

## ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش آنبالاگان در محیط ArcGIS مطالعه موردی: حوضه آبخیز چاکرود گیلان

مهدی شفقتی<sup>۱</sup>، عطاء الله مصلحت جو<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی دانشگاه خوارزمی تهران

۲- کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گیلان و مدرس دانشگاه

چکیده:

وقوع زمین لغزش در مناطق شمالی کشور، به دلیل بارشهای فراوان، کاربری های ناصحیح و سازندهای حساس به فرسایش، در حال افزایش است. یکی از راهکارهای مهم برای کاهش خسارت ناشی از وقوع زمین لغزش ها، ارزیابی و پهنه بندی مناطق مستعد به زمین لغزش ها از طریق تهیه نقشه های پهنه بندی خطر زمین لغزش است. روشهای متعددی برای پهنه بندی وجود دارد که از میان آنها روش آنبالاگان برای منطقه مورد مطالعه استفاده شد. در این روش نقشه های مورد نیاز مانند نقشه های شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، زمین شناسی، زمین شناسی ساختمانی، آبهای زیرزمینی و واحدهای کاری در محیط GIS با استفاده از نرم افزار Arcmap تهیه و پس از امتیازدهی به عوامل مورد نیاز در روش آنبالاگان، در نهایت نقشه پهنه بندی منطقه ارائه شد. در پایان برای ارزیابی صحت مدل یاد شده، نقشه پراکنش زمین لغزش حوضه مورد مطالعه تهیه و آنگاه از مقایسه نقشه پراکنش زمین لغزش با نقشه پهنه بندی زمین لغزش به روش آنبالاگان، مشخص شد که اکثر زمین لغزشهای وقوع یافته در این حوضه در پهنه خطر زیاد قرار دارند که توسط مدل ارائه شده بود.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، پهنه بندی خطر، آنبالاگان، ArcGIS، چاکرود.

۱- مقدمه:

در حوزه های آبخیز شمالی کشور، علاوه بر عوامل طبیعی مانند اقلیم، سنگ شناسی، توپوگرافی و ... فعالیتهای انسانی نظیر تغییر در کاربری اراضی، جاده سازی، عملیات کشاورزی غیراصولی و ... نیز باعث وقوع زمین لغزش های متعددی شده است. بطوریکه سالیانه، خسارت های هنگفتی را بوجود می آورد. خسارت سالانه ناشی از حرکت های توده ای در ایران بالغ بر ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است. این امر سبب شده است تا محققین، مطالعات وسیعی در مورد عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش، تثبیت، پیشگیری از وقوع آن و ... داشته باشند. شوستر و فلمینگ (۱۹۸۶) اظهار داشتند که خسارات ناشی از زمین لغزش بیشتر از خسارت حاصل از زلزله می باشد. آنبالاگان (۱۹۹۷)، منطقه کاتکوم- ناینیتا واقع در هند را به روش امتیازدهی به عوامل ارزیابی خطر زمین لغزش (LHEF) پهنه بندی کرد. این روش یک روش سیستم عددی است که به عوامل عمده مؤثر در ناپایداری شیب مانند زمین

شناسی، پستی و بلندی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و شرایط آب زیرزمینی بستگی دارد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵). در بررسی پیشینه، می توان به بررسی عوامل مؤثر بر حرکت توده ای حوضه آبخیز دریاچه ولشت و نحوه پیشگیری و کنترل آن زکی زاده (۱۳۷۳)، پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمانرود حسن زاده نفوتی (۱۳۷۹)، بررسی عوامل مؤثر در زمین لغزش ها و پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شیرین رود - سد تجن فیض نیا و همکاران (۱۳۸۳) اشاره کرد. رضایی مقدم و اقبال (۱۳۸۴)، با پهنه بندی دامنه های مشرف به رامسر، مشخص کردند که کاربری اراضی، در وقوع لغزش بیشترین تأثیر را داشته است. مصلحت جو و عاکف (۱۳۸۶) پس از بررسی ۱۸۳ زمین لغزش در استان گیلان مشخص کردند که مهمترین عوامل زمینه ساز در بروز زمین لغزش ها به ترتیب بارندگی سالانه و پس از آن فاصله نسبی گسل تا محل زمین لغزش بوده است. کاربریهای غیراصولی نیز به عنوان عامل تشدید کننده در وقوع زمین لغزش ها نقش مهمی داشته اند. ارومیه ای و امینی زاده (۱۳۷۷)، با جزئی در عامل چگونگی آبهای زیرزمینی، روش آنبالاگان را برای کل ایران، حتی برای مناطق نیمه خشک کشور ضروری دانسته اند. مشاری و همکاران (۱۳۸۷) پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش آنبالاگان در محیط GIS حوضه پهنه کلا - تجن را انجام دادند و برای ارزیابی صحت این روش، از مقایسه نقشه پراکنش زمین لغزش ها و نقشه پهنه بندی نشان دادند که اکثر زمین لغزش ها در پهنه خطر بسیار بالا که توسط مدل پیشنهاد شده بود، قرار گرفتند. ریموند و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه باجودبا در شمال اسپانیا رابطه بین فاکتورهای مربوط به زمین و وقوع زمین لغزش را توسط GIS بدست آوردند و خطر زمین لغزش را به صورت کمی ارزیابی نمودند. خضری و همکاران (۱۳۸۵) با ارزیابی و پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه ها در بخش مرکزی حوضه زاب (شهرتان سردشت) را به روش آنبالاگان، به این نتیجه رسیدند که با انطباق نقشه پهنه بندی خطر ناپایداریها با نقشه حرکات دامنه ای کنونی، بیشترین زمین لغزش ها روی پهنه بندی های خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد مطابقت دارند. روش آنبالاگان در پهنه بندی خطر زمین لغزش به محققین کمک خواهد کرد تا سطح زمین را به نواحی مجزایی از درجات بالفعل یا بالقوه خطر از هیچ تا خیلی زیاد تقسیم بندی کند. اهداف این تحقیق، شناسایی مناطق با خطر کم تا زیاد از نظر وقوع زمین لغزش است تا از این طریق بتوان اقدامات لازم برای پیشگیری و مهار وقوع آن به عمل آورد. با وجود اینکه زمین لغزش ها منجر به خسارات جانی و مالی فراوانی را در استان گیلان به همراه دارد اما نسبت به بلایای طبیعی دیگر چون زلزله و طوفان، مدیریت پذیرتر بوده و قابلیت پیشگیری آن نیز بیشتر است.

## ۲- مواد و روشها:

### ۱-۲ - ویژگیهای منطقه مورد مطالعه حوضه آبخیز:

حوزه آبخیز چاکرود مابین ۵۰ درجه و ۲ دقیقه ۴۲ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۹ دقیقه ۸ ثانیه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه و ۴۱ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه عرض شمالی واقع شده اند. این منطقه در شرق استان گیلان و در دامنه های خاوری البرز غربی واقع شده و بخشی از بزرگترین حوضه آبریز شرق گیلان (پلرود) را تشکیل می دهد. وسعت این منطقه ۵۴۸۰/۷۷ هکتار است (شکل شماره ۱).

شکل شماره ۱: موقعیت حوضه در ایران و گیلان



شکل ۱: موقعیت حوضه در ایران و گیلان

## ۲-۲- روش تحقیق:

جهت پهنه بندی لغزش، روشهای گوناگونی توسط دانشمندان و محققین ارائه شده است که هر کدام به منظور خاص و برای یک منطقه مشخص ارائه شده است. در این حوضه با توجه به شرایط اقلیم و فاکتورهایی که در وقوع لغزش مؤثرند روش آنبالاگان مناسب می باشد شیخی (۱۳۸۱). بر اساس روش آنبالاگان برای هر کدام از عوامل دخیل در ناپایداریها، امتیازی در نظر گرفته شده است. بیشترین امتیاز براساس نوع عامل، بیشترین میزان ناپایداری را در خصوص آن عامل، نشان می دهد و عدد ۱۰ نشانگر مجموع کل امتیازهای تمام عاملهاست که نشانگر بیشترین میزان خطر ناپایداری در واحدهاست (جدول شماره ۱).

نتایج امتیازدهی نهایی هر واحد، بر مبنای حداقل ۱ و حداکثر سقف ۱۰ استخراج شده و براساس جدول ۲ پایداری و ناپایداری واحدها تعیین و پهنه بندی خطی آنها صورت می گیرد (جدول شماره ۲).

جدول ۱: عوامل ناپایداری دامنه ای و امتیازدهی به آنها براساس روش آنبالاگان

عوامل مؤثر در ناپایداری	لیتولوژی	ساختار زمین شناسی	هندسه شیب	ارتفاع نسبی	کاربری و پوشش زمین	وضعیت آبهای زیرزمینی	جمع کل امتیازها
حداکثر امتیاز	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱۰

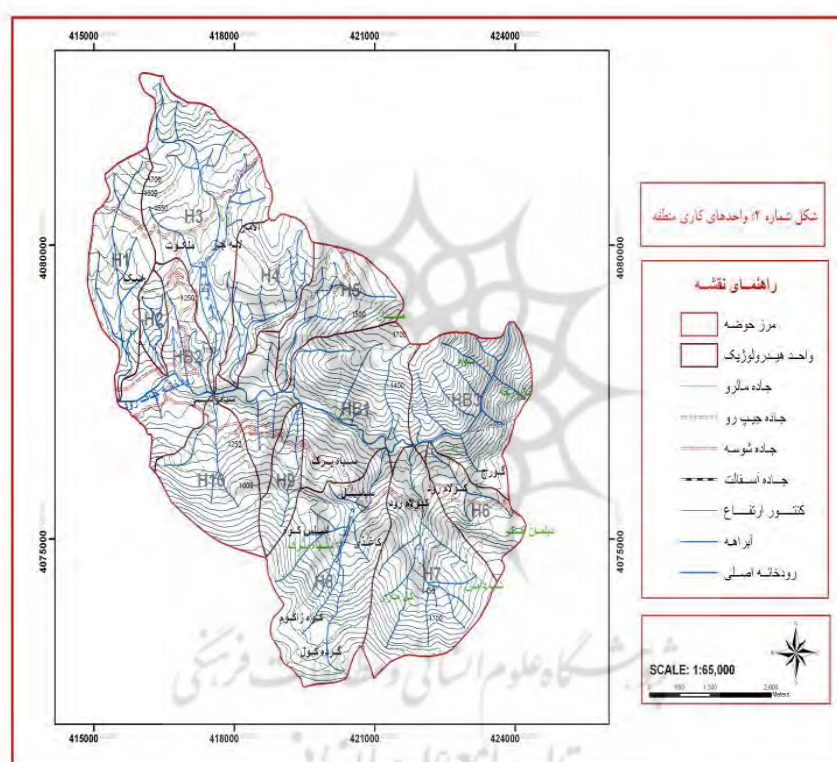
جدول ۲: معیار پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه ای براساس امتیاز کل براساس

روش آنالگان

رده بندی	۱	۲	۳	۴	۵
جمع امتیاز	کمتر از ۳/۵	۳/۵ تا ۵	۵/۱ تا ۶	۶/۱ تا ۷/۵	بیش از ۷/۵
میزان خطر پهنه	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد

۲-۳- تهیه نقشه واحد کاری :

ابتدا حوضه مورد مطالعه با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و عکس هوایی به ۱۳ واحد کاری تقسیم شد.

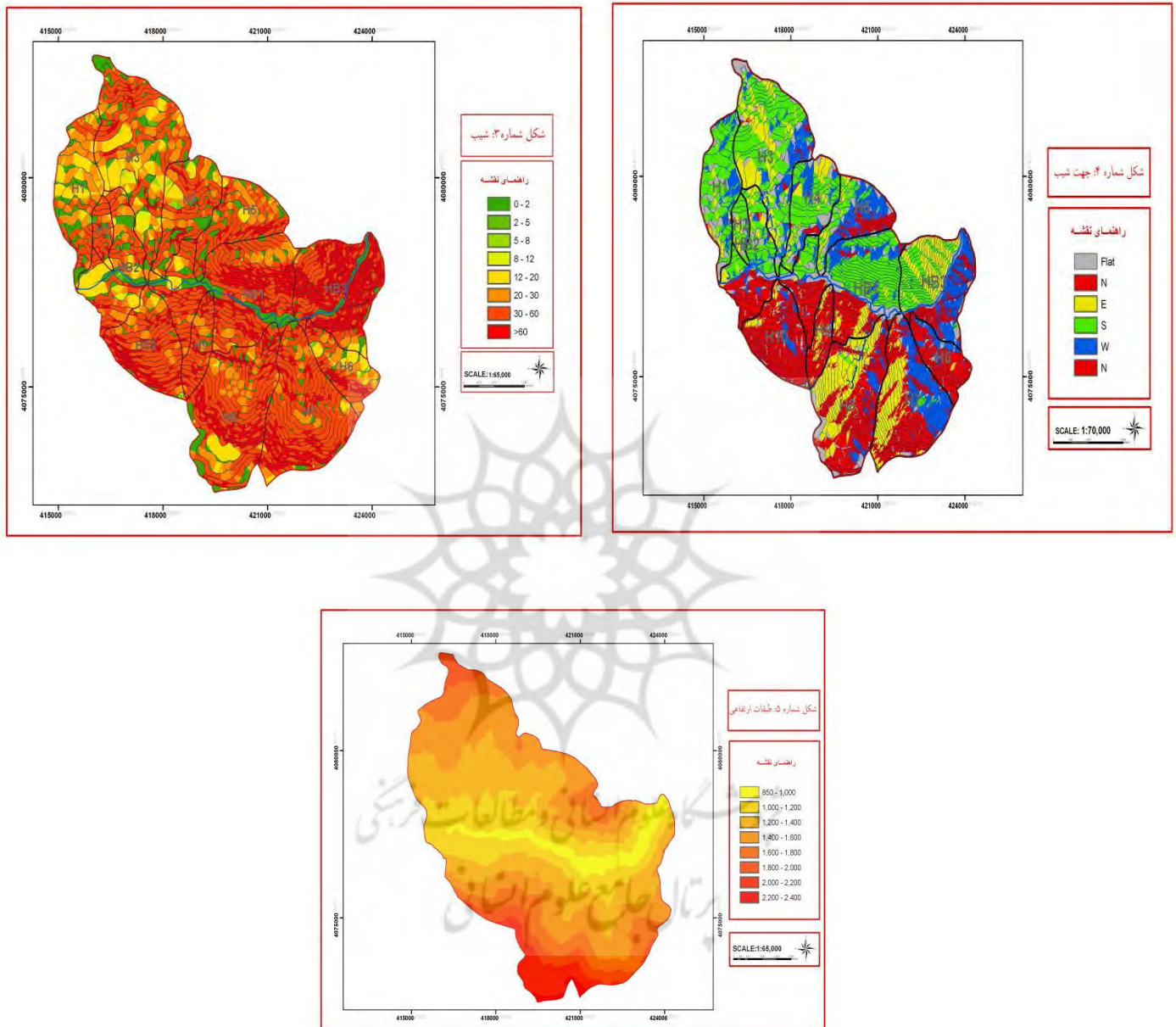


شکل ۲: موقعیت حوضه و تقسیم بندی زیر حوضه ها

هر واحد کاری، بخشی از منطقه مورد نظر است که دارای مشخصات کم و بیش مشابه از یک دامنه شیبدار می باشد که جهت و مقدار شیب را نشان می دهد (شیخی، ۱۳۸۱). نقشه واحد کاری، نقشه پایه ایست که بایستی نقشه های دیگر را با آن تطبیق داده و امتیاز حاصل شده را ثبت کرد که از مجموع امتیازات حاصله، درجه خطر زمین لغزش در هر واحد کاری بدست می آید (مشاری و همکاران، ۱۳۸۷).

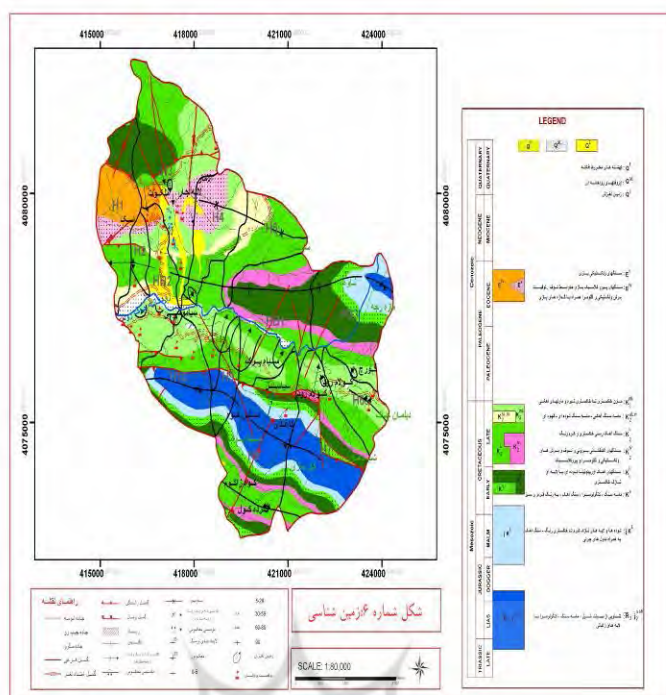
۲-۴- نقشه های عوامل مؤثر بر زمین لغزش :

در تحقیق حاضر از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شده است. ابتدا از روی نقشه توپوگرافی، در محیط Arcmap، نقشه های شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی تهیه شد.



شکل ۳ تا ۵: نقشه های شیب، جهت شیب و طبقات ارتفاعی

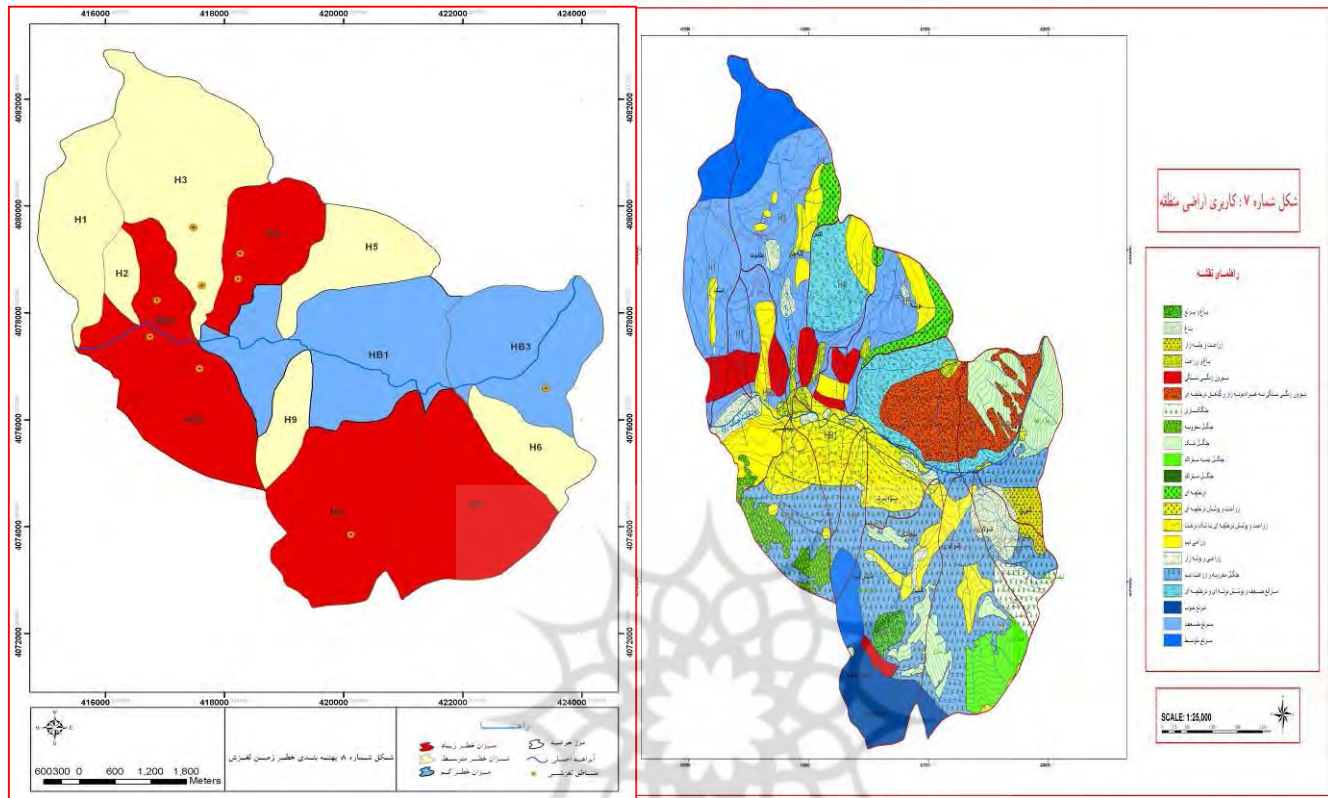
متوسط شیب منطقه ۵۱/۷ درصد و ارتفاع متوسط منطقه ۱۴۰۸ متر از سطح آبهای آزاد است. سپس نقشه زمین شناسی رقومی شد و لایه زمین شناسی و زمین شناسی ساختمانی نیز تهیه گردید (شکل ۶).



شکل ۶: نقشه لایه زمین شناسی و زمین شناسی ساختمانی

منطقه مورد مطالعه از ۱۰ سازند تشکیل شده که مهمترین آنها، سازند کربناته KtL، شامل سنگ آهک و سنگ آهک رسی و سازند K2mi شامل مجموع ای از مارن و سنگ آهک مازنی و همچنین سازند شمشک شامل تناوبی از ماسه سنگهای نازک و ضخیم لایه است. نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM و IRS و نرم افزار ENVI تهیه و با بازدید صحرایی تصحیح شد. کاربریهای موجود در منطقه شامل مرتع (۳۵ درصد)، جنگل (۲۹/۷ درصد)، زراعت (۱۲/۳ درصد) و مخلوط باغ و زراعت (۱ درصد) و باغ (۱۰/۱ درصد) است (شکل شماره ۷).





شکل ۷: نقشه کاربری اراضی

عمق آبهای زیرزمینی براساس چاههای حفر شده در منطقه و چشمه های موجود و همچنین اطلاعات محلی و در برخی از مناطق با گمانه زنی مشخص شد. ساختار زمین شناسی با توجه به نقشه گسلها و همچنین خاکشناسی منطقه تعیین شد. نقشه پراکنش زمین لغزش ها با استفاده از تفسیر عکس های هوایی منطقه تعیین و با بازدید صحرایی، موقعیت زمین لغزش ها توسط دستگاه GPS ثبت شد. نگاه این مختصات بر روی نقشه توپوگرافی منتقل و نقشه پراکنش زمین لغزش تهیه شد. پس از تهیه نقشه های لازم فاکتورهای مؤثر با استفاده از جدول شماره ۱ به هر کدام از کلاسه ها امتیازدهی شد و در نهایت با توجه به جمع امتیازات در هر واحد همگن کلاس خطر آن مشخص شده و نقشه خطر تهیه شد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵).

نتایج امتیازدهی در عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه ای منطقه در جدول شماره ۳- نشان داده شده است.

جدول ۳: امتیازدهی در عوامل موثر در ناپایداری دامنه ای منطقه

میزان خطر	امتیاز	آبهای زیرزمینی	کاربری زمین	ارتفاع نسبی	هندسه شیب	وضعیت ساختاری یا خصوصیات خاکشناسی	لینتوژی	مساحت به هکتار	واحد کاری
متوسط	۵/۲	۰/۷	۱/۲	۰/۵	۰/۵	۱/۸	۰/۵	۳۵۳/۵۰	H1
متوسط	۵/۸	۰	۱	۰/۵	۱/۵	۱/۸	۱	۷۵/۷۷	H2
متوسط	۵/۴۳	۰	۱/۲	۰/۱	۱	۲	۱/۱۳	۷۴۲/۱۹	H3
زیاد	۶/۱	۰	۱/۲	۰/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۳	۳۲۵/۰۸	H4
متوسط	۵/۳۷	۰	۱	۰/۵	۱/۵	۱/۵	۰/۸۷	۲۹۸/۲۶	H5
متوسط	۵/۲۳	۰	۰/۵	۰/۷۵	۱/۵	۲	۰/۹۸	۲۰۷/۹۴	H6
زیاد	۶/۰۵	۰/۲	۰/۳	۰/۷۵	۱/۵	۲	۱/۳	۶۲۰/۲۲	H7
زیاد	۶/۸۵	۰/۵	۰/۷	۱	۱/۵	۲	۱/۱۵	۶۸۹/۶۸	H8
متوسط	۵/۶	۰	۰/۵	۰/۲۵	۱/۵	۲	۱/۳۵	۱۴۰/۱۴	H9
زیاد	۶/۲	۰	۰/۶	۰/۵	۱/۵	۲	۱/۶	۳۵۹/۶۶	H10
کم	۴/۲۵	۰	۰/۲	۰/۲۵	۱/۵	۱/۵	۰/۸	۷۸۲/۷۸	HB1
زیاد	۶/۹	۰	۱/۵	۰/۵	۱	۲	۱/۹	۳۵۲/۹۵	HB2
کم	۵/۲	۰	۰/۲	۰/۲۵	۲	۱/۹	۰/۸۵	۵۳۲/۳۵	HB3

## ۳- نتیجه گیری:

ارزیابی پدیده های ژئومورفولوژیک علاوه بر کارهای دفتری بطور یقین باید توأم با کارهای میدانی باشد تا بتوان به نتایج منطقی رسید. نتایج نشان می دهد که منطقه از نظر لغزشی از پتانسیل بالایی برخوردار است. از مهمترین عوامل زمینه ساز در بروز زمین لغزش ها، وضعیت ساختاری و موقعیت خطوط گسلها، گسلهای فراوان و وجود سنگهای حساس به فرسایش مانند ماسه سنگهای آهکی و مارنهای خاکستری است. از مهمترین عوامل تشدید کننده در وقوع زمین لغزش ها، کاربریهای نادرست از ارضی (تبدیل مراتع به دیم زارهای کم بازده، تبدیل اراضی جنگلی به دیم زارها، شخم در جهت شیب زمین و ...) است. براساس نتایج جدول شماره ۳ درصد سطوح هر یک از پهنه ها به تفکیک در هر کدام از واحدهای کاری در منطقه تحقیقاتی براساس میزان خطر ناپایداری کم تا زیاد تقسیم بندی شده است. نتایج نشان می دهد که ۴۲/۸ درصد از پهنه های لغزشی در محدوده خطر زیاد، ۳۳ درصد منطقه در محدوده خطر متوسط و ۲۴ درصد از اراضی منطقه در محدوده خطر کم قرار دارد. با توجه به ارزیابی نقش عوامل در ظهور ناپایداری های منطقه، مطابقت دادن ناپایداری های کنونی با نقشه های عامل و همچنین مطالعات میدانی، می توان نتیجه گیری کرد که روش پهنه بندی آنبالگان روش نسبتاً مناسبی برای پهنه بندی خطر ناپایداری های دامنه ای برای این منطقه است. با مقایسه نقشه پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه ها (که به روش آنبالگان تهیه شده است) و



نقشه پراکندگی لغزشها که بر مبنای مشاهدات میدانی و برداشتهای زمینی تهیه شده است، می توان مطابقت آنها را در بیشتر موارد (حدود ۸۷ درصد) ملاحظه کرد. روش فوق در منطقه کوهستانی (در هیمالیا) اجرا شده و با اصلاح جزئی بویژه در حوضه های کوهستانی شمال و غرب ایران قابل اجراست. ارومیه ای و امینی زاده (۱۳۷۷) معتقدند این روش با اندک اصلاحی در وضعیت آبهای زیرزمینی برای کلیه مناطق کشور مصداق دارد.

#### ۴- منابع:

- ۱- ارومیه ای، ع. امینی زاده م. (۱۳۷۷): ارزیابی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز هلیل رود، مجموعه مقالات دومین همایش رانش زمین، انتشارات کمیسیون ملی یونسکو در ایران، تهران.
- ۲- حسن زاده نفوتی، م. (۱۳۷۹): پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه آبخیز شلمانرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۳۱ ص.
- ۳- خضری، س. (۱۳۸۵): ارزیابی و پهنه بندی خطر ناپایداری دامنه ها در بخش مرکزی حوضه زاب (شهرستان سردشت) به روش آنبالگان، فصلنامه مدرس علوم انسانی.
- ۴- زکی زاده، ح. ر. (۱۳۷۳): بررسی عوامل مؤثر در حرکت توده ای آبخیز دریاچه ولشت و نحوه پیشگیری و کنترل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۴۰ ص.
- ۵- شریعت جعفری، م. (۱۳۷۵): زمین لغزش. انتشارات سازه. چاپ اول، ۲۱۸ ص.
- ۶- شیخی، ع. (۱۳۸۱): پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز تجن. پایان نامه کارشناسی ارشد. آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی ساری، دانشگاه مازندران.
- ۷- رضایی مقدم، م. ح. اقبال، ح. (۱۳۸۴): پهنه بندی خطر زمین لغزش در دامنه های مشرف به جلگه رامسر با استفاده از روش آن بالاگان. کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلاایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها، ص ۷۹۷ تا ۸۰۹.
- ۸- فیض نیا، س. کلارستانی، ع. احمدی، ح و صفایی، م. (۱۳۸۳): بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش ها و پهنه بندی خطر زمین لغزش (مطالعه مورد: حوضه آبخیز شیرین رود- سد تجن). مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱۰ ص ۳
- ۹- مشاری، س. سلیمانی، ک. موسوی، ر. (۱۳۸۷): پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش آن بالاگان در محیط GIS مطالعه موردی: حوضه پهنه کلا- تجن، ساری
- ۱۰- مصلحت جو، ع. عاکف، م. (۱۳۸۶): بررسی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر فرسایش توده ای مناطق کوهستانی استان گیلان. پژوهش نامه علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

11- Anbalagan, R., 1997. **Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain**. Engineering Geology vol 32, 269- 277.

12- Remondo. J., Bonachea. J., Cendrereo.A., 2007. **Quantitative landslide risk assessment and mapping on the basis of resent occurrences**. Geomorphology.

13- Schuster, RL., Fleming, RW., 1986. **Economic losses and fatalities due to landslides**. Bullention of the Association of Engineering Geologists 23 (1). 11-28.

- 14- Thomas, T., 1991. *Slope stabilization by new ground anchorae systems in rocks and soils*. Slope Stability Engineering, PP.1:335-340

