه فوق کمی شدند. برای این منظور کلیه عوامل که به صورت کمی در آورده شده، و به صورت یک جدول توصیفی کمی به محیط Arc-view وارد گردیدند. در اینجا کلیه حرکات توده ای در حوزه با توجه به عوامل شش گانه فوق و زیرعوامل و سپس هر یک از حرکات توده ای به تفکیک وارد جدول توصیفی شدند. سپس هر یک از عوامل شش گانه فوق به همراه عدد کمی خود برای حرکات توده ای به صورت نقشه سلولی در آورده شدند. اینکار با استفاده از امکانات توسعه ای نرم افزار Arc-view به نام تحلیل مکانی Spatial Analyst انجام شد. سپس نقشه های سلولی عوامل شش گانه موثر در نظر گرفته شده با اندازه تفکیک ۰/۰۰۱۴ متر با هم جمع شدند، تا نقشه پهنه بندی حرکات بدست آورده شود. برای ارزیابی صحت تفکیک دامنه های خطر و قدرت تفکیک روش استفاده شده، نقشه پهنه بندی خطر حرکات توده ای با نقشه پراکنش روی هم اندازی شد و تغییرات مورد نیاز جهت در نظر گرفتن عوامل موثرتر انجام شد. از مزایای این روش پهنه بندی اینست که از داده های واقعی اندازه گیری شده در

طبیعت استفاده می نماید و از این طریق می توان عوامل موثر در وقوع حرکات توده ای شامل کاربری اراضی، سازند زمین شناسی، بارندگی، شیب، جهت شیب و ارتفاع را مشخص نمود، در هر منطقه ای قابل انجام است و دقت پهنه بندی به دقت برداشت اطلاعات صحرائی مربوط می شود.

واژه های کلیدی: پهنه بندی خطر، حرکات توده ای، درون یابی ویژه.

#### مقدمه

فرسایش پدیده ای است که موجبات تخریب خاک را فراهم آورده و حتی بعضی از انواع آن، موجبات بلاهایی را فراهم می آورند. از جمله این انواع می توان به حرکت های توده ای اشاره کرد. لذا برای جلوگیری از رخداد این نوع بلاها، می بایست بررسی پدیده ناپایداریهای دامنه ای در چارچوب تهیه نقشه های پهنه بندی خطر حرکات توده ای، از یک طرف، موجبات شناخت جاهای امن برای گسترش سکونت گاه های جدید و یا سایر موارد انسان ساز مانند راه ها، مسیرهای انتقال نیرو و انرژی و... در مقیاس های منطقه ای و تفصیلی صورت گیرد. پهنه بندی حرکت های توده ای مستلزم شناخت عامل های موثر در رخداد آنها می باشد. که این عامل ها در مناطق مختلف، متفاوت می باشند. از طرف دیگر روش های متداول پهنه بندی نیز هر کدام عامل های ویژه و ثابت را در نظر می گیرند که از عیوب آنها به شمار می آید. بنابراین به دلیل نقش مهم عامل های محلی در بروز حرکات توده ای تاکنون مدل مدونی برای پهنه بندی آنها ارائه نشده است. لذا در این پژوهش به نگرشی پرداخته شده است که همه عامل های موثر را می توان در آن در نظر گرفت و با بهره گیری از پراکنش، عامل های موثرتر شناسایی و پهنه بندی حرکات به صورت نقشه ارائه شود.

#### پیشینه پژوهش:

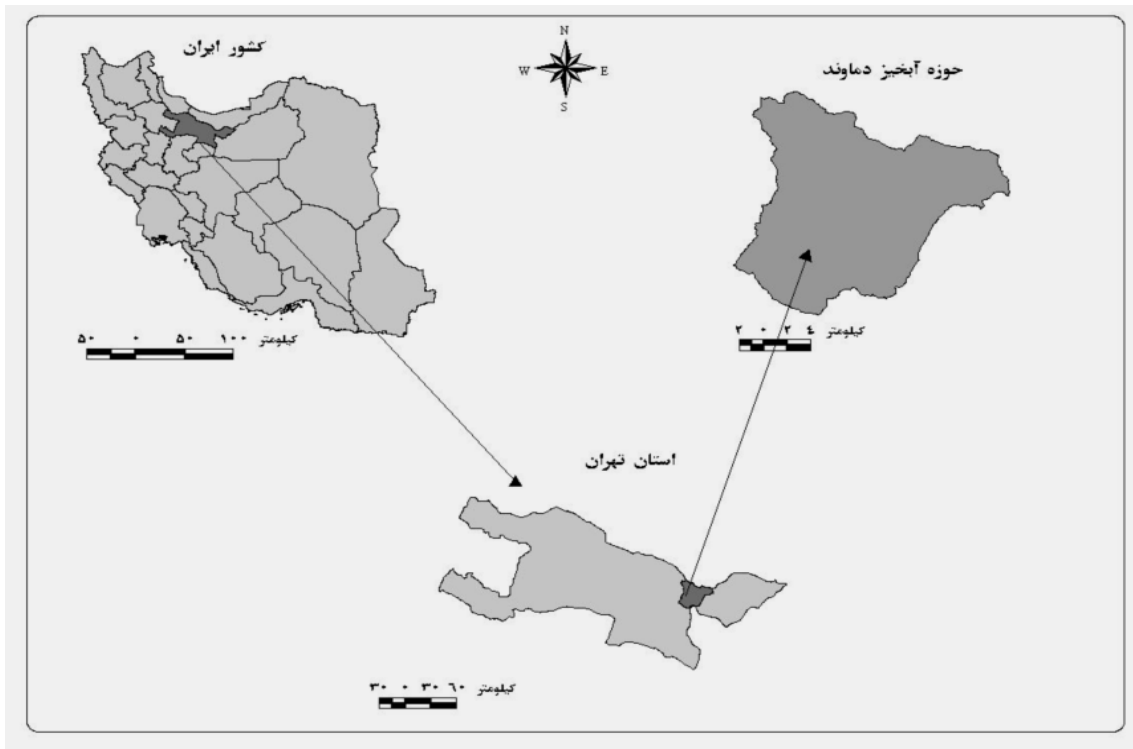
احمدی (۱۳۷۸)، با استفاده از مطالعات انجام شده در ایران و نتایج بدست آمده حرکات توده ای را شامل: لغزش، سولیفلوکسیون، جریان سولیفلوکسیون، سولیفلوکسیونهای گلی، تراست یا تختانک، خزش، ریزش و واریزه دانسته است. سعد الدین (۱۳۷۳)، با بهره گیری از روش های آماری ارزش اطلاعاتی، رگرسیون چند متغییره حوزه آبخیز چاشم و خطیر کوه در استان سمنان را با روش دستی و شبکه بندی نامنظم با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پهنه بندی نمود. حق شناس (۱۳۷۵)، با بهره گیری از روش های آماری ارزش اطلاعاتی رگرسیون چند متغییره و روش تحلیل مبین حوزه آبخیز طالقان را به روش دستی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پهنه بندی نمود. صفایی (۱۳۷۶)، با بهره گیری از روش های تجربی کاناگاوا و انبلاگان شهرستان بهشهر را با بهره گیری از روش دستی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پهنه بندی نمود. حسن زاده نفوتی (۱۳۷۹)، با بهره گیری از روش آماری رگرسیون چند متغییره منطقه سلمانرود در استان گیلان را با بهره گیری از سامانه GIS و نرم افزار IDRISI پهنه بندی نمود. در نهایت با توجه به مقدمه بیان شده، این نگرش جدید بوده و در درجه اول نیاز به منطقه ای داشت که همه مدل های پهنه بندی حرکت های لغزشی در آن انجام شده باشد. لذا از پژوهش که سفیدگری (۱۳۸۱)، انجام داده بهره گیری شد. Burce و همکاران (۲۰۰۴)، با استفاده از اطلاعات پراکنش زمین لغزشها، زلزله های غیرعادی اقدام به تخمین حجم کل زمین لغزش جهت کمی

کردن فرسایش در مناطق مختلف نمودند و در نهایت رابطه بین تراکم لرزه‌ای (با مقیاس جهانی)، بزرگی لحظه‌ای از بزرگترین زلزله مورد انتظار در منطقه و میزانهای فرسایش همراه را بدست آوردند و به این نتیجه رسیدند که لرزه‌های نوعی باعث میشوند که میزانهای فرسایش در مناطق با فرونشینی خیلی فعال مثل ژاپن و شیلی ۷ تا ۰/۲ میلیمتر در سال و مناطق مجاور مرز صفحه‌ای و در امتداد گسلی مثل گسل San Andreas در کالیفرنیا و گسل North Anatolian در ترکیه ۰/۷ تا ۰/۱ میلیمتر در سال است. Mazorati و همکاران (۲۰۰۲)، بعد از زمین لرزه Umbria-Marche 1997، در مرکز ایتالیا، با بازدیدهای میدانی و ارائه عوامل موثر در ریزش با نرم افزارهای GIS پایگاه داده‌های ساختاری جهت بررسیهای آماری ایجاد نمودند و به این نتیجه رسیدند که از میان عوامل موثر، شیب دارای قویترین همبستگی است در حالیکه شتاب حداکثر زمین بهترین تناسب را از میان پارامترهای قوی زمینی از خود نشان میدهد. بدین ترتیب رابطه پیشین جهت ایجاد نقشه حساسیت به ریزش در قبال زلزله بدست آمد.

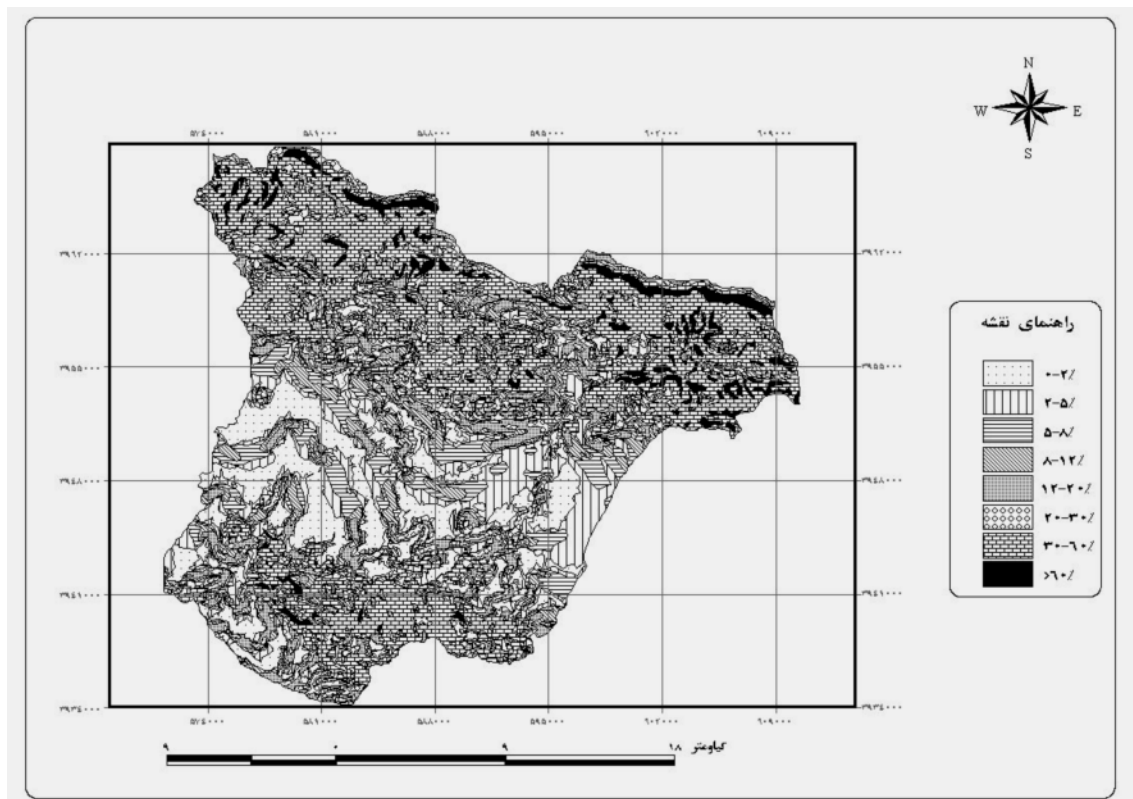
### روش بررسی

#### منطقه مورد مطالعه:

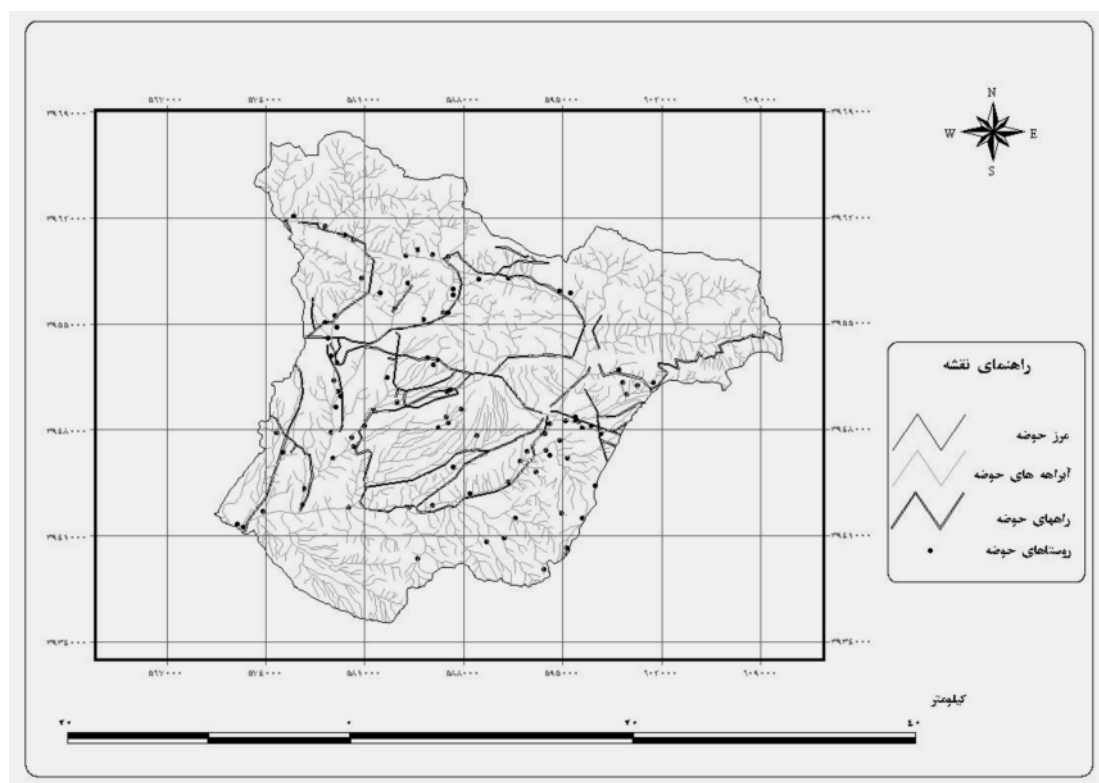
منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز دماوند واقع در حد فاصل طولهای  $46^{\circ} 51'$  تا  $52^{\circ} 14'$  شرقی و عرضهای  $32^{\circ} 35'$  تا  $35^{\circ} 53'$  شمالی است (شکل ۱). این حوزه در فاصله ۴۰ کیلومتری شرق تهران که در حاشیه جنوبی رشته کوه های البرز قرار دارد، واقع شده و از نظر تقسیمات سیاسی جزو استان تهران می باشد. سازندهای زمین شناسی منطقه متنوع بوده و از نظر سنی متعلق به پرکامبرین تا کواترنر می باشند. رژیم بارندگی منطقه غالباً مشتق از رژیم مدیترانه‌ای است. حد اکثر ارتفاع ۴۰۱۰ متر از سطح دریا در کوه چنگیز چال در ارتفاعات شمالی حوزه و حداقل ارتفاع ۱۲۵۰ متر از سطح دریا در محل خروجی حوزه در ماملو در منطقه ای کوهستانی در جنوب کوه دماوند به نحوی واقع است که در حد فاصل چهار گوشه برکه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ رینه، دماوند، رودهن (پارچین) و لواسان بزرگ قرار می گیرد (شکل ۲). این حوزه از شمال به حوزه آبخیز سد لار در رودخانه هراز و از غرب به حوزه سد لثیان و از جنوب و جنوب شرقی به حوزه آبخیز ایوانکی و از شرق به حوزه آبخیز دریاچه تار محدود می گردد. رودخانه‌های اصلی حوزه را رودخانه‌های دماوند، سیاه رود، تشکیل میدهند. رودخانه دماوند با میانگین آبدهی سالانه ۶۵ میلیون متر مکعب از ارتفاعات شمالی حوزه مشرف به دره رود تار سرچشمه گرفته ضمن عبور از تار رود، چنار عربها، جیلیارد، حصار پائین، مرا، کاجان، تمسیان، زردار، سیاه سنگ، ماملو، پس از طی مسافت ۴۸ کیلو متر در یورد شاه به رودخانه جاجرود می پیوندند (شکل ۳). (سفیدگری ۱۳۸۱)



شکل شماره ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز دماوند



شکل شماره ۲- نقشه شیب حوزه آبخیز دماوند



شکل شماره ۳- نقشه پایه حوزه آبخیز دماوند

#### مواد و روشها:

ابتدا از نقشه پراکنش حرکات توده ای که با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ و انجام بازدید صحرایی تهیه گردیده (سفیدگری ۱۳۸۱) استفاده شد. در این نقشه ۴۱۰ مورد لغزش، ۱۶۲ مورد ریزش، ۵۶ مورد سولیفلوکسیون و ۲۶ مورد جریان سولیفلوکسیونی و در مجموع ۶۵۴ حرکت نشان داده شده است (شکل شماره ۲). در این تحقیق عوامل موثر بر وقوع حرکات توده ای کاربری اراضی، سازند زمین شناسی، بارندگی، شیب، جهت شیب و ارتفاع تشخیص داده شده است. برای شروع تحقیق حاضر از همین عوامل استفاده شد. نقشه پوشش گیاهی حوزه دماوند با استفاده از تصاویر ماهواره ای لند ست TM سال ۱۹۸۸ توسط میرآخورلو ۱۹۹۷ تهیه گردیده است (خسرو شاهی ۱۳۸۰). سپس هریک از زیر عوامل، عوامل موثر در وقوع حرکات توده ای، به صورت یک جدول توصیفی کمی به محیط GIS و نرم افزار Arc-view وارد شد. سپس با استفاده از امکانات توسعه ای نرم افزار Arc-view به نام تحلیل مکانی Spatial Analyst، داده ها به صورت نقشه های سلولی با اندازه تفکیک ۰/۰۰۱۴ متر با هم جمع شدند، و نقشه پهنه بندی حرکات حاصل گردید.

برای ارزیابی صحت تفکیک دامنه های خطر و قدرت تفکیک روش استفاده شده، از رویهم اندازی نقشه پهنه بندی حرکات توده ای نقشه پراکنش شان استفاده و از عوامل موثرتر جهت پهنه بندی استفاده شد. Visintainer و Turini (۱۹۹۸) نیز در پیشنهاد روشی جهت شناخت مناطق لغزه خیز برای مناطق دولومیتی ایتالیا در حوزه آبخیزی در تورنتو با تغییر در روش آنباگان انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که با ترکیب نقشه های موضوعی شامل

نفوذپذیری، ساختار ژئولوژیکی، زاویه شیب و کاربری اراضی، نمره دهی و ترکیب هریک از عوامل فوق با یکدیگر میتوان به صورت کارتوگرافی رقومی مناطق لغزشی را یافت.

### نتایج:

نتایج کمی نمودن عوامل شش گانه با استفاده از درون یابی ویژه و درصد دهی به زیر عوامل به شرح زیر است.  
۱- در ارتباط با کاربری اراضی سه نوع کاربری به تفکیک: کاربری زراعی، مرتع ضعیف و مرتع متوسط تشخیص داده شده است (سفیدگری ۱۳۸۱) با هم پوشانی نقشه پراکنش حرکات توده ای و نقشه کاربری اراضی، اعداد کمی زیر برای سه نوع کاربری بدست آمده است:

کابری زراعی: کاربری زراعی مربوط به مناطقی هستند که توسط انسان به انواع کشت و کار و باغات تبدیل شده اند. در ۱۱۴ مورد حرکات توده ای مشاهده شده اند، که در مجموع عدد کمی ۱۷/۴۳ درصد را به خود اختصاص می دهند. مرتع ضعیف: به مناطقی که زیر ۳۰ درصد تراکم پوششی داشته اند اطلاق شده است. در ۳۸۰ مورد حرکات توده ای مشاهده شده اند، که در مجموع عدد کمی ۵۸/۱۰ درصد را به خود اختصاص می دهد.  
مرتع متوسط: به مناطقی که بین ۳۰ تا ۵۰ درصد تراکم پوششی داشته اند اطلاق شده است. در ۱۶۰ مورد حرکات توده ای مشاهده شده اند، که در مجموع عدد کمی ۲۴/۴۶ درصد را به خود اختصاص می دهد.  
۲- در ارتباط با سازندهای زمین شناسی منطقه، ۴۰ نوع سازند زمین شناسی در کل حوزه آبخیز دماوند مشاهده شد. (جدول شماره ۱)

جدول شماره ۱- سنگ شناسی، سازندهای زمین شناسی و عدد کمی آنها به درصد (ستون اول تعداد حرکات توده ای است)

| تعداد | علامت سازند | خصوصیات سنگ شناسی، نام سازند و سن                              | عدد کمی |
|-------|-------------|----------------------------------------------------------------|---------|
| ۱۲    | Qal         | آبرفت بستر رودخانه- امروزه                                     | ۱/۸۰۹   |
| ۳۶    | Qsc         | واریزه های جوان و قدیمی                                        | ۵/۵۸    |
| ۲۸    | Qs          | دامنه های واریزه ای جوان و قدیمی - نهشته های فروریخته          | ۴/۳۷    |
| ۷     | Qu          | مخروط افکنه و پادگانه های آبرفتی جدید و قدیم                   | ۱/۰۵    |
| ۱۲    | Qf          | مخروط افکنه های جوان و قدیمی                                   | ۱/۹۶    |
| ۷     | Qt2         | نهشته های پادگانه جوان تر - کوتاه تر                           | ۱/۰۵    |
| ۵     | Qt1         | نهشته های پادگانه قدیمی تر - کوتاه تر                          | ۰/۷۸    |
| ۲     | Ql          | مخروط افکنه و پادگانه های کنگلومرای                            | ۰/۳۰۱   |
| ۱     | Qtr         | تراورتن - کوتاه تر                                             | ۰/۱۵۰۸  |
| ۲۱    | PL-Qc       | کنگلومرا- سازند هزار دره ، پلیو- کوتاه تر                      | ۳/۳۱    |
| ۱۷    | M2u         | ماسه سنگ مارن سیلت دار- گل سنگ ، سیلت سنگ- قرمز بالایی         | ۲/۵۶۴   |
| ۱۵    | M1u         | مارن، ماسه سنگ، سنگ های تبخیری- سازند قرمز بالایی- میوسن       | ۲/۲۶    |
| ۳     | Mzad        | آندزیت، دولریت، دیوریت، توف سنگی، آذر آواری                    | ۰/۴۵۲   |
| ۲     | Olc         | کنگلومرای قرمز، ماسه سنگ، مارن                                 | ۰/۳۰۱   |
| ۲     | O5m         | ماسه سنگ، شیل، مارن سیلت دار، کوارتزیت- واحد پنجم میلا         | ۰/۳۰۱   |
| ۱۲    | Eka         | آگلومرا، سنگ های آندزیتی یا بازالتی ، توفها- سازند کرج - اتوسن | ۱/۸     |

|        |                                                                    |       |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------|-------|-----|
| ۳۵/۳   | توف سبز، شیل توفی، کمی گدازه آذرآواری، توف برشی- توف میانی - ائوسن | Ekt   | ۲۳۱ |
| ۱/۶۶   | سنگ آهک، کنگلومرا- سازند زیارت- پالئوسن تا پالئوسن میانی           | Pez   | ۱۱  |
| ۳/۹۲   | کنگلومرای، آگلومرا، سنگ آهک- سازند فجن - پالئوسن تا پالئوسن میانی  | Pecf  | ۲۵  |
| ۶۰۳/.  | سنگ های آنزیتی داسیتی، آگلومرای قرمزبنفش، آذرآواری، توف            | Pev   | ۴   |
| ۳/۳۱   | مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا، گچ - سازند فجن- پالئوسن تا پالئوسن میانی | Pemf  | ۲۱  |
| ۷۵۴/.  | ماسه سنگ کوارتزیتی سفید رنگ- تاپ کوارتزیت- سازند میلا              | εq    | ۴   |
| ۳۰۱/.  | سنگ آهک بیوژنیکا، سنگ آهک مارنی، مارن- کرتاسه                      | K3    | ۲   |
| ۴۵۲/.  | کنگلومرا، سنگ آهک ماسه ای، سنگ آهک مارنی- کرتاسه                   | K2c   | ۳   |
| ۱۵/.   | کنگلومرا، ماسه سنگ قرمز- کرتاسه                                    | K2b   | ۱   |
| ۱۵/.   | سنگ آهک مارنی بریوزوآدار، کالکارنازیت- کرتاسه                      | K2a   | ۱   |
| ۲/۲۶   | سنگ آهک اربیتولین دار- سازند تیزکوه - کرتاسه زیرین                 | Kt    | ۱۵  |
| ۷/۲۴   | سنگ آهک چرت دار توده ای تا لایه ای- سازند لار- ژوراسیک بالایی      | Ji    | ۴۷  |
| ۶/۳۳۴  | شیل و ماسه سنگ زغال- سازند شمشک- تریاس بالایی تا ژوراسیک میانی     | Js    | ۴۱  |
| ۴/۸۲   | شیل و ماسه سنگ- سیلت استون - سازند شمشک                            | TR3Js | ۳۱  |
| ۳۰/.   | سازند الیکا تفکیک نشده - تریاس زیرین تا میانی                      | TRe   | ۲   |
| ۱۵۰۸/. | سنگ آهک مارنی ورقه ای - سنگ آهک اوئولیتی- سازند الیکا- تریا        | TReml | ۱   |
| ۱/۵۰   | تفکیک نشده سازندهای مبارک و جیروود- دوئین بالائی تا کربونیفرزیرین  | D-C   | ۱۰  |
| ۱۵۰۸/. | ماسه سنگ، شیل، سنگ آهک مارن- سازند جیروود- دوئین بالائی            | Daj   | ۱   |
| ۱/۲۰۶  | سنگ آهک خاکستری تیره، سنگ دولومیتی- سازند مبارک- کربونیفر زیرین    | Cm    | ۵   |
| ۱۵۰۸/. | ماسه سنگ قرمز و آرکوزی خاکستری تا سبز با شیل- سازند لالون- کامبرین | εl    | ۱   |
| ۹۰۴/.  | سیلت سنگ، شیل های رنگی بادولومیت چرت دار- سازند باروت- کامبرین     | εbt   | ۶   |
| ۱۵۰۸/. | دولومیت توده ای، شیل تیره- سازند سلطانیه- پرکامبرین کامبرین        | Pεεs  | ۱   |
| ۴۵۲/.  | گابرو، دیوریتیت                                                    | Tgb   | ۳   |
| ۱۵۰۸/. | سینیت و مقداری لوکوسینیت درشت بلور                                 | Ts    | ۱   |

۳- میزان متوسط بارش سالانه حوزه از ۲۰۰ میلیمتر تا ۶۰۰ میلی متر می باشد، که به ۴ طبقه تقسیم بندی شد، که همراه با اعداد کمی خود در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول شماره ۲- طبقه بندی های میزان بارش، تعداد تعداد حرکات توده ای در هر طبقه و عدد کمی آنها به درصد

| ردیف | مقدار بارش متوسط سالیانه | تعداد حرکات توده ای | عدد کمی به درصد |
|------|--------------------------|---------------------|-----------------|
| ۱    | ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی متر      | ۳۶                  | ۵/۴۳            |
| ۲    | ۳۰۱ تا ۴۰۰ میلی متر      | ۲۰۸                 | ۳۱/۶۷           |
| ۳    | ۴۰۱ تا ۵۰۰ میلیمتر       | ۱۴۹                 | ۲۲/۶۲           |
| ۴    | ۵۰۱ تا ۶۰۰ میلیمتر       | ۲۶۱                 | ۳۹/۶۶           |

۴- از نظر جهت شیب دامنه، ۹ جهت در حوزه آبخیز دماوند تفکیک گردید، که همراه با اعداد کمی خود در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول شماره ۳- طبقه بندی های جهت شیب دامنه، تعداد حرکات توده ای در هر طبقه و عدد کمی آنها به درصد

| ردیف | جهت دامنه | تعداد حرکات توده ای | عدد کمی به درصد |
|------|-----------|---------------------|-----------------|
| ۱    | شمال      | ۱۱۹                 | ۱۸/۰۱           |
| ۲    | شرق       | ۹۱                  | ۴/۳۷            |
| ۳    | جنوب      | ۳۰                  | ۱۳/۷۲           |
| ۴    | غرب       | ۷۲                  | ۱۰/۵۵           |
| ۵    | شمال شرق  | ۷۵                  | ۱۱/۳۱           |
| ۶    | جنوب شرق  | ۴۹                  | ۷/۴             |
| ۷    | شمال غرب  | ۱۱۳                 | ۱۴/۱۷           |
| ۸    | جنوب غرب  | ۹۴                  | ۱۷/۲            |
| ۹    | بدون جهت  | ۱۱                  | ۱/۵۰۸           |

۵- میزان شیب دامنه در حوزه آبخیز دماوند از ۰ تا بیش از ۴۰ درصد متغییر است. میزان شیب در ۵ طبقه تفکیک شد، که همراه با اعداد کمی خود در جدول شماره ۴ آورده شده است.

جدول شماره ۴- طبقه بندی های میزان شیب، تعداد حرکات توده ای در هر طبقه و عدد کمی آنها به درصد

| ردیف | میزان شیب      | تعداد حرکات توده ای | عدد کمی به درصد |
|------|----------------|---------------------|-----------------|
| ۱    | صفر تا ۱۰ درصد | ۹۰                  | ۱۳/۵۷           |
| ۲    | ۱۰ تا ۲۰ درصد  | ۱۹۶                 | ۲۹/۷۱           |
| ۳    | ۲۰ تا ۳۰ درصد  | ۲۷۵                 | ۴۱/۷۸           |
| ۴    | ۳۰ تا ۴۰ درصد  | ۸۳                  | ۱۲/۵۱           |
| ۵    | بیش از ۴۰ درصد | ۱۰                  | ۱/۳۵            |

۶- میزان ارتفاع در حوزه آبخیز دماوند از ۱۳۰۰ متر تا بیش از ۳۷۰۰ متر متغییر است. که به ۲۵ طبقه تقسیم شد، که همراه با اعداد کمی خود در جدول شماره ۵ آورده شده است.

جدول شماره ۵- طبقه بندی های میزان ارتفاع، تعداد حرکات توده ای در هر طبقه و عدد کمی آنها به درصد

| ردیف | طبقه ارتفاعی (متر) | تعداد حرکات توده ای | عدد کمی به درصد |
|------|--------------------|---------------------|-----------------|
| ۱    | ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰       | ۱۶                  | ۲/۶             |
| ۲    | ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰       | ۳۷                  | ۵/۷             |
| ۳    | ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰       | ۴۱                  | ۶/۲             |
| ۴    | ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰       | ۳۱                  | ۴/۸             |



|      |    |                |    |
|------|----|----------------|----|
| ۵/۴  | ۳۵ | ۱۸۰۰ تا ۱۷۰۰   | ۵  |
| ۳    | ۲۰ | ۱۹۰۰ تا ۱۸۰۰   | ۶  |
| ۵/۳  | ۳۵ | ۲۰۰۰ تا ۱۹۰۰   | ۷  |
| ۵/۶  | ۳۷ | ۲۱۰۰ تا ۲۰۰۰   | ۸  |
| ۶/۳  | ۴۱ | ۲۲۰۰ تا ۲۱۰۰   | ۹  |
| ۷    | ۴۶ | ۲۳۰۰ تا ۲۲۰۰   | ۱۰ |
| ۸/۶  | ۵۶ | ۲۴۰۰ تا ۲۳۰۰   | ۱۱ |
| ۱۰/۹ | ۷۱ | ۲۵۰۰ تا ۲۴۰۰   | ۱۲ |
| ۷/۴  | ۴۸ | ۲۶۰۰ تا ۲۵۰۰   | ۱۳ |
| ۴/۱  | ۲۷ | ۲۷۰۰ تا ۲۶۰۰   | ۱۴ |
| ۵/۱  | ۳۳ | ۲۸۰۰ تا ۲۷۰۰   | ۱۵ |
| ۴    | ۲۶ | ۲۹۰۰ تا ۲۸۰۰   | ۱۶ |
| ۲/۶  | ۱۷ | ۳۰۰۰ تا ۲۹۰۰   | ۱۷ |
| ۲/۱  | ۱۴ | ۳۱۰۰ تا ۳۰۰۰   | ۱۸ |
| ۱/۲  | ۸  | ۳۲۰۰ تا ۳۱۰۰   | ۱۹ |
| ۱/۶  | ۴  | ۳۳۰۰ تا ۳۲۰۰   | ۲۰ |
| ۱/۶  | ۴  | ۳۴۰۰ تا ۳۳۰۰   | ۲۱ |
| ۱/۳  | ۳  | ۳۵۰۰ تا ۳۴۰۰   | ۲۲ |
| ۱/۳  | ۲  | ۳۶۰۰ تا ۳۵۰۰   | ۲۳ |
| ۱/۱۵ | ۱  | ۳۷۰۰ تا ۳۶۰۰   | ۲۴ |
| ۱/۱۵ | ۱  | بالاتر از ۳۷۰۰ | ۲۵ |

کلیه عوامل موثر و زیر عوامل برای تعداد حرکات توده ای در حوزه آبخیز دماوند در نظر گرفته شد (محمدی ۱۳۸۴). به عنوان نمونه اطلاعات مذکور برای تعداد ۱۰ مورد حرکات توده ای در جدول شماره ۶ آورده شده است. پس از اینکه کلیه عوامل به صورت کمی در آورده شدند، این عوامل به صورت یک جدول توصیفی کمی شده به محیط نرم افزار Arc-view وارد شدند. به این ترتیب کلیه حرکات با توجه به عوامل شش گانه فوق و زیر عوامل مربوطه و اعداد کمی آنها وارد جدول توصیفی شدند. به عنوان نمونه این موارد برای تعداد ۱۰ مورد حرکات توده ای در جدول ۷ آورده شده است. سپس عوامل شش گانه فوق همراه با اعداد کمی آنها برای حرکات توده ای با استفاده از امکانات توسعه ای Arc-view به نام Spatial Analyst به صورت نقشه های سلولی در آورده شدند. سپس نقشه های سلولی عوامل شش گانه موثر با اندازه تفکیک ۰/۰۰۱۴ متر در نظر گرفته شده و با یکدیگر جمع شده و پهنه بندی حرکات توده ای (شکل شماره ۵) حاصل گردید.

جدول شماره ۶: وضعیت عوامل شش گانه مربوط به ده حرکت توده ای

| کاربری (پوشش) | جنس زمین شناسی | جهت دامنه | میانگین بارش سالانه به میلی متر | شیب به درجه | نوع برداشت | نوع حرکت | ارتفاع به متر | کد شناسایی |
|---------------|----------------|-----------|---------------------------------|-------------|------------|----------|---------------|------------|
| زراعی         | Eka            | SE        | ۴۸۹                             | ۵           | عکس هوا    | ریزش     | ۱۷۹۹          | ۱          |
| زراعی         | Gt1            | SE        | ۴۸۸                             | ۴           | ع-صحرا     | لغزش     | ۱۷۳۳          | ۲          |
| زراعی         | Eka            | FLAT      | ۴۹۲                             | ۵           | ع-ص        | ریزش     | ۱۷۸۰          | ۳          |
| زراعی         | Eka            | W         | ۴۹۲                             | ۵           | صحرا       | لغزش     | ۱۷۸۶          | ۴          |
| زراعی         | Eka            | SW        | ۴۹۰                             | ۶           | ع-ص        | ریزش     | ۱۷۵۴          | ۵          |
| مرتع ضعیف     | Ekt            | SW        | ۴۹۴                             | ۱۰          | عکس هوا    | لغزش     | ۱۸۱۵          | ۶          |
| زراعی         | Eka            | S         | ۴۸۹                             | ۴           | عکس هوا    | لغزش     | ۱۷۷۷          | ۷          |
| مرتع ضعیف     | Ekt            | SW        | ۵۰۰                             | ۱۵          | عکس هوایی  | لغزش     | ۱۹۸۴          | ۸          |
| زراعی         | Eka            | SE        | ۴۸۰                             | ۲           | عکس هوا    | لغزش     | ۱۷۳۶          | ۹          |
| زراعی         | Ekt            | NW        | ۴۹۶                             | ۱۸          | ع-ص        | ریزش     | ۲۱۹۸          | ۱۰         |

جدول شماره ۷: درصد دهی به هر یک از عوامل برای ده حرکت توده ای

| کاربری به درصد | جنس زمین شناسی به درصد | جهت دامنه به درصد | بارش به درصد | شیب به درصد | ارتفاع به درصد | عرض جغرافیایی به درجه، دقیقه و ثانیه | طول جغرافیایی به درجه، دقیقه و ثانیه | شماره حرکت توده ای |
|----------------|------------------------|-------------------|--------------|-------------|----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۷/۴               | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۴۳۶                               | ۵۱۵۱۱۷                               | ۱                  |
| ۱۷/۵           | ۰/۷۵                   | ۷/۴               | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۴۲۳                               | ۵۱۵۲۰۵                               | ۲                  |
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۱/۵۰۸             | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۴۴۱                               | ۵۱۵۲۳۱                               | ۳                  |
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۱۰/۵۵             | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۴۳۶                               | ۵۱۵۲۴۲                               | ۴                  |
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۱۷/۲              | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۴۲۶                               | ۵۱۵۲۲۹                               | ۵                  |
| ۵۸/۰۷          | ۳۵/۳                   | ۱۷/۲              | ۲۲/۶۲        | ۲۹/۷۱       | ۳              | ۳۵۴۳۴۵                               | ۵۱۵۴۳۳                               | ۶                  |
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۱۳/۷۲             | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۳۵۳                               | ۵۱۵۳۲۵                               | ۷                  |
| ۵۸/۰۷          | ۳۵/۳                   | ۱۷/۲              | ۲۲/۶۲        | ۲۹/۷۱       | ۵/۲۸           | ۳۵۴۴۴۳                               | ۵۱۵۳۵۴                               | ۸                  |
| ۱۷/۵           | ۱/۸                    | ۷/۴               | ۲۲/۶۲        | ۱۳/۵۷       | ۵/۴۳           | ۳۵۴۳۴۱                               | ۵۱۵۱۱۵                               | ۹                  |
| ۱۷/۵           | ۳۵/۳                   | ۱۴/۱۷             | ۲۲/۶۲        | ۲۹/۷۱       | ۶/۳۳           | ۳۵۴۳۵۰                               | ۵۱۵۴۳۲                               | ۱۰                 |

برای ارزیابی صحت و قدرت تفکیک روش استفاده شده برای پهنه بندی خطر حرکات توده ای، نقشه پراکنش شان (شکل شماره ۴) با نقشه پهنه بندی خطر حرکات توده ای رویهم اندازی شدند. مشاهده شد که نقشه پهنه بندی حرکات توده ای دارای قدرت تفکیک بالایی نسبت به تراکم های مختلف حرکات توده ای نیست (شکل شماره ۵). برای رفع این مشکل از ترکیبات مختلف نقشه‌های سلولی عوامل شش گانه به کار برده شده استفاده شد. در یکی از این ترکیبات که نقشه سلولی عامل ارتفاع (شکل شماره ۶) حذف شد، نقشه پهنه بندی حاصله قدرت تفکیک بهتری را نشان داد. (شکل شماره ۷)

برای ارزیابی دوباره صحت و قدرت تفکیک روش استفاده شده برای پهنه بندی، نقشه پراکنش حرکات توده ای (شکل شماره ۴) با آن (شکل شماره ۷) روی هم اندازی شدند، مشاهده شد که نقشه پهنه بندی حاصله از مرحله قبل نیز (شکل شماره ۷) دارای قدرت تفکیک بالایی نسبت به تراکم های مختلف حرکات نمی باشد. برای رفع این مشکل از ترکیبات مختلف نقشه های سلولی عوامل شش گانه به کار برده شده استفاده شد (با در نظر گرفتن عامل ارتفاع که در مرحله قبل حذف شده بود). در یکی از این ترکیبات که نقشه سلولی عامل شیب (شکل شماره ۸) هم حذف شد، نقشه پهنه بندی حاصله قدرت تفکیک خوبی را نشان داد. (شکل شماره ۹)

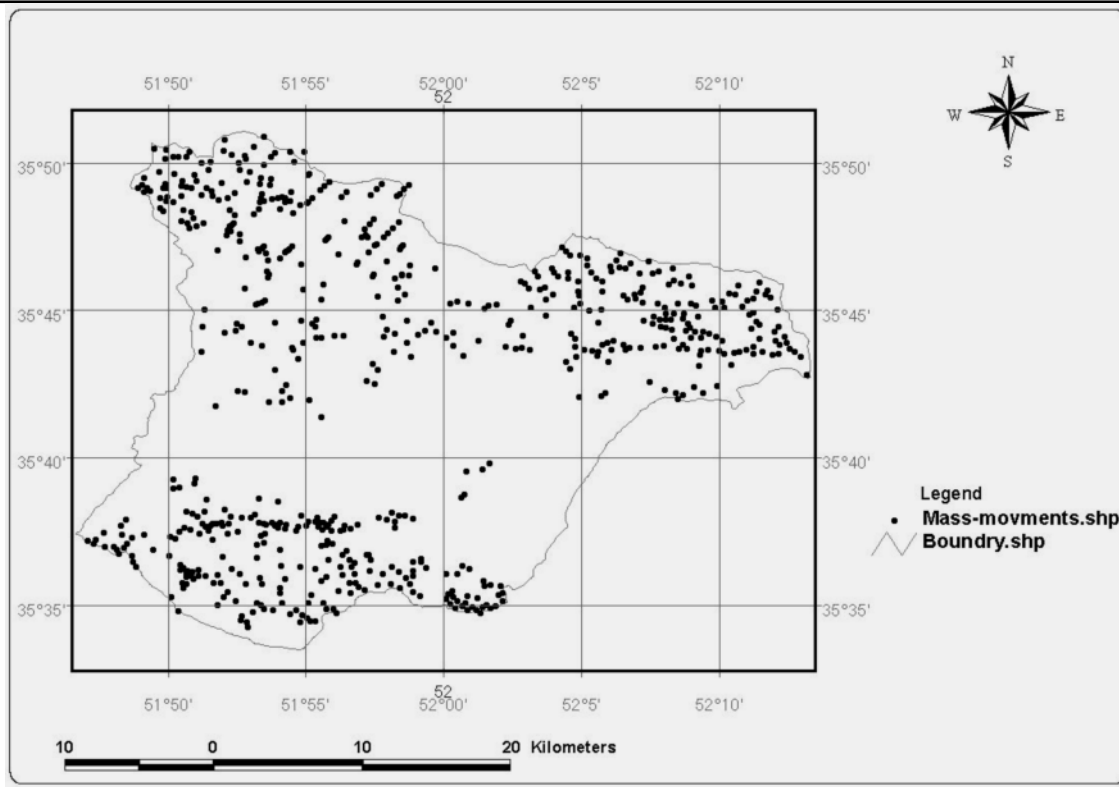
حال اگر هر دو عامل شیب و ارتفاع را با هم حذف کنیم نقشه پهنه بندی حاصل می شود که دارای تنوع و همخوانی با پراکنش حرکات توده ای می باشد (شکل شماره ۱۰).

### نتیجه گیری:

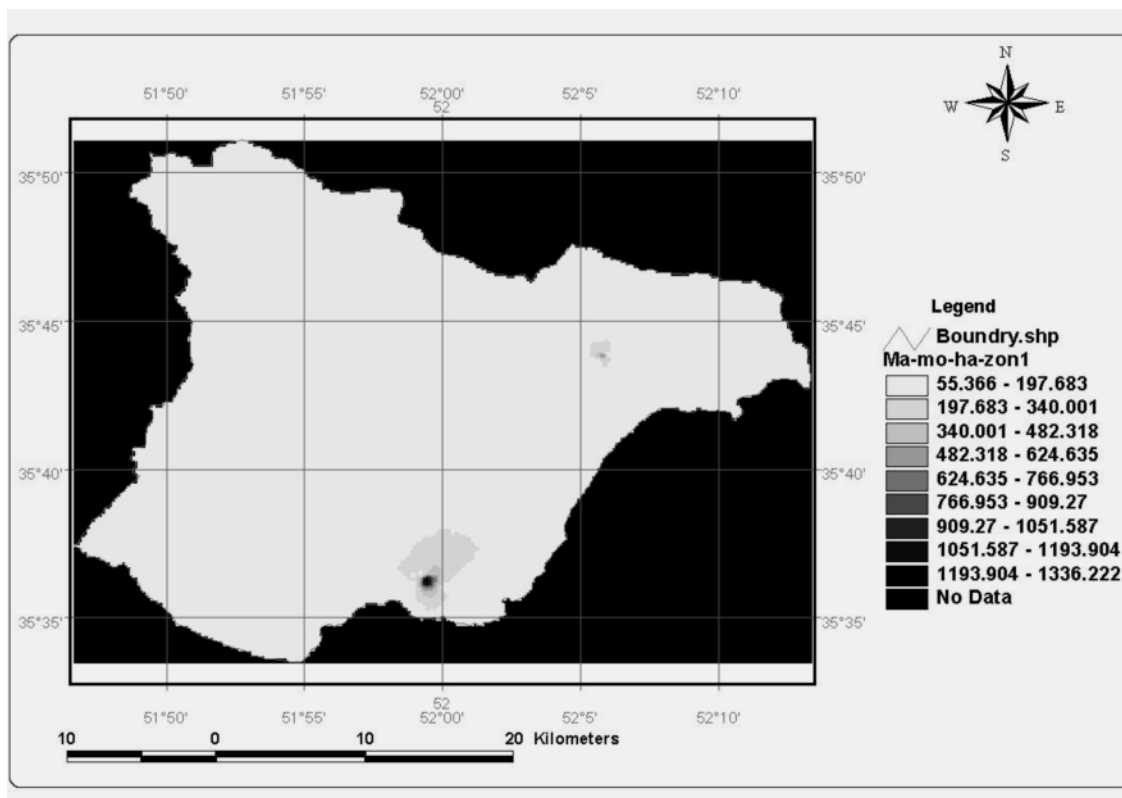
- ۱- برای پهنه بندی حرکات توده ای در مرحله اول از نقشه سلولی عامل ارتفاع (شکل شماره ۶) جهت ایجاد تنوع بهتر و همخوانی با پراکنش حرکات توده ای صرف نظر شد.
- ۲- برای پهنه بندی حرکات توده ای در مرحله دوم از نقشه سلولی عامل شیب (شکل شماره ۸) هم جهت ایجاد تنوع بهتر و همخوانی با پراکنش حرکات توده ای صرف نظر شد.
- ۳- می توان علت حذف نقشه های سلولی عامل ارتفاع (شکل شماره ۶) را یکنواختی نقشه سلولی این عامل دانست و این که این عامل تأثیر کمی در پهنه بندی داشته و همچنین باعث کاهش قدرت تفکیک می شده، به بیانی دیگر عامل ارتفاع حرکات توده ای از نظر آماری معنی دار نبوده است.
- ۴- می توان علت حذف نقشه سلولی عامل شیب (شکل شماره ۸) را یکنواختی نقشه سلولی این عامل دانست و این که این عامل تأثیر کمی در پهنه بندی داشته و همچنین باعث کاهش قدرت تفکیک می شده، به بیانی دیگر عامل شیب حرکات توده ای در پهنه بندی از نظر آماری معنی دار نبوده است.
- ۵- از مزایای این پهنه بندی اینست که از داده های واقعی اندازه گیری شده در طبیعت استفاده کرده و از طریق فوق می توانیم عوامل موثر در پهنه بندی های انواع حرکات توده ای را مشخص نمود.
- ۶- از دیگر مزایای این روش پهنه بندی اینست که محدود به یک روش پهنه بندی نبوده و در هر منطقه ای قابل انجام است. همچنین مقیاس پهنه بندی به مقیاس برداشت اطلاعات صحرائی ما مربوط می شود.

### پیشنهادها:

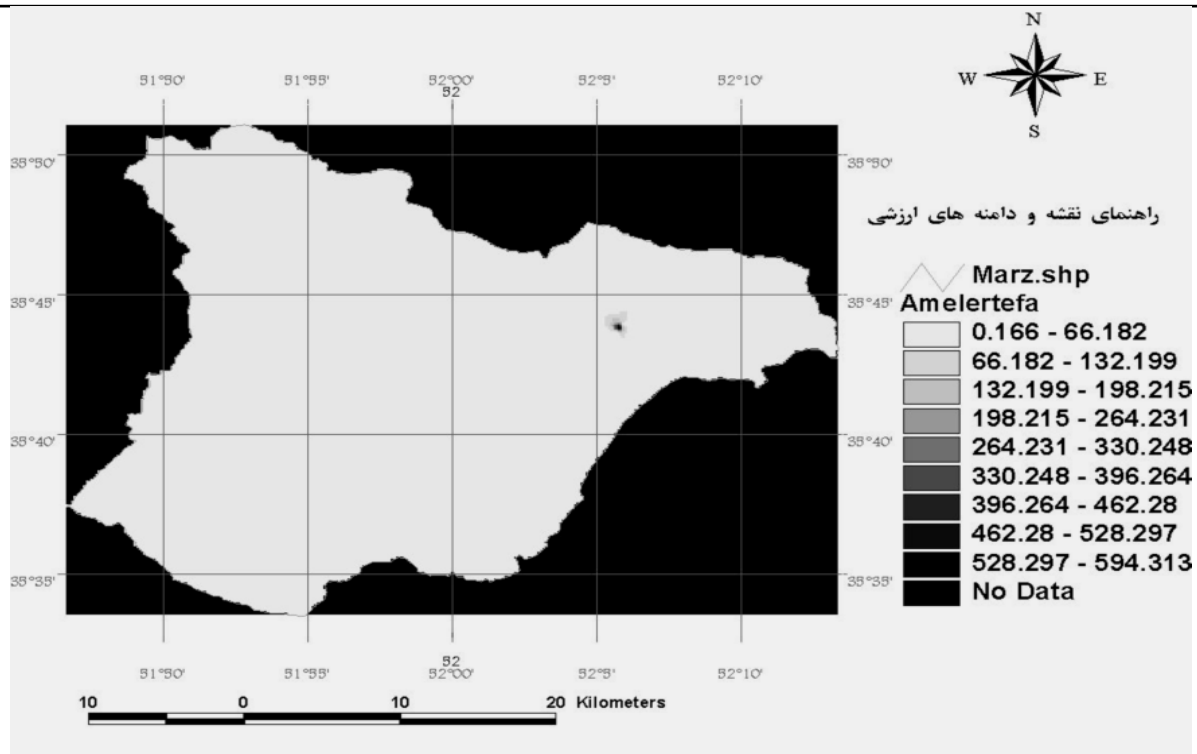
برای آزمون نتایج منطقی فوق پیشنهاد می شود، این روش را برای سایر مناطق نیز آزمود تا صحت نتایج فوق از طریق تجربه ای دیگر مورد آزمون قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می شود، منطقه مورد بررسی از این طریق دارای سطح زیاد و تعداد حرکات توده ای حداکثر باشد تا صحت نقشه های درون یابی شده بالا رود. که با آزمودن این روش در مناطق مختلف می توان حداکثر سطح و تراکم حرکات توده ای را با دقت مورد نظر بدست آورد. همچنین تا حد امکان از عوامل مختلف موثر مختلف استفاده شود و در نهایت عوامل موثر تر جهت پهنه بندی به کار رود.



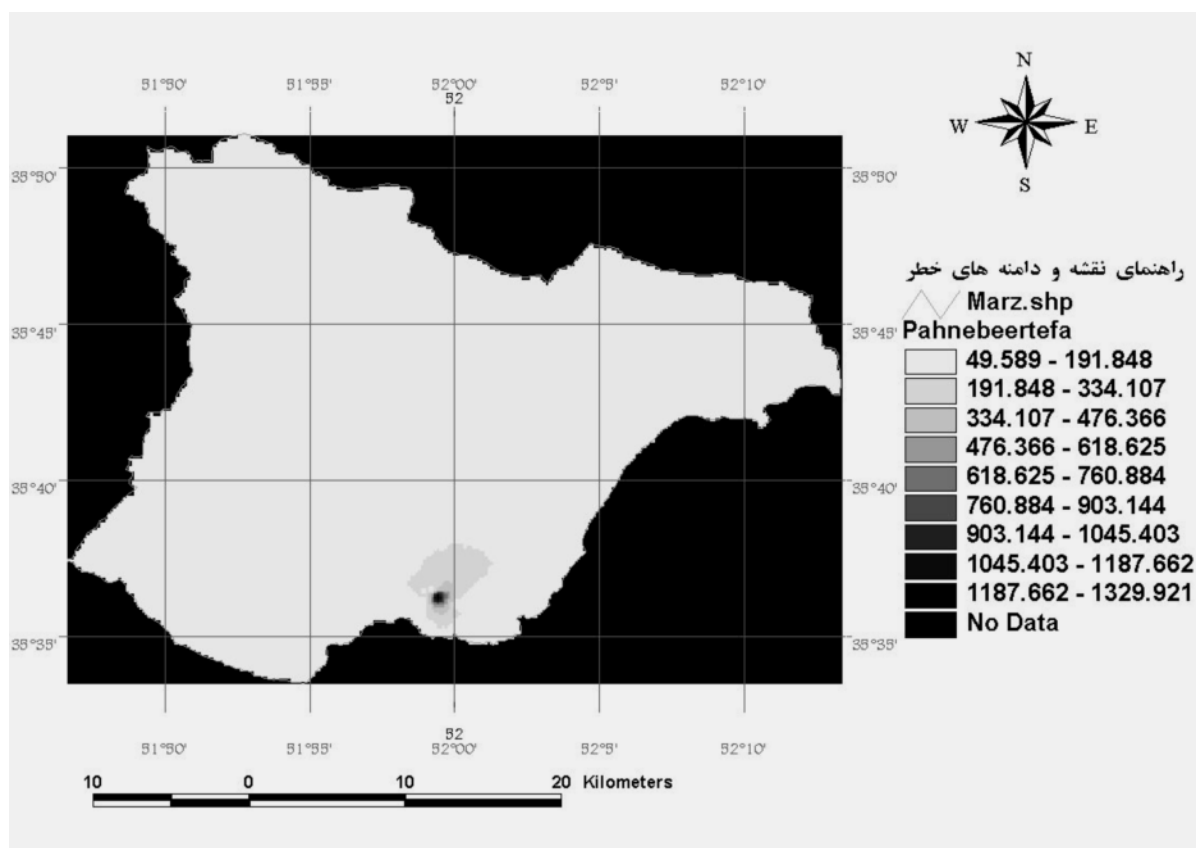
شکل شماره ۴- نقشه پراکنش حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند



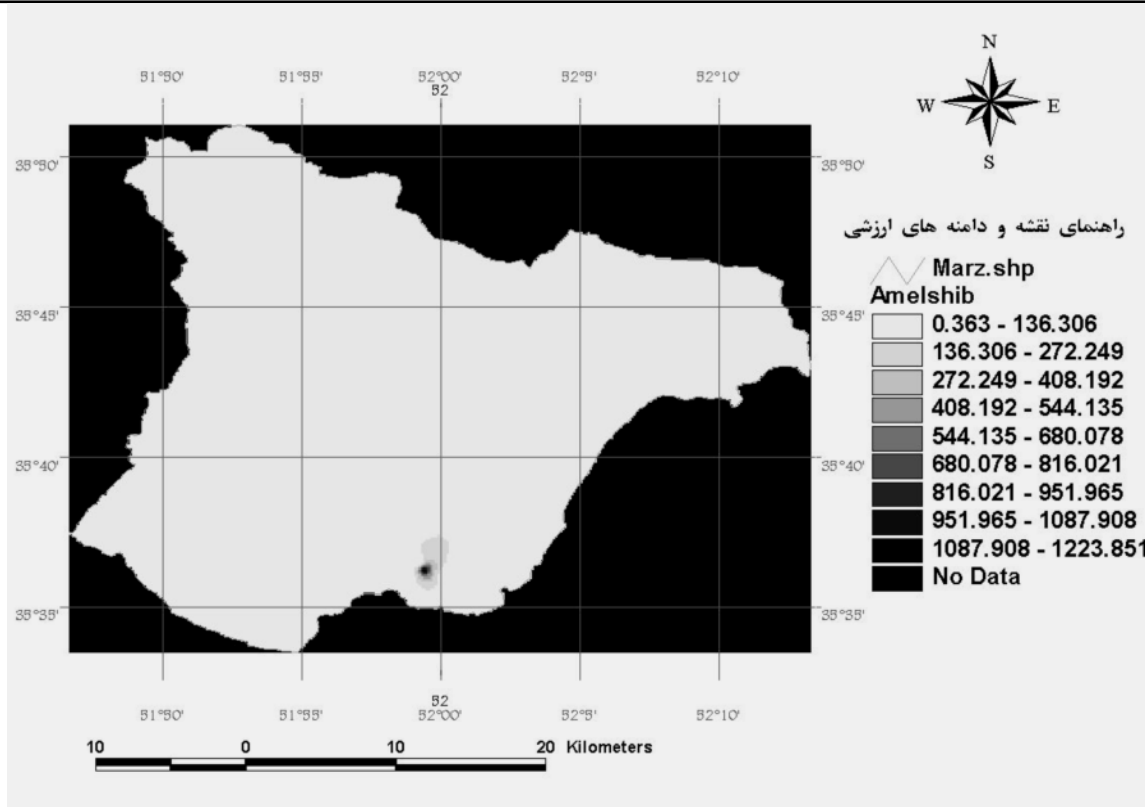
شکل شماره ۵- نقشه پهنه بندی حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند (با استفاده از کلیه عوامل)



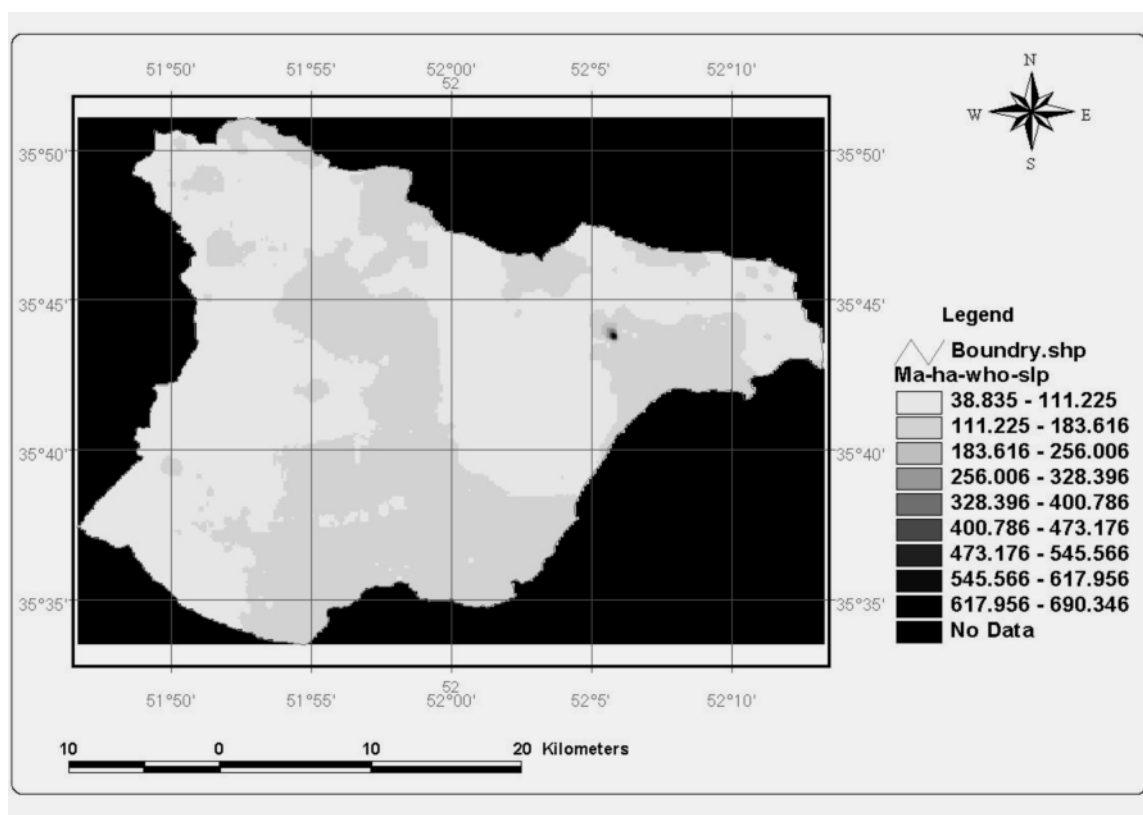
شکل شماره ۶- نقشه سلولی عامل ارتفاع حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند



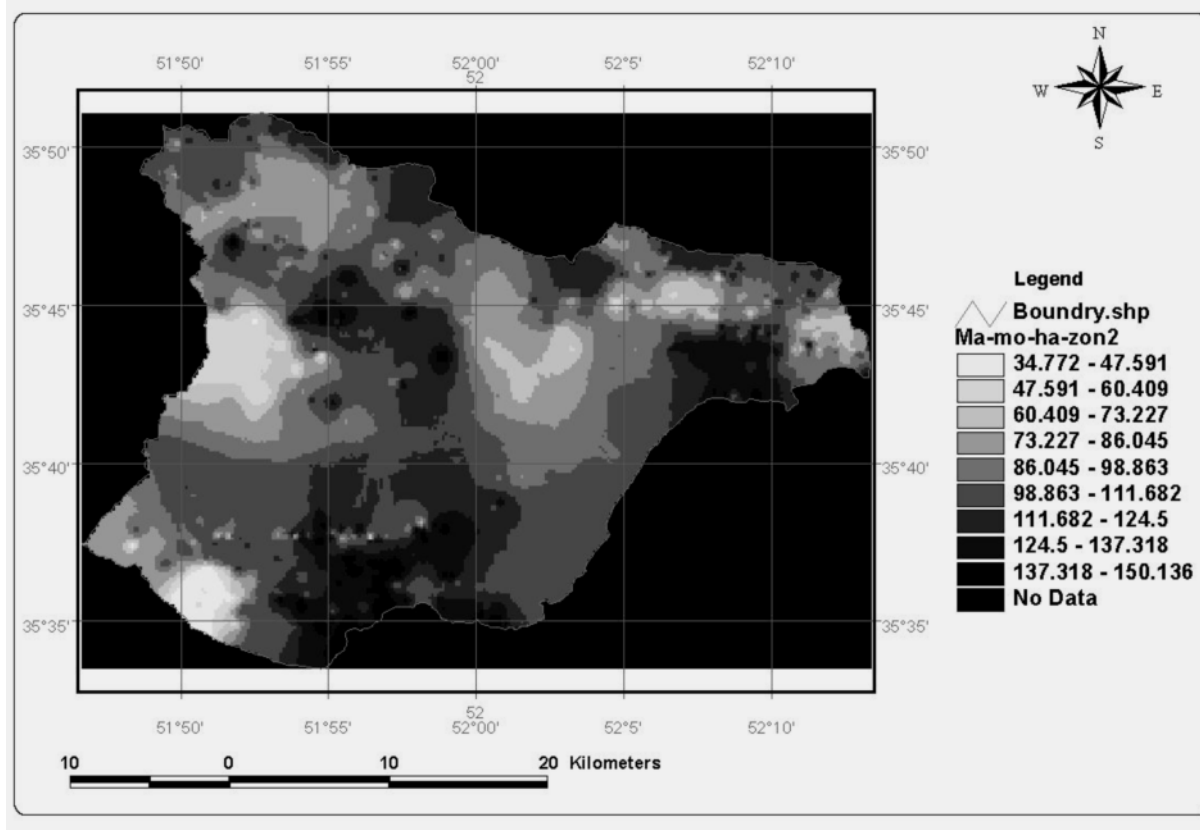
شکل شماره ۷- نقشه پهنه بندی حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند (با حذف عامل ارتفاع)



شکل شماره ۸- نقشه سلولی عامل شیب حرکات توده ایحوزه آبخیز دماوند



شکل شماره ۹- نقشه پهنه بندی حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند (با حذف عامل شیب)



شکل شماره ۱۰- نقشه پهنه بندی حرکات توده ای حوزه آبخیز دماوند (با حذف عامل شیب و ارتفاع حرکات توده ای)

#### منابع:

- ۱- احمدی، حسن، (۱۳۸۵): ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- حسن زاده نفوتی، محمد جعفر، (۱۳۷۹): پهنه بندی خطر زمین لغزش حوزه آبخیز شلمانرود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۳- حق شناس، ابراهیم، (۱۳۷۴): پهنه بندی خطر زمین لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در حوزه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- خسرو شاهی، محمد، (۱۳۸۰): تعیین نقش زیر حوزه‌های آبخیز در شدت سیل خیزی حوزه (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- سعدالدین، امیر، (۱۳۷۳): بررسی اثرهای پارامترهای هیدروژئومورفولوژیک بر حرکات توده ای مواد دانه ای در حوزه آبخیز چاشم و خطیرکوه سمنان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- سفیدگری، رضا، (۱۳۸۱): ارزیابی روشهای پهنه بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی حوزه آبخیز دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۷- صفائی، مهرداد، (۱۳۷۶): بررسی زمین شناسی مهندسی در حوزه آبخیز نکارود، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۸- محمدی، علی اصغر، (۱۳۸۴): پهنه بندی حرکات توده ای و انواع حرکات توده ای (لغزش، ریزش، سولیفلوکسیون و سولیفلوکسیون کانالی) با استفاده از درون یابی ویژه و درصد دهی به هر یک از زیر عوامل در حوزه آبخیز دماوند، سمینار کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

- 9-Bruse D.Malamud, Doland L.Turcotte, Fausto Guzzetti and Paola Reichenbach, (2004): Land slides, earthquakes and erosion, Earth Planetary Science Letters (EPSL), ELSEVIER, 229, 45-59.
- 10- S. Marzorati, L. Luzi and M.De Amicis, (2002): Rock falls induced by earthquakes: a statistical approach, SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINEERING, 22, 565-577. 11- Maria Chiara Turrini and Paola Visintainer, (1998): Proposal of a method to define areas of land slide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy, ENGINEERING GEOLOGY, 50, 255-265.



