جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سال ۲۳، پیاپی ٤٨، شـماره ٤، زمسـتان ۱۳۹۱

نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP درمحیط GIS

مجتبـــی یمـــانی: دانشـــیار ژئومورفولـــوژی، دانشـــگاه تهـــران، تهـــران، ایـــران
ســیروس حســن‌پــور: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشـگاه تهـران، تهـران، ایـران*
ابوالفضـــل مصـــطفایی: کارشـناس ارشـد سـنجش از دور، دانشـگاه تهـران، تهـران، ایـران
مجید شادمان‌رودپشـتی: کارشـناس ارشـد سـنجش از دور، دانشـگاه تهـران، تهـران، ایـران

وصـول: ۱۳۸۹/۷/۲۷ پـذیرش: ۱۳۹۰/۵/۲۲، صص ٥٦-۳۹

چکیده

این تحقیق به موضوع فراوانی و پراکنش زمین لغزش‌های بزرگ و وسیع پـس از احـداث سـدهای بـزرگ کـارون ۱ و ۲ و ۳ در حوضه آبخیز کارون بزرگ می‌پردازد. با بررسی‌های به عمل آمده، عامل اصلی و فراوانی زمین لغزش‌های منطقـه در احـداث سـدهای مذکور و تغییرات کاربری اراضی، زه کشی و اضافه شدن انشعابات رودخانه‌ها و کانال‌هـای آبیـاری اسـت. از سـوی دیگـر تغییـرات توپوگرافی منطقه به علت جابجایی حجم عظیمی از خاک و سنگ در منطقه به عنوان عاملی دیگر در تشدید زمین لغزش‌ها نقش داشته است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی عوامل موثر در زمین لغزش‌های منطقه به روش فرایند تحلیل سلسـله مراتبـی (AHP) و تهیـه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش نوین حوضه آبخیز کارون بزرگ اسـت. در ایـن تحقیـق، ابتـدا پـس از بررسـی ادبیـات پـژوهش و مطالعات کتابخانه‌ای، ۸ عامل شامل: شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، فاصله از جـاده، فاصـله از گسـل، فاصـله از شـبکه زه کشی، کاربری اراضی و سنگ شناسی به عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقـه تشـخیص داده شـدند. سـپس لایـه‌هـای اطلاعاتی این عوامل در محیط GIS با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS 9,3 تهیه شده و وزن کلاس‌هـای هـر کـدام از عوامـل بـا روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین گردیدند. آنگاه با تلفیق نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، اقدام به تهیه نقشه نهایی در ٤ کلاس: خیلی پر خطر، پر خطر، با خطر متوسط و کم خطر صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که نواحی خیلی پرخطر متـأثر از عامـل زمین شناسی منطقه به عنوان عامل اصلی(سنگ‌های آهکی، آهک متخلخل، آهک مارنی، مارن آهکی و مـارن) و عوامـل تأثیرگـذاری همچون، شیب بین ٥ تا ۳۰ درصد، بارندگی بیش از ۱۲٥۰میلی‌متر، ارتفاع بین ٥۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، فاصله از شبکه زهکشی بـین ۰ تـا ٤ کیلومتر عوامل مؤثر در پراکنش زمین لغزش‌های منطقه هستند. با مطالعه نقشه نهایی می‌توان گفت، نـواحی خیلـی پرخطـر و پرخطـر اغلب در مجاورت مراتع و تپه ماهور با حاشیه دامنه‌های بلند و متوسط ارتفاع در مجاورت روستاها هستند. تغییرات کاربری اراضی و توپوگرافیکی ناشی از احداث سدها و جابجایی خاک در کنار عوامل جـانبی همچـون، فعالیـت دام‌هـا و عشـایر کـوچ رو بـه منظـور دسترسی به مراتع و آب، زراعت آبی در سطوح شیب‌دار توسط روستاییان کمک فراوانی به تشدید زمین لغزش‌های منطقه می‌کنند. در نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که روش AHP به دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر و کـلاس بنـدی اصـولی و بـدون اعمـال نظـر مستقیم کارشناسان نسبت به روش‌ها دیگر برتر بوده و از دقت بیشتری برخوردار است. از سوی دیگر مطالعات میدانی صورت گرفته، مشاهدات تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ تأکیدی بر یافته‌های تحقیق است. که دلیل بر مناسب بودن انتخاب مدل (AHP) بـرای ایـن پـروژه است.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی، زمین لغزش، تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها(AHP)، GIS، حوضه آبخیز کارون

*نویسنده مسؤول: ۰۹۱۸۷۲۸۹۱۲۰
email: Hassanpour.saman@gmail.com

مقدمه

زمین لغزش در ایران به عنوان یک بلای طبیعی، سالیانه خسارات فراوانی به کشور وارد می‌سازد. بر اساس یک برآورد اولیه، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت‌های مالی از طریق زمین لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود (کمک پناه،، ۱۳۷۳، ٤٤). بررسی و تهیه نقشه‌های پهنه بندی خطر زمین لغزش از سوی با هدف شناسایی مناطق دارای قابلیت زمین لغزش در محدوده فعالیتهای بشری دارای اهمیت است. از سوی دیگر در شناسایی مکان‌های مناسب برای توسعه سکونتگاه‌ها یا سایر زیر ساخت‌ها نظیر جاده و مسیرهای انتقال آب، گاز، برق و انتقالات با خطوط لوله و یا دلکل‌ها و غیره در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه ریزان قرار می‌گیرد (سفیدگری وهمکا ران، ۱۳۸٤). بزرگ‌ترین زمین لغزش‌های کشور به موازات یال شمالی طاقدیس کبیر کوه و در امتداد رودخانه سمیره در استان ایلام بوقوع پیوسته است (علایی طالقانی، ۱۳۸۱،۳۷۵). لغزش‌های ایجاد شده دارای تراکم وزنی بیشتری در سازند دیواره آبراهه‌ها، شبکه زه کش که دارای نفوذ پذیری بالاست مانند سازندهای آهکی دارد(محمودی و همکاران، ۱۳۸٤، ۱٤-۱). هدف نهایی هر تحقیق در مورد فرایندهای توده‌ای، تهیه نقشه پهنه بندی و تقسیم بندی منطقه مورد مطالعه نواحی یا مناطقی که با درجات خطر با هدف کاهش آسیب‌های ناشی از آنهاست. امروزه روش‌های مختلفی برای پهنه بندی خطر حرکات توده‌ای زمینی ارائه شده است، هر یک از این روش‌ها عوامل مختلفی را مد نظر قرار می‌دهند (نصیری، ۱۳۸۳،۳). فراوانی و پراکنش زمین لغزش‌های بزرگ و وسیع در منطقه حوضه آبریز کارون بزرگ (۲۱۹ مورد در مدت ۲۰ ماه)، گزارش سازمان زمین شناسی(۱۳۸۷، ٦٨)، که به علت ایجاد و تاسیس سدهای بزرگ کارون ۱،۲،۳ در منطقه موجب گردیده است. پهنه بندی خطر زمین لغزش براساس تغییرات حاصل شده در منطقه با احداث سدها و تغییر کاربری اراضی در اثر آبیاری و زه کشی و انشعابات رودخانه‌ها و کانال‌های آبیاری و تغییرات توپوگرافی منطقه در اثر برداشت و جابجایی حجم عظیمی از خاک و فرایند خاک برداری در منطقه، هدف از انجام این تحقیق است، بنابر این لازم دیده شد، نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش نوینی براساس فعالیت‌ها و تغییرات جدید برای این مناطق تهیه گردد. روش‌های متعددی در زمینه پهنه بندی خطر زمین لغزش وجود دارد، روشی که در این تحقیق به کار برده شده است، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که یک روش براساس قضاوت کارشناسی است. در این زمینه می‌توان به تحقیقات صورت گرفته زیر اشاره نمود. (احمدی، اسمعیلی عوری،۱۳۸٤، ۳۳۵-۳۲۳) نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه آردیس ترکیه با سه روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)، فاکتور وزنی[1] (WF) و شاخص آماری[2](Si) تهیه نمودند. ایشان بیان کردند که روش تحلیل سلسله مراتبی نسبت به سایر روش‌ها دارای دقت بالاتری بوده و عوامل زمین شناسی، پوشش زمین و شیب به عنوان مهمترین عوامل در رخداد زمین لغزش‌ها بوده‌اند (محمد خان،۱۳۸۰، ۲۳-۲۲) حوضه آبخیز طالقان را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی(AHP) پهنه

1.Weight Factor
2.Statistical indicators

بندی نمودند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که از بین عوامل تأثیر گذار در وقوع حرکتهای توده ایی عامل زمین شناسی دارای بیشترین تأثیر بوده است. در تحقیقی با روش Frequency ratio در حوضه صفا رود استان مازندران عنوان نمودند که ۱۱/٦ درصد منطقه در پهنه خطر خیلی بالا قرار گرفته است. برهمین اساس حرکات توده‌های و زمین لغزش‌ها حدود ۹ در صد از مخاطرات طبیعی را در سالهای۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ که در جهان اتفاق افتاده است را به خود اختصاص داده است (اونق،۱۳۸۲ ۲۹). بررسی و تحقیق مورد نظر، در خصوص فراوانی و پراکنش زمین لغزش‌های اخیر (۱۳۸۰تا ۱۳۸۷)، اما وسیع و بزرگ در منطقه حوضه آبخیز کارون بزرگ (به ویژه کارون ۳) که به علت ایجاد و تاسیس سدهای بزرگ خاکی و غیره خاکی کارون ۱، ۲، ۳ در منطقه موجب گردیده است. این زمین لغزش‌ها از سوی باعث ترس و نگرانی روستائیان ساکن در منطقه در حاشیه دامنه‌های حوالی سدها شده است و از طرفی خسارت‌های حاصله از زمین لغزش به شریان‌های حیاتی (مانند نفت، انتقال نیرو، گاز، آب و برق)، سازه‌های عمرانی و سکونتگاه‌های روستایی گردیده است. حوضه آبخیز کارون بزرگ در نقاط مختلف آن به دلیل احداث مخازن آب و سدها و کانال‌های بزرگ و طولانی انتقال آب و شبکه‌های زه کشی وسیع آبیاری و از طرفی نوع سازندهای مناسب زمین شناسی و بافت خاک مناسب با نفوذپذیری مطلوب در منطقه سبب شده که منطقه دارای استعداد و پتانسیل بالا و بالقوه زمین لغزش باشد.

هدف از انجام این تحقیق، نه تنها اولویت بندی عوامل موثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی خطر آن با استفاده از فرایند سلسله مراتبی (AHP) است، بلکه تهیه نقشه جدید پهنه بندی خطر زمین لغزش منطقه بر اساس تغییرات حاصل شده، با توجه به احداث سدهای خاکی کارون است. از سوی دیگر، مطالعات تاکیدی بر تغییرات بوجود آمده در کاربری اراضی منطقه، به ویژه تبدیل اراضی دیم به اراضی آبی و تغییر در تراکم پوشش و نوع پوشش گیاهی مراتع منطقه توسط روستائیان و عشایر منطقه را دارد. مطالعات تصاویر ماهواره ای و مشاهدات میدانی منطقه حاکی از آن است که، تغییرات غیر قابل اغماضی در نفوذپذیری خاک به ویژه[1](EC) در اثر ایجاد انشعابات جدید در رودخانه‌ها به منظور انحراف دادن رودخانه‌ها به سمت مخازن و کانال‌های بزرگ انتقال آب در دامنه‌ها حاصل شده است. همچنین تغییرات فراوانی در مقیاس کلان در توپوگرافی منطقه در اثر ایجاد جاده‌ها و جاده سازی و سازه‌های عمرانی مانند (مانند خاک برداری و حجم گذاری خاکی) در دامنه‌ها صورت گرفته است. بررسی این تغییرات در منطقه، خود زمینه تاثیر گذاری پارامترها و ایجاد کلاس‌های جدید در پارامترها می‌شود بنابراین با در نظر گرفتن یک سیستم تصمیم گیری(MCDM) با پارامترها و زیر معیارها و کلاس‌های جدید در قالب لایه‌های اطلاعاتی در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، مناسب‌ترین مدل برای وزن دهی به این کلاس‌هاس جدید و پارامترهای انتخاب شده مدلAHP است. از نظر کارشناسان برای بررسی روند تغییرات و تاثیر گذاری عوامل زمین لغزش‌های اخیر، تهیه نقشه پتانسیل و پهنه‌بندی حوضه کارون بزرگ

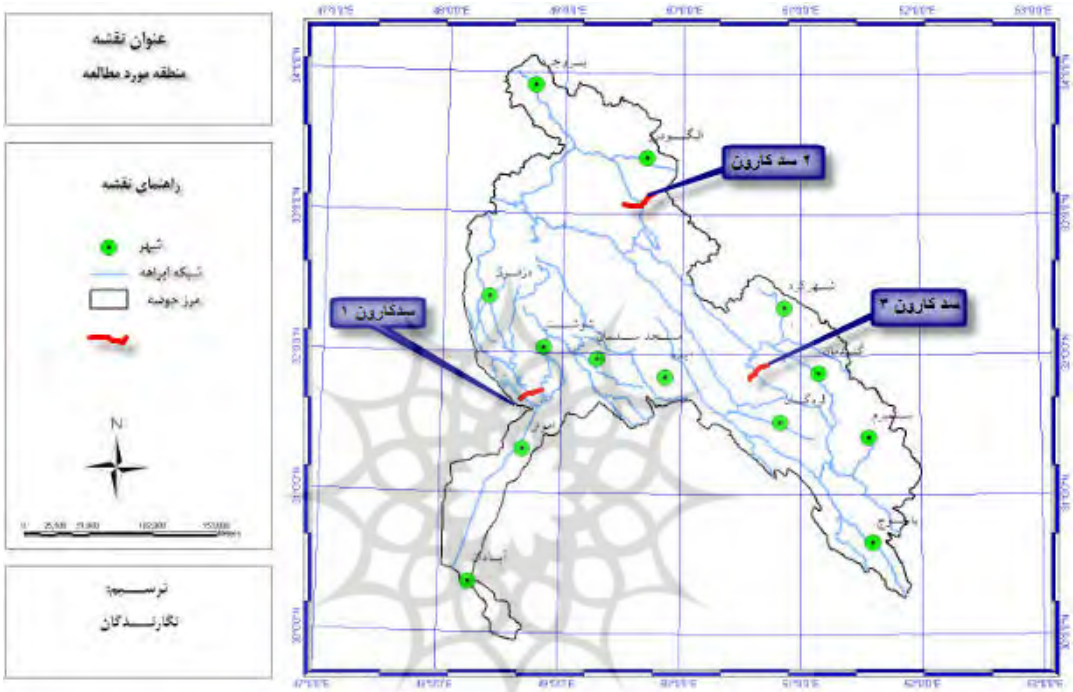
.3. Electrical Conductivity

براساس همین تغییرات مناسب ترین مدل، مدل فرایند سلسه مراتبی(AHP) برای این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کارون بزرگ در بر گیرنده استان‌های لرستان چهارمحال و بختیاری و کهکیلویه و بویراحمد و قسمت‌هایی از استان‌های اصفهان و خوزستان و مرکزی است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ٢َ ٤٨° تا َ٠٠ ٥٢° طول شرقی و َ٥٦ ٢٩° تا َ٧ ٣٤° عرض شمالی است. مساحت آن ٦٧٢٥٧ کیلومتر مربع است.



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

داده‌ها و روش تحقیق

جمع آوری داده‌ها و اطلاعات

از بررسی و مطالعات انجام شده در مناطق مشابه و با استفاده از تجربیات کارشناسان عوامل موثر اولیه جهت بررسی زمین لغزش منطقه شناسایی و تشخیص داده شدند. روش جمع آوری داده‌ها در این تحقیق، ابتدا مبتنی بر بستن حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از نرم افزار Aec Hyideo بوده است. در مرحله بعد اقدام به شناسایی و مطالعه عوامل تاثیر گذاردر وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه مانند (شیب، میزان بارش، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از رودخانه، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از نواحی مسکونی، فاصله از گسل‌ها و غیره) صورت گرفت ونقشه‌های اولیه تهیه گردیدند. سپس نقشه‌های مورد استفاده با کمک نرم افزار. Arc GIS. 9.3 عملیات ژئورفرنس و تبدیل به لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفت.

در مرحله بعد داده‌های لازم جهت ارزیابی خطر زمین لغزش در مقیاس ناحیه‌ای گردآوری گردید. که شامل: نقشه زمین شناسی در مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱، نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی با مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱، آمار بارندگی

ایستگاه‌های باران سنجی، اطلاعات پایه زمین لغزش از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۸ نیز تهیه گردید. به منظور استفاده از نقشه‌های هم مقیاس اقدام به تهیه نقشه‌های لیتولوژی، شکستگی‌ها و گسل‌ها در مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ همچنین نقشه کاربری اراضی و پوشش‌های گیاهی با همکاری کارشناسان بخش تحقیقات منابع طبیعی در مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ تهیه گردید.

آماده سازی لایه‌ها در مدل AHP

علاوه بر داده‌های محدوده مطالعاتی، تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۹ سنجنده ETM^+ ماهواره لندست با قدرت تفکیک ۳۰ متر از سازمان فضایی ایران تهیه گردید. سپس تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار ENVI , 4.7 (به منظور تصحیح تصویر و ترکیب باندهای مورد نظر و موزائیک کردن برش‌های تصاویر ماهواره ای) آماده گردید. همچنین تهیه نقشه توپوگرافی با مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ و نقشه زمین شناسی در مقیاس ۲۵۰۰۰: ۱ از سازمان زمین شناسی ایران نیز صورت گرفت. نقشه‌های مورد استفاده در تحقیق به کمک نرم افزار Arc GIS 9.3.3 زمین مرجع و رقومی گردید. تهیه لایه‌های اطلاعاتی و روی هم‌گذاری آنها، تعیین محدوده‌های ژئومورفیک و تهیه نقشه پهنه بندی نهایی زمین لغزش و تفسیر آنها با به کارگیری مدلAHP درطول فرایند تحقیق با استفاده از نرم افزار GIS صورت گرفته است. نقشه توپوگرافی ۲۵۰۰۰: ۱ منطقه در محیط نرم افزار Arc GIS رقومی شده و نقشه مدل رقومی ارتفاع[1] (DEM) از روی آن تهیه گردید. نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب از روی DEM و نقشه سنگ شناسی و فاصله ازگسل، از نقشه زمین شناسی محدوده و لایه اطلاعاتی کاربردی اراضی و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای ETM^+ مربوط به سال ۲۰۰۹ و همچنین برداشت میدانی استخراج طبقات و لایه‌ها صورت گرفت. نقشه‌های مذکور جهت استفاده در سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) رقومی گشتند. اطلاعات آمار بارندگی از اینترپولیشن منحنی هم باران و سپس به همراه بقیه داده‌های رقومی، وارد محیط GIS جهت انجام مراحل بعدی گردید. برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصویر سال ۲۰۰۹ سنجنده ETM^+ ماهواره لندست استفاده گردید. بدین منظور از طبقه‌بندی Decision Tree در نرم‌افزار ENVI 4.7 برای شناسایی و تعیین انواع کاربری‌ها استفاده شد. و بدین صورت نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه استخراج شد.

مرحله دوم: اقدام به ارزش گذاری (وزن دهی) پارامترها توسط کارشناسان و متخصصین سازمان‌ها صورت گرفت.

مرحله سوم: استفاده از لایه‌های رقومی شده در محیط GIS که با روی قرار دادن لایه‌ها و تلفیق لایه‌ها با یکدیگر نقشه کلی پهنه بندی به دست خواهد آمد.

چارچوب روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)

این روش بر پایه مقایسه زوجی عوامل مختلف استوار است. به طور کلی روند این روش به این صورت است، که ابتدا به منظور رتبه بندی عوامل مختلف و پارامترها و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی (پرسش‌نامه‌های نظر سنجی

4. Digital Elevation Model

کارشناسان) استفاده می‌شود. جدول (۱) که نتایج این مقایسات به صورت یک ماتریس درآمده است.

جدول ۱- نحوه قضاوت شفاهی برای مقایسه زوجی در روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عدد
کاملاً مطلوب	۹
مطلوب قوی	۷
بسیار قوی	۵
کمی مطلوب	۳
مطلوب	۱
ترجیحات بین فواصل	۸، ٦، ٤، ۲

واضح است که با توجه به جدول(۱) محدوده اعداد کمی در ماتریس بین ۱ الی ۹ است پس از تشکیل ماتریس مورد نظر برای تک تک عوامل جمع هر ستون در زیر آن نوشته می‌شود. سپس برای محاسبه وزن هر عامل مقایر هر عنصر از ماتریس را به جمع کل ستون‌های همان لایه تقسیم کرده و در جدول دیگری نوشته می‌شود. در این جدول از اعداد موجود در هر کدام از سطرها میانگین گرفته و این عدد به عنوان وزن هر لایه در نظر گرفته می‌شود. بعد از اینکه وزن هر کدام از لایه‌ها به دست آمد، در مرحله بعد بایستی وزن هر کدام از کلاس‌های عوامل مختلف را مشخص نمود که این کار با استفاده از نظر کارشناس و تکرار مراحل روش AHP برای کلاس‌های هر یک از عوامل انجام می‌شود. بعد از امتیاز دهی به کلاس‌ها عوامل مختلف (σ)، مقادیر امتیازهای مربوط به عوامل در نظر گرفته شده را در ضریب وزنی به دست آمده برای هر یک از کلاسه‌ها (σ) ضرب کرده و آنها را با هم جمع نموده که در نهایت مدل زیر به دست آمده

$$M = \sigma_1 X_1 + \sigma_2 X_2 + \sigma_3 X_3 + \ldots$$

که در آن M عامل حساسیت، فاکتور x مربوط به عوامل مختلف و 6 n مربوط به مقادیر وزنی هرکدام از طبقات لایه‌های مختلف است (قدسی‌پور،۱۳۸۱، ۹۷). بعد از آنکه مدل به دست آمد نقشه نهایی پهنه بندی بر اساس آن تهیه می‌گردد. در نهایت، برای تفکیک مقادیر M به کلاس‌های مختلف حساسیت به ٤ قسمت مساوی تقسیم بندی می‌گردد. درراستای روش تحقیق نتایج به دست آمده به ترتیب آورده شده‌اند. بعد از تهیه عوامل مختلف دخیل در وقوع زمین لغزش‌های حوضه آبخیز کارون بزرگ این لایه‌ها کلاسه بندی گردیدند (جدول۲). سپس با استفاده از نظرات کارشناسان و پرسش نامه و بررسی مطالعات انجام شده در این زمینه وزن هر یک از لایه‌ها و طبقات آنها تعیین گردید (جدول ماتریس شماره ٤ و ۳). پس از مشخص شدن وزن هر یک از عوامل و طبقات آنها نقشه پهنه بندی هر یک از عوامل با توجه به طبقات آنها تهیه شد (شکل‌های ۳ تا۱۰). سپس نقشه‌های پهنه بندی هر یک از عوامل با در نظر گرفتن وزن هر یک از عوامل با هم تلفیق و نقشه پهنه بندی زمین لغزش تهیه گردید. با در نظرگرفتن پارامترهای مربوط به حوضه در جدول (٤) می‌توان در نقشه (۱۱) میزان درصد سطح لغزش به صورت (پراکنده و متمرکز) مشاهده کرد. مهمترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌های حوضه آبخیز کارون بزرگ به ترتیب و الویت در جدول (۲) به صورت زیر شناسایی گردیدند.

جدول ۲- کلاس بندی پارامترها و معیارها موثر در ایجاد زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ

کلاس‌ها	ف.ا. جاده	زمین شناسی	شیب (درصد)	ف.ا. رودخانه	کاربری اراضی	ف. ا. گسل	م. بارندگی	طبقات ارتفاع
۱	۰-۵۰۰	مارن آهکی و مارن	۰-۸	۰-۲۰۰	دریاچه‌ها و تالاب‌ها	۰-۳	۹۰-۴۵۰	۳۰-۶۰۰
۲	۵۰۰-۱۰۰۰	آهک مارنی	۸-۱۶	۲۰۰-۴۰۰	زمین‌های کشاورزی	۳-۶	۸۵۰- ۴۵۰	۶۰۰-۱۲۰۰
۳	۱۰۰۰-۱۵۰۰	سنگهای آهکی، آهک متخلخل	۱۶-۲۴	۴۰۰-۶۰۰	جنگل‌ها و باغات	۶-۹	۱۲۵۰- ۸۵۰	۱۲۰۰-۱۸۰۰
٤	۱۵۰۰-۲۰۰۰	مارن و ماسه سنگ‌های فرسوده مارنی	۲۴-۳۰	۶۰۰-۸۰۰	مراتع مشجر	۹-۱۲	۱۲۵۰<	۱۸۰۰-۲۴۰۰
۵	۲۰۰۰-۲۵۰۰	گچ، سنگ آهک‌های گچ دار و مارن‌های سیلتی	۳۰-۳۸	۸۰۰-۱۰۰۰	راضی لخت و تپه ماهور	۱۲-۱۵	-	۲۴۰۰<
٦	۳۰۰۰<	لایه‌های سنگی دربر گیرنده حفرات و دیگر پدیده‌های کارستی	۳۸<	۱۰۰۰<	-	۱۵<	-	-
۷	-	لایه‌های سنگی سست و ضعیف مانند سنگهای شیلی و مارنی	-	-	-	-	-	-
۸	-	سنگ آهک‌های مارنی، گچ و دولومیت‌های گچ دار میوسن	-	-	-	-	-	-
۹	-	قطعاتی در اندازه‌های گراول تا رس	-	-	-	-	-	-
۱۰	-	ماسه سنگ، آهک‌های فسیل دار، مارن‌ها و لایه‌های نازک آهک ژیپس دار و به رنگ قرمز تا خاکستری	-	-	-	-	-	-

مراحل محاسبات وزن معیارها با روش AHP

مقایسه دو به دو فاکتورها و اولویت‌بندی بر اساس وزن آنها: ۱- برای مقایسه دو به دو فاکتورها و تعیین اولویت، ابتدا فاکتورها با هم مقایسه شدند و ارزش‌های مربوط به هر ستون از ماتریس مقایسه، دو به دو با هم جمع شدند. جدول (۳).

جدول ۳- ماتریس محاسبه وزن عوامل در روش AHP مرحله اول

پارامترها	جاده	زمین شناسی	شیب	رودخانه	کاربری	گسل	بارندگی	ارتفاع
جاده	۱	۲	۲	۳	٤	۵	٦	۸
زمین شناسی	۱/۲	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۸
شیب	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۳	٤	۵	۷
رودخانه	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	٤	٦
کاربری	۱/٤	۱/٤	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	٦
گسل	۱/۵	۱/۵	۱/٤	۱/۳	۱/۲	۱	۲	٤
بارند گی	۱/٦	۱/٦	۱/۵	۱/٤	۱/۳	۱/۲	۱	۳
ارتفاع	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/٦	۱/٦	۱/٤	۱/۳	۱
مجموع	۳/۰۷۵	٤/۵۷۵	٦/٤۲٦	۱۰/۲۵	۱٤/۹۹۹	۲۰/۷۵	۲۷/۳۳	٤۳

۲- هر عنصر ماتریس بر مقدار کل ستون آن تقسیم گردیدند (از ماتریس حاصله با عنوان ماتریس استاندارد شده نام برده می‌شود).

۳- میانگین عناصر مطرح در هر ردیف از ماتریس استاندارد محاسبه شد. این میانگین‌های تخمینی از وزن‌های نسبی معیارهای مورد مقایسه به دست می‌آیند. با استفاده از این روش، وزن‌ها به منزله میانگین از تمامی راه‌های ممکن از مقایسه معیارهای تلقی می‌شوند. (جدول ٤).

جدول ٤- ماتریس استاندارد شده و محاسبه وزن عوامل در روش AHP مرحله دوم

	جاده	زمین شناسی	شیب	رودخانه	کاربری	گسل	بارندگی	ارتفاع	متوسط هر سطر(وزن)
جاده	۰/۳۲۵	۰/٤۳۷	۰/۳۱۱	۰/۲۹۳	۰/۲٦٦	۰/۲٤۱	۰/۲۱۹	۰/۱۸٦	۰/۲۸۵
زمین شناسی	۰/۱٦۳	۰/۲۱۹	۰/۳۱۱	۰/۲۹۳	۰/۲٦٦	۰/۲٤۱	۰/۲۱۹	۰/۱۸٦	۰/۲۳۷
شیب	۰/۱٦۳	۰/۱۰۹	۰/۱۵٦	۰/۱۹۵	۰/۲۰	۰/۱۹۳	۰/۱۸۳	۰/۱٦۳	۰/۱۷
رودخانه	۰/۱۰۸٤	۰/۰۷۳	۰/۰۷۷	۰/۰۹۷۵	۰/۱۳۳٤	۰/۱٤۵	۰/۱٤٦	۰/۱۳۹۵	۰/۱۱۵
کاربری	۰/۰۸۱۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲	۰/۰٤۹	۰/۰٦٦۷	۰/۰۹٦	۰/۱۰۹۷	۰/۱۳۹۵	۰/۰۸۱
گسل	۰/۰٦۵	۰/۰٤٤	۰/۰۳۸۹	۰/۰۳۲۵	۰/۰۳۳۳	۰/۰٤۸	۰/۰۷۳	۰/۰۹۳	۰/۰۵۳
بارندگی	۰/۰۵٤۲	۰/۰۳٦٤	۰/۰۳۱۱	۰/۰۲٤٤	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲٤۱	۰/۰۳٦٦	۰/۰۷	۰/۰۳۷
ارتفاع	۰/۰٤۱	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱٦۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲

با توجه به تنوع ترکیب سنگ شناسی در حوضه رودخانه کارون بزرگ و حساسیت متفاوت واحدهای سنگی به زمین لغزش، به نظر می‌رسد، که عامل زمین شناسی نقش مؤثری در پراکنش زمین لغزش‌ها در منطقه داشته باشد.

- زمین شناسی: واحدهای زمین شناسی لغزش یافته، میزان لغزش در کل حوضه را نشان می‌دهد. این واحدها دارای بیشترین درصد ناپایداری هستند. (نقشه شماره ۷). با توجه به تنوع ترکیب سنگ شناسی در حوضه رودخانه کارون و حساسیت متفاوت واحدهای سنگی به زمین لغزش، به نظر می‌رسد که عامل زمین شناسی نقش مؤثری در پراکنش زمین لغزش‌ها در منطقه داشته باشد. جدول (۲).

- فاصله از جاده: جاده از عوامل مؤثر در ناپایداری است که توسط انسان ایجاد می‌گردد با توجه به جدول(۲) فاصله بین۰ تا ۵۰۰ متر دارای فراوانی زمین لغزش بیشتری است.

- فاصله از سکونتگاه‌ها، از دیگر عوامل مؤثر است که در ناپایداری تأثیر گذار است. فاصله از مناطق مسکونی جدول (۲) نشان را می‌دهد، که فاصله بین ۰ تا ۲۰۰۰ متر دارای فراوانی زمین لغزش بیشتری است.

- پوشش گیاهی: مناطقی که دارای پوشش گیاهی ضعیف است، برای لغزش مستعدتر هستند. برخلاف آن مناطق زراعی و باغی که دارای پوشش گیاهی انبوه است، دارای لغزش کمتری هستند. مناطق مرتعی که دارای پوشش بوته‌ای و علف‌زار است (Bu-Sh-He,

Bu-Sh) دارای لغزش بیشتر و مناطقی که بـه صـورت باغ و زراعت هستند، دارای لغزش کمتر خواهند بود.

– شیب، با بررسی روش‌های مختلف پهنه بندی و بازدیدهای صحرایی به این نتیجه رسـیدیم کـه شـیب توپوگرافی یکی از عوامـل مهـم در ایجـاد ناپایـداری شیب‌ها و حرکات توده‌ای است.

با توجه به جدول(۲)، زیـر کـلاس ۸ – ۰ درجـه دارای کمترین فراوانی لغزش هستند.

– فاصـله از آبراهـه، آبراهـه‌هـا بـه دلیـل وجـود زهکشـی آب و دیوارهـای پـر شـیب معمـولاً دارای لغزش بیشتری هستند. با توجه به جدول (۲) ملاحظه می‌گردد. که فاصله بین ۰ تا ۲۰۰۰ متر دارای بیشـترین زمین لغزش است.

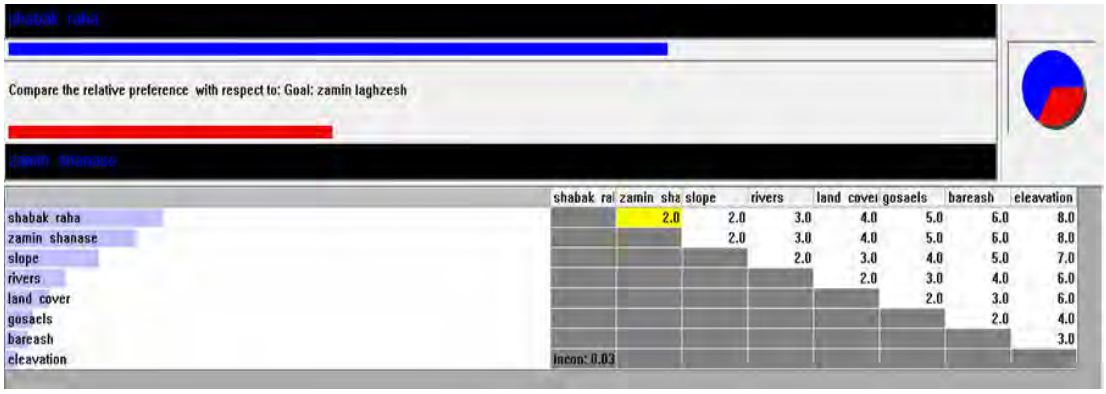
– میزان بارندگی، معمولا هر چـه میـزان بارنـدگی زیادتر باشد، میزان لغـزش هـم بیشـتر اسـت ولـی در حوضه آبخیز کارون به دلیل اینکه دارای بارش کمتری است و از طرفی تراکم شبکه‌ها آبراه‌ها فـراوان بـوده و سازندهای زمین شناسی سست و حساس هستند. لـذا نواحی حوضه مذکور از نظر پتانسیل لغزش مستعدتـر خواهد شد، به عبارتی زیر کـلاس‌هـای بـارش ۸۵۰– ۱۲۵۰ و بیش از ۱۲۵۰ میلیمتر و دارای بیشترین تراکم لغزش هستند. (جدول ۲).

– فاصله از گسل، فاصله از گسـل یـا بـه عبـارتی شکستگی‌ها و خردشـدگی نقـش مـؤثری در افـزایش پتانسیل ناپایـداری دامنـه‌هـا دارد. از انجـا کـه تـراکم سیستم درزه‌ها، شکستگی‌ها نقش مـوثری در افـزایش پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها دارند و گسل‌هـا مـی‌تواننـد خردشدگی را بوجود آورند. بنابراین، نقشه گسل‌هـای منطقه تهیه، سپس فاصـله از گسـل و سـطح گسـیخته شده هر رده و زیر کلاس‌های فاصله از گسل را بـرای منطقه مشخص شده است. در جدول (۲) میزان لغزش در هر کلاس در سطح کل حوضه را نشـان مـی‌دهـد. همان‌طور که در شکل مشاهده مـی‌شـود. بـا افـزایش فاصله از گسل در صد و میزان زمـین لغـزش کـاهش می‌یابد. بر اساس شکل (۳) بیشترین ناپایداری در زیر کلاس ۰–۳۰۰۰ متر است.

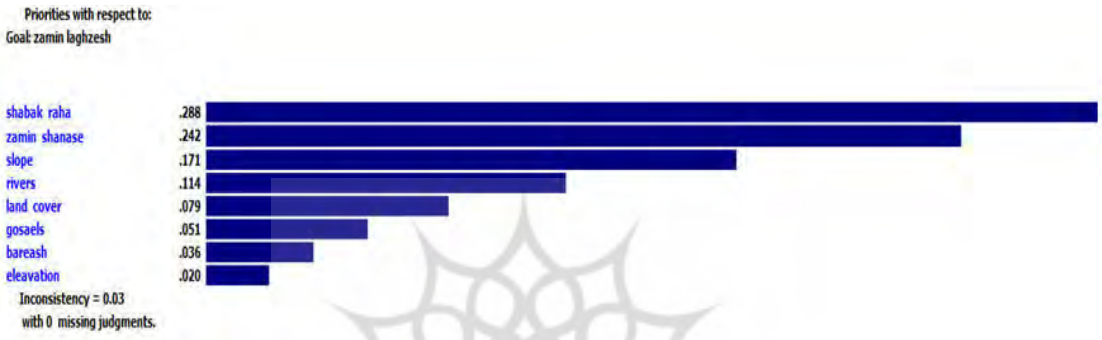
از بین عوامل مورد بحـث نقـش عوامـل شـیب و زمین شناسی نسبت به عوامل دیگـر در ایجـاد لغـزش بیشـترین تـاثیررا دارا اسـت. در مـوارد بعـدی عوامل فاصـله ازگسـل، حـداکثر شـتاب افقـی زلزلـه، بارندگی سـالیانه، فاصـله از آبراهـه، فاصـله از جـاده، کاربری اراضی و منـاطق مسـکونی بـه ترتیـب دارای اهمیت هستند.

در نقشه (۱۱) مناطق مستعد برای زمین لغزش با ٤ کلاس (خیلی پرخطر، پرخطر، متوسط خطر، کم‌خطر) نشان داده شده است. اما مهمترین بخش تهیه پـراکنش زمین لغزش‌ها را می‌توان با تصاویر ماهواره ای ۲۰۰۹ ETM^+و با بازدیـدهای منطقـه‌ای و تطبیـق زمینـی بـه صورت زمین لغزش‌ها پراکنده و یا مجتمع در حوضـه آبخیز کارون بزرگ، می‌توان مناطق را علامت گـذاری کرد. حتی می‌توان مناطقی را کـه احتمـالا مربـوط بـه زمین لغزش نبوده و علت‌های دیگر داشته‌اند را حذف نمود (بر اساس نقشه ۱۱).

روش تحلیل سلسه مراتبی سیستم‌ها (AHP) نیـز بر پایه مقایسه زوجـی عوامـل مـوثر در وقـوع زمـین لغزش‌ها استوار بوده که با استفاده ز نرم افزار Expert choice ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامـل مـوثر در نظـر گرفتـه شـده اسـت. سـپس بـرای پهنـه بنـدی و امتیازدهی به هر کدام از کلاس‌ها و زیـر کـلاس‌هـای مربوط به هر یک از عوامل، ضرایبی به دست آمده که بر اساس آنها مدل نهایی را ارائه می‌نماید.



شکل ۲- نمایش گرافیکی وزن دهی به هر یک از فاکتورهای موثر با نرم افزار Expert Choic

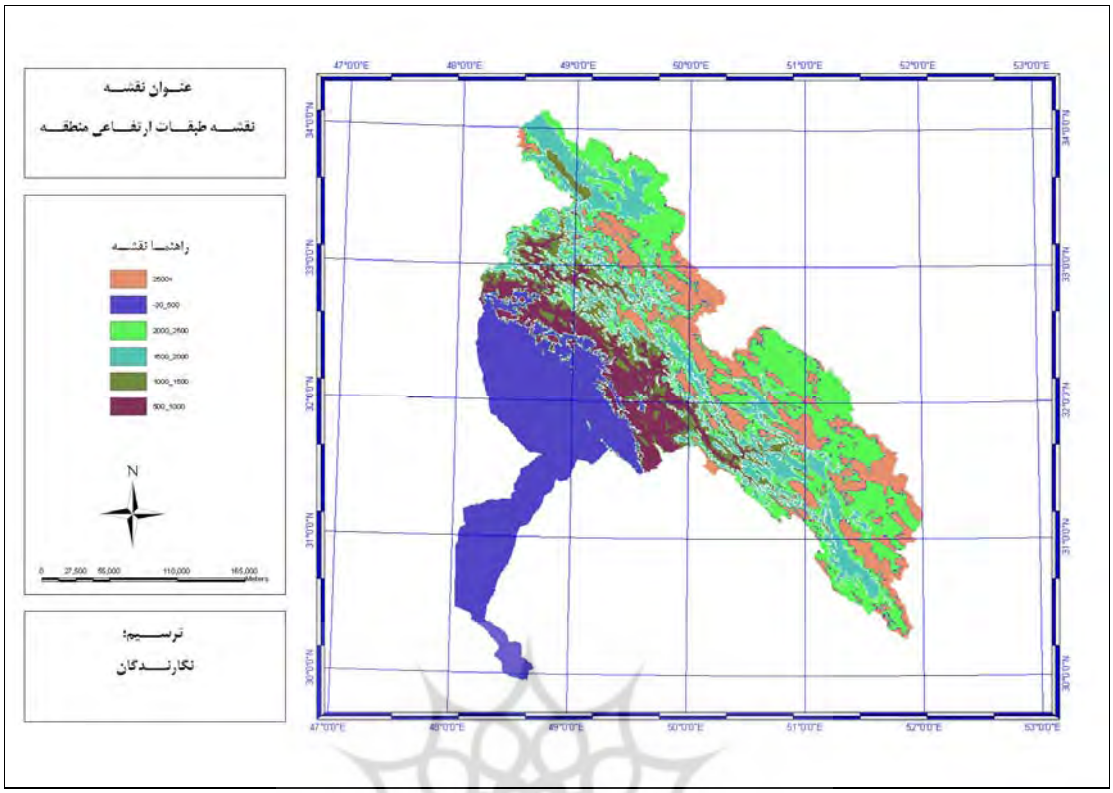


شکل ۳- نمایش گرافیکی وزن دهی به هریک از فاکتورهای موثر با نرم افزار Expert choice

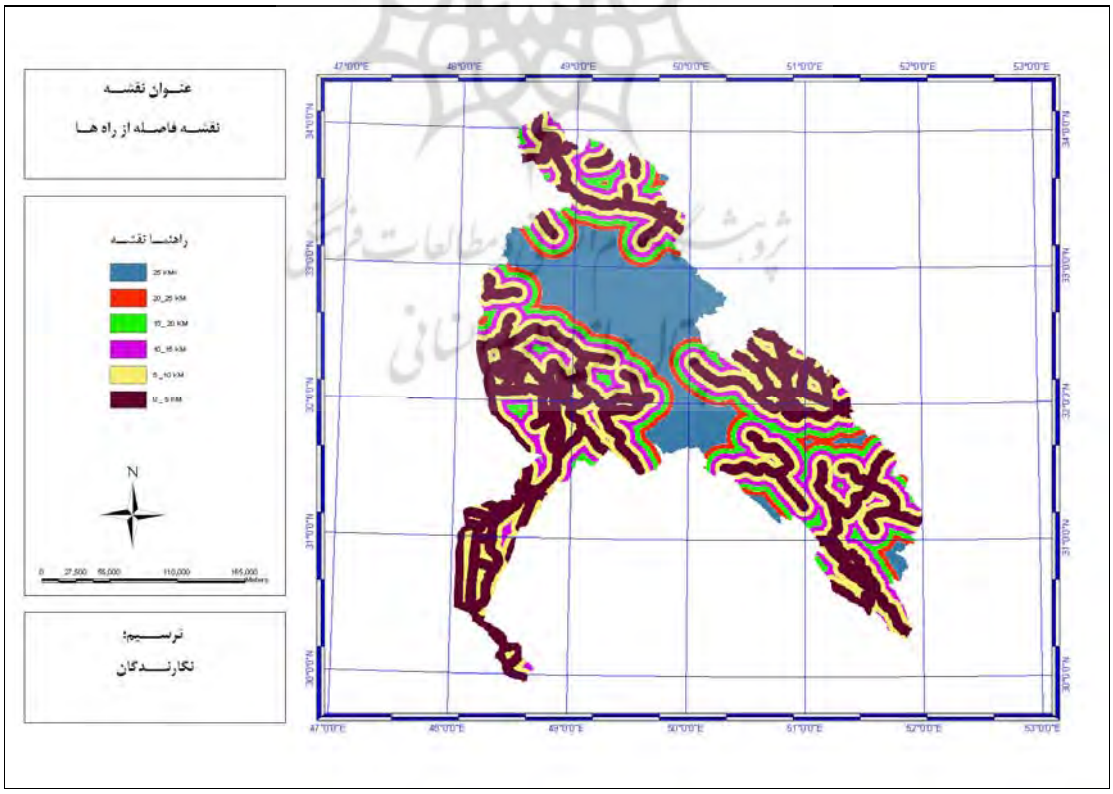
همچنین برای تعیین موقعیت دقیق و با صحت کامل هر کدام از مناطق احتمالی زمین لغزش با کلاس‌های خیلی پر خطر، پر خطر، متوسط خطر و کم‌خطر برای تهیه نقشه پراکنش آنها از سیستم تعیین مختصات جهانی GPS استفاده شده است. در انتها پس از تهیه نقشه هر یک از پارامترهای موثر در زمین لغزش‌های منطقه با استفاده از نرم افزار GIS Arc رقومی شده و وارد سیستم اطلاعات جغرافیایی گردیده است. در انتها با تلفیق نقشه‌های به دست آمده، نقشه کلی پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه به دست آمده است.

تهیه نقشه‌های رقومی شده عوامل موثر زمین لغزش حوضه آبریز کارون بزرگ براساس مدل AHP در محیط GIS

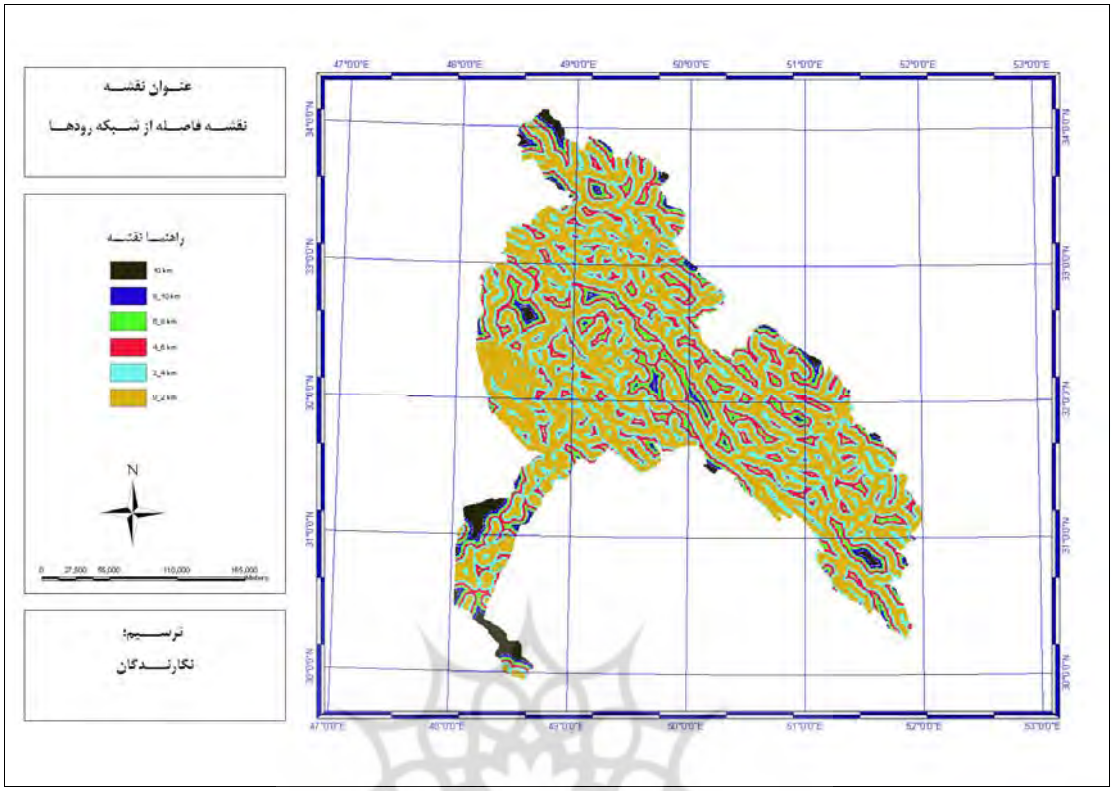
مهمترین عوامل موثر در رخ دادن زمین لغزش در منطقه با بهره‌گیری از اطلاعات و نقشه‌های پایه رقومی شده زمین شناسی و DATA به دست آمده از تصاویر ماهواره ای و داده‌های آماری سازمان‌های مسئول و مربوط جمع آوری گردید. سپس برای هر یک از پارامترهای موثر و شاخص‌های مورد نظر، کلاس‌های ارزشی تعیین شده و اهمیت نسبی آنها با مدل AHP تعیین گردید. آنگاه نقشه پارامترهای موثر در زمین لغزش منطقه مورد مطالعه، براساس وزن‌های AHP به دست آمده در محیط نرم افزار ArcGIS 9.3.3 به صورت زیر تهیه و استخراج گردیدند. نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش (شکل ۱۲) حاصل تلفیق همه نقشه‌های به دست آمده در محیط GIS است.



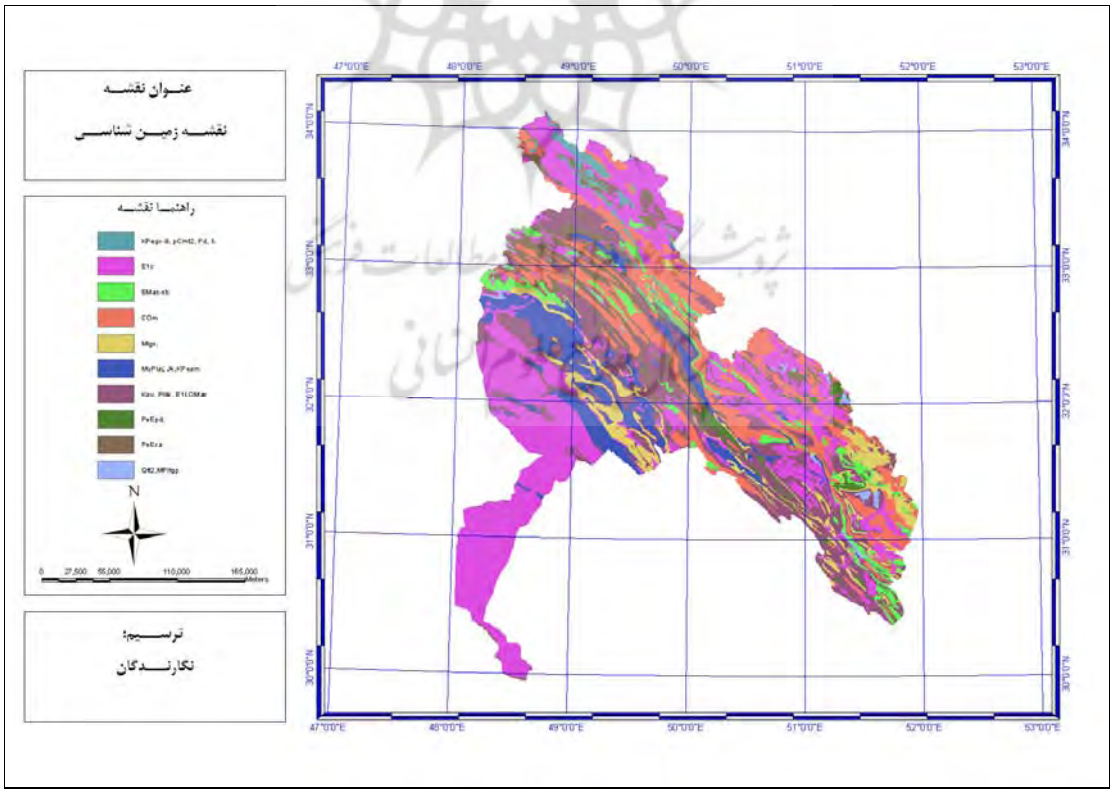
شکل٤- نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز کارون بزرگ



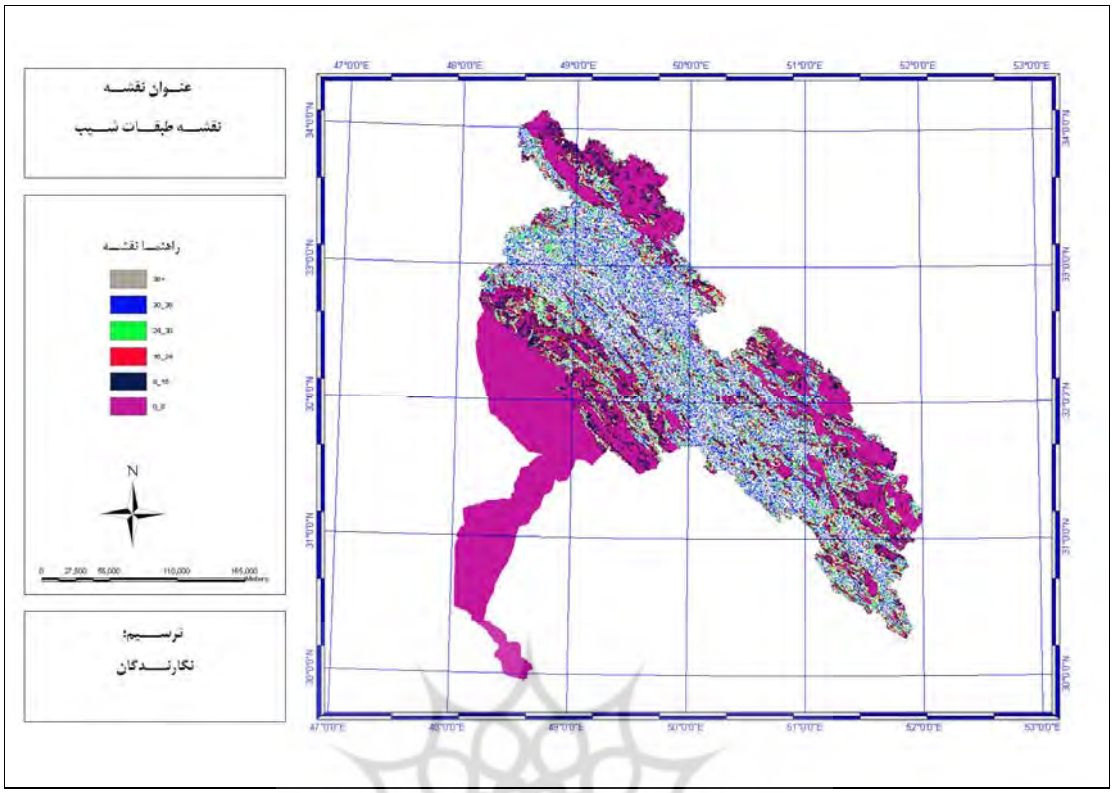
شکل٥- نقشه فاصله از شبکه راه‌های ارتباطی حوضه آبخیز کارون بزرگ



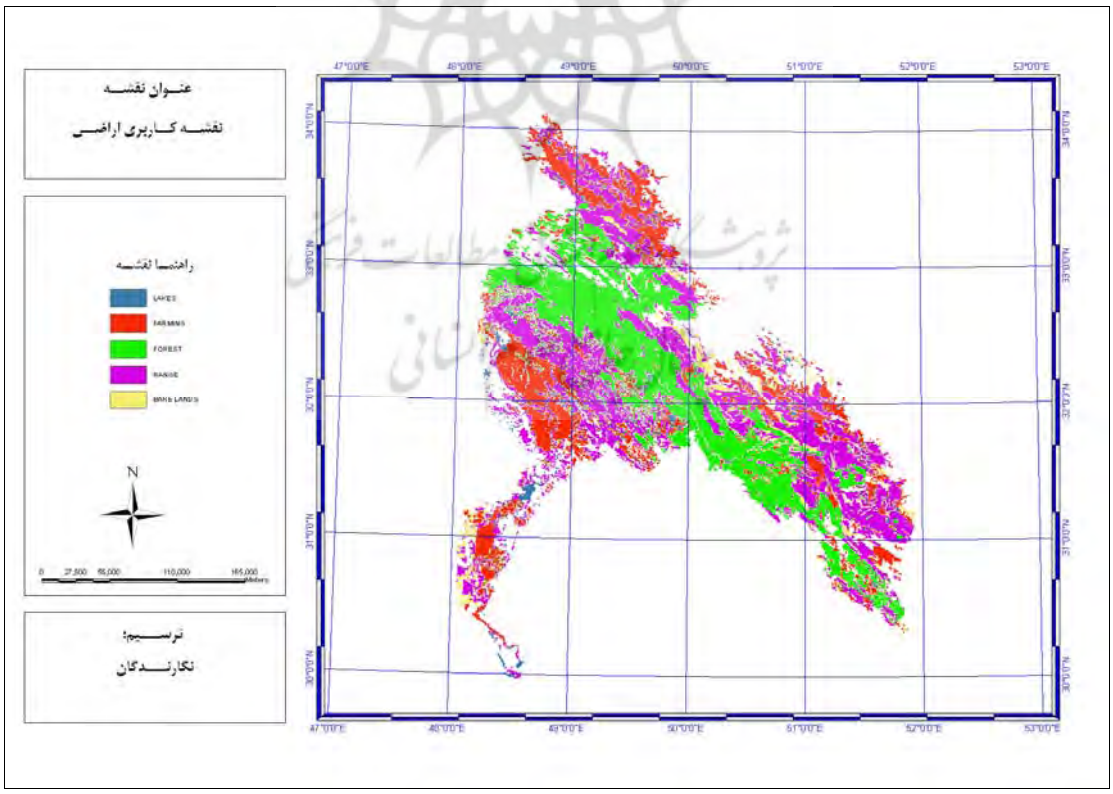
شکل ٦- نقشه فاصله از شبکه رودخانه‌ها (شبکه زه کشی) حوضه آبخیز کارون بزرگ



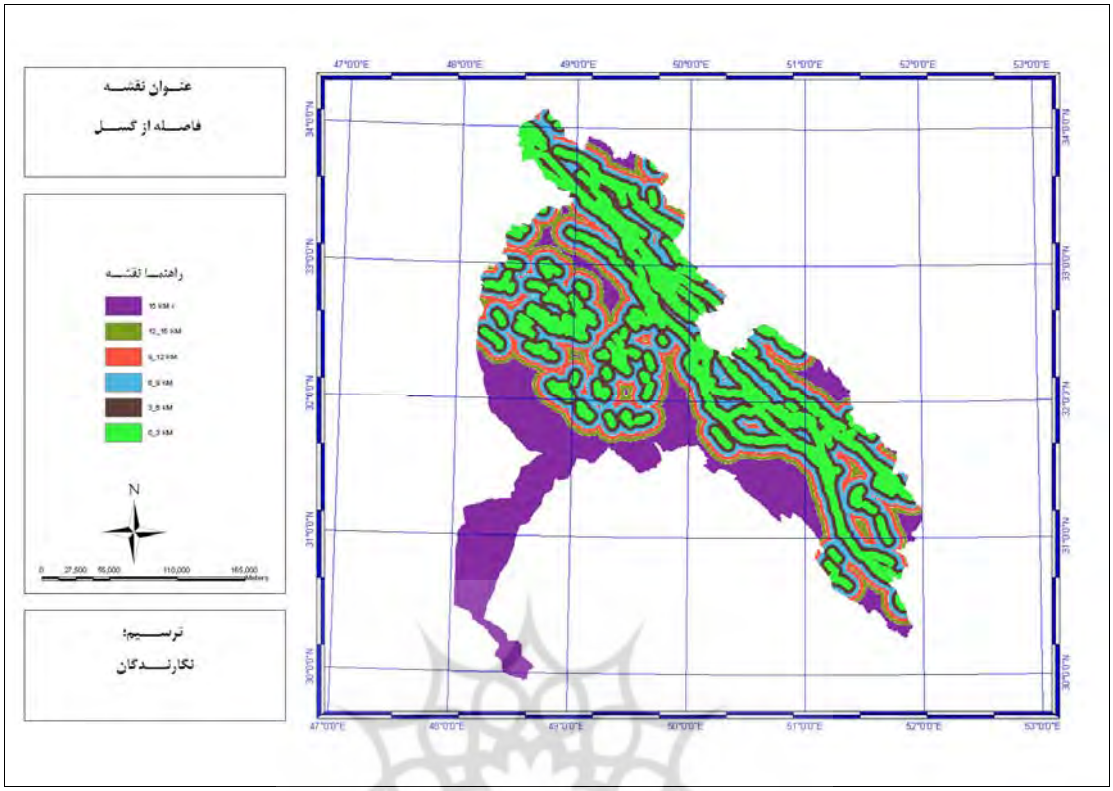
شکل ۷- نقشه زمین شناسی حوضه آبخیز کارون بزرگ



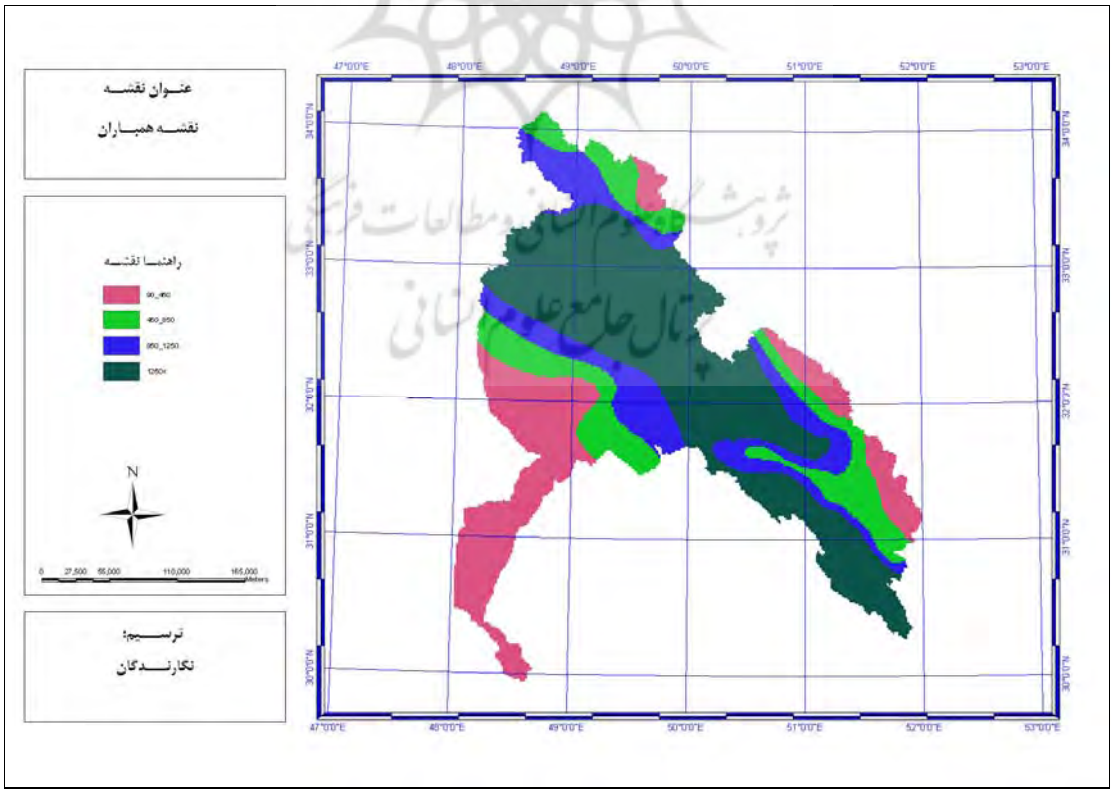
شکل ۸- نقشه طبقات شیب حوضه آبخیز کارون بزرگ



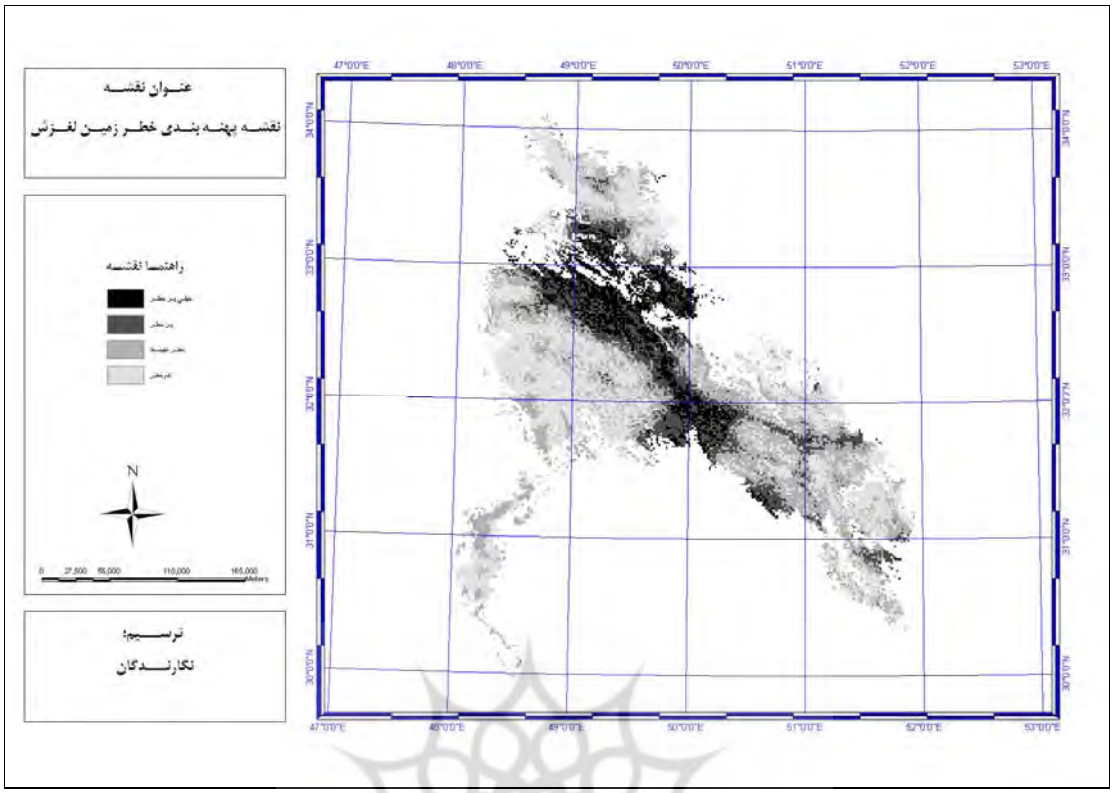
شکل ۹- نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز کارون بزرگ



شکل ۱۰- نقشه فاصله از شبکه گسل‌ها حوضه آبخیز کارون بزرگ



شکل ۱۱- نقشه همباران حوضه آبخیز کارون بزرگ



شکل ۱۲- نقشه اصلی پهنه بندی خطر لغزش حوضه آبخیز کارون بزرگ

براساس مطالعه نقشه‌های عوامل موثر و تاثیرگذار و همچنین نقشه پهنه بندی زمین لغزش منطقه می‌توان گفت که، حرکات دامنه‌ای اعم از لغزش، خزش، سولیفلوکسیون و ریزش تحت تاثیر عواملی از قبیل شیب، باران، زمین شناسی، فاصله از گسل، جاده و رودخانه و عوامل انسانی (مثل حفاری و خاکبرداری) و غیره قرار دارند. ضعف و قوت هر کدام از این عوامل نسبت به یکدیگر می‌تواند در تعیین و نوع حرکات نقش تعیین کننده داشته باشد. با مقایسه تاثیر عوامل تاثیرگذار و همچنین نقشه پهنه بندی به نظر می‌رسد، که شرایط طبیعی به گونه‌ای است که وقوع حرکات دامنه‌ای از نوع لغزش در منطقه مورد مطالعه (حوضه آبخیز کارون بزرگ) است. (صالحی پور، ۱۳۸۰، ٤).

جدول ۵- بیشترین و کمترین تاثیرکلاس‌های عوامل و پارامترهای موثر در زمین لغزش منطقه

کمترین تاثیر کلاس‌ها	بیشترین تاثیر کلاس‌ها
شیب کمتر از ۵ درصد	شیب بین ۵ تا ۳۰ درصد
کاربری اراضی: جنگل، مراتع متراکم	کاربری اراضی: کشاورزی آبی، دیم، اراضی بایر
میزان باران کمتر از ۹۰ میلیمتر	میزان باران بیشتر از ٤۵۰ میلیمتر
فاصله از جاده: بیشتر از ۳۰۰۰ متر	فاصله از جاده: کمتر از ۵۰۰ متر
فاصله از گسل: بیشتر از ۱۵ کیلومتر	فاصله کمتر از ۳ کیلومتر
فاصله از رودخانه: بیشتر از ۱۰۰۰ متر	فاصله از رودخانه: کمتر از ۱۰۰۰ متر
زمین شناسی: سایر واحدها موجود	واحدهای زمین شناسی:
جهات جغرافیایی: شرق وغرب و جنوب غربی حوضه	جهات جغرافیایی: شمال وجنوب و مرکز حوضه

نتیجه‌گیری

در این تحقیق پهنه بندی خطر زمین لغزش به منظور شناسایی مناطق دارای پتانسیل زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون انجام گردید. براساس تحقیقات انجام شده، عوامل متعددی سبب بروز این پدیده می‌شود، از مهمترین این عوامل می‌توان به تناوب لایه‌های سخت آهک در رو و مارن در زیر، وجود درز و شکافهای فراوان بر روی لایه‌ها، شیب زیاد ساختمانی، نفوذ آب، دخالت تکتونیک و بالاخره نیروی ثقل در کنار سایر عوامل دیگر در این پدیده اشاره کرد. تاکنون محققین زیادی به بررسی ابعاد گوناگون زمین لغزش و پهنه بندی آن پرداخته‌اند. هر یک از این پژوهش‌ها تحت شرایط ویژه‌ای مورد استفاده قرارگرفته است. در ایران پهنه بندی خطر زمین لغزش بیش از ۳۰ سال قدمت ندارد (کمک پناه وهمکاران، ۱۳٦۹، ۷٤). مطالعات و تحقیقات انجام شده پیرامون زمین لغزش، صورت گزارش از زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته و پهنه بندی خطر زمین لغزش و بررسی‌های به صورت موردی و با یک مدل یا روش صورت گرفته است. البته حدود ۸ روش از روش‌ها و مدل‌های شناخته شده در زمینه زمین لغزش در حوضه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است و این روش‌ها و مدل‌ها داری نقاط قوت و ضعف هستند. اما روش ترکیبی AHP در محیط نرم افزار GIS نسبت به سایر مدل‌ها واسنجی شده نتایج مناسب‌تری در اختیار می‌دهد. در طی این تحقیق شناخت عوامل مؤثر در لغزش‌های صورت گرفته در حوضه کارون بوسیله نرم افزار GIS اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش در حوضه کارون بزرگ گردید. عوامل مؤثر در لغزش منطقه مورد نظر شامل شیب، سنگ شناسی(لیتولوژی)، فاصله از گسل، ارتفاع، بارندگی سالیانه، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از مناطق مسکونی و کاربری اراضی است. کلاس و زیر کلاس‌های هر عامل از نظر اهمیت لغزش به صورت جدول ارائه گردیده است. با تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش AHP در محیط GIS درحوضه کارون بزرگ و نیز تطبیق نتایج عملیلت میدانی با نقشه‌های رقومی شده هر یک از پارامترها آشکار می‌کند. مدل AHP قابلیت بیشتری نسبت به مدل‌های دیگر در پهنه بندی لغزش در نواحی کوهستانی و مناطقی که دارای تغییرات شدید ارتفاع و تنوع کاربری و همچنین تنوع پوشش گیاهی و نوع سازندهای زمین شناسی در منطقه مورد مطالعه دارد. از طرفی نقشه نهایی پهنه بندی زمین شناسی با مجموع پهنه‌های تفکیک شده خطر وقوع لغزش بر اساس مدل AHP در واحدهای کاری حوضه از دقت بالاتری برخوردار است. پهنه خیلی خطرناک از لحاظ لغزش در مدل AHP حدود ٤/۲۸ درصد از کل حوضه را شامل می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که مدل سلسله مراتب زوجی AHP با لغزش‌های فعال فعلی مطابقت بیشتری دارد. نتایج همچنین نشان دهنده آن است که است که با افزایش شیب در سازندهای زمین شناسی در قسمت مرکزی حوضه با تغییر و تشدید نوع کاربری اراضی (به ویژه احداث سد کارون ۳) از مهمترین متغیرهای موثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای محسوب می‌گردند.. نقشه نهائی به دست آمده از تلفیق لایه‌های مختلف به ٤ طبقه: خیلی پرخطر، پرخطر، باخطر متوسط و کم خطر تقسیم شده است. از مقایسه نقشه نهائی پهنه بندی خطر زمین لغزش در سطح حوضه با سایر نقشه‌های پهنه بندی عوامل موثر در سطح حوضه مشخص گردید. نواحی خیلی پر خطر در مناطقی قرار گرفته‌اند که دارای شیب بیش از

۳۰ در صد، بارندگی بیش از ۱۲۵۰ میلی متر، ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، فاصله از شبکه زه کشی بین ۰ تا ٤ کیلومتر هستند. کاربری ارضی غالب در نواحی خیلی پر خطر و پر خطر، از نوع مرتع و جنگل می‌باشد. علی رغم اینکه به عامل جاده نسبت سایر عوامل موثر بر وقوع زمین لغزش بیشتر وزن تعلق گرفته اکثر مناطق خیلی پر خطر و پر خطر در فاصله زیاد از جاده‌ها قرار گرفته‌اند. بنابراین از آنجایی که بیشتر جاده‌های منطقه مورد مطالعه در نواحی نسبتا هموار و مسطح قرارگرفته‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر عامل جاده بر وقوع زمین لغزش در مواردی است، که جاده‌ها در مناطق پر شیب و پر ارتفاع قرار گرفته باشند. در نهایت با جمع نقشه‌های وزنی عوامل مختلف، نقشه پهنه بندی زمین لغزش را برای منطقه به دست آمده است. بنابراین، نقشه به دست آمده، مساحت پهنه‌های محاسبه شد، که در آن پهنه‌ای با خطر کم توانسته بود، بیشترین مساحت اشغال شده در منطقه مورد مطالعه را به خود نسبت دهد(٦۵/۲) و پهنه‌های با خطر متوسط، پرخطر، خیلی پرخطر هم به ترتیب برابر با۱۷/٦۷درصد، ۸/۸۹ درصد، ۷/۲۳ درصد از محدوده حوضه کارون را در بر می‌گیرد.

جدول ٦- میزان خطر پذیری حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP

میزان ریسک خطر پذیری براساس مدلAHP	درجه خطر	مساحت منطقه به هکتار	مساحت منطقه به در صد
٪۱۰/۷۵	خیلی پر خطر	۵۳۰/۲٤	۷/۲۳
٪۱۳/۲۱	پر خطر	۵٦۰/٦٤	۸/۸۹
٪۲٦/۲۷	با خطر متوسط	۱۱۸۸/٤۱	۱۷/٦۷
٪٤۹/۷۷	کم خطر	٤٤۸۹/۰۹	٦۵/۲
٪۱۰۰	مجموع کل	٦۷۲۵/۵٦	۱۰۰

نتایج نشان می‌دهد که روش AHP به دلیل برخورداری از متغیرهای بیشتر و کلاس بندی اصولی و جلوگیری از دخالت دادن مستقیم اعمال نظر کارشناسان در مدل (از طریق وزن‌های به دست آمده حاصل از مقایسه زوجی پارامترها در ماتریس استاندارد) نسبت به سایر روش‌ها دیگر برتر بوده و از دقت بیشتری بر خوردار است. بنابراین، مدل به دست آمده از این روش به عنوان مدل نهایی برای پهنه بندی حوضه آبخیز کارون بزرگ پیشنهاد می‌شود.

منابع

علایی‌طالقانی، محمود، (۱۳۸۱)، ژئومرفولوژی ایران، شماره۱۳۳۰و۱۳۳۷.نشرقومس چاپ اول.۳۷۵ ص

مرکز آمار ایران، (۱۳۸٦)، (۱۳۷۵)، سالنامه آماری استان خوزستان

اصغرپور، م.ج. (۱۳۸۳)، تصمیم گیریهای چند معیاره (A.H.P)، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران

محمدخان، ش.۱۳۸۰، ساخت مدل منطقه ای خطرحرکات توده ای با استفاده از ویژگیهای کیفی،تحلیل سلسله مراتبی AHP سیستم‌ها، مطالعه موردی حوضه آبخیزطالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران،۱٤ ص٤٤-٤۳

قدسی‌پور، سید حسن.(۱۳۸۱). فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر

احمدی،ح،اسمعیلی عوری، ا.فیض نیا،س.شریعت جعفری،م.(۱۳۸۲) پهنه بندی خطرحرکات‌های توده‌ای با استفاده ازروش رگرسیون چند متغیره(MR)،تحلیل سلسله مراتبی سیستمها(AHP)مطالعه موردی حوضه ابریزگرمی چای.مجاه منابع طبیعی ایران. جلد٥٦.شماره ٤. ۳۲۳-۳۳۵ ص.

گرایی،پ.۱۳۸۵.بررسی حرکات توده ای به منظور ارائه مدله پهنه بندی خطردرحوزه لاجیم رود تجن.پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکه منابع طبیعی دانشگاه مازندران.۲۵ص

احمدی، حسن، ۱۳۷۷، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲:بیابان، فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران

جلالی، نادر، ۱۳۸۱: ارزیابی تعدادی از روشهای پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه طالقان، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک وآبخیزداری.

حق شناس، ابراهیم، ۱۳۷٤:پهنه بندی خطر زمین لغزش وارتباط آن با تولید رسوب در منطقه طالقان،پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳ ص

حافظی مقدس،ناصر، ۱۳۷۲، پهنه بندی خطر زمین لغزش در مناطق زلزله خیز (مطالعه موردی زمین لغزش‌های تحریک شده در زلزله خردادماه ۱۳٦۹ مجیل). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

شریعت جعفری،محسن، ۱۳۷۳،بررسی و مطالعه تحلیلی ونوین زمین لغزش‌های بزرگ فعال شده در منطقه لاکه بر اثر زلزله خرداد ماه ۱۳٦۹ گیلان، پایان نامه کارشناسی ارشدزمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.ص۵۱

نظری، ح، سلامتی، ر، ۱۳۸۲، گزارش زمین شناسی خوزستان با مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ با سازمان زمین شناسی کشور

وزارت کشاورزی، ۱۳۸۲، نقشه کاربری وپوشش گیاهی اراضی خوزستان شمالی و معاونت طرح وبرنامه، اداره کل آمار واطلاعات کشور

اونق، محمد، ۱۳۸۲، مدلسازی وپهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه نرماب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ص۲۹.

کرم، عبدالامیر،فرج اله محمودی، ۱۳۸٤، مدل سازی کمی وپهنه بندی زمین لغزش در زاگرس چین خورده(حوضه آبریزسرخون در استان چهار محال بختیاری) پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۱، ۱٤-۱.

سازمان زمین شناسی ایران، نقشه‌های زمین شناسی محدوده مطالعاتی ۲۵۰۰۰۰: ۱ و۱۰۰۰۰۰: ۱ و۵۰۰۰۰: ۱

سازمان فضایی ایران ۲۰۰۹، تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده ETM منطقه مورد مطالعه.

صالحی پور، علیرضا، ۱۳۸۰، بررسی پارامترهای هیدرو مفیک موثر در حرکات دامنه ای حوضه آبریز قوری چای با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ص٤

Anbalagan ,R ,1992: Land slid hazard development and zonation Geoloey , vol 32, pp. 269_277

Varnes ,David j. UNESCO , 1987 , Landslides hazard Zonation: a review of principles and practice , printed in France

Van uestern , C.j. and R. soeters ,1997 ,GISSI Z: Geographig information system in slope instability Zonation , ITC Nether lands , 15 pp.

Geography and Environmental Planning Journal
23rd Year, vol. 48, No.4, Winter 2013
ISSN (Online): 2252-0848
ISSN (Print): 2008-5354
http://uijs.ui.ac.ir/gep

Mapping Landslide Hazard Zonation in Great Karoon Aquifer Basin by Analytical Hierarchy Process (AHP) model in Geographic Information System (GIS) Environment

M. Yamani, S. Hasanpoor, A. Mostafaei, M. Shadman Roodposhti
Received: October 19, 2010/ Accepted: August 13, 2011, 13-16 P

Extended abstract

1- Introduction

We have done this research in order to study frequency and transmissivity on big and widespread landslides in Great Karoon aquifer basin due to establish Great Karoon no 1,2,3 dams Purpose of this research is mapping landslide hazard zonation in Conformity with the new area activities and changes after: 1. Dams establishment, 2. land cover changing due to irrigation, drainage, river branches and irrigation canals. 3. Topography change of the zone due to harvest, moving huge amounts of soil and excavation process.

In this research after considering previous researches and library studies we have found out 8 effective factors as essential items in occurring landslides: slope, altitude, rainfall, and distance from road, distance from fault, and distance from drainage basin, land cover and petrology. Then we made information layers of these factors by using Arc GIS9.3 softwares in GIS environment .after it we allocated classes' weight of every factor by using Analytical Hierarchy Process (AHP) method.

We made ultimate map by compounding the different layers, and then categorized it in 4 classes; extremely hazardous, fully hazardous, middle hazardous and less hazardous. The extremely hazardous zones are affected by area geology conditions and it's known as main factor in the landslide transmissivity, and other

Author(s)

M. Yamani
Associate Professor of Geomorphology, Tehran University, Tehran, Iran
S. Hasanpoor (✉)
Ph.D Student in Geomorphology, Tehran University, Tehran, Iran
e-mail: Hassanpour.saman@gmail.com
A. Mostafaei
M.A. in Remote Sensing, Tehran University, Tehran, Iran
M. Shadman Roodposhti
M.A. in Remote Sensing, Tehran University, Tehran, Iran

effective items are: the slope between 5% to 30% , the drainage more than 1250 mm, the height between 500 to 2000 m and the distance from drainage basin between 0 to 4 km**.** Most of the extremely hazardous zones are pastures and plains that villagers and immigrant tribes use them and their water for grazing live stocks and especially for water cultivation in the slope zones**.** Eventually we came to this conclusion that AHP method is more accurate and better than other methods because it contains more variables and principled classifications without any experts' direct ideas.

Landslides are vitally important and we know them as worldwide disasters, owing to cause gigantic compensations. Final goal of every mass process is mapping zonation and categorizing hazardous zones in to different scales for reducing any possible damage**.** Nowadays there are many different ways for earth mass processing movement**.** In regards to establishment of Great Karoon no1, 2, 3 dams, the frequency and transmissivity on big and widespread landslides in aquifer basin of Great Karoon are 219 times during 20 months (according to reports of Geology Organization 387, 68)

Purpose of carrying out this research is mapping landslide hazard zonation in conformity with produced changes after:1. Dams establishment 2 land cover changing due to irrigation, drainage ,river branches and irrigation canals.3.Topography change of the zone due to harvest and moving huge amounts of soil .In this research we have applied the AHP method i.e. a method in according to expertise judgment.

Framework of Analytical Hierarchy Process (AHP) method was based on pair comparison. Generally in this method at first we use oral judgments (experts' opinion) for assigning different parameters and changing them to quantitative scales**.** We made a matrix for parameters and scored them (σ), and then we multiplied every score to every class's weighting coefficient and they added to each other, finally this model was obtained**:** M is sensitivity parameter).

We made ultimate map by compounding the different layers, and then categorized it in 4 classes; extremely hazardous, fully hazardous, middle hazardous and less hazardous**.**

Land cover of the extremely hazardous and fully hazardous zones is often pastures and jungles. the road factor has obtained more weight and in happening landslides it's more effective when the roads are placed in high slope and high altitude (height)**.** As final conclusion we can say that in comparison with other methods the AHP method is superior and more accurate, due to having more variables and principled classifications without involving the experts' directs ideas (by using the obtained weights of pair comparison parameters in standard matrix.

Key Words: zonation, landslide, Analytical Hierarchy Process (AHP) method Geographic Information System (GIS), Great Karoon aquifer basin

References

Ahmadi, H., (1998), Applied Geomorphology, Volume 2: Wilderness, wind erosion, Tehran University Press

Ahmadi, H., Ismail Vry, OR. Faiz M., SA. Law Jafari, M.. (2003) classification using mass Khtrhrkathay

Alaei Taleghani, M., (2002). Geomorphology Iran Nshrqvms numbers 1950 and 1958, first edition, 375 pp.

Anbalagan, R, 1992: Land slid hazard development and zonation Geoloey, vol 32, pp. 269_277

Asgharpour, M.-C. (2004), a multi-criteria decision making (AHP), Third edition, Tehran University Press

Aounagh, M., (2003), Modeling Vphnh Nrmab classified landslide in the basin, MS Thesis, Tehran University, pp. 29.

Cream, Amir Faraj Mahmoud R., (2005), Quantitative modeling of the Zagros Folded Vphnh Landslide Classification (Bryzsrkhvn basin in Chahar Mahal and Bakhtiari Province) Geographical Studies, No. 51, 14-1.

Department of Agriculture, (2003), vegetation coverage maps of land use plans and programs of Khuzestan and Northern Affairs, General Directorate of Statistics and information

Geological Survey of Iran, Geological map of the study area of 250,000 1 100,000 1 50,000 1

Ghodsi M, SH. (2002). AHP ((AHP Amir Kabir University Press

Grateful, E., (1995): Landslide hazard zonation and its relation to sediment production in Taleghan, master's thesis, Tarbiat Modarres University, 2004.

Iranian Space Agency in 2009, Landsat ETM Landsat satellite images of the study area.

Jafari, M., (1994), Analytical study Vnvyn largest landslides in the earthquake zone in June 1369 Layers of Gilan, bachelor thesis Arshdzmyn of Engineering, Tarbiat Modarres University. Pp. 51

Jalali, N., (2002): An evaluation of methods for landslide hazard zonation in the Basin Taleqan final report of the research project, Institute of Soil Conservation Vabkhyzdary.

Khan, SH, (2001), using the mass Khtrhrkat regional model quality characteristics, Hasystmha AHP AHP system, Bkhyztalqan Basin Case Study, Master Thesis, School of Natural Resources Watershed. Tehran University.

Orientation, (2006). Studied mass movements in order to provide zoning MODELS Khtrdrhvz·h Lajym Tajan river. Danshk·h MA thesis, University of Natural Resources, 25 p.

Sacred song, N., (1993), Landslide hazard zonation in earthquake-prone areas (case study of landslides triggered by an earthquake in June 1990 Mjyl.) Master of Science Thesis, University

Salehi, A., (2001), Hydro Mfyk parameters influencing the range of motion teapot catchment using GIS, MS Thesis, Tehran University, P 4.

Statistical Center of Iran (2007), (1998), Statistical Yearbook province

Technique of multiple regression (MR), Analytic Hierarchy Process Systems (AHP) Abryzgrmy tea Basin case study. Mjah of natural resources. Volume 56. No. 4. Pp. 323-335.

Theoretically, h, Health, l, (2003), Report on geological province 100000 Scale: 1 Geological Survey.

Van uestern, C.j .and R. soeters, 1997 ,GISSI Z: Geographig information system in slope instability Zonation , ITC Nether lands, 15 pp.

Varnes, David j. UNESCO, 1987, Landslides hazard Zonation: a review of principles and practice, printed in France

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی