Archive of SID

جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲۷، پیـاپی ۶۱، شـماره ۱، بهـار ۱۳۹۵

کاربرد مدل ترکیبی فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی در پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین لغزش

(مطالعه موردی: حوضه آبریز چلی‌چای)

حسین نظم فر*: استادیار گروه برنامه ریزی شهری،دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل، ایران
ابراهیم بهشتی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی،اردبیل، ایران

وصـول:۱۳۹۲/۲/۲۳ پـذیرش:۱۳۹۳/۶/۱۷، صص ۶۸-۵۳

چکیده

نقشه های حساسیت وقوع زمین لغزش یکی از مهمترین ابزارهای لازم برای برنامه ریـزان و تصـمیم گیـران محیطـی بـه ویژه در مناطق کوهستانی است. مدل فرآیند تحلیل شبکه(ANP) از جمله مدل‌های تهیه نقشه حساسیت زمین لغـزش اسـت. این مدل با حفظ قابلیت‌ها و محاسن موجود در مدل AHP، معایب مربوط به آن را رفع کرده و به همین دلیـل در سـال‌هـای اخیر استفاده از آن نسبت به AHP فزونی گرفته و جایگزین آن شده‌است. در این پژوهش با اسـتفاده از مـدل فرآینـد تحلیـل شبکه، پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش در حوضه آبخیز چلی‌چای استان گلستان انجام شده‌است. برای انجـام ایـن کـار از ۱۰ پارامتر طبیعی و انسانی(سنگ‌شناسی، بارش، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، درجه و برای شیب، کـاربری زمین، تراکم پوشش گیاهی(NDVI) و فاصله از جاده) استفاده شـده اسـت. نـرم افزارهـای super decision، Arc map و ENVI از جمله ابزارهای هستند که برای انجام مقایسات زوجی، تهیه داده‌ها و اجرای مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نقشـه نهایی به دست آمده از مدل در پنج کلاس خطر طبقه‌بندی و با استفاده از زمین‌لغزه‌های رخ داده در منطقه مورد ارزیابی قـرار گرفت. نتایج ارزیابی نشان داد که ۷۰ درصد زمین لغزه‌های رخ داده در منطقه در کلاس‌هایی با خطر زیاد و خیلی زیـاد قـرار گرفته‌اند. این مناطق اغلب در نیمه شمالی و بخش های مرکزی حوضه قرار گرفته‌اند. با توجه به نتیجه ارزیابی، مـدل قابلیـت مناسبی را برای پیش‌بینی حساسیت زمین لغزش نشان می‌دهد. طبق نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغـزش نـواحی پـر خطـر حوضه عمدتاً دامنه‌های جنوبی، جنوب غربی و غربی را تشکیل می‌دهند. با توجه به نقشه پهنه‌بنـدی حساسـیت وقـوع زمـین لغزش، امکان شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در بخش‌های مختلف حوضه مشـخص شـده اسـت و اسـتفاده از آن می‌تواند در زمینه مدیریت حوضه و پایدارسازی دامنه‌ها مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: حساسیت زمین لغزش، ANP-Fuzzy ، حوضه چلی‌چای، Super Decision

مقدمه

زندگی انسان‌ها در مقیاس‌های مختلف تحت تـأثیر مخـاطرات محیطـی قـرار دارد. مخـاطرات از لحـاظ استمرار، تکرار و شدت وقوع بسیار متفاوت می‌باشـند و نتایج آن ها در ابعـاد اجتمـاعی و اقتصـادی مشـهود است (مرجانوویچ[1] و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۲۵). شناخت نـوع مخـاطره و موقعیـت منـاطق حسـاس از جملـه

1 - Marjanović

*نویسنده مسؤول: E-mail: nazmfar1@yahoo.com:

www.SID.ir

Archive of SID

اقدامات اولیه در مواجهه با این نوع مسائل است. مخاطرات ژئومورفولوژیک، پدیده هایی طبیعی هستند و فقط به دلیل حضور انسان و زیر ساخت های بشری است که به حوادث مخاطره آمیز تبدیل می شوند (کرمی،۱۳۸۶: ۸۷). زمین لغزش نیز یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که تأثیر آن در محیط طبیعی و انسانی بسیار زیاد است. زمین لغزش یکی از اشکال ژئومورفیک تأثیرگذار بر تکامل چشم‌انداز مناطق کوهستانی (روئرینگ[1] و همکاران) و نوع خاصی از فرآیندهای دامنه‌ای است که زائیده شرایط ژئومورفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین‌شناسی محلی است (رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸: ۱۱۰). وقوع زمین لغزش اثرات زیادی را در مقیاس محلی و جهانی در اقتصاد داشته و همه ساله هزاران نفر در سرتاسر جهان زندگی‌شان را به خاطر زمین لغزش از دست می‌دهند (یالکین[2] و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۷۴). بر اساس برآوردهای اولیه در ایران سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق وقوع زمین لغزش وارد می‌شود(حسین زاده و دیگران،۱۳۸۸:۲۷). وجود نقشه‌های خطر و حساسیت زمین لغزش برای تعیین پتانسیل نواحی از لحاظ خسارت زمین لغزش‌ها و کاهش اثرات زیان‌بار اجتماعی و اقتصادی آن بسیار ضروری است (مارتا[3] و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۳۹).

در مطالعات مختلفی که در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش انجام شده، محققین از چندین پارامتر طبیعی و انسانی برای انجام این کار استفاده کرده‌اند که می‌توان به مواردی همچون لایه شیب، نوع خاک و سنگ بستر، ساختار دامنه‌ها، شرایط هیدرولوژیکی و اقلیمی، کاربری زمین و سایر پارامترها اشاره کرد. ترکیبات گوناگونی از چندین مجموعه از پارامترهای اشاره شده در بالا شرایط منحصربه‌فردی را ایجاد می‌کند که مناطق قابلیت‌های متفاوتی را برای ایجاد زمین لغزش (حساسیت کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) نشان می‌دهند(سوترز و فن وستن[4] ۱۹۹۶، لی و ماین[5]، ۲۰۰۱، گوزتی[6] و همکاران، ۱۹۹۹، براب[7] و همکاران، ۱۹۹۸). از روش‌های عمده برای تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش می‌توان به مدل‌هایی مثل رگرسیون لجستیک[8]، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[9]، فرآیند تحلیل شبکه (ANP)[10]، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[11]، انواع مدل‌های دو متغیره آماری، مدل LNRF، مدل منطق فازی و غیره اشاره کرد.

مطالعات زیادی در زمینه زمین لغزش انجام شده، که در اینجا سعی شده است تا جدیدترین مطالعات در این زمینه با در نظر گرفتن مدل‌های مورد استفاده در پژوهش مورد توجه قرار گیرد. نئوپن و پیانتاناکولچای[12] (۲۰۰۶) با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش را با استفاده از پنج فاکتور طبیعی برای بخشی از منطقه نپال انجام

1 - Roering
2 - Yalcin
3 - Martha
4 - Soeters and Van Westen
5 - Lee and Min
6 - Guzzetti
7 - Brabb
8 - Logistic regression
9 - Analytical Hierarchical Process
10 - Analytic network process
11 - Artificial neural network
12 - Neaupane and Piantanakulchai

www.SID.ir

Archive of SID

دادند. به نظر آنها اگرچه مدل ANP به عنوان مدلی قابل اطمینان برای تحقیق در زمینه مالی و مدیریتی بنا شده‌است اما در زمینه مهندسی زمین کاربرد و نتایج قابل قبولی را دارد. چون مدل فوق با استفاده از نظر متخصصین ژئوتکنیک می‌تواند وابستگی‌های بین فاکتورهای کنترل کننده زمین لغزش را تعیین کرده و پشتیبانی کند و این حالت ایده‌آلی برای ارزیابی خطر زمین لغزش است. اوتمن[1] و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از ۱۰ پارامتر موثر در زمین لغزش، سیستم اطلاعات جغرافیایی و تکنیک تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)[2] نقشه پهنه بندی حساسیت زمین لغزش را برای بخش‌هایی از ایالت کوالالامپور و سلانگور به دست آوردند در این تحقیق با وزن‌دهی فاکتورها از AHP و مدل رتبه‌بندی استفاده شد. مقایسه نتایج دو مدل با زمین لغزش‌های ثبت شده نشان داد که دو مدل با دقت ۷۲ و ۶۵ درصد به ترتیب بهترین نتیجه را برای پهنه‌بندی داشته‌اند.

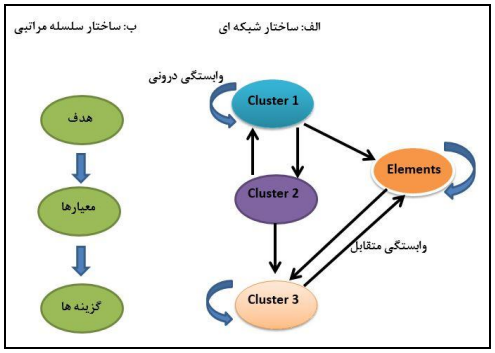
مقیمی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه و ۸ زیر معیار که در دو خوشه دسته بندی شده بودند عمل مدل سازی را انجام داده و پهنه بندی حساسیت زمین لغزش را برای منطقه رودبار انجام دادند. نتیجه پژوهش نقشه حساسیت زمین لغزش بود که در پنج کلاس خطر دسته بندی شده بود. در بین پارامترهای در نظر گرفته شده شیب و حساسیت لیتولوژی بیشترین سهم را در ایجاد زمین لغزش از خود نشان دادند. مکانیکی و صادقی (۱۳۹۱) با استفاده از مدل ANP مکان یابی مراکز بهداشتی- درمانی را برای شهر بیرجند انجام داده و مکان‌های پیشنهادی برای مراکز بهداشتی در برنامه‌ریزی‌های آینده نگر تعیین و الویت‌بندی شد و چهار نقطه کلیدی با توجه به معیارهای به کارگرفته شده، مشخص شد. زبردست (۱۳۸۹) کاربرد مدل ANP را در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای مورد بررسی قرار داد. او در این تحقیق برای تعیین سایت مطلوب برای احداث شهرک‌های صنعتی مدل را اجرا کرده و به این نتیجه رسید که فرآیند تحلیل شبکه‌ای، ضمن حفظ کلیه قابلیت‌های AHP می‌تواند بر محدودیت‌های جدی آن از جمله در نظر نگرفتن وابستگی متقابل بین عناصر تصمیم و فرض اینکه ارتباط بین عناصر تصمیم، سلسله مراتبی و یک طرفه است، فایق آمده و چهارچوب مناسبی را برای تحلیل مسایل شهری فراهم آورد. فرجی سبکبار و همکاران(۱۳۸۹) با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی را در شهرستان قوچان انجام دادند و مناطقی را به عنوان محل دفن زباله معرفی کردند. به نظر آنها هرچه تعداد معیارها و شاخص‌ها کامل‌تر و دقیق‌تر انتخاب شود، نتایج بهتری به دنبال خواهد داشت. در این پژوهش با استفاده از ترکیب دو مدل فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی نقشه حساسیت زمین لغزش برای حوضه رودخانه چلی‌چای انجام شده است. باید اشاره کرد که تاکنون در داخل کشور هیچ‌گونه تحقیقی با استفاده از ترکیب مدل ANP و منطق فازی در زمینه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش صورت نگرفته و به کارگیری دو مدل باهم از نوآوری‌های مقاله است.

1 - Othman

2 – Multi-criteria Decision Making

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: تفاوت ساختاری بین الف) ANP و ب) AHP (مأخذ: نگارندگان)

فرآیند تحلیل شبکه (ANP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی در سال ۱۹۸۰ معرفی شد (ساعتی[1]، ۱۹۸۰). فرض اصلی روش وجود استقلال زیر معیارها با هم است(ساعتی، ۲۰۰۶). ساعتی در مواردی که این اصل نقض می‌شود و ساختار مسئله به شکل شبکه‌ای است، روش ANP را معرفی می‌کند (عمل نیک و همکاران،۱۳۹۸ :۲۰۲). فرآیند تحلیل شبکه حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن است، بنابراین تمامی ویژگی‌های مثبت آن مثل سادگی، انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به طور همزمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و مضافاً می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای بجای ساختار سلسله مراتبی در نظر بگیرد (زبردست ۱۳۸۹:۸۰). شکل یک تفاوت بین یک ساختار شبکه‌ای با ساختار سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

فرآیند تحلیل شبکه را می‌توان در چند مرحله به صورت زیر خلاصه کرد (لی[2] وهمکاران، ۲۰۰۸: ۱-۲).

در اولین مرحله از مدل با توجه به هدف پژوهش، مسئله مورد نظر به یک شبکه تبدیل می‌شود. در این شبکه ارتباط بین عناصر خوشه‌ها (وابستگی بیرونی)، ارتباط عناصر یک خوشه با خودشان (وابستگی درونی) تبیین می‌شود. در شکل یک ارتباط بین خوشه‌ها و عناصر در ارتباط با زمین لغزش به صورت مدل ساده‌ای نشان داده شده‌است. در مرحله بعد مشابه آنچه در AHP در مقایسه معیارها صورت می‌گیرد در ANP نیز تکرار می‌شود. در ANP عناصر تصمیم در هر خوشه بر اساس میزان اهمیت آنها در ارتباط با معیارهای کنترلی دوبه‌دو مقایسه می‌شوند.

تشکیل سوپر ماتریس اولیه و ناموزون[3]

عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند. این عناصر می‌توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیرمعیارها ، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری

1 - Saaty

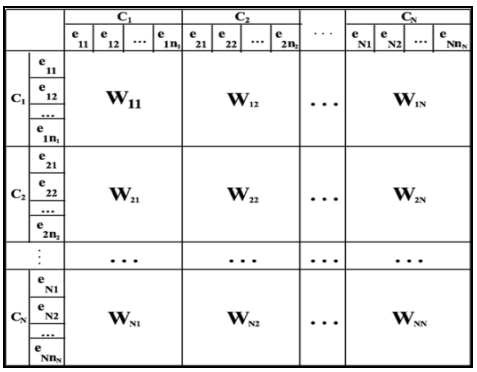
2 - Lee

3 - Unweighted super matrix

www.SID.ir

Archive of SID

باشند (مکانیکی و صادقی،۱۳۸۹: ۱۲۷). وزن‌های به دست آمده از مقایسه زوجی مرحله قبل وارد سوپر ماتریس اولیه می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهد با ورود بردار اولویت داخلی (ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها در سوپر ماتریس اولیه، سوپر ماتریس ناموزون به دست می‌آید. شکل دو قالب عمومی یک سوپرماتریس را نشان می‌دهد.



شکل ۲: قالب عمومی یک سوپر ماتریس(مأخذ: نئوپان و پیانتاناکولچای)

تشکیل سوپر ماتریس موزون[1]

سوپر ماتریس موزون از طریق ضرب مقادیر سوپر ماتریس ناموزون در ماتریس خوشه‌ای[2] محاسبه می‌شود. سپس از طریق نرمالیزه کردن سوپر ماتریس موزون، سوپر ماتریس از نظر ستونی به حالت تصادفی تبدیل می‌شود (ساعتی، ۱۹۹۹).

در مرحله بعد، تمامی عناصر سوپر ماتریس موزون به حدی به توان می‌رسند تا همگرا شده و مقادیر آن با هم برابر شوند. با تشکیل سوپر ماتریس حد[3] بردار وزن عمومی به دست می‌آید.

$$Lim_{k\to\infty} w^k \qquad (۱)$$

منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه چلی‌چای از زیرشاخه‌های گرگان‌رود و جزء سیستم زهکشی خزر می‌باشد. این حوضه در جنوب مناطق مینودشت و کلاله در استان گرگان واقع شده است. مساحت منطقه مورد مطالعه در حدود ۳۱۰ کیلومتر می‌باشد. ارتفاع منطقه بین ۲۱۱۴ تا ۱۷۰ متر است. پوشش گیاهی منطقه به خاطر برخورداری از بارش‌های منطقه شمال غنی بوده و اغلب با مراتع خوب تا متوسط و پوشش جنگلی پوشیده شده است. استان گلستان و منطقه مورد مطالعه به خاطر وجود شرایط خاص منطقه‌ای دارای زمین لغزش‌های زیادی می‌باشند. در این پژوهش سعی شده است تا با استفاده از مدل ANP-Fuzzy حساسیت زمین لغزش منطقه مورد بررسی قرار گرفته و نقشه آن تهیه شود. شکل سه موقعیت محل را نسبت به استان گلستان و نیز برخی از زمین لغزش‌های رخ داده در حوضه را نشان می‌دهد.

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش از ۱۰ شاخص طبیعی و انسانی (سنگ‌شناسی، بارش، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه، تراکم زهکشی، درجه و برای شیب، کاربری زمین، تراکم پوشش گیاهی (**NDVI**) و فاصله از جاده) برای اجرای مدل و پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش استفاده شده‌است. برای تهیه داده‌ها از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دوزین، آمار ایستگاه‌های هواشناسی منطقه برای تهیه لایه بارش، تصاویر سنجنده ETM ماهواره لندست برای تهیه شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و کاربری زمین استفاده شده است. از لایه DEM منطقه با پیکسل سایز ۲۸ متر نیز برای تهیه لایه شیب، برای دامنه، شبکه آبراهه و تراکم شبکه زهکشی استفاده شده‌است. آماده‌سازی و تهیه

1 - weighted super matrix

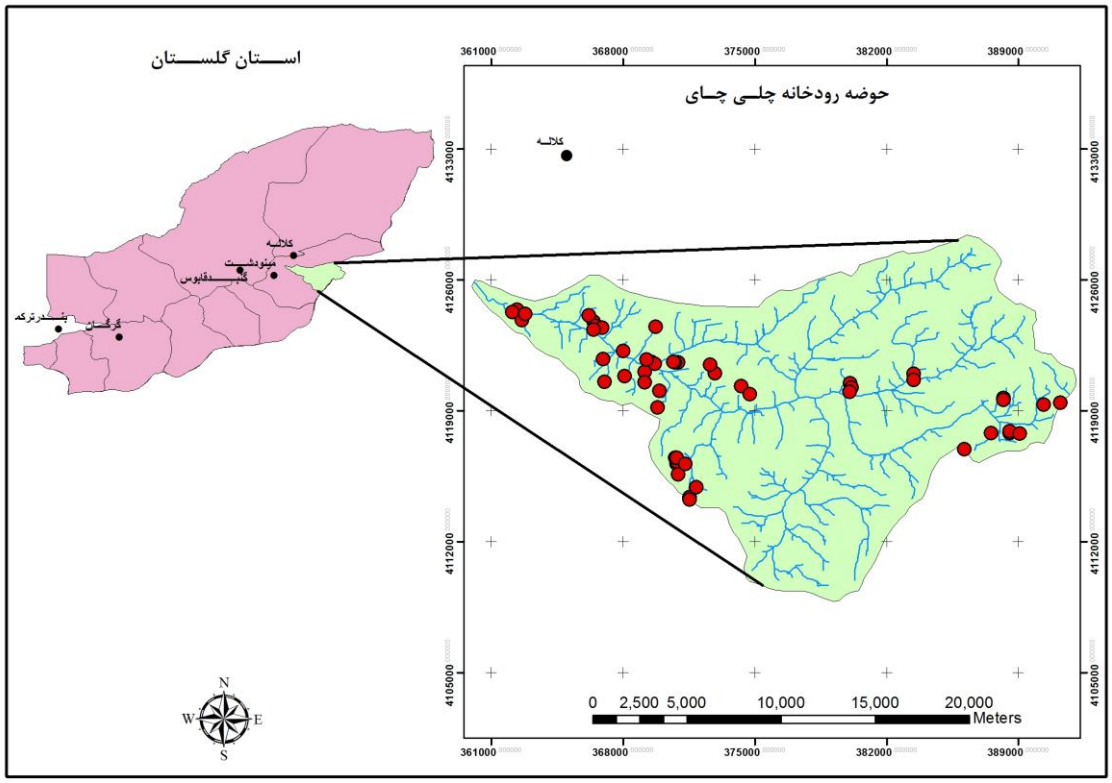
2 - Cluster matrix

3 - Limit super matrix

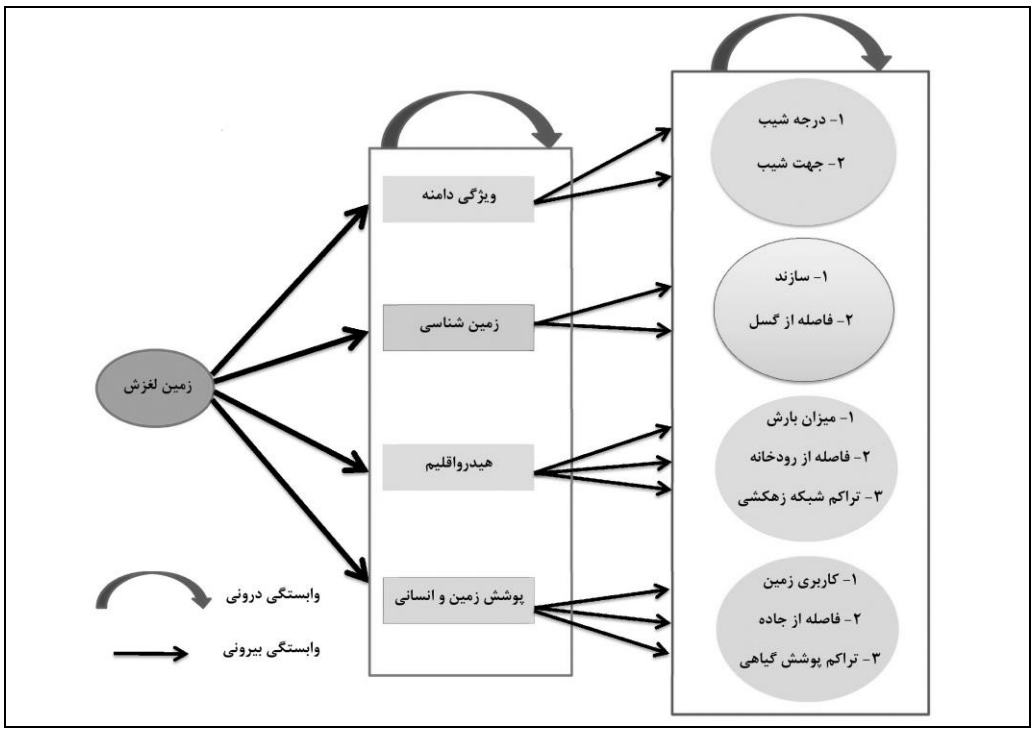
www.SID.ir

Archive of SID

داده‌هـــا در محـــیط دو نـــرم‌افـــزار ARCGIS و ENVI صورت گرفته است.



شکل ۳: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان گلستان و زمین لغزش‌های رخ داده



شکل ۴: مدل شبکه‌ای برای تعیین حساسیت زمین لغزش

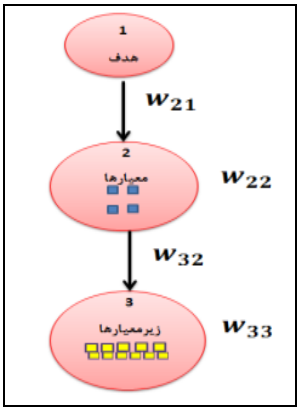
www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نوع پارامترهای در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی زمین لغـزش، ۱۰ پـارامتر فـوق در ۴ گـروه اصلی به عنوان معیارهای اصـلی خوشـه‌بنـدی شـدند (هیدرواقلیم، زمین شناسی، پوشـش زمـین و انسـانی، ویژگی‌های دامنه.) و پارامترها به عنوان زیر معیارهـای هر یک از این معیارها معرفی شدند. با توجه به روابط متقابل معیارها و زیرمعیارهـا و روابـط درونـی آنهـا و هدف مورد نظر، با کمک کارشناسان متخصـص، مـدل شبکه‌ای برای تعیین حساسیت زمین لغزش تهیه شد تا با توجه به آن روابط موجود بـین هـر یـک از عناصـر مدل مشخص شده و مقایسات زوجی بین آنها صورت گیرد (شکل ۴).

	زیرمعیارها	معیارهای اصلی	هدف
هدف	0	0	0
معیارهای اصلی	0	W_{22}	W_{21}
زیرمعیارها	W_{33}	W_{32}	0

شکل ۶: ساختار سوپرماتریس اولیه(مأخذ نگارندگان)



شکل ۵: ساختار شبکه‌ای مدل

بر خلاف فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کـه ارتبـاط بین معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها یک سویه اسـت در فرآیند تحلیل شبکه‌ای علاوه بر ارتباط سلسله مراتبـی، ممکن است در بخـش‌هـایی از مـدل، بـین معیارهـا و زیرمعیارها ارتبـاط و وابسـتگی متقابـل وجـود داشـته باشد. با توجه بـه ایـن امـر و سـاختار شـبکه‌ای مـدل (شکل ۵) ساختار سوپر ماتریس اولیه به صورت شکل (۶) خواهد بود.

با انجام مقایسات زوجی(بر اساس مقیاس ۹ کمیتی سـاعتی) بـین معیارهـای اصـلی بـردار مـوزون w_{21} حاصل می‌شود. از آنجایی که معیارهای اصلی هر یـک با هم دارای وابستگی‌های درونـی هسـتند بـرای درک این وابستگی‌ها مقایسه دودویی بین معیارهـای اصـلی برای دست‌یابی به عناصر مـاتریس w_{22} نیـز صـورت مـی‌گیـرد. هـر یـک از معیارهـای اصـلی دارای زیـر معیارهایی هستند که لازم است مقایسه زوجی بین آنها صورت گیرد حاصل ایـن مقایسـات اجـزای مـاتریس w_{32} را تشکیل می‌دهند. همچنین با توجه به ارتباط و وابستگی درونی ۱۰ زیرمعیـار مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهش مقایسه زوجی بین آنهـا صـورت گرفـت کـه حاصل این مقایساتT مـاتریس w_{33} اسـت. در ایـن مطالعه با توجه به حجم بالای محاسبات و مقایسه بین عناصر شبکه و برای راحتـی و افـزایش دقـت کـار از نرم‌افزار Super Decision برای به دسـت آوردن بـردار اهمیت معیارها و سوپرماتریس‌ها اسـتفاده شـده اسـت (شـکل ۷). جـداول شـماره ۱، ۲ و ۳ بـه ترتیـب سـوپرماتریس نـاموزون، سـوپر مـاتریس مـوزون و سوپرماتریس حد که با استفاده از این نرم‌افزار محاسبه شده‌اند را نشان می‌دهد. در شکل ۷ وزن‌های به دست آمده برای هر یک از زیرمعیارها نشان داده شده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: سوپر ماتریس ناموزون(با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

		Goal	criteria				Alternative									
		landslide	climate & hydrology	geology	geomor-phology	landcover & human	aspect	density of river	distance to fault	distance to river	distance to road	landuse	lithology	ndvi	rainfall	slope
Goal	landslide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
criteria	climate & hydro	0.16008	0	0.53961	0.29696	0.53961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geology	0.4673	0.296958	0	0.53962	0.16342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geomorphology	0.27718	0.163417	0.16342	0	0.29696	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	landcover & huma	0.09543	0.539626	0.29696	0.16342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alternative	aspect	0	0	0	0.24998	0	0	0.03071	0	0	0	0.07543	0	0.10247	0.3825	0.23231
	density of river	0	0.142857	0	0	0	0	0	0	0.62501	0	0.02631	0	0.03474	0.04281	0.02673
	distance to fault	0	0	0.2	0	0	0	0.02284	0	0.23849	0	0.02021	0.27718	0.021	0	0.0789
	distance to river	0	0.571429	0	0	0	0	0.06599	0	0	0	0.10442	0	0.07084	0.06408	0
	distance to road	0	0	0	0	0.29696	0	0	0	0	0	0.04975	0	0.0258	0	0
	landuse	0	0	0	0	0.53961	0	0.14436	0	0	0.66667	0	0.16009	0.1551	0.2504	0.03735
	lithology	0	0	0.8	0	0	0.66667	0.38432	0	0	0	0.15238	0	0.22144	0	0.40324
	ndvi	0	0	0	0	0.16342	0	0.09794	0	0	0	0.03586	0.09544	0	0.15958	0.05889
	rainfall	0	0.285714	0	0	0	0	0.04458	0	0	0	0.31159	0.4673	0.31032	0	0.16258
	slope	0	0	0	0.75002	0	0.33333	0.20926	1	0.1365	0.33333	0.22406	0	0.05829	0.10063	0

جدول ۲: سوپر ماتریس موزون(با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

		Goal	criteria				Alternative									
		landslide	climate & hydrology	geology	geomor-phology	landcover & human	aspect	density of river	distance to fault	distance to river	distance to road	landuse	lithology	ndvi	rainfall	slope
Goal	landslide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
criteria	climate & hydro	0.16008	0	0.35974	0.19797	0.35974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geology	0.4673	0.19797	0	0.35974	0.10895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geomorphology	0.27718	0.10894	0.10895	0	0.19797	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	landcover & huma	0.09543	0.35975	0.19797	0.10895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alternative	aspect	0	0	0	0.08333	0	0	0.03071	0	0	0	0.07543	0	0.10247	0.3825	0.23231
	density of river	0	0.04762	0	0	0	0	0	0	0.62501	0	0.02631	0	0.03474	0.04281	0.02673
	distance to fault	0	0	0.06667	0	0	0	0.02284	0	0.23849	0	0.02021	0.27718	0.021	0	0.0789
	distance to river	0	0.19048	0	0	0	0	0.06599	0	0	0	0.10442	0	0.07084	0.06408	0
	distance to road	0	0	0	0	0.09899	0	0	0	0	0	0.04975	0	0.0258	0	0
	landuse	0	0	0	0	0.17987	0	0.14436	0	0	0.66667	0	0.16009	0.1551	0.2504	0.03735
	lithology	0	0	0.26667	0	0	0.66667	0.38432	0	0	0	0.15238	0	0.22144	0	0.40324
	ndvi	0	0	0	0	0.05448	0	0.09794	0	0	0	0.03586	0.09544	0	0.15958	0.05889
	rainfall	0	0.09524	0	0	0	0	0.04458	0	0	0	0.31159	0.4673	0.31032	0	0.16258
	slope	0	0	0	0.25001	0	0.33333	0.20926	1	0.1365	0.33333	0.22406	0	0.05829	0.10063	0

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: سوپر ماتریس موزون(با استفاده از نرم‌افزار Super decision)

		Goal	criteria				Alternative									
		landslide	climate & hydrology	geology	geomor-phology	landcover & human	aspect	density of river	distance to fault	distance to river	distance to road	landuse	lithology	ndvi	rainfall	slope
Goal	landslide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
criteria	climate & hydro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	geomorphology	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	landcover & human	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alternative	aspect	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477	0.1248	0.12477	0.1248	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477	0.12477
	density of river	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354	0.0354
	distance to fault	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067	0.0807	0.08067	0.0807	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067	0.08067
	distance to river	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893	0.0289	0.02893	0.0289	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893	0.02893
	distance to road	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677	0.0068	0.00677	0.0068	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677	0.00677
	landuse	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249	0.1025	0.10249	0.1025	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249	0.10249
	lithology	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995	0.1995
	ndvi	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492	0.0649	0.06492	0.0649	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492	0.06492
	rainfall	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621	0.1762	0.17621	0.1762	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621	0.17621
	slope	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035	0.1804	0.18035	0.1804	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035	0.18035

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: landslide2.mod: formulaic

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
aspect		0.625397	0.124766	0.124766
density of river		0.177425	0.035396	0.035396
distance to fault		0.404356	0.080669	0.080669
distance to river		0.144999	0.028927	0.028927
distance to road		0.033955	0.006774	0.006774
landuse		0.513734	0.102490	0.102490
lithology		1.000000	0.199500	0.199500
ndvi		0.325418	0.064921	0.064921
rainfall		0.883240	0.176206	0.176206
slope		0.904017	0.180351	0.180351

شکل ۷: نمودار وزن زیرمعیارها(خروجی Super Decision)

فازی‌سازی داده‌ها

در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها ، یک عنصر یا عضو مجموعه است یا نیست(صفر و یک). تئوری مجموعه‌های فازی (ارائه شده توسط پرفسور لطفی‌زاده: ۱۹۶۵) این مفهوم را گسترش داده و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی ، و نه کاملاً ، عضو یک مجموعه باشد. به بیان دیگر یک مجموعه فازی، مجموعه‌ای از المان‌ها[۲۲] با ویژگی‌های مشابه است که در آن، مجموعه درجه‌ای مشخص از صفر تا یک دارد. صفر به معنی عدم عضویت و یک به معنی عضویت کامل است(دومان[۲۳] و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۴۵). در هر

22 -Elements

23 - Duman

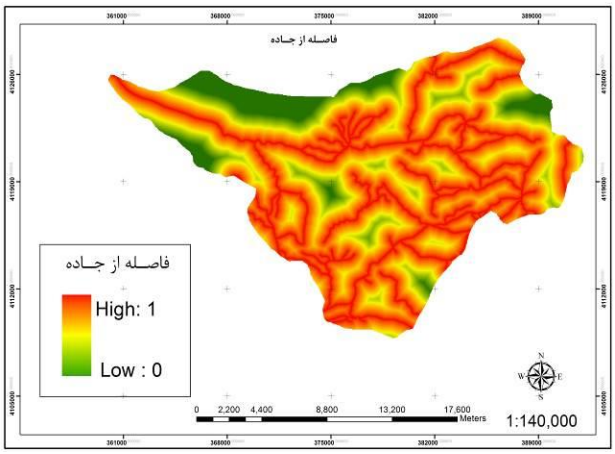
www.SID.ir

Archive of SID

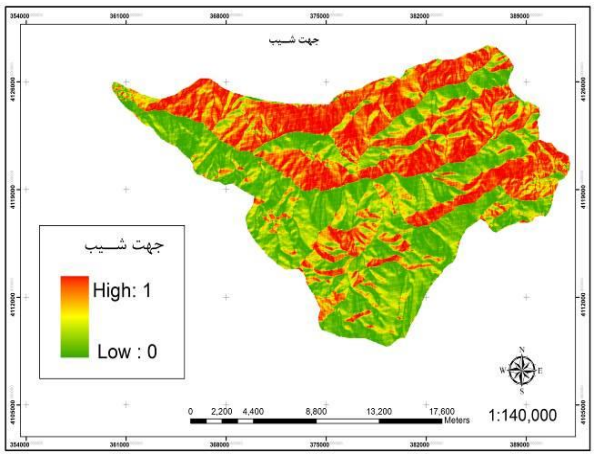
مجموعه از منطق فازی مانند A وابستگی یک عضو(X) از مجموعه مرجع به آن، از طریق تابع عضویت آن به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود (مهدیفر و فاطمی عقدا، ۱۳۷۶: ۱۴۱).

$$A = \{\mu_{\chi A}(X)\} \qquad (۲)$$

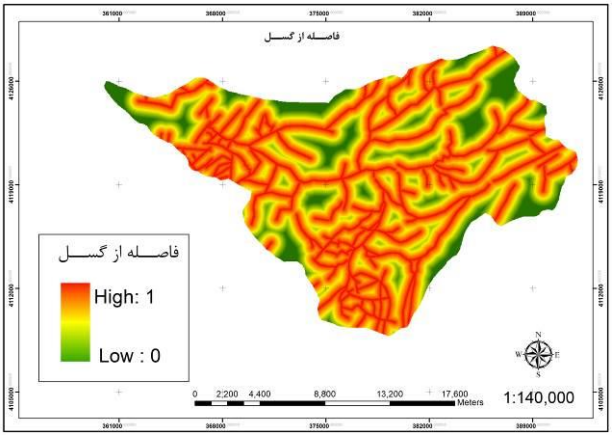
در رابطه فوق X عضوی از مجموعه مرجع و $\mu A(X)$ درجه وابستگی به مجموعه فازی A می باشد. با توجه به مطالب فوق در این مطالعه برای این که بتوانیم تأثیر کلاس‌های مختلف معیارها را در پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش مشخص کنیم لایه‌ها را بر اساس نوع عملکرد هر کدام در رخداد زمین لغزش با استفاده از توابع عضویت فازی در بازه ۱ تا صفر و به عبارتی فازی‌سازی کردیم. برای انجام این کار از توابع موجود در نرم‌افزار (نسخه ۱۰ ARC GIS) و در مواردی از فرمول نویسی در تحلیل‌گر Raster Calculator استفاده شده‌است. لایه‌های وکتوری (کاربری زمین و سازند) استفاده شده در مدل نیز بدون نیاز به تعریف تابع و با دادن کدهای بین ۰ تا ۱ و تبدیل به لایه رستری فازی سازی شدند (اشکال ۸ و ۱۷).



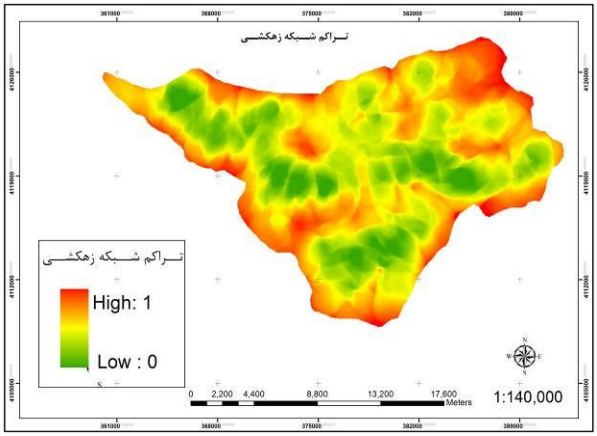
شکل ۸: لایه فازی شده فاصله از جاده



شکل ۹: لایه فازی شده برای شیب



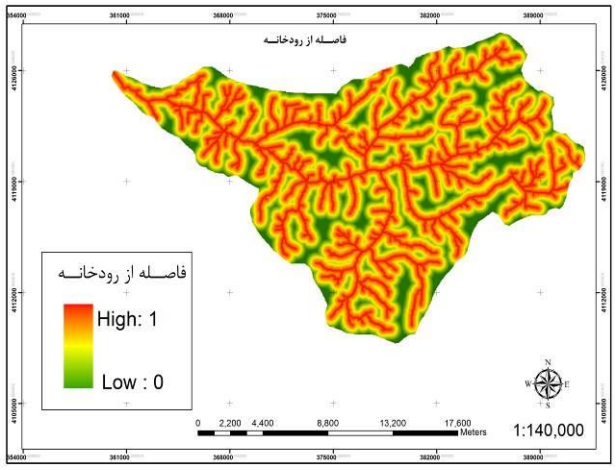
شکل ۱۰: لایه فازی شده فازی شده فاصله از گسل



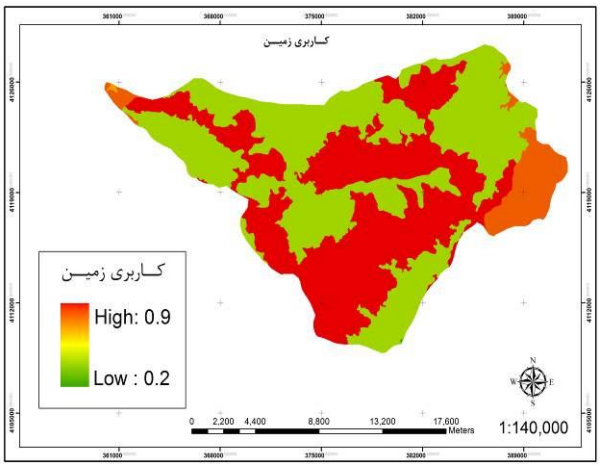
شکل ۱۱: لایه فازی شده تراکم شبکه زهکشی

www.SID.ir

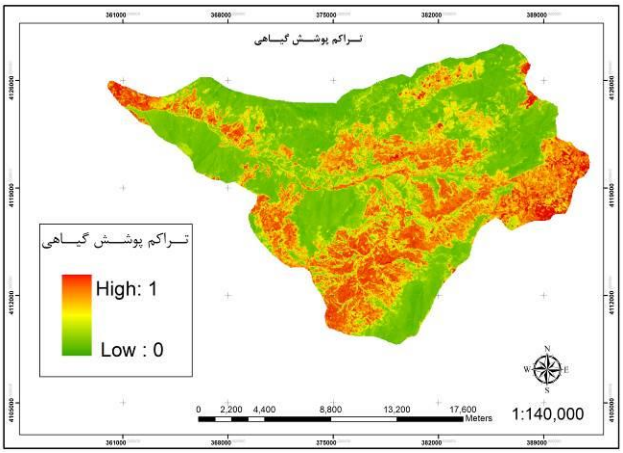
Archive of SID



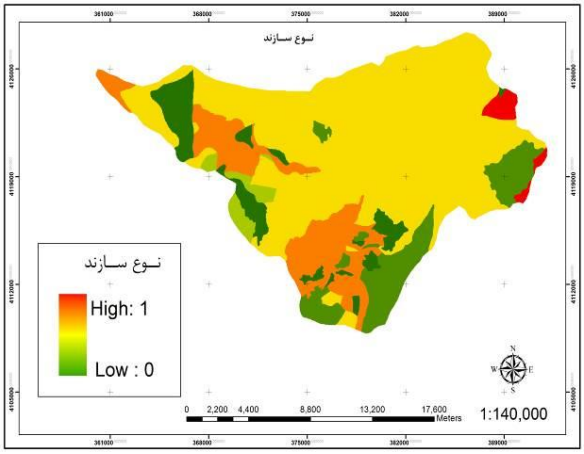
شکل ۱۲: لایه فازی شده فاصله از رودخانه



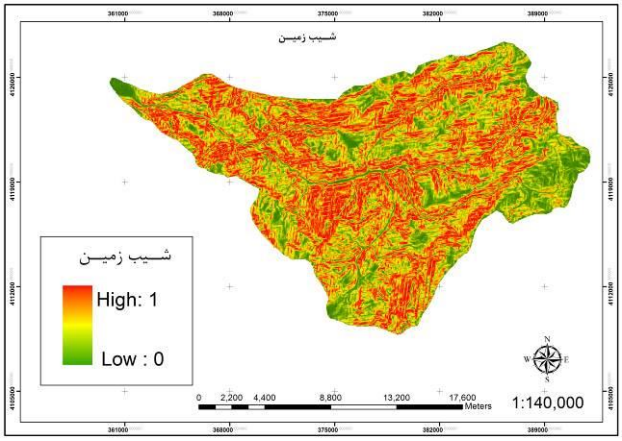
شکل ۱۳: لایه فازی شده کاربری زمین



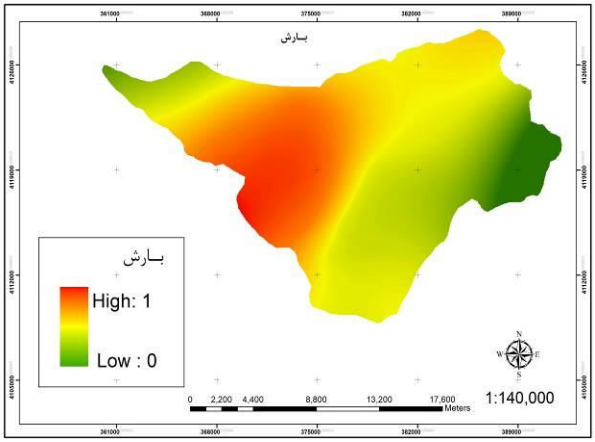
شکل ۱۴: لایه فازی شده تراکم پوشش گیاهی



شکل ۱۵: لایه فازی شده نوع سازند زمین شناسی



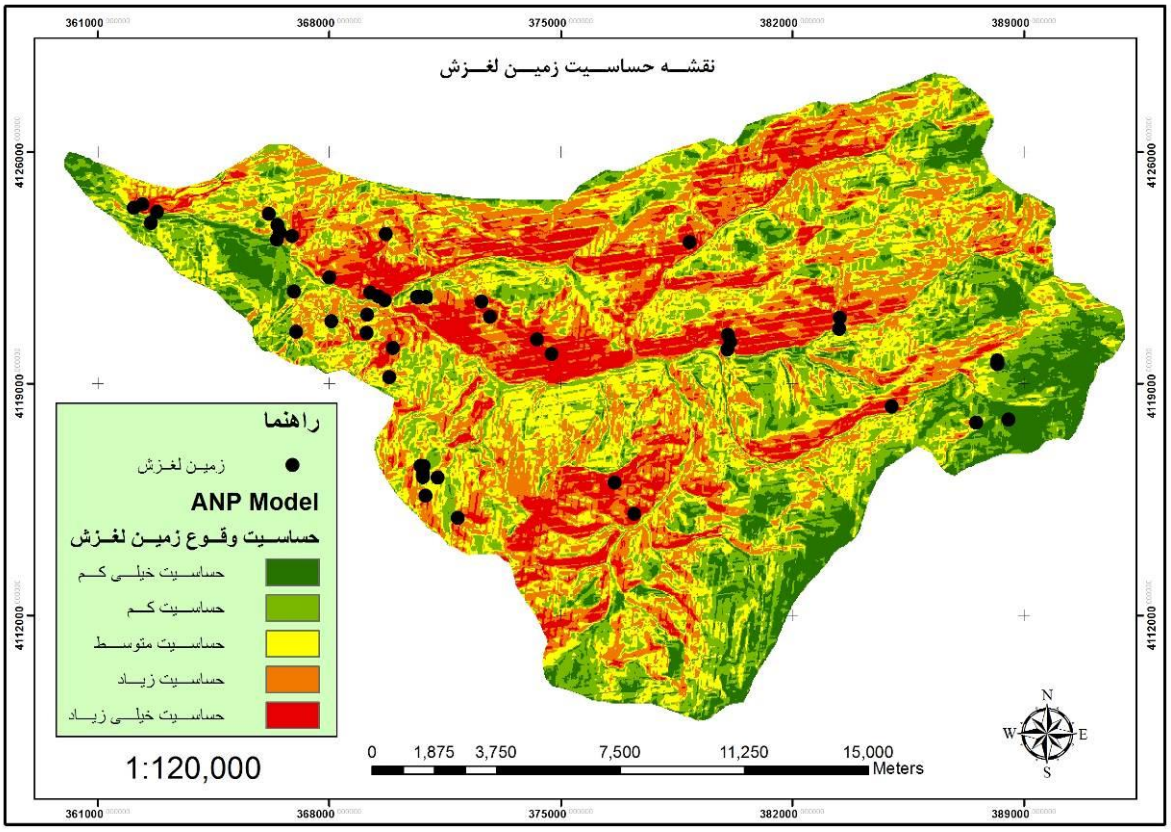
شکل ۱۶: لایه فازی شده: شیب



شکل ۱۷: لایه فازی شده بارش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۸: نقشه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش به همراه زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه

با اجرای توابع فازی در نظر گرفته شده، لایه‌ها آماده استفاده در مدل می‌شوند. در این مرحله اوزان به دست آمده از فرآیند تحلیل شبکه (ANP) (ارائه شده در شکل ۷) با استفاده از تحلیل‌گر Raster Calculator بر روی داده‌ها اجرا و لایه‌ها روی‌هم‌گذاری شدند و نقشه حساسیت زمین لغزش به دست آمد. نقشه به دست آمده با استفاده از روش شکستگی‌های طبیعی[۲۴] در پنج کلاس با توجه به حساسیت وقوع زمین لغزش طبقه‌بندی شد. شکل (۱۸) نقشه به دست آمده را به همراه زمین لغزش رخداده در منطقه نشان می‌دهد.

جدول ۴: مساحت کلاس‌های پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش و درصد زمین لغزه‌های رخ داده

کلاس حساسیت	مساحت به درصد	زمین لغزش‌های رخ داده به درصد
حساسیت خیلی کم	۱۱	۴
حساسیت کم	۲۲/۶	۱۰
حساسیت متوسط	۲۸	۱۶
حساسیت زیاد	۲۵/۱	۳۴
حساسیت خیلی زیاد	۱۳/۳	۳۶

برای ارزیابی مدل بین ۵۰ زمین لغزش رخ داده در منطقه و نقشه به دست آمده از مدل بررسی آماری انجام شد که نتایج آن در جدول شماره ۴ ارائه شده است. طبق جدول ۷۰ درصد زمین لغزش‌های رخ داده

24 - natural break

www.SID.ir

Archive of SID

در منطقه در کلاس‌هایی با حساسیت زیاد و خیلی زیاد رخداده است با توجه به این امر مدل قابلیت خوبی در پیش‌بینی زمین لغزش‌ها داشته است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از فرایند تحلیل شبکه پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش برای حوضه رودخانه چلی‌چای صورت گرفت. نتایج مدل و ارزیابی آن نشان داد که مدل قابلیت قابل قبولی با پیش‌بینی ۷۰ درصد زمین لغزش‌ها در پهنه‌های با حساسیت زیاد و خیلی زیاد را دارا می‌باشد. این مناطق اغلب در نیمه شمالی حوضه و همچنین در مرکز نیمه جنوبی آن واقع شده‌اند و عمدتاً دامنه‌هایی با شیب جنوبی، جنوب غربی و غربی را تشکیل می‌دهند. شیب زیاد دامنه‌ها در این مناطق از دیگر پارامترهایی است که باعث شده تا به عنوان مناطقی با حساسیت بالای زمین لغزش مشخص شوند. بخش‌های جنوب غربی حوضه از جمله مناطقی هستند که با حساسیت کم و خیلی کم برای زمین لغزش مشخص شده‌اند. این مناطق به دلیل مقاوم بودن نوع سازندهای منطقه، شیب کم و دریافت بارش کمتر نسبت به سایر مناطق به صورت مناطق کم خطر برای وقوع زمین لغزش معرفی شده‌اند.

با تلفیق نقشه لغزش‌های رخ داده با نقشه نهایی و طبق اطلاعات جدول شماره ۴ ، مشخص شد که در بین ۱۰ پارامتر در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش، سازند های حساس لایه لیتولوژی، شیب‌های ۱۵ تا ۳۰ درجه، مناطق پر باران و جهات شیب غربی و جنوب غربی به ترتیب بیشترین تأثیر را در ایجاد زمین لغزش‌های منطقه دارند و در مناطقی که طبقات این چهار پارامتر تغییر می‌کند شاهد زمین‌لغزه‌های کمتری هستیم و در نقشه نهایی عمدتاً به صورت مناطقی با حساسیت کم و خیلی کم مشخص شده‌اند. طبق نقشه ۳۸/۴ درصد مساحت منطقه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد ۲۸ درصد در کلاس خطر متوسط و ۳۱/۶ درصد نیز در کلاس خطر کم و خیلی کم قرار گرفته‌اند. با انجام پهنه‌بندی قابلیت وقوع زمین لغزش و تهیه نقشه آن، امکان شناسایی مناطق مستعد وقوع زمین لغزش در بخش‌های مختلف حوضه مشخص شده است. با توجه به این امر می توان از نتایج تحقیق در زمینه مدیریت حوضه و انجام عملیات پایدارسازی دامنه‌ها برای کاهش خسارات مربوط به این پدیده استفاده کرد.

در اجرای مدل فرآیند تحلیل شبکه با توجه به روابط متقابل و شبکه‌ای پارامترها در رخ داد یک زمین لغزش می‌توان اذعان داشت که مدل توانایی بالایی را برای به‌کارگیری در این زمینه داراست. چرا که مدل فرآیند تحلیل شبکه علاوه بر حفظ قابلیت‌های موجود در مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، محدودیت‌های موجود در مدل مثل در نظر نگرفتن وابستگی متقابل بین عناصر و فرض ارتباط یک طرفه بین آنها را بر طرف نموده است. البته باید در نظر داشت که توان متخصص و استفاده از کارشناسان مجرب در رابطه با مقایسات زوجی بین معیارها و زیر معیارها و نیز تعیین روابط بین آنها می‌تواند تا مقادیر زیادی دقت مدل را در حل و پیش‌بینی مسئله مورد نظر افزایش دهد.

منابع

حسین زاده، محمدمهدی و همکاران (۱۳۸۸). پهنه بندی ریسک وقوع حرکات توده ای با استفاده از مدل

www.SID.ir

Archive of SID

رگرسیون لجستیک، *فصلنامه زمین شناسی ایران*، سال سوم، شماره یازدهم، پاییز ۱۳۸۸، صفحات ۲۷-۳۷ .

رمضانی، ب، ابراهیمی، ه، (۱۳۸۸)، زمین‌لغزش و راهکارهای تثبیت آن، *فصلنامه آمایش محیط*، سال دوم، شماره ۷، صص۱۱۸-۱۱۰.

زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، شماره ۴۱، بهار ۱۳۸۹.

عمل نیک، محسن و همکاران (۱۳۸۹)، یافتن رابطه علی معلولی و رتبه‌بندی عوامل بحرانی موفقیت و شکست پروژه‌های پیاده‌سازی سیستم‌های اطلاعاتی به کمک ترکیب روش‌های ANP و DEMATEL فازی گروهی. *نشریه تخصصی مهندسی صنایع*، دوره ۴۴، شماره ۲، مهر ۱۳۸۹، صص ۲۱۲-۱۹۵.

فرجی سبکبار، حسنعلی و همکاران (۱۳۸۹)، مکان یابی محل دفن بهداشتی زباله روستای با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه (ANP): مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان، *فصلنامه مدرس علوم انسانی*،دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹.صص ۱۴۹-۱۲۷.

کرمی، ف (۱۳۸۶)، مخاطرات ژئومورفولوژیک ناشی از ساخت و توسعه راه های روستایی با تاکید بر حرکات توده ای و ایجاد خندق (مطالعه موردی:روستاهای ش هرستان سراب)، *فضای جغرافیایی*، سال ششم، شماره ۱۶، ۱۰۵-۸۵

مقیمی، ابراهیم و همکاران (۳۹۲)، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از فآیند تحلیل شبکه، *پژوهش‌های کمی*، سال اول، شماره ۴، بهار ۱۳۹۲،صص ۱۱۸-۱۰۳.

مکانیکی، جواد، صادقی، حجت ا...(۱۳۹۱)، مکان‌یابی مراکز بهداشتی- درمانی(بیمارستان‌ها) شهر بیرجند، از طریق تلفیق فرآیند تحلیل شبکه‌ای(ANP) و مقایسه زوجی در محیط GIS، *فصل نامه آمایش محیط*، شماره ۱۹،صص ۱۴۲-۱۲۱ .

مهدی‌فر، محمدرضا (۱۳۷۶)کاربرد تحلیل مجموعه های فازی در پهنه بندی خطر زمین لغزش و شرح سامانه کامپیوتری تهیه شده. مجموعه مقالات دومین سمینار زمین لغزه و کاهش خسارت های آن، ۳۰-۳۱ اردیبهشت ماه ۱۳۷۶، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷-۱۴۵.

Brabb, E., Colgan, J.P., Best, T., (1998) Map showing inventory and regional susceptibility for Holocene debris flows and related fast-moving landslides in the conterminous United States. U.S Department of the Interior. USGS1–5.

Duman, T.Y., Can, T., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H.A. and Sonmez, H. (2006)Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, Istanbul, Turkey, Environmental Geology, 51: 241-256.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinalli, M., Reichenbach, P., (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-case study, central Italy. Geomorphology 31,181–216.

Lee, S., Min, K.,(2001) Statistical analysis of landslide susceptibility at Yongin, Korea. Environmental Geology 40, 1095–1113.

Lee, H. et al. (2009), "Selection of technology acquisition mode using the analytic network process", Mathematical and Computer Modeling, Vol. 49, pp. 1274-1282.

Marjanović M., Kovačević M., Bajat B., Voženílek V.,(2011) Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm, Engineering Geology 123 (2011) 225–234.

www.SID.ir

Archive of SID

Martha T,R.,.van Westen, C,J., Kerle, N., Jetten, V., Kumar K.V.,(2013) Landslide hazard and riska ssessment using semi-automatically created Landslide inventories, Geomorphology 184 (2013) 139–150.

Neaupane K.M., Piantanakulchai M.(2006) Analytic network process model for landslide hazard zonation, Engineering Geology 85(2006) 281–294

Othman, A. N., Mohd, W., Naim. W. M. & Noraini S.,(2011), GIS Based Multi-Criteria Decision Making for Landslide Hazard Zonation, Procedia - Social and Behavioral Sciences 35 (2012) 595 – 602.

Roering, J.J., Kirchner, J.W., Dietrich, W.E.,(2005)Characterizing Structural and Lithology Controls on Deep-seated Landsliding: Implications for Topographic Relief and Landscape Evolution in the Oregon Coast Range, Geological Society of America Bulletin, No.117, PP. 654-668.

Saaty, T. L. (1999), "Fundamentals of the Analytic Network Process", Proceedings of ISAHP 1999, Kobe, Japan.

21-Saaty, T. (1980). the analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co.

Saaty, T. (2006). Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks. New York: Springer.

Soeters, R., Van Westen, C.J., (1996) Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner, A.K, Schuster, R.L. (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247. Transportation Research Board National Research Council, Washington D.C, pp.129–177.

Yalcin, A.,(2008) GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and conformations" CATENA, Volume 72 Pages 1-12.

www.SID.ir