پهنه بندی خطرلغزش درحوضه جاجرود بااستفاده ازروش تحلیل سلسله مراتبی

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱/۱۵ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۲/۲۰
صفحات: ۶۸-۵۱

عزت اله قنواتی: دانشیاردانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم تهران[۱]
Email:eghanavati@yahoo.com

چکیده

پدیده زمین لغزش یکی از عمده بلایای طبیعی است که همه ساله خسارات مالی وجانی زیادی در پی داشته وهزینه فراوانی برای بازسازی مناطق آسیب دیده بر بودجه کشور تحمیل می کند. پهنه بندی خطرزمین لغزش که با هدف تقسیم بندی نواحی مورد مطالعه به پهنه های باخطرات متفاوت با توجه به عوامل موثرمی باشد، می تواند تا حدودی جلوی خسارات زیادی را بگیرد. منطقه جاجرودواقع درشمال شرق تهران به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی و زمین شناسی آن یکی ازمناطق مستعدکشورنسبت به وقوع زمین لغزش وسایرپدیده های مرتبط بالغزش دامنه ها می باشد. باتوجه به اینکه سد لتیان به عنوان یکی ازمهمترین منابع تامین کننده آب کلان شهرتهران وهمچنین دشت ورامین درحوضه جاجرود قرارگرفته است، وقوع حرکات دامنه ای این منبع مهم را با خطرجدی مواجه نموده است. لذا لازم است موضوع بررسی وراهکارهای کاهش خسارات پیشنهادگردد. دراین تحقیق باتوجه به اهمیت لغزش درحوضه یک مدل کمی- کیفی برای پیش بینی خطربالقوه لغزش تهیه شده است تا بتوان براساس آن استعدادلغزش را برمبنای درجات مختلفی چون خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد پهنه بندی نمود. باتوجه به اینکه بین زمین لغزش ها و عوامل موثربرآنهارابطه خطی وجودندارد، لذا با نگرش های آماری معمول نمی توان تمام مسائل را حل نمود. ازاین بابت مدل تحلیل سلسله مراتبی شرایطی را فراهم می نماید تا بتوان نقشه پهنه بندی خطرلغزش را باجزئیات بیشتری تحلیل نمود. درتحقیق حاضرجهت پهنه بندی خطرزمین لغزش ازمدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داد که بیش از ۶۲ درصد از مساحت حوضه جاجرود در پهنه های خطر زیاد و بسیار زیاد لغزشی واقع شده است.

کلید واژگان: پهنه بندی، زمین لغزش، جاجرود، تحلیل سلسله مراتبی، بلایای طبیعی

---

[۱]. نویسنده مسئول: تهران- خیابان مفتح- دانشگاه تربیت معلم- دانشکده علوم جغرافیایی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

مقدمه

زمین لغزش از جمله سوانح طبیعی است که همه ساله موجب بروزخسارت های فراوان مالی وجانی در سراسر جهان می شود. در حال حاضر نیز هر ساله دهها زمین لغزش درنقاط مختلف کشور به وجودمی آید و مناطق مسکونی، راه ها و تأسیسات بسیاری را مورد تهدید قرار می دهند. زمین لغزش ها هم به عنوان یکی از انواع بلایای طبیعی خسارات اقتصادی- اجتماعی فراوانی به بار می آورند(کمک پناه و منظر قائم (۱۳۷۳). گرچه به طور مطلق میزان خسارات اقتصادی ناشی از زمین لغزش ها در کشورهای پیشرفته بیشتر است ولی طبق مطالعات انجام شده توسط UNDRC[1] برای بسیاری از کشورهای درحال توسعه، این خسارات یک تا دو درصد تولید ناخالص آنهاست.

پهنه بندی خطر زمین لغزش که با هدف تقسیم بندی نواحی مورد مطالعه به پهنه هایی با خطرات متفاوت با توجه به عوامل مؤثر می باشد، می تواند تا حدودی جلوی خسارات زیادی که در اثر بی توجهی به این امر همه ساله متوجه کشور می شود را بگیرد(شریعت جعفری،۱۳۷۵). منطقهٔ مورد مطالعه یکی از مناطقی است که دارای چنین مشکلاتی است، به طوری که منطقه حوضه جاجرود واقع در ۱۰ کیلومتری شمال شرق تهران به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی و زمین شناختی ، یکی از مناطق مستعد کشور نسبت به وقوع زمین لغزش، سنگ ریزه و روانه های گلی و سایر پدیده های مرتبط با لغزش دامنه ها می باشند. باتوجه به اینکه سد لتیان به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین کننده آب کلان شهر تهران و همچنین دشت ورامین در این حوضه قرار گرفته و وقوع حرکات دامنه ای در این حوضه، این منبع مهم را با خطر جدی مواجعه نموده است. لذا لازم است موضوع بررسی و راهکارهای کاهش خسارات پیشنهاد گردد.

علیرغم پیشرفت دانش بشری در زمینه علل وقوع زمین لغزشها وتوسعه سریع قابلیت های مهندسی جهت پیش بینی و کنترل آنها به دلایل رشد و توسعه مناطق و دخالت های غیر مجاز انسان در وضع طبیعی دامنه ها خسارات و تلفات ناشی از زمین لغزه ها رو به فزونی می باشد. از جمله راه های کاهش این خسارات پیش بینی قبل از وقوع حادثه می باشد که این مهم از طریق تهیه نقشه های خطر و ریسک که به پهنه بندی خطر زمین لغزش معروف اند امکان پذیر است. پهنه بندی خطر زمین لغزش با روش ها والگوهای متفاوتی انجام می پذیرد. بسیاری

[1] - United Nations Disaster Relief Coordinator

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

از روش های پهنه بندی پیشنهادی بر اساس شرایط خاص مناطق مورد بررسی بنا شده اند. از طرف دیگر تنوع بسیار شرایط موجود مانع تصور یک روش استاندارد که قابل استفاده در همه نقاط دیگر باشد، می گردد. روش های متعددی برای پهنه بندی خطر زمین لغزش وجود دارد ولی به طور کلی این روش ها به دو دسته روش های مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می شوند. روشهای مستقیم پهنه بندی بر اساس قضاوت های متکی بر مناطق لغزش یافته صورت می گیرد، ولی روش های غیر مستقیم که تحقیق اخیر نیز از آن جمله است که بر اساس شناسایی عوامل کنترل کننده و تلفیق این عوامل به عنوان معرف های پتانسیل زمین لغزش، در پهنه بندی می باشد. از جمله این روش ها می توان به روش های پیشنهادی مورا و وارسون، آن بالاگان، نیلسن و روش اصلاح شدهٔ آن و روش های دیگر که متناسب با مناطق مختلف به کار برده شده است، اشاره کرد.

در قرن حاضر و با توسعه و پیشرفت سریع دانش بشری و نزدیکی علوم و تخصص ها به یکدیگر، مسأله ناپایداری دامنه ها و زمین لغزه ها به یکی از کانون های اصلی مورد توجه دانشمندان علوم ژئومورفولوژی، مهندسی زمین شناسی و ژئوتکنیک و رشته های مرتبط دیگر چون آبخیزداری و منابع طبیعی، برنامه ریزی محیط و آمایش سرزمین، تبدیل شده است. محققان و دانشمندانی چون هاو(۱۹۰۹)، لد(۱۹۳۵)، شارپ(۱۹۵۸)، وارنز(۱۹۵۸)، زارویا و منکل(۱۹۸۲)، ساوار نسکی (۱۹۳۹)، پوپوف (۱۹۵۸)، نمکوک، پاسکو ریبار و کوتز(۱۹۷۷)، بیشاپ(۱۹۶۲) و کارسون و کرکبای از کشورهای مختلفی چون آمریکا، انگلستان، روسیه، چک و اسلواکی و سایر کشورها در زمینه های مربوط به زمین لغزه ها، طبقه بندی، مطالعات و پژوهش های باارزشی را در قرن کنونی انجام داده اند (کرم، ۱۳۸۰). لوپز[1] در سال ۱۹۹۱ برای مدل پردازی خطر حرکات توده ای از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی "Lwis" استفاده نمود و از طریق تهیه نقشه فهرست زمین لغزش و مقایسه آن با سایر نقشه های متغیری در پایگاه اطلاعاتی توانست روابط شرطی بین متغیر های مؤثر در زمین لغزش و وقوع آن را در استخراج و بر اساس روابط حاصله اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی خطر حرکات توده ای نماید. شوکیانگ و ویونوین[2] در سال ۱۹۹۲ برای پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش در خاکهای لسی در چین از مدل پردازی این پدیده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و بهره گیری از روش آماری استفاده نموده اند و از این طریق اقدام به تهیه نقشه حساسیت به زمین لغزش کرده اند.

[1] - Lopez
[2] - Shuqiang and Unwin

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

فرناندز[1] و دیگران در سال های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲ برای مدل پردازی و آنالیز عوامل مؤثر در حرکات توده های سنگی در گرانادا و روتر – اسپانیا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نقشه فهرست زمین لغزش، شیب، جهت شیب، واحد های مختلف زمین شناسی، ضخامت و نوع خاک، نقشه همباران و پوشش گیاهی موفق به تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش و سنگ ریزش گردیدند.

نگاراجان و روی[2] برای بخشی از رودخانه پیندر هند اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی مناطق مستعد به زمین لغزش با استفاده از اطلاعات ماهواره ای سنجش از دور هند (IRS) و اطلاعات پایه زمینی نمودند. نقشه پهنه بندی بر اساس اطلاعات به دست آمده از زمین لغزش های قدیمی که در سال ۱۹۶۰ اتفاق افتاده بود تهیه گردید. اطلاعات ماهواره ای استفاده شده متعلق به سال ۱۹۸۹ می باشد (پولوس[3]، ۱۹۹۲). در کشور ما، پژوهش و کارهای انجام شده در زمینه زمین لغزه ها و حرکات توده ای بسیار جوان بوده و شروع جدی آنها عمدتاً به اوایل دهه فعلی (۸۰-۱۳۷۰) باز می گردد ، توجه به مسایل عمرانی کشور پس از اتمام جنگ همگام با افزایش آگاهی از خسارت سنگین زمین لغزه ها و حرکات توده ای در سطح کشور باعث شد تا سازمان ها و وزارتخانه های ذیربط و برخی از محققین علوم زمین توجه خود را به این مسأله معطوف سازند. از میان محققان ایرانی درگیر در مسأله زمین لغزه و حرکات توده ای می توان از شمیرانی(۱۳۵۷)،کوثر(۱۳۵۸)،خوش رفتار(۱۳۷۲)،محمودیان(۱۳۷۴)، چوبینه(۱۳۷۳)، حق شناس(۱۳۷۴)، فرج زاده(۱۳۷۳)، شریعت جعفری (۱۳۷۵)، کرم (۱۳۸۰) و شمسی پور(۱۳۸۹) نام برد.

در این تحقیق محل وقوع و وسعت ۱۵۰ مورد زمین لغزش و پهنه لغزشی که توسط وزارت جهادکشاورزی شناسایی گردیده اند، روی نقشه توپوگرافی منطقه جاجرود با مقیاس ۵۰۰۰۰ :۱ تعیین، علامت گذاری و مشخص شده اند.

شناسایی اولیه این لغزش ها با استفاده از عکسهای هوایی منطقه وبه کمک مطالعات میدانی انجام گرفته است. شناسایی عوامل مؤثر در لغزش دامنه ها در منطقه و تهیه نقشه های جداگانه از هر کدام از این عوامل گام بعدی بود. سپس در مرحلهٔ بعدی تحقیق، لیتولوژی،

[1] -Fernandez
[2] - Nagarajan and Roy
[3] - Poulus

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، نقشه ارتفاعی رقومی[1] و بارندگی به عنوان عوامل موثر در زمین لغزش های منطقه، مطالعه و بررسی شده و درقالب مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP) مورد آنالیز قرار گرفت . سپس نتایج حاصل به صورت نقشه پهنه بندی در محیط GIS تهیه شده است.

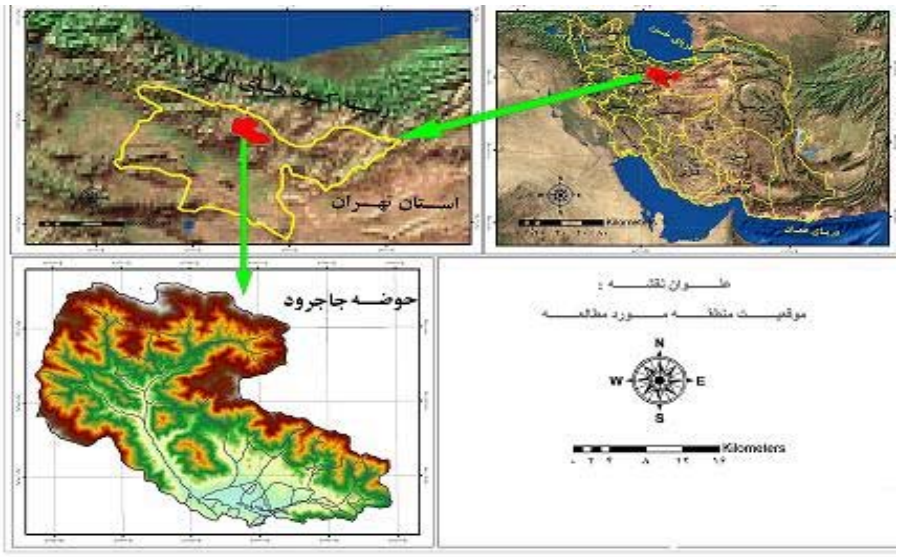
موقعیت جغرافیایی

حوضه جاجرود تا محل سد لتیان محدوده ای است با مساحت ۶۹۶۸۳ هکتار که بین طولهای جغرافیایی′۲۲ ،° ۵۱ تا ′۵۱ ،°۵۱ شرقی و عرض های جغرافیایی ′۴۵ ،° ۳۵ تا ′۵۰ ،° ۳۶ شما لی واقع شده است. این حوضه با بیش از شصت روستا و سکنه دائم متشکل از دهستان های بخش رودبار قصران و بخش لواسانات که جزء فرمانداری شهرستان شمیرانات می باشد. در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شرق تهران واقع شده است. این حوضه از شمال به حوضه سد لار، از غرب به حوضه کرج از جنوب به حوضه شمال تهران محدود می شود.

رودخانه اصلی این حوضه جاجرود نام دارد. این رودخانه در شمال شامل سر شاخه اصلی گرما بدر، شمشک و آهار که به ترتیب در محلهای فشم و اوشان به هم می پیوندند و در منطقه میانی حوضه رودخانه امامه و شاخه های فرعی قوچک – رودک به آن پیوسته و سپس به دریاچه سد می ریزد.درقسمت شرق حوضه رودخانه های کند، افجه و وارک به همراه تعدادی شاخه های فرعی کوچک مستقیماً به دریاچه سد می ریزد. این حوضه از زیرحوضه های لواسان(لوارک)، افجه، کند، امامه، گرمابدر، شمشک، آب میگون، رودک و قوچک تشکیل شده است.طول حوضه از محل سد تا منتهی الیه حوضه برابر ۴۶ کیلومتر و عرض آن از ۱۴ تا ۲۸ کیلومترمتغیر است.دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده های آسفالته تهران به گردنه قوچک و گلندوک– تهران، پلیس راه جاجرود، سد لتیان و بزرگراه بابایی و لشگرک امکانپذیر است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه را نشان می دهد.

[1] -DEM

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و طبیعی منطقه

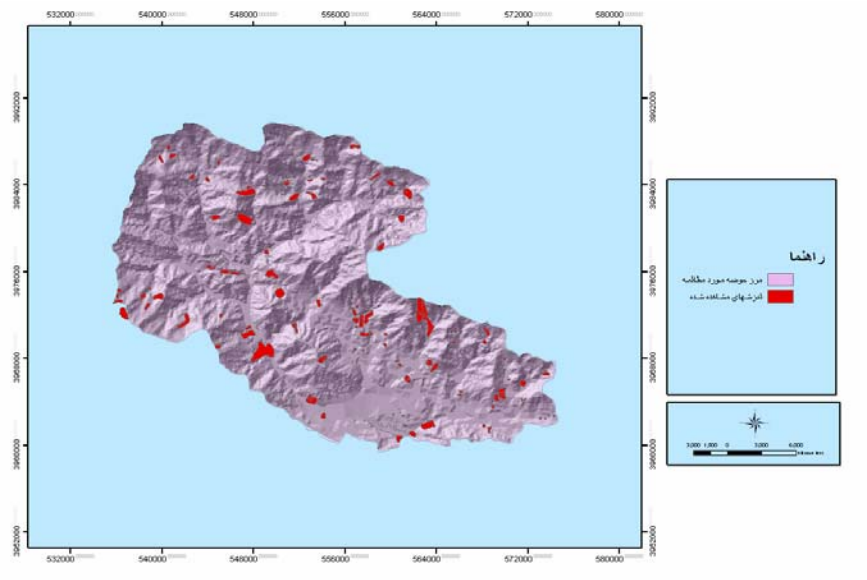
داده ها و روش تحقیق

در این پژوهش با توجه به تجربیات به دست آمده از بازدیدهای صحرایی و مطالعهٔ منابع موجود شش عامل(شیب ،جهت شیب، مدل ارتفاعی رقومی، لیتولوژی، فاصله از گسله هاو بارندگی) به عنوان عوامل اصلی موثر بر وقوع زمین لغزش در منطقه شناخته شده است. سپس بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی و رگرسیون لاجستیک عوامل مذکور با توجه به اهمیتی که در وقوع زمین لغزش دارند با هم مقایسه گردیده و به هر یک وزن مناسبی اختصاص داده شده است تا بتوان بر اساس آن استعداد زمین لغزش حوضه را بر مبنای درجات مختلفی چون خیلی کم ، کم ، متوسط، زیاد، خیلی زیاد پهنه بندی نمود.

اطلاعات مختلف و مورد نیاز پژوهش با استفاده از نقشه های مبنایی مختلف موجود(نقشه های توپوگرافی وزمین شناسی) ، بررسی های میدانی ، استفاده از دستگاه GPS ، عکس های هوایی و تصویر ماهواره ای به سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد و در آن ذخیره شده و درنهایت با تغییر فرمت داده ها از برداری به رستری ، نقشه های مورد نیاز تهیه گردید. سپس لغزش های اتفاق افتاده و مناطق مستعد و مشکوک به لغزش در منطقه که توسط وزارت جهاد کشاورزی شناسایی و روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ مشخص شده بودند نیز رقومی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

گردیدند. این نقشه شامل ۱۵۰ زمین لغزش و پهنه لغزشی به همراه تعداد زیادی پهنه و مناطق افتان و واژگونی می باشد(شکل ۲).



شکل (۲) لغزشهای وقوع یافته در حوضه جاجرود

زمین لغزش های ثبت شده با لایه های مختلف هم پوشانی داده شد. سپس برای تعیین اهمیت و تأثیر نسبی عوامل و فاکتورهای مؤثر در پهنه بندی خطر زمین لغزش معمولاً از روش وزن دهی یا امتیازدهی استفاده شده است. بر اساس مطالعات مختلف برای هر یک از فاکتورها می توان وزن (امتیاز) و یا حتی ضریبی را نیز در نظر گرفت. در این پژوهش وزن دهی فاکتورها براساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) [1] که یک روش کمی-کیفی است انجام شده است.

[1] -Analytical Hierarchy Process

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

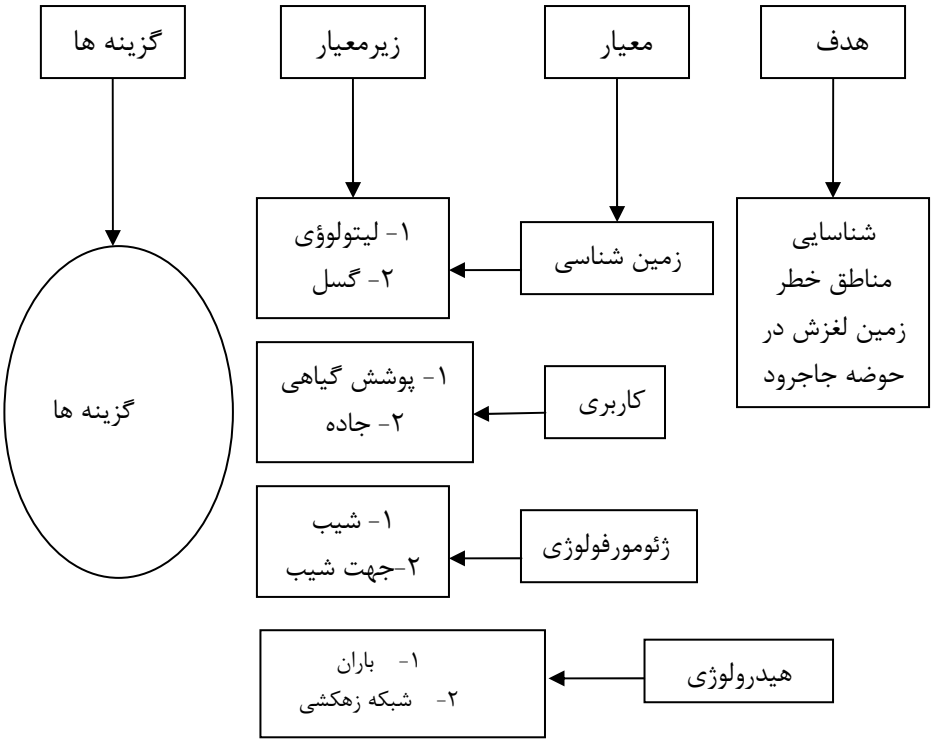
فرایند تحلیل سلسله مراتبی ازجمله جامع ترین مدل های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است. زیرااین مدل امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می کند و امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمی وکیفی رانیزدر مساله دارد. علاوه براین برمبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، قضاوت و محاسبه را تسهیل می کند و مقدار سازگاری یا ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد(شمسی پور وشیخی،۱۳۸۹).

تحلیل یافته های تحقیق

دراین پژوهش بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی به هر یک از فاکتورها، ارزش یا وزنی داده شده و نهایتاً جمع جبری آنها معیار برآورد خطر نسبی زمین لغزش وپهنه بندی قرار گرفته است. این روش که توسط ساعتی (ساعتی ۱۹۸۰)ارائه شده است یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها درفرایند تحلیل و ارزیابی است(قنواتی، ۱۳۸۵). در این پژوهش شناسایی مناطق خطر زمین لغزش که هدف کلی می باشد به عنوان سطح اول، چهارمعیارزمین شناسی، کاربری ، ژئومورفولوژی و هیدرولوژی به عنوان سطح دوم و ۱۰زیر معیار نیز به عنوان سطح سوم در نظر گرفته شده اند(شکل۳).

گزینه ها حاصل تحلیل در پایگاه GIS می باشند . هر لایه شامل مقادیر صفاتی است که به گزینه ها تخصیص داده شده و هر گزینه (سلول یا پلی گون) مرتبط با عناصر سطح بالایی (صفات)می باشد. بعد از تجزیه مسئله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف بصورت دوتایی با هم مقایسه شده اند و بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش گذاری صورت می گیرد. واژه غربال کردن که توسط ساعتی ارائه شده است (جدول ۱)، برای ارزیابی میزان ارجحیت دو معیار استفاده شده است. مزیت اصلی استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی این است که به تصمیم گیران کمک می کند تا یک مسئله پیچیده را بصورت ساختار سلسله مراتبی در آورده و به حل آن بپردازند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]



شکل (۳) سلسله مراتب پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه جاجرود

جدول (۱) مقیاس بندی ساعتی

مقدار	واژه های غربالی	توصیف
۱	اهمیت مساوی	دو عنصربا توجه به سطح بالاتر دارای اهمیت برابر هستند.
۳	اهمیت نسبتا بیشتر	با توجه به تجربیات هنگام مقایسه عناصر ارزش نسبتا بیشتری به یک عنصر داده می شود.
۵	اهمیت بیشتر	با توجه به تجربیات هنگام مقایسه عناصر ارزش زیادی به یک عنصر داده می شود.
۷	خیلی مهم تر	در عمل برتری یک عنصر ثابت شده است
۹	بسیار مهم تر	در میان عناصر بالاتری درجه به یک عنصر خاص داده می شود
۲،۸،۴،۶		مقادیر میانه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

با استفاده ازمقیاس نسبی و مقیاس غربالی می توان به وزن دهی عنصر کمی وکیفی پرداخت. برای تعیین درجه دقت وصحت وزن دهی ازشاخص سازگاری استفاده می شود. این شاخص برمبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می گردد(ساعتی،۱۹۸۰). چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یاکمترباشد، وزن دهی صحیح بوده و درغیراین صورت وزن های نسبی داده شده به معیارها بایستی تغییریابند و وزن دهی مجدد باید انجام شود(کرم، ۱۳۸۳). روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش ساده محاسباتی براساس عملیات اصلی روی ماتریس هامی باشد. با ایجاد سلسله مراتب و پردازش گام به گام، ساخت ماتریس های مقایسه ای درسطوح مختلف سلسله مراتب، بردار ویژه آن رامحاسبه کرده وباترکیب بردارهاضرایب وزنی گزینه های مختلف محاسبه می شوند. در بردار ضرایب وزن نهایی، اهمیت نسبی هرگزینه باتوجه به هدف راس سلسله مراتب تعیین می شود(قنواتی، ۱۳۸۵).

ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی

با توجه به اینکه در سطح دوم تحلیل سلسله مراتبی چهار معیار مکانی در نظر گرفته شده است . بنابراین طبق رابطه

$$[N^* (n-1)/3 \qquad [4*(4-1)/3=4$$

با استفاده از نرم افزار Expert choice برای انجام مقایسه، ماتریس ۴*۴ ایجاد و معیار های مختلف دوتایی با هم مقایسه شده و مقادیر مربوطه بر اساس غربال ساعتی (جدول شماره ۱۳) اختصاص یافته است(جدول ۲).

جدول (۲)مقایسه اهمیت نسبی معیارها در ارتباط باهدف(پهنه بندی خطر زمین لغزش)

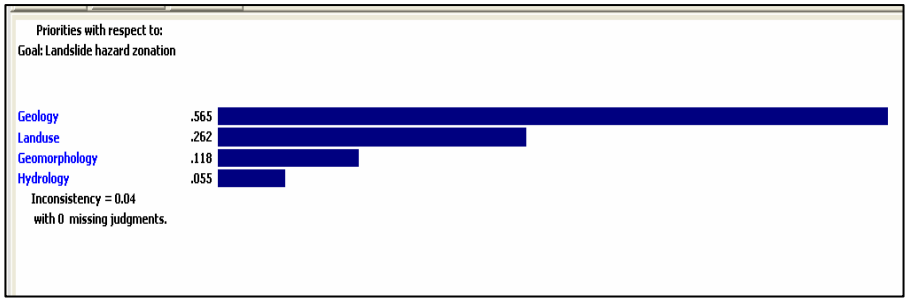
	Geology	Landuse	Geomorph	Hydrology
Geology		3.0	5.0	7.0
Landuse			3.0	5.0
Geomorphology				3.0
Hydrology	Incon: 0.04			

برای انجام مقایسه ماتریس۴*۴ (جدول شماره۲) ایجادومعیارهای دوتایی باهم مقایسه شده اندو مقادیرمربوطه براساس مقیاس بندی ساعتی(جدول شماره ۱) مشخص شده است. باتوجه به اینکه ماتریس قطری است، تعداد چهار مقایسه انجام شده است. سطراول بیانگراین است که

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

معیار زمین شناسی نسبت به کاربری اراضی درارتباط با زمین لغزش اهمیت نسبتا بیشتر، درارتباط باژئومورفولوژی اهمیت بیشتر و در ارتباط با هیدرولوژی دارای اهمیت خیلی بیشتراست. سطردوم نیزنشان می دهدکه کاربری اراضی درارتباط بازمین لغزش نسبت به معیارژئومورفولوژی دارای اهمیت نسبتا بیشترو نسبت به معیار هیدرولوژی اهمیت بیشتری دارد. همچنین سطرسوم اهمیت نسبتا بیشتر ژئومورفولوژی را نسبت به هیدرولوژی نشان می دهد. باتوجه به اینکه شاخص سازگاری ۰/۰۴محاسبه گردیده وبسیارکمتراز۰/۱می باشد، نشان دهنده دقت وصحت وزن دهی به معیارها است.

براساس روش ساعتی برای محاسبه مقادیر و برداریژه، ستون ها درجدول شماره ۲ با هم جمع شده وهرسلول برجمع ستون مربوطه تقسیم می شود. بدین ترتیب جدول شماره۲ نرمال شده است. سپس میانگین سطرهای جدول نرمال شده به عنوان وزن نسبی محاسبه شده است(شکل ۴).



شکل (۴) وزن نسبی معیارها

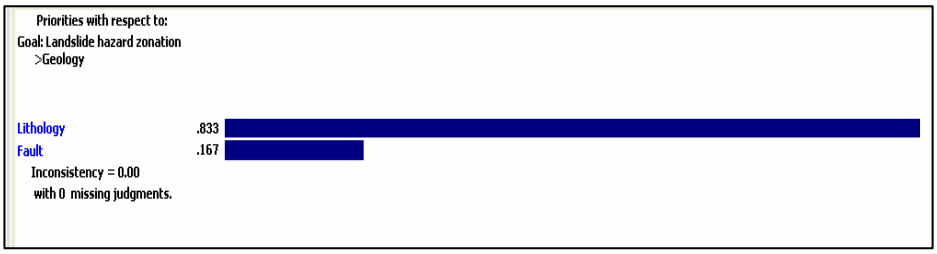
باتوجه به شکل شماره ۴وزن نسبی معیارزمین شناسی ۰/۵۶۵محاسبه شده است و بیشترین وزن نسبی را به خوداختصاص داده است. سپس به ترتیب معیارهای کاربری اراضی

جدول (۳) مقایسه اهمیت نسبی معیارها در ارتباط با معیار زمین شناسی

	Litology	Fault
Litology		5.0
Fault	Incon: 0.00	

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

با۰/۲۶۲، ژئومورفولوژی با۰/۱۱۸ و هیدرولوژی با۰/۰۵۵قرارگرفته اند. در مرحله بعد مانند مقایسه دوتایی سطح ۲، برای زیرمعیارهای سطح ۳ نیزمقایسه دوتایی انجام شده است(جدول شماره ۳) و بقیه مراحل نیز مانند سطح۲ تکرارگردیده اند. باتوجه به جدول شماره ۳ زیرمعیارلیتولوژی نسبت به گسل درارتباط با زمین لغزش اهمیت بیشتری دارد. بنابراین طبق مقیاس بندی ساعتی عدد ۵ به آن اختصاص یافته است.



شکل (۵) وزن نسبی زیرمعیارهای زمین شناسی

وزن نسبی زیرمعارهای لیتولوژی وگسل نیز به ترتیب ۰/۸۳۳و ۱۶۷/. محاسبه شده است.

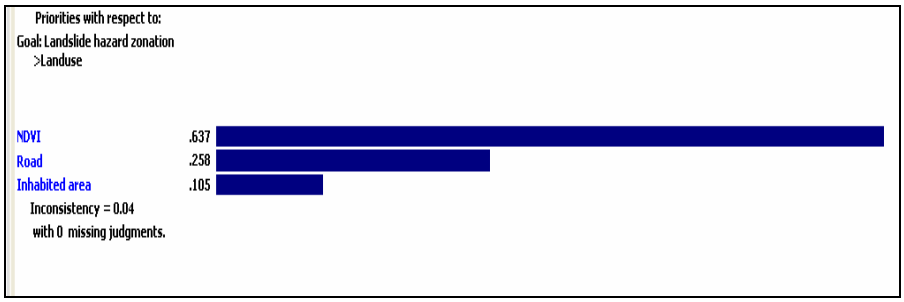
زیرمعیارهای پوشش گیاهی(NDVI) ، نزدیکی به جاده(Road) و نواحی مسکونی (Inhabited area) نیز دو به دو باهم مقایسه شده اند(جدول ۴).

جدول (۴) مقایسه اهمیت نسبی زیرمعیارها در ارتباط با معیار کاربری

	NDVI	Road	Inhabited a
NDVI		3.0	5.0
Road			3.0
Inhabited area	Incon: 0.04		

باتوجه به جدول ۴ زیرمعیارپوشش گیاهی نسبت به نزدیکی به جاده اهمیت نسبتا بیشتر و نسبت به نواحی مسکونی اهمیت بیشتری دارد. زیرمعیار نزدیکی به جاده نیز نسبت به نواحی مسکونی اهمیت نسبتا بیشتری دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]



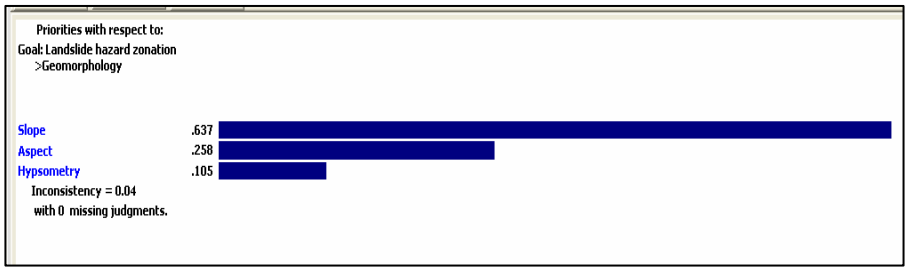
شکل (۶) وزن نسبی زیرمعیارهای کاربری

وزن نسبی زیرمعیارهای پوشش گیاهی، نزدیکی به جاده و نواحی مسکونی نیز به ترتیب ۰/۶۳۷ ، ۰/۲۵۸ و ۰/۱۰۵ محاسبه شده اند(شکل شماره۶).

جدول (۵) مقایسه اهمیت نسبی زیرمعیارها در ارتباط با معیار ژئومورفولوژی

	Slope	Aspect	Hypsometr
Slope		3.0	5.0
Aspect			3.0
Hypsometry	Incon: 0.04		

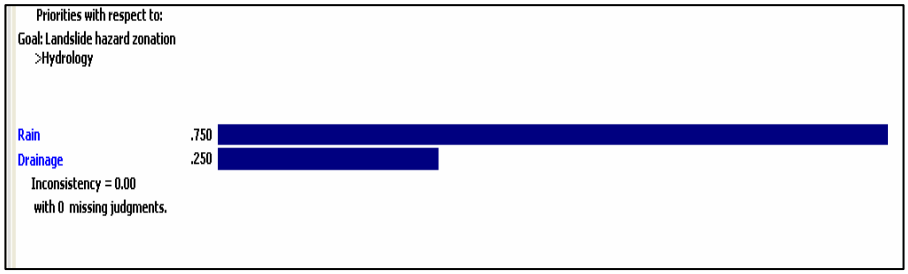
باتوجه به جدول ۱۷ زیر معیار شیب نسبت به جهت شیب در وقوع لغزش اهمیت نسبتا بیشتر و نسبت به هیپسومتری اهمیت بیشتری دارد. همچنین زیرمعیار جهت شیب نسبت به هیپسومتری در وقوع لغزش اهمیت نسبتا بیشتری دارد.



شکل (۷) وزن نسبی زیرمعیارهای ژئوموفولوژی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

وزن نسبی زیرمعیارهای شیب، جهت شیب و هیپسومتری به ترتیب ۰/۶۳۷و۰/۲۵۸و۰/۱۰۵ محاسبه گردیده است(شکل ۷).



شکل (۸) وزن نسبی زیرمعیارهای هیدرولوژی

جدول (۶) مقایسه اهمیت نسبی زیرمعیارها در ارتباط با معیار هیدرولوژی

	Rain	Drainage
Rain		3.0
Drainage	Incon: 0.00	

با توجه به جدول شماره ۶ زیر معیار بارندگی نسبت به زهکشی در وقوع لغزش اهمیت نسبتا بیشتری دارد.

وزن نسبی زیرمعیارهای بارندگی و زهکشی نیز به ترتیب ۰/۷۵۰و۰/۲۵۰ محاسبه شده است(شکل ۸).

پس از مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارها و محاسبه وزن نسبی و نهایی برای هریک بوسیله نرم افزار Expert choice نقشه های عوامل مختلف موثر بر لغزش تهیه و با نقشه پراکنش لغزش تلفیق شد. سپس طبق رابطه زیر تراکم لغزش ها درهرکلاس طبقه محاسبه گردید.

$$W= [(A/B)/ (C/D)]$$

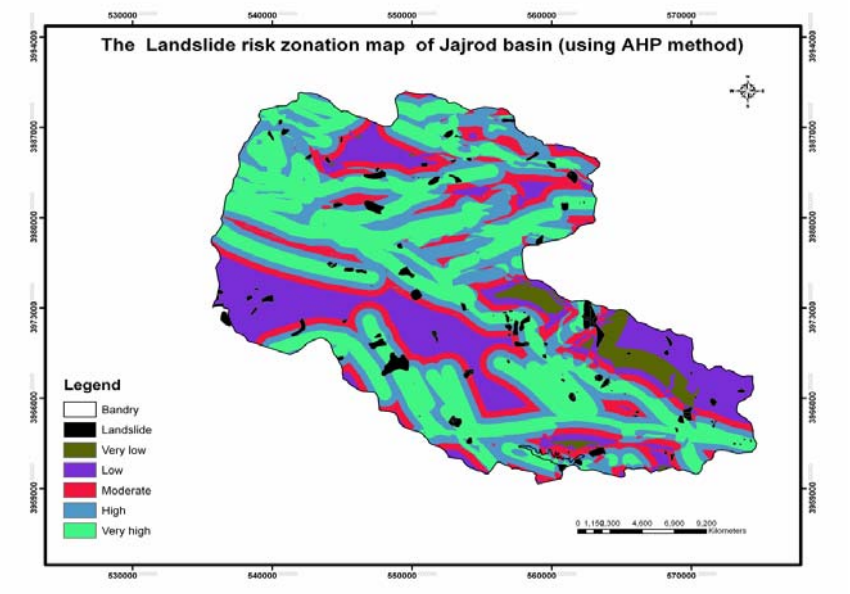
که درآن، W: وزن هر کلاس،A: مساحت زمین لغزش هر کلاس، **B**: مساحت هرکلاس، C: مساحت کل زمین لغزش ها و D: مساحت کل منطقه است. سپس وزن هر عامل که از ماتریس

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

وزن دهی به دست آمده است، در وزن کلاس های آن عامل ضرب شد و وزن نهایی هر کلاس و معادله نهایی برای پهنه بندی لغزش به طریق زیر به دست آمد.

$$\mathbf{M}=0.833X_1+0.167X_2 \quad 0.637 \quad X_3+0.258 \quad X_4+0.105X_5+0.637 X_6+0.250X_7+0.105\ X_8+0.750X_9+0.250X_{10}$$

که در آن، M : عامل حساسیت به لغزش و X_1 تا X_{10} به ترتیب عوامل سنگ شناسی، فاصله ازگسل، پوشش گیاهی، فاصله ازجاده، فاصله از مراکز مسکونی، شیب، جهت شیب، هیپسومتری، بارش و زهکشی هستند.



شکل (۹) نقشه پهنه بندی خطر لغزش حوضه جاجرود با استفاده از مدل AHP

درصد مساحت هر یک از کلاس های شدت خطر لغزش در حوضه جاجرود محاسبه گردیده است(جدول ۷)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

جدول (۷) شدت خطر لغزش ودرصد مساحت هر یک از کلاس ها

شدت خطر	درصد مساحت
خیلی کم	۳/۱۹
کم	۱۸/۸۱
متوسط	۱۵/۴۲
زیاد	۲۷/۲۸
خیلی زیاد	۳۵/۳
جمع	۱۰۰

با توجه به جدول شماره ۷ بیش از ۶۲ درصد از مساحت حوضه جاجرود در پهنه های شدت خطر زیاد و خیلی زیاد لغزش واقع شده اند و حدود ۲۲ درصد از مساحت منطقه در پهنه های خطر کم و خیلی کم قرار گرفته اند.

نتیجه گیری

به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی و زمین شناختی حوضه رودخانه جاجرود یکی از مناطق مستعد کشور نسبت به وقوع زمین لغزش، سنگ ریزه و روانه های گلی و سایر پدیده های مرتبط با لغزش دامنه ها می باشند. به طوری که مشخص گردید بیش از ۶۲ درصد از مساحت حوضه در پهنه خطر زیاد و بسیار زیاد لغزش واقع شده است.

این حوضه درناحیه کوهستانی باحداکثر ارتفاع آن ۴۲۰۰ وحداقل ارتفاع ۱۶۰۰ واقع شده است. با توجه به کوهستانی بودن حوضه ، وجود شیبهای تند یکی از مشخصه های اصلی این حوضه است. به گونه ای که ۶۲ درصد از مساحت حوضه دارای شیب بیش از ۲۰ درجه است. بر اساس تجربیات گذشته معمولا با افزایش شیب میزان لغزش نیز افزایش می یابد (خامه چیان و دیگران ۱۳۸۴). ولی بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق به علت تأثیر بیشتر عامل لیتولوژی بیشتر زمین لغزش ها در شیبهای نسبتاً پایین (کمتر از ۵ درجه) حادث شده است.

از نظر زمین شناسی نیز منطقه در واحد زمین ساختی البرز مرکزی قرارگرفته که لیتولوژی خود تحت تأثیر عوامل دیگری مانند شدت هوازدگی، سیستم درزه ها، خردشدگی در منطقه و ... می باشد و رابطه تنگاتنگی با اقلیم مختلف دارد (معماریان ،۱۳۷۴). سازندهای منطقه به ترتیب ازقدیم به جدید شامل سازند های باروت، زاگون، لالون، میلا، جیرود، مبارک، دورود، روته، نسن، الیکا، شمشک، دلیچای، لار، تیز کوه، فجن، زیارت، کرج، سینیت لواسان،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

قرمز، هزار دره، نهشته های عهد حاضر (کواترنر) است. بر اساس نتایج حاصل از مدل و پهنه بندی انجام شده، بخش اعظم مساحت منطقه را سنگ های شیلی، مارن وتوف مربوط به سازند کرج و رسوبات آبرفتی و نهشته های عهد حاضر تشکیل داده اند و بخش عمده سازند های حوضه را تشکیل می دهند. گستردگی این نوع سازند به عنوان بیشترین عامل تأثیر گذار شناخته شده که با توجه به درجه حساسیت نوع سنگ، سنگهایی با درجه حساسیت بسیار بالا در این محدوده با مساحت ۷۸٪ بیشتر از بقیه حساسیت خود را به زمین لغزش نشان داده است. بقیه عوامل از جمله شیب و ارتفاع نیز به دلیل رخنمون زیاد این سنگ ها و حساسیت آنها در مقابل لغزش، تحت شعاع خود قرار داده است.

منابع و مآخذ

۱. خامه چیان،ماشاله ،پرویزعبدالمالکی وبابک رافعی (۱۳۸۴) **به کارگیری تحلیل رگرسیون لوژستیک برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه سفیدارگله استان سمنان**،امیرکبیر،سال شانزدهم،شماره ج۶۲(مهندسی عمران).

۲. -شریعت جعفری، محسن(۱۳۷۵) **زمین لغزش(مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی)**، انتشارات سازه

۳. شمسی پور، علی اکبر ومحمد شیخی (۱۳۸۹) **پهنه بندی مناطق حساس وآسیب پذیری محیطی درناحیه غرب فارس،باروش طبقه بندی فازی وفرایند تحلیل سلسله مراتبی**، فصلنامه پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره۷۳،صص۵۳-۶۸ .

۴. شمسی پور، علی اکبر، شهابی، سالاری، ممند ومحمد عباسی، (۱۳۸۹) **پهنه بندی خطرزمین لغزش بااستفاده ازتحلیل سلسله مراتبی(AHP) مطالعه موردی حوضه آبخیزسقز**، محیط جغرافیایی، شماره۱ .

۵. قنواتی، عزت اله (۱۳۸۵) **مکان یابی محل دفن بهداشتی موادزائدجامدشهری بااستفاده ازروش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) (مطالعه موردی شهرآبدانان)**، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱۱ .

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]

۶. کرم،عبد الامیر(۱۳۸۰) **مدل سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده**،رساله دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس

۷. کرم، امیر(۱۳۸۳) **کاربردمدل ترکیب خطی وزین(WLC) درپهنه بندی وقوع زمین لغزش**، جغرافیا وتوسعه، شماره ۴ زاهدان.

۸. کمک پناه،علی، منتظرالقائم (۱۳۷۳) س...و چدنی ا.ج.،**پهنه بندی زمین لغزه در ایران، جلد اول: زمین لغزه و مروری بر زمین لغزه های ایران**، تهران، مؤسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

۹. معماریان، ۱۳۷۴، **زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک**، تهران، دانشکدهٔ فنی، دانشگاه تهران

Poulus, H. G. (1992) ***An Approach to seismic microzonation for Environmental planning and management***. UNIVERSITY OF Sydney.

Satty, T (1980), ***the analytical hierarchical process; plans priority setting resource allocation***. New York; Mc Grow-Hill.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-17]