کارایی روشهای چند معیاری در تحلیل ناپایداری دامنه ای (مطالعه موردی زیر حوضه ی ناصرآباد از حوضه ی جاجرود)*

زهرا رنجبر باروق**

دکتر عزت اله قنواتی***

چکیده

ناپایداری دامنه ای به ویژه خطر زمین لغزش از جمله مخاطرات عمده ای است که به دلیل ماهیت مناطق کوهستانی، معمولاً از فراوانی زیادی برخوردار است. البته اگر این مخاطره با خطرات دیگری چون زلزله و سیل نیز همراه شود، دامنه وسیع تری به خود می گیرد. پدیده زمین لغزش یکی از عمده مخاطرات محیطی است که همه ساله خسارات مالی و جانی زیادی در پی داشته و هزینه فراوانی برای بازسازی مناطق آسیب دیده تحمیل می کند. پهنه بندی خطر زمین لغزش که با هدف تقسیم بندی نواحی مورد مطالعه به پهنه هایی با خطرات متفاوت با توجه به عوامل موثر می باشد، می تواند تا حدودی در برنامه ریزی کاهش خسارات موثر باشد. حوضه ناصرآباد که از زیر حوضه های جاجرود بوده و در شمال شرق تهران واقع شده به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی و زمین شناسی آن یکی از مناطق مستعد کشور نسبت به وقوع زمین لغزش و سایر پدیده های مرتبط با لغزش دامنه ها می باشد. در این تحقیق با توجه به اهمیت لغزش در این حوضه یک مدل کمی – کیفی برای پیش بینی خطر بالقوه لغزش تهیه شده است تا بتوان براساس آن استعداد لغزش را بر مبنای درجات مختلفی چون خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم پهنه بندی نمود. در تحقیق حاضر جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش از مدل تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است.نتایج حاصل نشان داد که حدود ٤٧ درصد مساحت حوضه ناصرآباد در پهنه های خطر زیاد و بسیار زیاد لغزشی واقع شده است و می تواند مورد استفاده طیف وسیعی از مدیران منابع طبیعی و برنامه ریزان منطقه ای قرار گیرد. شناسایی نواحی با پتانسیل بالای وقوع زمین لغزش آگاهی لازم برای اجتناب از اراضی مذکور را فراهم کرده و اجرای اقدامات اولویت دار را امکان پذیر می سازد.

کلید واژگان: ناپایداری دامنه ای، تحلیل چند معیاری، جاجرود

---

*این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر عزت اله قنواتی و مشاوره دکتر فریده اسدیان می باشد.

**دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز ranjbar۹۶۲@Gmail.com

***استادیار دانشگاه خوارزمی

تاریخ دریافت : ۹۱/۲/۱۱ تاریخ پذیرش : ۹۱/۸/۲۳

مقدمه

زمین لغزش[1] و حرکت های توده ای[2] خاک و مواد دامنه ای، فرمی از فرایندهای ژئومورفولوژیکی هستند و از دیدگاه مدیریت مخاطرات طبیعی[3] نوع خاصی از سوانح طبیعی قلمداد می شوند. وقوع این نوع پدیده ها هر ساله در بخش هایی از کشور ما و همچنین سایر نقاط جهان، خسارات جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجهی را به همراه دارد. حرکت توده ای شامل کلیه جابجایی ها و جداشدگی های خاک و مواد سنگی به سمت پایین دامنه هاست و انواع مختلفی دارد که لغزش ها یکی از رایج ترین آنهاست.

براساس گزارش کمیته ی ملی کاهش بلایای طبیعی وزارت کشور ایران، سهم خسارات ناشی از حرکت های توده ای در ایران ۵۰۰ میلیارد ریال در سال برآورد شده است (خسروزاده،۱۳۸۷،۱۲۳). همچنین بررسی های انجام شده نشان می دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸، وقوع حدود ۲۵۹۰ زمین لغزه در کشور باعث مرگ ۱۶۲ نفر، تخریب ۱۷۶ باب خانه، ایجاد خسارات مالی به میزان ۱۸۶۶ میلیارد ریال، تخریب ۶۷۶۳ هکتار جنگل، تخریب۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی و ایجاد رسوب سالانه ای به حجم ۹۶۳۸۰۷ مترمکعب شده است (میرصانعی،۱۳۷۸،۷۰). بر پایه اطلاعات موجود تا شهریور سال ۱۳۸۳، در گستره ی کشور ۴۰۹۷ زمین لغزش در بانک اطلاعاتی گروه مطالعه ی زمین لغزش های سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری کشور به ثبت رسیده است (کرم،۱۳۸۳،۱۳۲). بدیهی است که تعداد کل زمین لغزش های کشور از این رقم نیز بالاتر است. نظر به تأثیرات سویی که وقوع زمین لغزش ها بر روی منابع طبیعی، سکونتگاه های روستایی و شهری و تأسیسات و تجهیزات دارند و از سویی دیگر باعث فرسایش حجم قابل توجهی از خاک های با ارزش می شوند، لذا شناسایی اراضی مستعد و پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش، جهت اجتناب از این گونه اراضی و اجرای روش های کنترل کننده و پیشگیری کننده بسیار ضروری و با اهمیت است. یکی از اصلی ترین اقدامات در این رابطه تهیه ی نقشه های پهنه بندی پتانسیل وقوع زمین لغزش است.

نقشه های مذکور می تواند برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان را در عرصه های مختلفی چون مدیریت حفاظت خاک و منابع طبیعی، برنامه ریزی های عمرانی و توریستی، مکانیابی اراضی مناسب برای توسعه ی شهرها و روستاها، برنامه ریزی های زیست محیطی، تعیین مسیر راه ها و خطوط انتقال نیرو و انرژی و ... یاری نماید. سابقه ی مطالعات و پژوهش در مورد مدل سازی و پهنه بندی خطر وقوع حرکت های توده ای و زمین لغزش ها در کشورهای توسعه یافته به دهه ی ۶۰ میلادی باز می گردد. علی رغم سابقه طولانی این عرصه از

[1] Landslide
[2] MassMovement
[3] Natural Hazards

پژوهش در کشورهای توسعه یافته، در کشور ما کارهای انجام شده در این زمینه نسبتاً جوان بوده و شروع جدی آنها عمدتاً به اوایل دهه ی هفتاد باز می گردد. از جمله کارهای انجام شده در زمینه ی مدل سازی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در کشور می توان کارهای حافظی مقدس (۱۳۷۲)، حق شناس (۱۳۷٤)، مهدوی فر (۱۳۷٦)، ایرانلو (۱۳۷۷)، کرم(۱۳۸۰) و قنواتی(۱۳۹۰) را نام برد. در حال حاضر و از چندی پیش برخی سازمان های دولتی نیز همچون سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و وزارت جهاد کشاورزی، طرح ها و مطالعاتی را در زمینه ی زمین لغزش و پهنه بندی اراضی انجام داده و یا در دست بررسی دارند. برای تحلیل و ارزیابی چند معیاری پتانسیل زمین نسبت به یک رخداد خاص (مثل زمین لغزش) روش های متعددی وجود دارد که روش سلسله مراتبی یکی از رایج ترین آنهاست. فرایند تحلیل سلسله مراتبی یا AHP اولین بار بوسیله ساعتی ۱۹۸۰ ارائه گردیده است. این مدل به ما کمک می کند تا پدیده های پیچیده را که از متغیرهای بسیاری تأثیر می پذیرند در یک چارچوب سازماندهای شده مورد بررسی قرار دهیم. مدل مذکور بر مبنای مقایسه زوجی متغیرها استوار است و پژوهشگر را قادر به مقایسه متغیرهایی با واحدهای اندازه گیری مختلف می کند (قنواتی،۱۳۹۰،۲۵۷).

در این پژوهش سعی گردیده تا به این سوال پاسخ داده شود که کدام پهنه در حوضه ناصرآباد دارای بیشترین پتانسیل وقوع زمین لغزش است؟ در نتیجه هدف از این مطالعه تعیین نواحی با بیشترین خطر زمین لغزش است. شناسایی عوامل موثر در لغزش دامنه ها در منطقه و تهیه نقشه های جداگانه از هرکدام از این عوامل انجام گرفته است. در مرحله بعدی تحقیق، لیتولوژی، فاصله از گسل، شیب، جهت شیب، بارش، آبراهه، جاده و پوشش گیاهی به عنوان عوامل موثر در زمین لغزشهای منطقه، مطالعه و بررسی شده و در قالب مدل تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[1] مورد آنالیز قرار گرفته است. سپس نتایج حاصل به صورت نقشه پهنه بندی در محیط GIS[2] تهیه شده است.

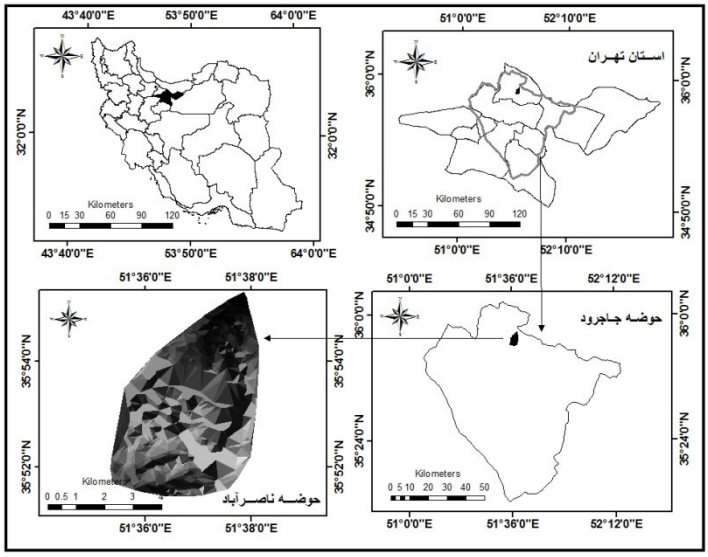
معرفی محدوده مورد مطالعه

حوضه جاجرود جزء فرمانداری شهرستان شمیرانات و در حدود ۱۰ کیلومتری شمال شرق تهران واقع شده است(شکل شماره ی ۱). این حوضه از زیر حوضه های لواسان(لوارک)، افجه، کند، امامه، گرمابدر، شمشک، آب میگون، رودک و قوچک تشکیل شده است. محدوده مورد مطالعه این پژوهش، حوضه ناصرآباد جزء حوضه فرعی جاجرود یعنی حوضه کند می باشد. حوضه ناصرآباد با مساحت ۲۰ کیلومترمربع که بین طول های جغرافیایی □۵۸ ،°۵۱ تا □ ٦۳ ،° ۵۱ و عرض های جغرافیایی□ ۸۵ ،° ۳۵ تا □ ۹۲ ،° ۳۵ واقع شده است. رودخانه اصلی این حوضه ناصرآباد نام دارد. میانگین بارش سالانه در طول دوره ۱۰ ساله، حدود ٦٦۲ میلی متر و میانگین درجه حرارت آن ۱۰/۳۵ درجه سانتی گراد می باشد. سازندهای زمین شناسی در این

[1] Analytic Hierarchy Process
[2] Geographic Information System

منطقه مستعد به لغزش چون شیل ،توف سبز، مارن، ماسه سنگ، آهک و نهشته های سطحی اند و به لحاظ ساختار زمین شناسی، اقلیمی و توپوگرافیکی و همچنین دستکاری های انسانی (مثل راه سازی) فرایندهای ناپایداری

دامنه ها و وقوع زمین لغزشها، در حال حاضر یکی از اصلی ترین فرایندهای ژئومورفولوژیکی فعال در این ناحیه به ویژه در فصل بهار است.



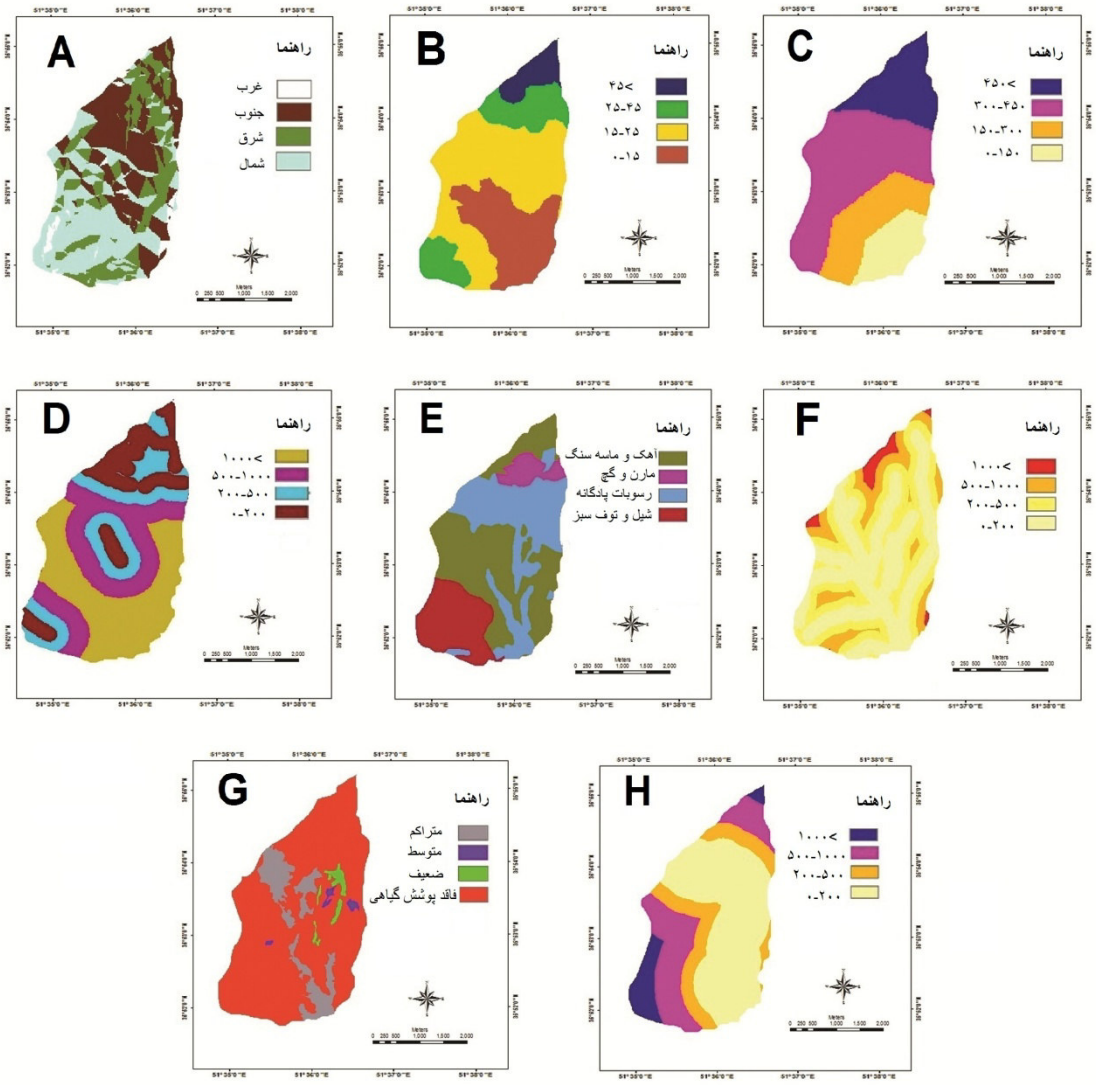
شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و طبیعی منطقه

داده ها و روش تحقیق

در این پژوهش از نقشه های پایه شامل نقشه های توپوگرافی به مقیاس۱:۵۰۰۰۰ لشگرک، نقشه زمین شناسی مقیاس۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران و تصویر ماهواره ای لندست۲۰۰۲ استفاده شده است. همچنین از نرم افزار ArcGIS برای ورود و ذخیره و طراحی پایگاه اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. شاخص NDVI [۱] با استفاده از تصویر ماهواره ای لندست ۲۰۰۲ تهیه شد. لایه بارش از نقشه همباران تهیه شده توسط سازمان هواشناسی، و کمک گرفتن از سیستم اطلاعات جغرافیایی، تهیه گردید. مدل رقومی ارتفاعی(DEM)[۲] محدوده با استفاده از رقومی سازی منحنی میزان ها از نقشه توپوگرافی ناحیه، تهیه شده و سپس از آن طریق نقشه های شیب و جهت دامنه ها نیز تهیه شده است. همچنین سایر نقشه های مورد نیاز دیگر از طریق رقومی سازی و در محیط نرم افزار ArcMap تهیه شده است. برای کلیه ی نقشه ها سیستم مختصات واحد UTM انتخاب شد. در این پژوهش با توجه به نظرات کارشناسی هشت عامل (سنگ شناسی، گسل، شیب، جهت شیب، آبراهه، بارش، جاده و پوشش گیاهی) به عنوان عوامل اصلی موثر بر وقوع زمین لغزش در منطقه

[۱] Natural Density Vegitation Index
[۲] Digital Elevation Model (DEM)

شناخته شده است. برای اجرای مدل هشت لایه ی اطلاعاتی بصورت رستر درآمده و طبقه بندی شده اند (شکل شماره ی ۲).



شکل(۲) لایه های رستری شده ی هشت عامل موثر

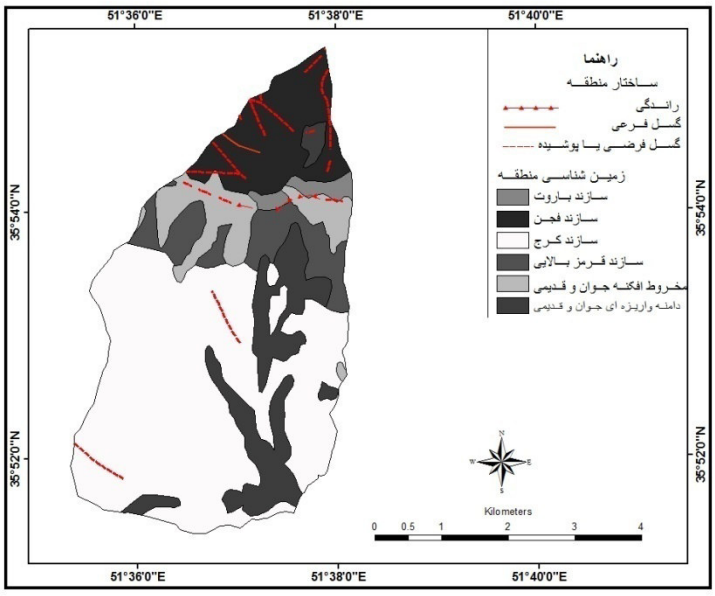
A : جهت شیب، B: شیب، C: بارش، D: فاصله از گسل، E: سنگ شناسی، F: فاصله از آبراهه، G: پوشش گیاهی، H: فاصله از جاده

براساس روش تحلیل سلسله مراتبی عوامل مذکور با توجه به اهمیتی که در وقوع زمین لغزش دارند با هم مقایسه گردیده و به هر یک وزن نسبی اختصاص داده شده است تا بتوان براساس آن استعداد زمین لغزش حوضه را بر مبنای درجات مختلفی چون خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد پهنه بندی نمود. سپس برای تعیین اهمیت و تأثیر نسبی عوامل موثر در پهنه بندی خطر زمین لغزش از روش وزن دهی یا امتیازدهی

استفاده شده است. براساس مطالعات مختلف برای هر یک از فاکتورها می توان وزنی را درنظر گرفت. در این پژوهش وزن دهی فاکتورها براساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)[1] که یک روش کمی- کیفی است انجام شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی از جمله جامع ترین مدل های طراحی شده برای تصمیم گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این مدل امکان فرموله کردن مساله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می کند و امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را نیز در مساله دارد. علاوه براین بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبه را تسهیل می کند و مقدار سازگاری یا ناسازگاری تصمیم را نشان می دهد(شمسی پور و شیخی،۵۷،۱۳۸۹).

زمین شناسی منطقه

از نظر زمین شناسی منطقه در واحد زمین شناسی البرز مرکزی قرار گرفته و سازندهای منطقه شامل سازند باروت (p□bt) از دولومیت توده ای شکل سیاه و درون لایه های شیل سبز، سازند فجن (PEF) از مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا و گچ، سازند کرج(EK) از شیل و توف، سازند قرمز بالایی(M) از مارن ماسه دار، گچ سنگ آهک و کنگلومرا، (QS) دامنه واریزه ای(QF) مخروط افکنه در حوضه ناصرآباد گسترش یافته اند. (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شرق تهران). راندگی مشاء فشم از جمله عوامل ناپایدار کننده دامنه ها و از مهمترین گسل های البرز مرکزی می باشد. گسل مزبور از نوع راندگی فعال و زلزله زا محسوب می شود (شکل شماره ی ٤).



شکل(٤) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

[1] Analytical Hierarchy Process

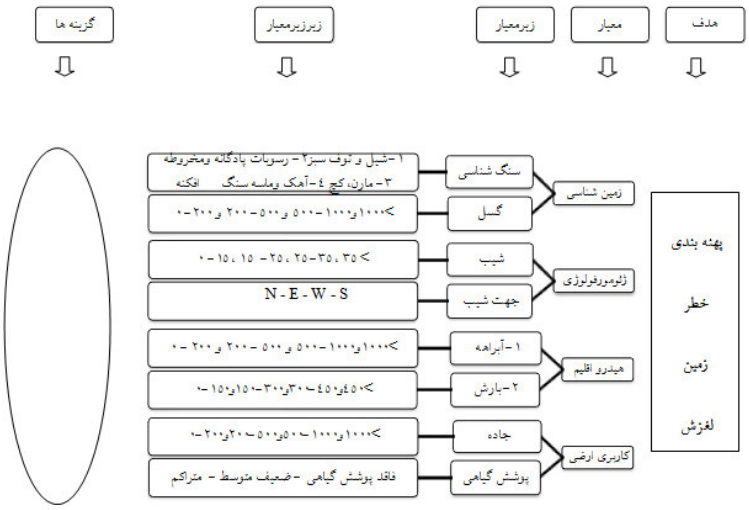
تحلیل یافته های تحقیق

در این پژوهش براساس 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 و پهنه بندی قرار گرفته است. این روش که توسط ساعتی۱۹۸۰ ارائه شده است یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرایند تحلیل و ارزیابی است (قنواتی،۵۸،۱۳۹۰). در این پژوهش شناسایی مناطق خطر زمین لغزش که هدف کلی می باشد به عنوان سطح اول، چهار معیار زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرواقلیم و کاربری اراضی به عنوان سطح دوم، ۸ زیرمعیار به عنوان سطح سوم و ۸ زیرزیرمعیار به عنوان سطح چهارم در نظرگرفته شده است (شکل شماره ی ۵).

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 براساس 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 سلسله مراتبی این است که به تصمیم گیران کمک می کند تا یک مسئله پیچیده را بصورت ساختار سلسله مراتبی درآورده و به حل آن بپردازند.

جدول (۱) مقیاس بندی ساعتی

مقدار	واژه های غربالی	توصیف
۱	اهمیت مساوی	دو عنصر با توجه به سطح بالاتر دارای اهمیت برابر هستند.
۳	اهمیت نسبتاً بیشتر	با توجه به تجربیات هنگام مقایسه عناصر ارزش نسبتاً 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 مهمتر	در عمل برتری یک عنصر ثابت شده است.
۹	بسیار مهمتر	در میان عناصر بالاتری درجه به یک عنصر خاص داده می شود.
۲،۸،٤،٦		مقادیر میانه



شکل شماره (۵) سلسله مراتب تصمیم گیری در مورد پهنه بندی لغزش

با استفاده از مقیاس نسبی و مقیاس غربالی می توان به وزن دهی عنصر کمی و کیفی پرداخت. برای تعیین درجه دقت و صحت وزن دهی از شاخص سازگاری استفاده می شود. این شاخص بر مبنای رویکرد بردار ویژه تئوری گراف محاسبه می گردد. چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر باشد، وزن دهی صحیح بوده و در غیر این صورت وزن های نسبی داده شده به معیارها بایستی تغییر یابند و وزن دهی مجدد باید انجام شود. روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش ساده محاسباتی براساس عملیات اصلی روی ماتریس ها می باشد. با ایجاد سلسله مراتب و پردازش گام به گام، ساخت ماتریس های مقایسه ای در سطوح مختلف سلسله مراتب، بردار ویژه آن را محاسبه کرده و با ترکیب بردارها ضرایب وزنی گزینه های مختلف محاسبه می شوند. در بردار ضرایب وزن نهایی، اهمیت نسبی هر گزینه با توجه به هدف راس سلسله مراتب تعیین می شود (قنواتی،۱۳۹۰،٦۰).

ایجاد ماتریس مقایسه دوتایی

جهت پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه ناصرآباد از مدل AHP استفاده گردیده و برای استفاده از این مدل ابتدا لایه های اطلاعاتی تهیه شده براساس نوع رابطه شان با این پدیده طبقه بندی و امتیازدهی شده و در نهایت، وارد مدل شده اند. با توجه به اینکه در سطح دوم تحلیل سلسله مراتبی چهار معیار مکانی در نظرگرفته 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 ٤*٤ ایجاد و معیارهای مختلف دوتایی با هم مقایسه شده و مقادیر مربوطه براساس غربال ساعتی(جدول شماره ی ۱) اختصاص یافته است (جدول

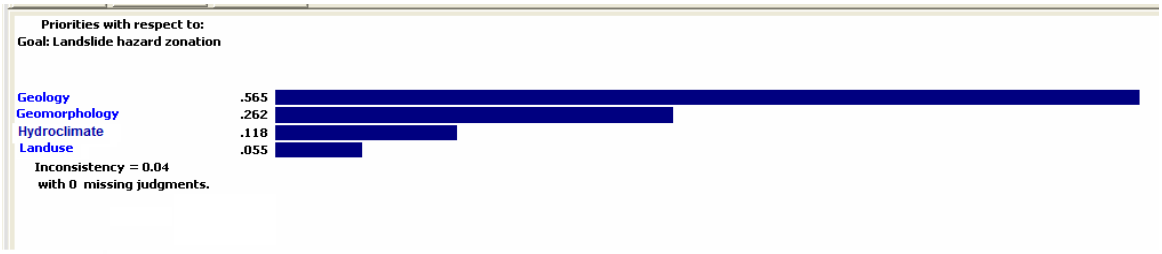
شماره ی۲). مقدار عددی ۱ نشان دهنده اهمیت برابر معیار سطری و ستونی است. در حالی که مقدار عددی ۹ نشان دهنده اهمیت فوق العاده زیاد معیار سطری در مقایسه با معیار ستونی است.

جدول (۲) مقایسه اهمیت نسبی معیارهای اصلی در ارتباط با هدف (پهنه بندی خطر زمین لغزش)

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

برای انجام مقایسه ماتریس ٤*٤ (جدول شماره ی۲) ایجاد و معیارها دوتایی با هم مقایسه شده اند و مقادیر مربوطه براساس مقیاس بندی ساعتی (جدول شماره ی۱) مشخص شده است. با توجه به اینکه ماتریس قطری است، تعداد چهار مقایسه انجام شده است. سطر اول بیانگر این است که معیار زمین شناسی نسبت به ژئومورفولوژی در ارتباط با زمین لغزش اهمیت نسبتاً بیشتر، در ارتباط با هیدرواقلیم دارای اهمیت بیشتر و در ارتباط با کاربری اراضی دارای اهمیت خیلی بیشتراست. سطر دوم نیز نشان می دهد که ژئومورفولوژی در ارتباط با زمین لغزش نسبت به معیار هیدرواقلیم دارای اهمیت نسبتاً بیشتر و نسبت به معیار کاربری اراضی اهمیت بیشتری دارد. همچنین سطر سوم اهمیت نسبتاً بیشتر هیدرواقلیم را نسبت به کاربری اراضی نشان می دهد. با توجه به اینکه شاخص سازگاری ۰/۰٤ محاسبه گردیده و بسیار کمتر از ۰/۱ می باشد، نشان دهنده دقت و صحت وزن دهی به معیارها است.

براساس روش ساعتی برای محاسبه مقادیر و بردار ویژه، ستون ها در جدول شماره ی ۲ با هم جمع شده و هر سلول بر جمع ستون مربوطه تقسیم می شود. بدین ترتیب جدول شماره ی۲ نرمال شده است. سپس میانگین سطرهای جدول نرمال شده به عنوان وزن نسبی محاسبه شده است (شکل شماره ی٦).



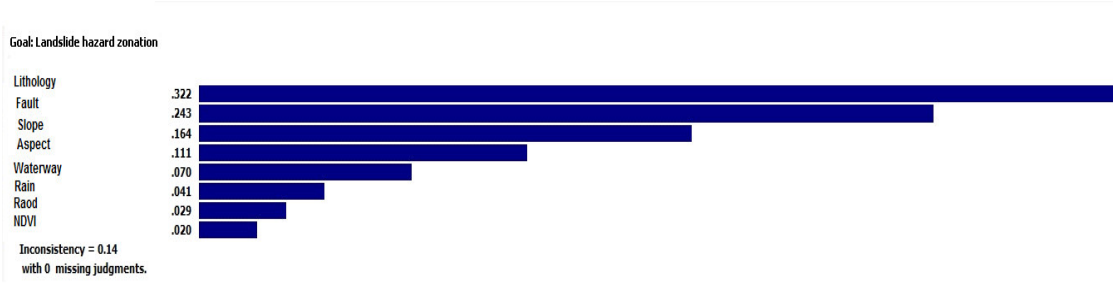
شکل (٦) وزن نسبی معیارها

با توجه به شکل شماره ی ٦ وزن نسبی معیار زمین شناسی ۰/٥٦٥ محاسبه شده است و بیشترین وزن نسبی را به خود اختصاص داده است. سپس به ترتیب معیارهای ژئومورفولوژی با ۰/۲٦۲، هیدرواقلیم با ۰/۱۱۸ و کاربری اراضی با ۰/۰٥٥ قرار گرفته اند.

در مرحله بعد مانند مقایسه دوتایی سطح ۲، برای زیرمعیارهای سطح ۳ نیز مقایسه دوتایی انجام شده است و بقیه مراحل نیز مانند سطح ۲ تکرار گردیده اند. در سطح سوم تحلیل سلسله مراتبی هشت معیار مکانی به عنوان زیرمعیار در نظرگرفته شده است. برای انجام مقایسه ماتریس ۸*۸ (جدول شماره ی۳) ایجاد و معیارهای دوتایی با هم مقایسه شده اند و مقادیر مربوطه براساس غربال ساعتی اختصاص یافته است و تعداد هشت مقایسه انجام شده است (جدول شماره ی۳).

جدول (۳) مقایسه اهمیت نسبی زیرمعیارها

	Lithology	Fault	Slope	Aspect	Waterway	Rain	Raod	NDVI
Lithology		3.0	3.0	5.0	5.0	7.0	5.0	7.0
Fault			3.0	5.0	5.0	7.0	5.0	5.0
Slope				3.0	5.0	5.0	7.0	5.0
Aspect					3.0	5.0	7.0	7.0
Waterway						3.0	5.0	7.0
Rain							3.0	5.0
Raod								3.0
NDVI								
Incon: 0.14								



شکل (۷) وزن نسبی زیرمعیارها

وزن نسبی زیرمعیارهای لیتولوژی، گسل، شیب، جهت شیب، آبراهه، بارش ، جاده و پوشش گیاهی به ترتیب ۰/۳۲۲، ۰/۲۴۳ ،۰/۱٦٤، ۰/۱۱۱، ۰/۰۷۰، ۰/۰٤۱، ۰/۰۲۹ و ۰/۰۲۰ محاسبه شده اند (شکل شماره ی ۷) و زیرمعیار لیتولوژی دارای بیشترین وزن و پوشش گیاهی دارای کمترین وزن می باشد.

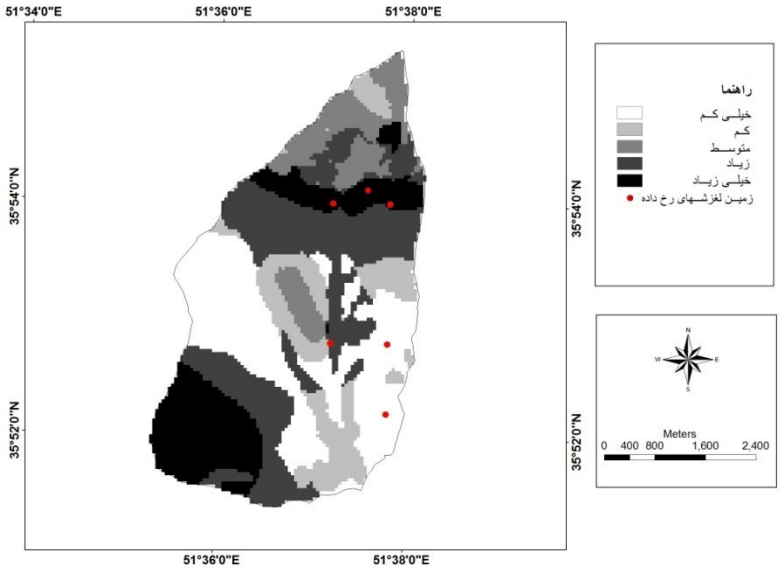
سطح چهارم تحلیل سلسله مراتبی، در محیط ArcGIS انجام شد بدین صورت که لایه سنگ شناسی، گسل، شیب، جهت شیب، آبراهه، بارش، جاده و پوشش گیاهی تبدیل به رستر شدند و به چهار دسته Reclassify شد (زیرزیرمعیار) و جمع وزنهای داده شده ۱۰ درنظرگرفته شد و سپس لایه های Reclassify را در Raster Calculator ، در وزن نسبی بدست آمده از سطح ۲(معیار) و وزن نسبی سطح۳ (زیرمعیار) ضرب کردیم و وزن نسبی زیرزیرمعیارهای را در محیط Arc GIS بدست آوردیم. پس از مقایسه زوجی معیارها، زیر معیارها و زیرزیرمعیارها و محاسبه وزن نسبی و نهایی برای هر یک بوسیله نرم افزار Expert Choice و

GIS نقشه های عوامل مختلف موثر بر لغزش تهیه شد. سپس طبق رابطه زیر تراکم لغزش ها در هر کلاس طبقه محاسبه گردید. W=[(A/B)/(C/D)]

که در آن، W : وزن هر کلاس،A : مساحت زمین لغزش هر کلاس،B : مساحت هر کلاس،C : مساحت کل زمین لغزش ها وD : مساحت کل منطقه است. سپس وزن هر عامل که از ماتریس 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□ به ترتیب عوامل سنگ شناسی، فاصله از گسل، شیب، جهت شیب، آبراهه، بارش، جاده و پوشش گیاهی هستند.



شکل (۸) نقشه ی نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه ناصرآباد با استفاده از مدلAHP

نتیجه گیری

به دلیل موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی و زمین شناختی حوضه رودخانه ناصرآباد یکی از مناطق مستعد کشور نسبت به وقوع زمین لغزش، سنگ ریزه و سایر پدیده های مرتبط با لغزش دامنه ها می باشند. به طوری که مشخص گردید حدود ٤٧ درصد از مساحت حوضه در پهنه خطر زیاد و بسیار زیاد واقع شده است. براساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش تهیه شده، مساحت هر یک از طبقات شدت خطر لغزش در حوضه ناصرآباد به درصد و کیلومتر ارائه شده است (جدول شماره ی٤).

طبقات خطر	مساحت (KM)	مساحت (درصد)
خیلی کم	۵/۸	۲۸/۱٦
کم	۲/۸٦	۱۳/۸۹
متوسط	۲/۲۵	۱۰/۹٦
زیاد	٦	۲۹/٤
خیلی زیاد	۳/٦۱	۱۷/۵۳
جمع	۲۰/۵۹	۱۰۰

جدول (٤) مساحت طبقات خطر لغزش در حوضه ناصرآباد

براساس جدول شماره ی ٤ بیشترین مساحت منطقه را نواحی با خطر زیاد با ۲۹/٤ درصد از مساحت حوضه تشکیل می دهند، اما نواحی با خطر خیلی کم و خیلی زیاد نیز مساحت قابل توجهی از منطقه (به ترتیب ۲۸/۱٦ و۱۷/۵۳درصد منطقه) را تشکیل می دهند و کمترین مساحت نیز مربوط به نواحی با خطر متوسط (۱۰/۹٦ درصد) و سپس نواحی با خطر کم (۱۳/۸۹ درصد) است.

نتایج تحلیل ناحیه ای که حاصل همپوشانی نقشه نهایی با نقشه های مربوط به هریک از عوامل هشتگانه موثر بر لغزش است، نشان می دهد از نظر لیتولوژی نواحی آهک و ماسه سنگ که بیشرین مساحت حوضه بالغ بر ٤۳ درصد مساحت منطقه را دربرگرفته(جدول شماره ی۵) ، منطبق بر نواحی با خطر لغزش خیلی کم، کم و متوسط می باشد. و سپس رسوبات پادگانه ای و مخروط افکنه ای با ۳۲/۲٤ درصد از مساحت حوضه منطبق بر خطر خیلی زیاد و زیاد، شیل و توف سبز که ۱۹/٦۵ درصد مساحت حوضه را به خود اختصاص داده منطبق با خطر خیلی زیاد و زیاد و مارن و گچ کمترین مساحت حوضه بالغ بر ۵/۰۹ درصد منطبق با نواحی زیاد و متوسط خطر لغزش می باشد.

جدول (۵) مشخصات نقشه لیتولوژی حوضه ناصرآباد

ردیف	سنگ اصلی	مساحت- KM	مساحت- درصد
۱	شیل و توف سبز	٤/۰٦	۱۹/٦۵
۲	رسویات پادگانه ای و مخروط افکنه ای	٦/٦٦	۳۲/۲٤
۳	مارن و گچ	۱/۰۵	۵/۰۹
٤	آهک و ماسه سنگ	۸/۸۹	٤۳
مجموع		۲۰/۵۹	۱۰۰

این حوضه در ناحیه کوهستانی با حداکثر ارتفاع ۳۹۰۰ و حداقل ارتفاع ۱۹۰۰ واقع شده است. با توجه به کوهستانی بودن حوضه، وجود شیبهای تند یکی از مشخصه های اصلی این حوضه است. براساس تجربیات گذشته معمولا با افزایش شیب میزان لغزش نیز افزایش می یابد (قنواتی،۱۳۹۰،٦۰). ولی براساس نتایج حاصل از این تحقیق به علت تاثیر بیشتر عامل لیتولوژی بیشتر زمین لغزش ها در شیبهای نسبتاً پایین (کمتر از ۱۵ درجه) حادث شده است.

بیش از نیمی از مساحت منطقه شیب بین ۰تا۱۵ درجه را دارا می باشد. و بیش از نیمی از نواحی با خطر زیاد و خیلی زیاد منطقه در فاصله ۲۰۰ کیلومتری از جاده قرار گرفته اند. شاخص نیز نشان دهنده فقر پوشش گیاهیNDVI و تراکم پایین آن در محدوده با خطر بسیار زیاد و زیاد است. بیشتر مساحت حوضه دارای جهت شیب به سمت شمال است. نواحی با خطر خیلی زیاد در فاصله ۲۰۰ کیلومتری از گسل قرار گرفته اند و نواحی با خطر زیاد، خیلی زیاد و متوسط در فاصله ۲۰۰ کیلومتری از آبراهه می باشند.

از نظر زمین شناسی نیز منطقه در واحد زمین شناسی البرز مرکزی قرار گرفته که لیتولوژی خود تحت تأثیر عوامل دیگری مانند شدت هوازدگی، سیستم درزه ها، خردشدگی و... در منطقه می باشد و رابطه تنگاتنگی با اقلیم دارد (معماریان، ۱۳۷٤). سازندهای منطقه باروت، فجن، کرج ، قرمز بالایی و نهشته های عهد حاضر (کواترنر) است. براساس نتایج حاصل از مدل و پهنه بندی انجام شده، بخش اعظم مساحت منطقه را سنگ های مارن، شیل و توف مربوط به سازند کرج و رسوبات آبرفتی و نهشته های عهد حاضر تشکیل داده اند و بخش عمده سازندهای حوضه را تشکیل می دهند. گستردگی این نوع سازند به عنوان بیشترین عامل تاثیرگذار شناخته شده 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.

شکل (۹) نمایی از زمین لغزش در حوضه ناصرآباد (دید رو به شمال غرب)

منابع

خامه چیان، ماشاله، عبدامالکی و رافعی، ۱۳۸٤، به کارگیری تحلیل رگرسیون لوژستیک برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در منطقه سفیدارگله استان سمنان، امیر کبیر، شماره٦۲(مهندسی عمران).

خسروزاده و همکاران،۱۳۸۷، مطالعه حرکت های توده ای (زمین لغزش) از لحاظ شکل زمین، مطالعه موردی: سری ارزفون، صنایع چوب و کاغذ مازندران، اولین کنفرانس بین المللی تغییرات زیست محیطی منطقه خزری، دانشگاه مازندران، بابلسر.

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

شمسی پور، علی اکبر و محمدشیخی، ۱۳۸۹، پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس، با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه پژوهشهای جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص۵۳-۶۸.

قنواتی عزت اله، ۱۳۸۵، مکان یابی محل دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی شهر آبدانان)، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۱.

قنواتی عزت اله، ۱۳۹۰، پهنه بندی لغزش درحوضه جاجرود با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۰، صص۵۱-۶۸

قنواتی عزت اله، ۱۳۹۰، کارایی روش تحلیل سلسله مراتبی در مطالعات سیل خیزی ، جغرافیا ، نشریه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران، شماره ۳۱ ، زمستان ۱۳۹۰، ص ۲۵۵-۲۷۵.

کرم، عبدالامیر، ۱۳۸۳، کاربرد مدل ترکیب خطی وزین (WLC) در پهنه بندی وقوع زمین لغزش، جغرافیا و توسعه، شماره ٤ زاهدان،۱۳۱-۱٤٦

کمک پناه، علی، ۱۳۷۰، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی راهبردهای کاهش خسارات زمین لغزه در کشور، چاپ اول، تهران، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

میرصانعی، سیدرضا، کاردان، ۱۳۷۸، نگرشی تحلیلی بر ویژگیهای زمین لغزش کشور، مجموعه ی مقالات اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی محیط زیست ایران، چاپ اول، دانشگاه تربیت معلم تهران .

معماریان، ۱۳۷٤، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, CH., Cascini, L., Leroi, E., Savage, Z.S., ۲۰۰۸, Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning, Engineering Geology, Vol. ۱۰۲, PP. ۸۵-۹۸.

Juang, C. H., Lee, D. H. and Sheu, C., ۱۹۹۸, Mapping slope failure porential using fuzzy sets, journal of Geotechnical Engineering ,No. ۱۱۸,pp . ۴۵۷-۴۹۴.

Komakpanah, A., ۱۹۹۱, Proceedings Of The First Workshop Of The Landslide Mitigation Strategies, ۱ Edition,Tehran, International Institute Of Seismology And Earthquake Engineering.

Kumar Dahal, R., ۲۰۰۸, Predictive Modeling of Rainfall-induced Landslide Hazard in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of-evidence, Geomorphology, Vol. ۱۰۲, PP.۴۹۶-۵۱۰.

Rosenfeld, C. L., ۲۰۰۴, Geomorphological Hazard, Encyclopedia of Geomorphology, Vol. ۱, P.۴۲۳-۴۲۶.

Schernthanner, H., ۲۰۰۵, Fuzzy logic approach for landslide susceptibility mapping (Rio Blanco, Nicaragua), Msc Thesis, Institute of Geography, NAWI, Paris Lodron University Salzburg.

Shaw .G & Dennis wheeler ,۱۹۸۵, Statistical Techniques in Geographical Analysis,DUBLIN John wiley & sons Press.

Varnes, D. J., ۱۹۸۴, Landslide Hazard Zonation: A Review of Principle and Practice, UNEXCO, Paris.

Wan, S., ۲۰۰۹, A Spatial Decision Support System for Extracting the Core Factors and Thresholds for Landslide Susceptibility Map, Engineering Geology, Vol. ۱۰۸, PP.۲۳۷-۲۵۱.