



نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از

مدل AHP در محیط GIS

مجتبی یمانی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

سیروس حسن‌پور: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران*

ابوالفضل مصطفایی: کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مجید شادمان‌رودپشتی: کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تهران، تهران، ایران

وصول: ۱۳۸۹/۷/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۲۲، صص ۵۶-۳۹

چکیده

این تحقیق به موضوع فراوانی و پراکنش زمین لغزش‌های بزرگ و وسیع پس از احداث سدهای بزرگ کارون ۱ و ۲ و ۳ در حوضه آبخیز کارون بزرگ می‌پردازد. با بررسی‌های به عمل آمده، عامل اصلی و فراوانی زمین لغزش‌های منطقه در احداث سدهای مذکور و تغییرات کاربری اراضی، زه‌کشی و اضافه شدن انشعابات رودخانه‌ها و کانال‌های آبیاری است. از سوی دیگر تغییرات 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 سلسله مراتبی (AHP) و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش نوین حوضه آبخیز کارون بزرگ است. در این تحقیق، ابتدا پس از بررسی ادبیات پژوهش و مطالعات کتابخانه‌ای، ۸ عامل شامل: شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، فاصله از جاده، فاصله از گسل، فاصله از شبکه زه‌کشی، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی به عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه تشخیص داده شدند. سپس لایه‌های اطلاعاتی این عوامل در محیط GIS با استفاده از نرم افزارهای Arc GIS 9.3 تهیه شده و وزن کلاس‌های هر کدام از عوامل با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین گردیدند. آنگاه با تلفیق نقشه‌های لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، اقدام به تهیه نقشه نهایی در ۴ کلاس: خیلی پرخطر، پرخطر، با خطر متوسط و کم خطر صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که نواحی خیلی پرخطر متأثر از عامل زمین‌شناسی منطقه به عنوان عامل اصلی (سنگ‌های آهکی، آهک متخلخل، آهک مارنی، مارن آهکی و مارن) و عوامل تأثیرگذاری همچون، شیب بین ۵ تا ۳۰ درصد، بارندگی بیش از ۱۲۵۰ میلی‌متر، ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، فاصله از شبکه زه‌کشی بین ۰ تا ۴ کیلومتر عوامل مؤثر در پراکنش زمین لغزش‌های منطقه هستند. با مطالعه نقشه نهایی می‌توان گفت، نواحی خیلی پرخطر و پرخطر 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 جانبی همچون، فعالیت دام‌ها و عشایر کوچک رو به منظور 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 کلاس بندی اصولی و بدون اعمال نظر 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) برای این پروژه است.

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

مقدمه

در مدت ۲۰ ماه)، گزارش سازمان زمین شناسی (۱۳۸۷، ۶۸)، 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، ۱۳۸۴، ۳۳۵-۳۲۳) نقشه حساسیت زمین لغزش در حوضه آردیس ترکیه با سه روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP)، فاکتور وزنی^۱ (WF) و شاخص آماری (Si)^۲ 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

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، ۴۴). 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 انتقال با خطوط لوله و یا دلکل‌ها و غیره در مقیاس‌های مختلف مورد توجه برنامه ریزان قرار می‌گیرد (سفیدگری و همکا ران، ۱۳۸۴). بزرگ‌ترین زمین لغزش‌های کشور به موازات یال شمالی طاق‌دیس کبیر کوه و در امتداد رودخانه سمیره در استان ایلام بوقوع پیوسته است (علایی طالقانی، ۱۳۷۵، ۱۳۸۱). 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، ۱۳۸۴، ۱۴-۱). 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

1.Weight Factor
2.Statistical indicators

بندی نمودند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که از بین عوامل تأثیر گذار در وقوع حرکت‌های توده‌ای عامل زمین شناسی دارای بیشترین تأثیر بوده است. در تحقیقی با روش Frequency ratio در حوضه صفا رود استان مازندران عنوان نمودند که ۱۱/۶ درصد منطقه در پهنه خطر خیلی بالا قرار گرفته است. بر همین اساس حرکات توده‌های و زمین لغزش‌ها حدود ۹ درصد از مخاطرات طبیعی را در سالهای ۱۹۹۰ 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 (۱۳۸۰ تا 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.

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 اغمازی در نفوذپذیری خاک به ویژه (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 کلاس‌ها س جدید و پارامترهای انتخاب شده مدل AHP است. از نظر کارشناسان برای بررسی روند تغییرات و تاثیر گذاری عوامل زمین لغزش‌های اخیر، تهیه نقشه پتانسیل و پهنه‌بندی حوضه کارون بزرگ

هدف از انجام این تحقیق، نه تنها اولویت بندی عوامل موثر بر زمین لغزش و پهنه‌بندی خطر آن با

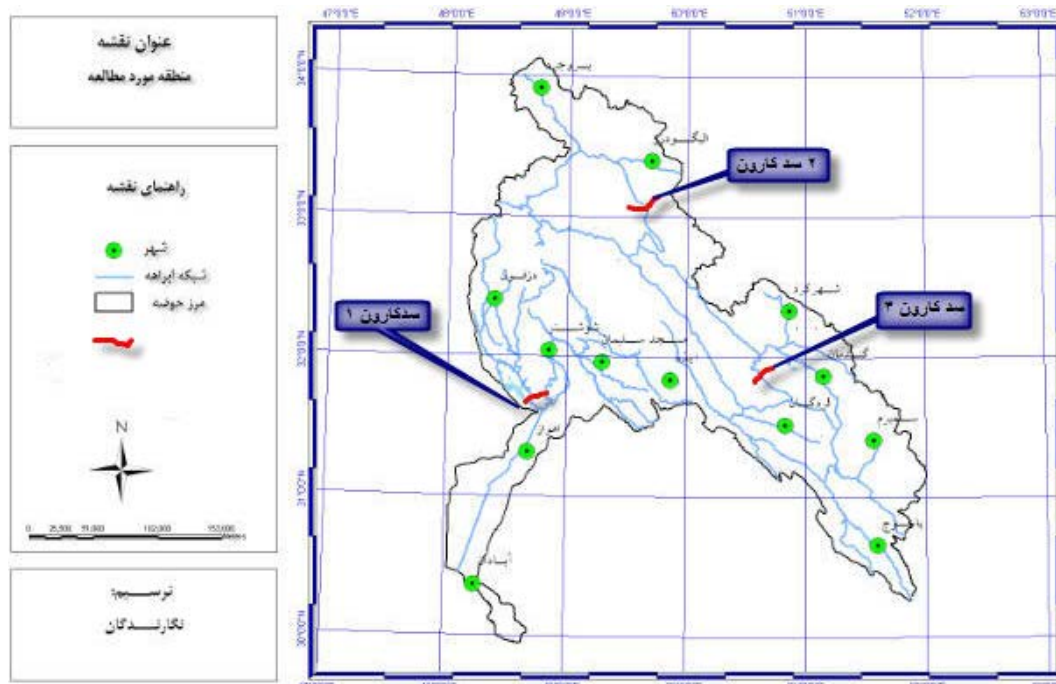
و قسمت‌هایی از استان‌های اصفهان و خوزستان و مرکزی است. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی ۲۷° - ۳۴° - ۴۸° تا ۰۰° - ۵۲° طول شرقی و ۵۶° - ۲۹° تا ۷° - ۳۴° عرض شمالی است. مساحت آن ۶۷۲۵۷ کیلومتر مربع است.

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 کهگیلویه و بویراحمد



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

از شبکه راه‌ها، فاصله از رودخانه، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از نواحی مسکونی، فاصله از گسل‌ها و غیره) صورت گرفت و نقشه‌های 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 ۱:۲۵۰۰۰، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، آمار بارندگی

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 Arc Hyideo بوده است. در مرحله بعد اقدام به شناسایی و مطالعه عوامل تاثیر گذار در وقوع زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه مانند (شیب، میزان بارش، کاربری اراضی، لیتولوژی، فاصله

از گسل، 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 کاربردی 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 کاربردی‌ها استفاده شد. و بدین صورت نقشه کاربردی اراضی منطقه مورد مطالعه استخراج شد.

مرحله دوم: اقدام به ارزش‌گذاری (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 پهنه‌بندی 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 رتبه‌بندی عوامل مختلف و پارامترها و تبدیل آنها به مقادیر کمی از قضاوت‌های شفاهی (پرسش‌نامه‌های نظر سنجی

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

آماده‌سازی 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 نرم‌افزار ENVI 4.7 (به منظور تصحیح تصویر و ترکیب باندهای مورد نظر و موزائیک کردن برش‌های تصاویر ماهواره‌ای) آماده گردید. همچنین تهیه نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان زمین شناسی ایران نیز صورت گرفت. نقشه‌های مورد استفاده در تحقیق به کمک نرم‌افزار Arc GIS 9.3.3 زمین مرجع و رقومی گردید. تهیه لایه‌های اطلاعاتی و روی هم‌گذاری آنها، تعیین محدوده‌های ژئومورفیک و تهیه نقشه پهنه‌بندی نهایی زمین لغزش و تفسیر آنها با به کارگیری مدل AHP در طول فرایند تحقیق با استفاده از نرم‌افزار GIS صورت گرفته است. نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه در محیط نرم‌افزار Arc GIS رقومی شده و نقشه مدل رقومی ارتفاع^۱ (DEM) از روی آن تهیه گردید. نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب از روی DEM و نقشه سنگ شناسی و فاصله

4. Digital Elevation Model

نموده که در نهایت مدل زیر به دست آمده

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

که در آن M عامل حساسیت، فاکتور x مربوط به عوامل مختلف و n b مربوط به مقادیر وزنی هر کدام 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 ۴ قسمت مساوی تقسیم بندی می‌گردد. در راستای 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 (جدول ۲). 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 ۴ 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 تا ۱۰). 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 نظر گرفتن پارامترهای مربوط به حوضه در جدول (۴) 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.

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

مقدار عدد	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مطلوب
۷	مطلوب قوی
۵	بسیار قوی
۳	کمی مطلوب
۱	مطلوب
۲، ۴، ۶، ۸	ترجیحات بین فواصل

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 مقایسه 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 ضرب وزنی به دست آمده برای هر یک از کلاسه‌ها (σ) ضرب کرده و آنها را با هم جمع

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
۴	۱۵۰۰-۲۰۰۰	مارن و ماسه سنگ‌های فرسوده مارنی	۲۴-۳۰	۶۰۰-۸۰۰	مراعات 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<
۶	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 زپس دار و به رنگ قرمز تا خاکستری	-	-	-	-	-	-

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).

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

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	۴	۵	۶	۸
زمین شناسی	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۸
شیب	۱/۲	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۵	۷
رودخانه	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۴	۶
کاربری	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۳	۶
گسل	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۲	۴
بارندگی	۱/۶	۱/۶	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۱	۳
ارتفاع	۱/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱
مجموع	۳/۰۷۵	۴/۵۷۵	۶/۴۲۶	۱۰/۲۵	۱۴/۹۹۹	۲۰/۷۵	۲۷/۳۳	۴۳

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 ۴).

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

جدول ۴- 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	۰/۴۳۷	۰/۳۱۱	۰/۲۹۳	۰/۲۶۶	۰/۲۴۱	۰/۲۱۹	۰/۱۸۶	۰/۲۸۵
زمین شناسی	۰/۱۶۳	۰/۲۱۹	۰/۳۱۱	۰/۲۹۳	۰/۲۶۶	۰/۲۴۱	۰/۲۱۹	۰/۱۸۶	۰/۲۳۷
شیب	۰/۱۶۳	۰/۱۰۹	۰/۱۵۶	۰/۱۹۵	۰/۲۰	۰/۱۹۳	۰/۱۸۳	۰/۱۶۳	۰/۱۷
رودخانه	۰/۱۰۸۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۷	۰/۰۹۷۵	۰/۱۳۳۴	۰/۱۴۵	۰/۱۴۶	۰/۱۳۹۵	۰/۱۱۵
کاربری	۰/۰۸۱۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۹	۰/۰۶۶۷	۰/۰۹۶	۰/۱۰۹۷	۰/۱۳۹۵	۰/۰۸۱
گسل	۰/۰۶۵	۰/۰۴۴	۰/۰۳۸۹	۰/۰۳۲۵	۰/۰۳۳۳	۰/۰۴۸	۰/۰۷۳	۰/۰۹۳	۰/۰۵۳
بارندگی	۰/۰۵۴۲	۰/۰۳۶۴	۰/۰۳۱۱	۰/۰۲۴۴	۰/۰۲۲۰	۰/۰۲۴۱	۰/۰۳۶۶	۰/۰۷	۰/۰۳۷
ارتفاع	۰/۰۴۱	۰/۰۲۷۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۶۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۲۰	۰/۰۱۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲

- فاصله از جاده: جاده از عوامل مؤثر در ناپایداری است که توسط انسان ایجاد می‌گردد با توجه به جدول (۲) فاصله بین ۰ 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,

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).

در هر کلاس در سطح کل حوضه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود. با افزایش فاصله از گسل در صد و میزان زمین لغزش کاهش می‌یابد. بر اساس شکل (۳) بیشترین ناپایداری در زیر کلاس ۰-۳۰۰۰ متر است.

از بین عوامل مورد بحث نقش عوامل شیب و زمین‌شناسی نسبت به عوامل دیگر در ایجاد لغزش بیشترین تاثیر را دارا است. در موارد بعدی عوامل فاصله از گسل، حداکثر شتاب افقی زلزله، بارندگی سالانه، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، کاربری اراضی و مناطق مسکونی به ترتیب دارای اهمیت هستند.

در نقشه (۱۱) مناطق مستعد برای زمین لغزش با ۴ کلاس (خیلی پرخطر، پرخطر، متوسط خطر، کم‌خطر) نشان داده شده است. اما مهمترین بخش تهیه پراکنش زمین لغزش‌ها را می‌توان با تصاویر ماهواره ای ۲۰۰۹ ETM⁺ و با بازدیدهای منطقه‌ای و تطبیق زمینی به صورت زمین لغزش‌ها پراکنده و یا مجتمع در حوضه آبخیز کارون بزرگ، می‌توان مناطق را علامت گذاری کرد. حتی می‌توان مناطقی را که احتمالاً مربوط به زمین لغزش نبوده و علت‌های دیگر داشته‌اند را حذف نمود (بر اساس نقشه ۱۱).

روش تحلیل سلسه مراتبی سیستم‌ها (AHP) نیز بر پایه مقایسه زوجی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها استوار بوده که با استفاده از نرم افزار Expert choice ابتدا با وزن دهی به تک تک عوامل موثر در نظر گرفته شده است. سپس برای پهنه بندی و امتیازدهی به هر کدام از کلاس‌ها و زیر کلاس‌های مربوط به هر یک از عوامل، ضرایبی به دست آمده که بر اساس آنها مدل نهایی را ارائه می‌نماید.

(Bu-Sh) دارای لغزش بیشتر و مناطقی که به صورت باغ و زراعت هستند، دارای لغزش کمتر خواهند بود.

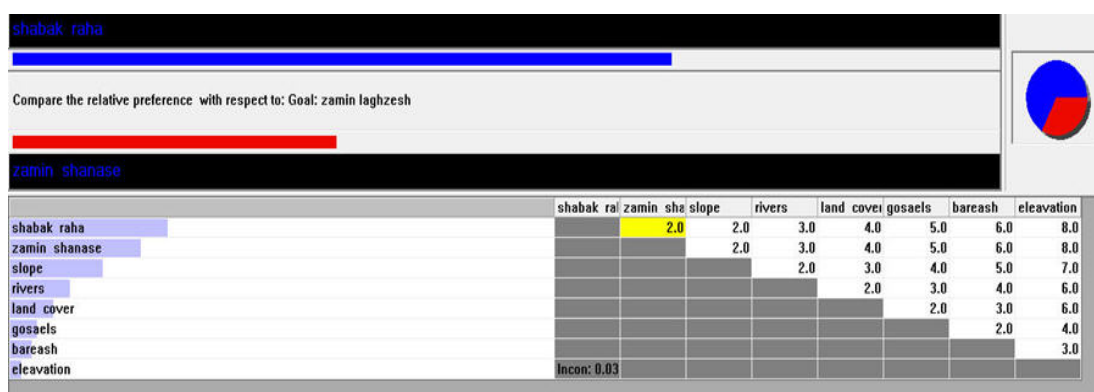
- شیب، با بررسی روش‌های مختلف پهنه بندی و بازدیدهای صحرایی به این نتیجه رسیدیم که شیب توپوگرافی یکی از عوامل مهم در ایجاد ناپایداری شیب‌ها و حرکات توده‌ای است.

با توجه به جدول (۲)، زیر کلاس ۸ - ۰ درجه دارای کمترین فراوانی لغزش هستند.

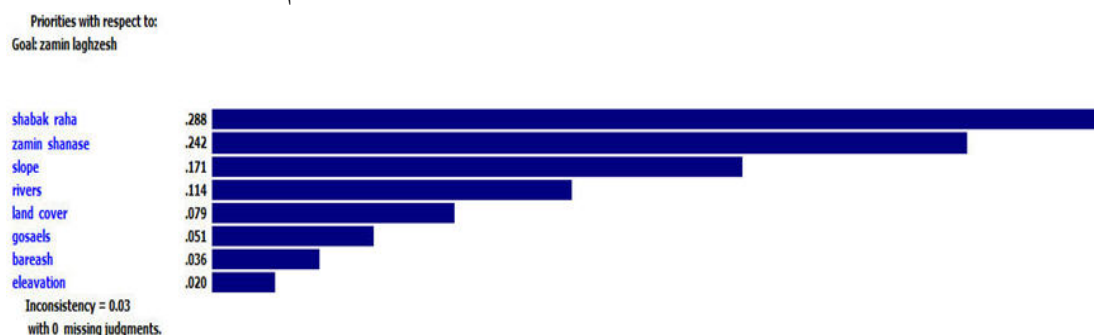
- فاصله از آبراهه، آبراهه‌ها به دلیل وجود زهکشی آب و دیوارهای پر شیب معمولاً دارای لغزش بیشتری هستند. با توجه به جدول (۲) ملاحظه می‌گردد. که فاصله بین ۰ تا ۲۰۰۰ متر دارای بیشترین زمین لغزش است.

- میزان بارندگی، معمولاً هر چه میزان بارندگی زیادتر باشد، میزان لغزش هم بیشتر است ولی در حوضه آبخیز کارون به دلیل اینکه دارای بارش کمتری است و از طرفی تراکم شبکه‌ها آبراه‌ها فراوان بوده و سازندهای زمین‌شناسی سست و حساس هستند. لذا نواحی حوضه مذکور از نظر پتانسیل لغزش مستعدتر خواهد شد، به عبارتی زیر کلاس‌های بارش ۸۵۰-۱۲۵۰ و بیش از ۱۲۵۰ میلیمتر و دارای بیشترین تراکم لغزش هستند. (جدول ۲).

- فاصله از گسل، فاصله از گسل یا به عبارتی شکستگی‌ها و خردشدگی نقش مؤثری در افزایش پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها دارد. از آنجا که تراکم سیستم درزه‌ها، شکستگی‌ها نقش مؤثری در افزایش پتانسیل ناپایداری دامنه‌ها دارند و گسل‌ها می‌توانند خردشدگی را بوجود آورند. بنابراین، نقشه گسل‌های منطقه تهیه، سپس فاصله از گسل و سطح گسیخته شده هر رده و زیر کلاس‌های فاصله از گسل را برای منطقه مشخص شده است. در جدول (۲) میزان لغزش



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

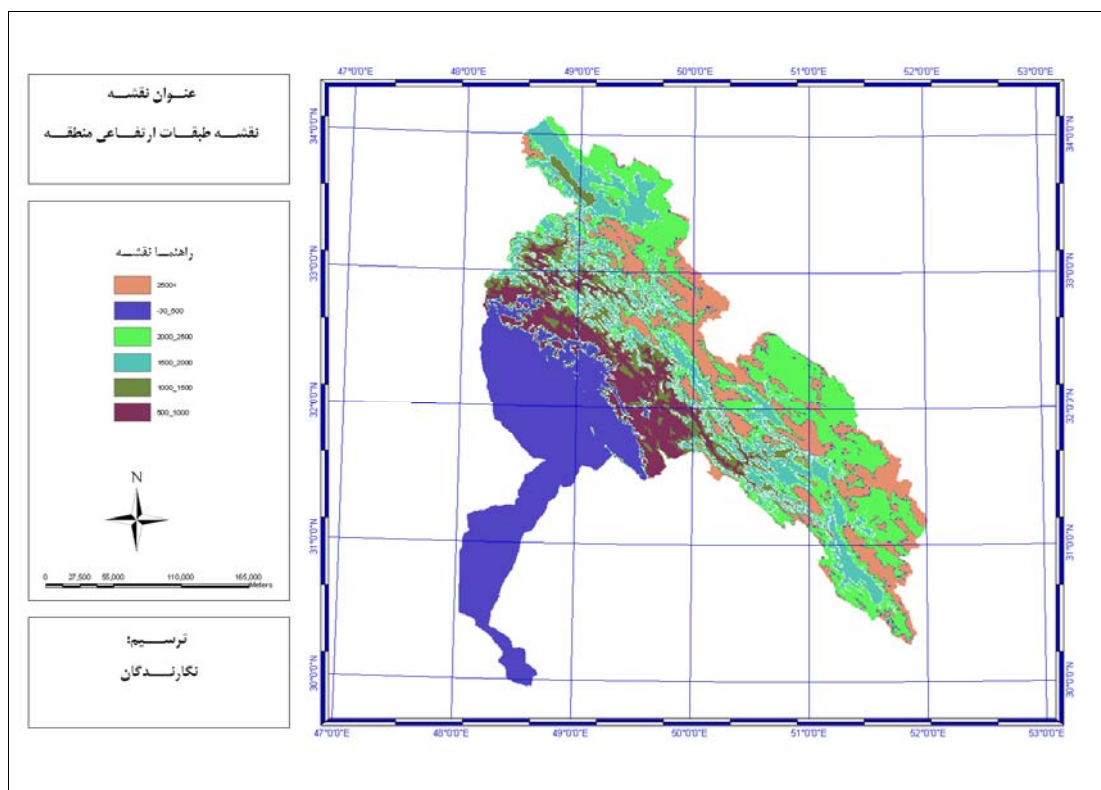


شکل ۳- نمایش گرافیکی وزن دهی به هر یک از فاکتورهای موثر با نرم افزار Expert choice

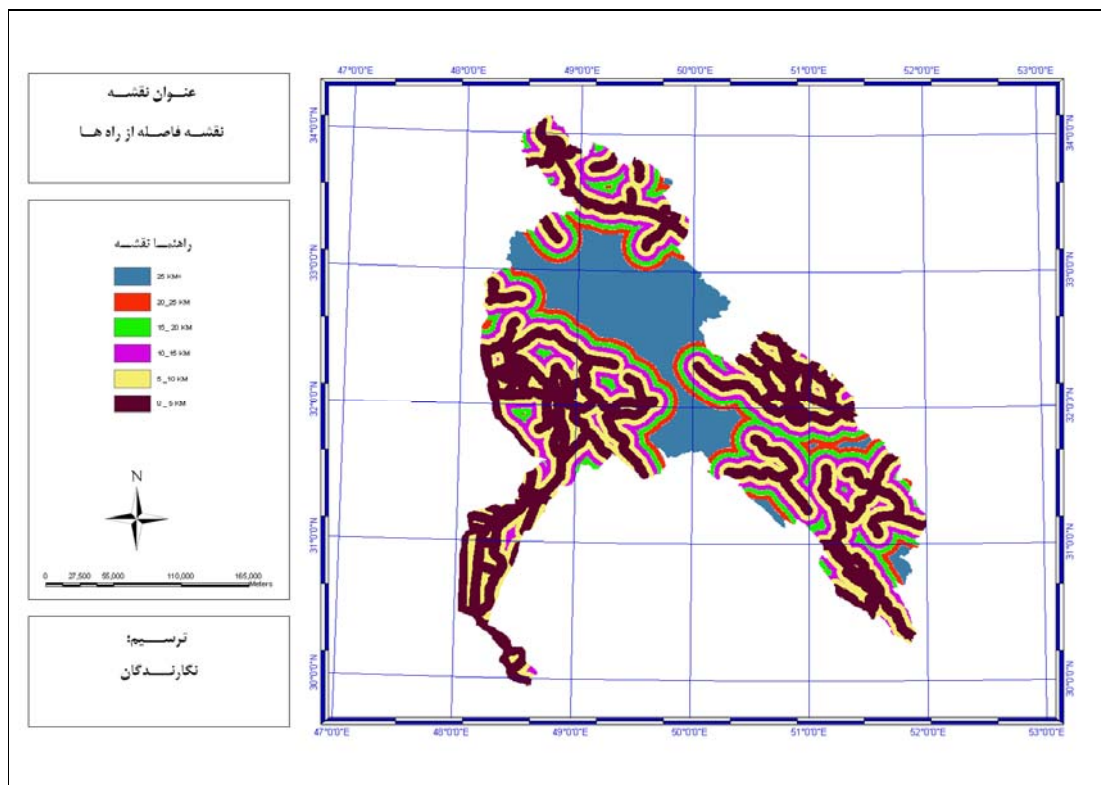
مهمترین عوامل موثر در رخ دادن زمین لغزش در منطقه با بهره‌گیری از اطلاعات و نقشه‌های پایه رقومی شده زمین شناسی و DATA به دست آمده از تصاویر ماهواره ای و داده‌های آماری سازمان‌های مسئول و مربوط جمع آوری گردید. سپس برای هر یک از پارامترهای موثر و شاخص‌های مورد نظر، کلاس‌های ارزشی تعیین شده و اهمیت نسبی 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.

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.

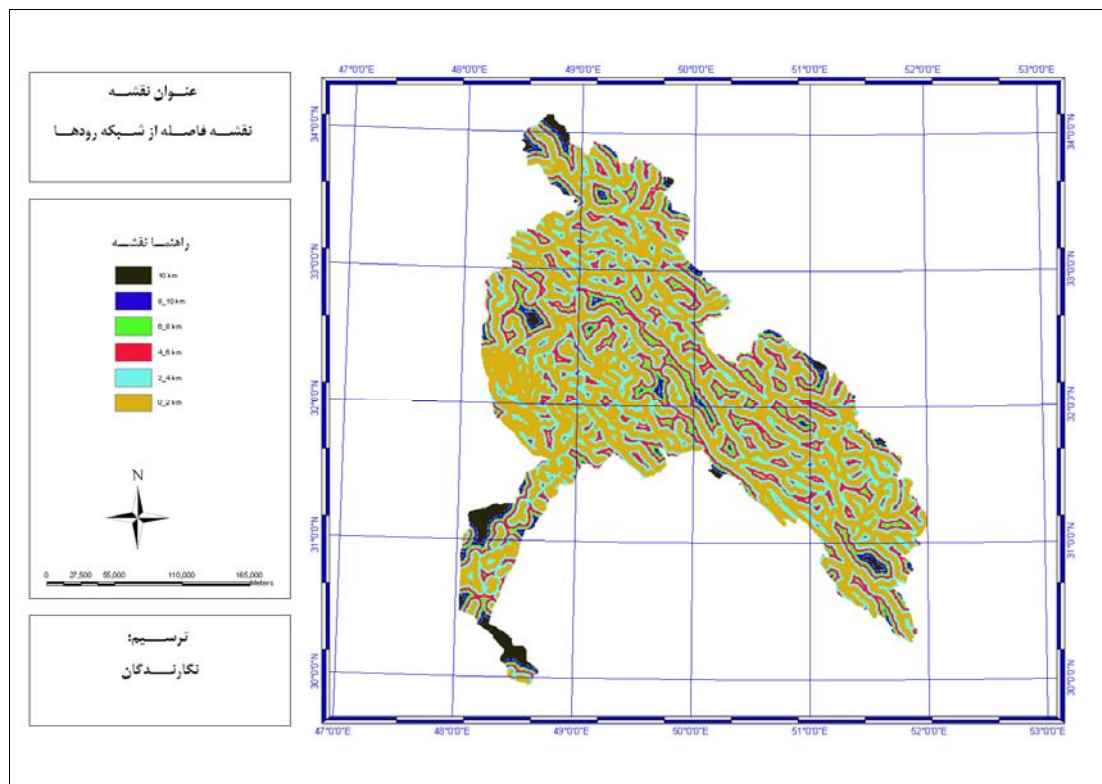
تهیه نقشه‌های رقومی شده عوامل موثر زمین لغزش حوضه آبریز کارون بزرگ براساس مدل AHP در محیط GIS



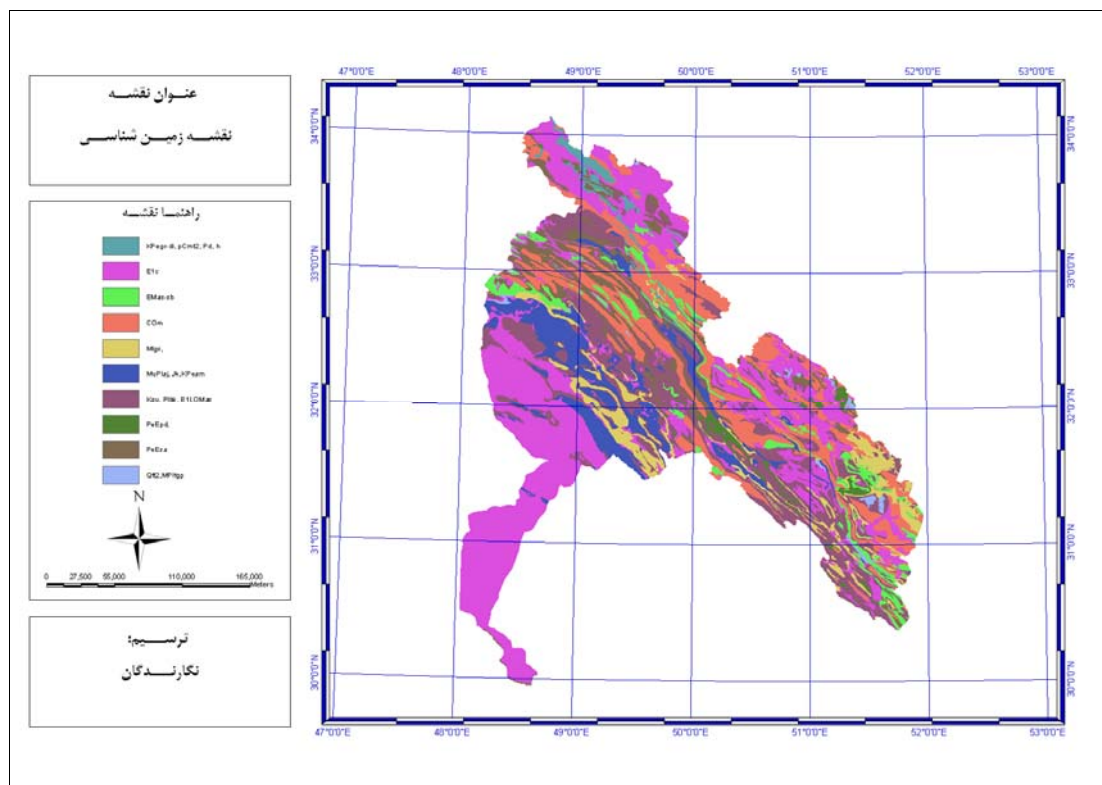
شکل ۴- نقشه طبقات ارتفاعی حوضه آبخیز کارون بزرگ



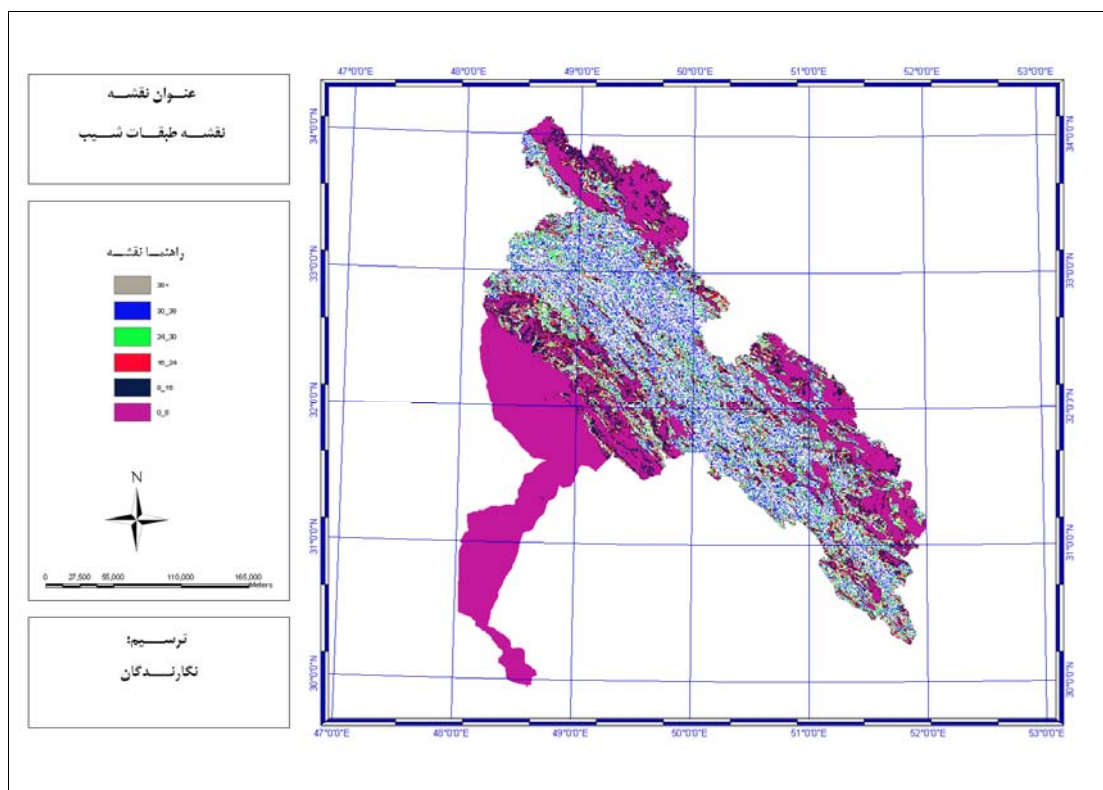
شکل ۵- نقشه فاصله از شبکه راه‌های ارتباطی حوضه آبخیز کارون بزرگ



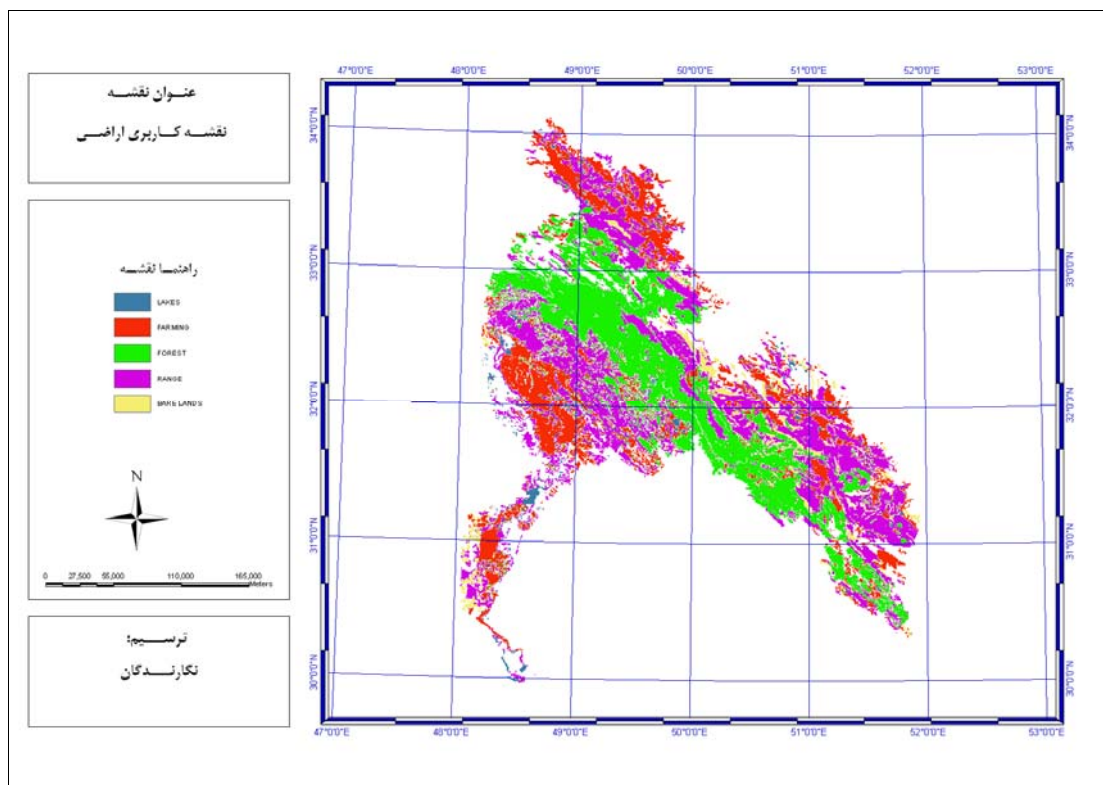
شکل ۶- نقشه فاصله از شبکه رودخانه‌ها (شبکه زه کشی) حوضه آبخیز کارون بزرگ



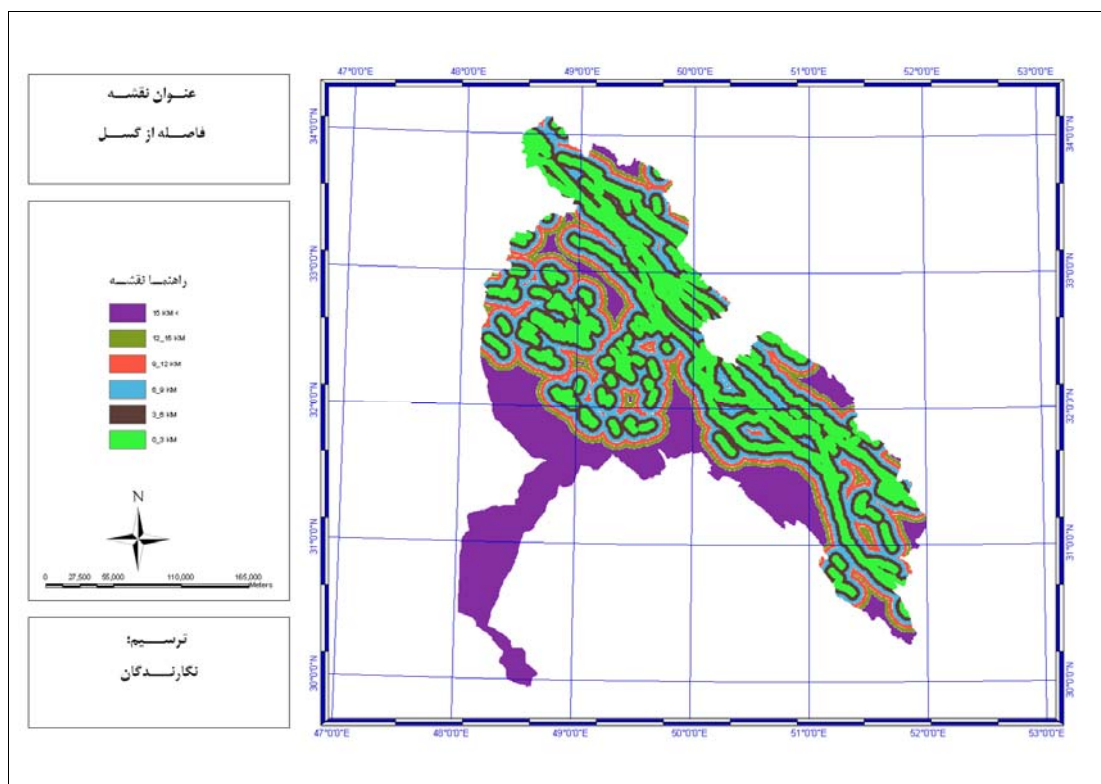
شکل ۷- نقشه زمین شناسی حوضه آبخیز کارون بزرگ



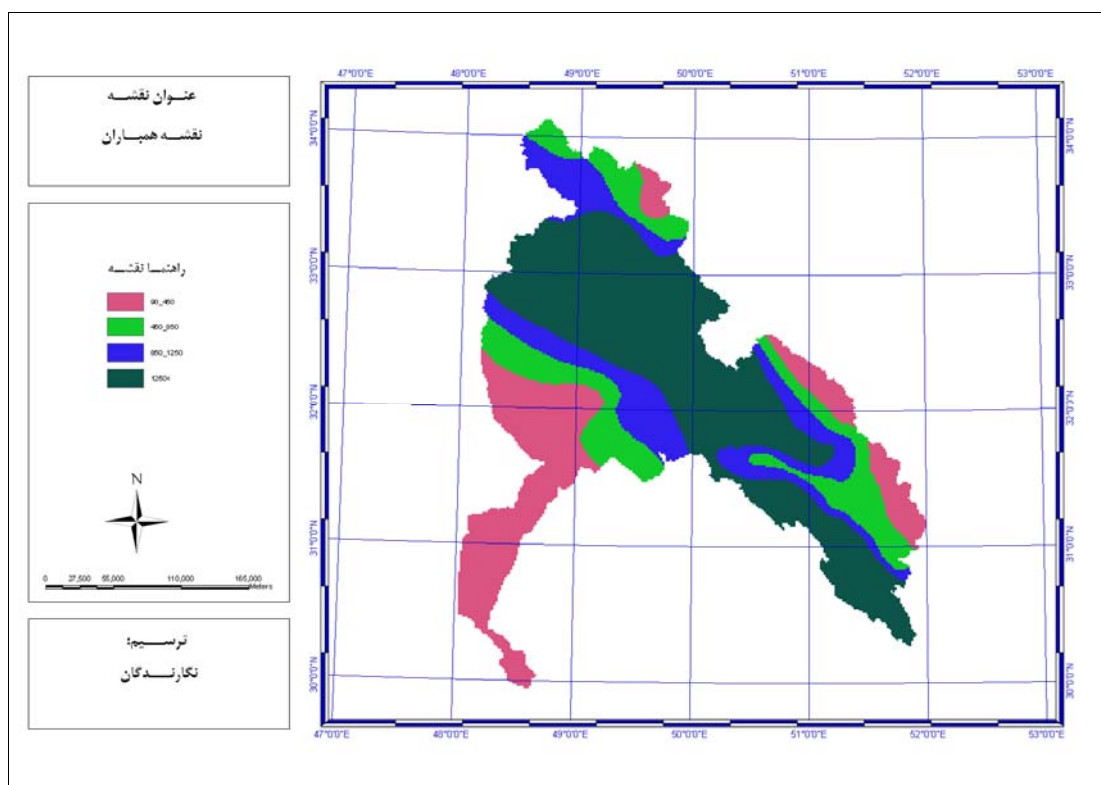
شکل ۸- نقشه طبقات شیب حوضه آبخیز کارون بزرگ



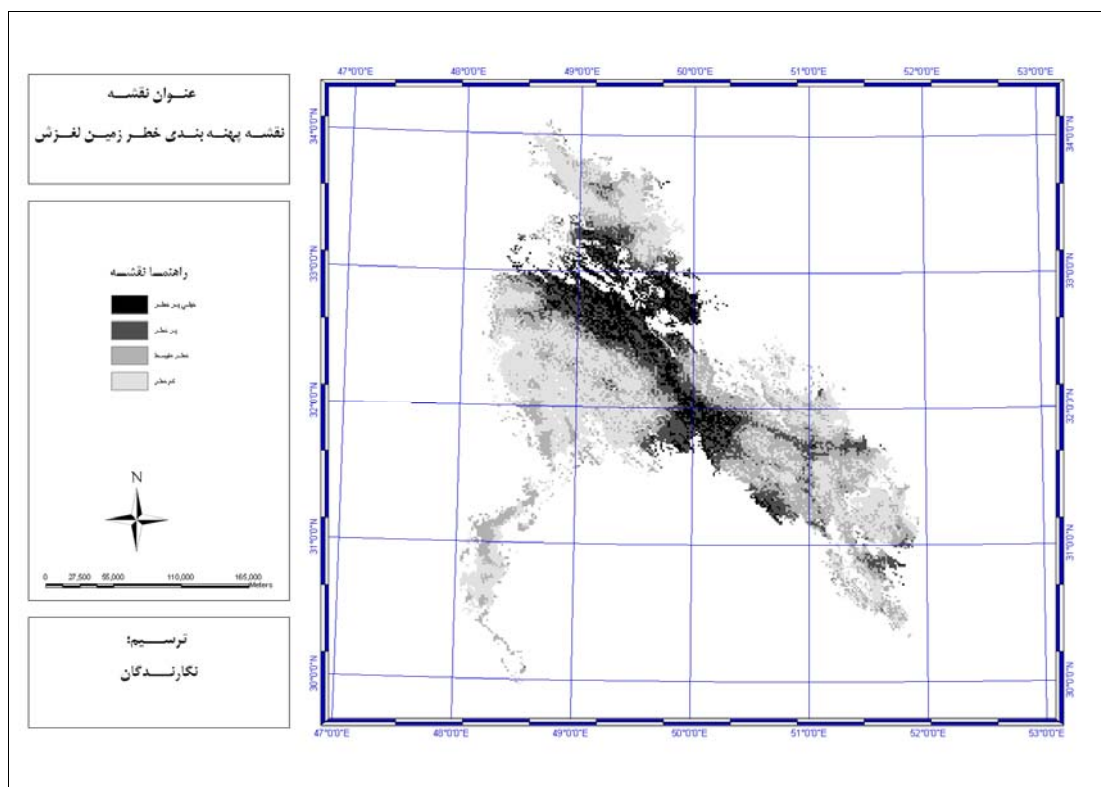
شکل ۹- نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز کارون بزرگ



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



شکل ۱۱- نقشه همپاران حوضه آبخیز کارون بزرگ



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

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، ۴).

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

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

بیشترین تاثیر کلاس‌ها	کمترین تاثیر کلاس‌ها
شیب بین ۵ تا ۳۰ درصد	شیب کمتر از ۵ درصد
کاربری اراضی: کشاورزی آبی، دیم، اراضی بایر	کاربری اراضی: جنگل، مراتع متراکم
میزان باران بیشتر از ۴۵۰ میلی‌متر	میزان باران کمتر از ۹۰ میلی‌متر
فاصله از جاده: کمتر از ۵۰۰ متر	فاصله از جاده: بیشتر از ۳۰۰۰ متر
فاصله کمتر از ۳ کیلومتر	فاصله از گسل: بیشتر از ۱۵ کیلومتر
فاصله از رودخانه: کمتر از ۱۰۰۰ متر	فاصله از رودخانه: بیشتر از ۱۰۰۰ متر
واحدهای زمین شناسی:	زمین شناسی: سایر واحدها موجود
جهات جغرافیایی: شمال و جنوب و مرکز حوضه	جهات جغرافیایی: شرق و غرب و جنوب غربی 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 قرار گرفته است. در ایران پهنه بندی خطر زمین لغزش بیش از ۳۰ سال قدمت ندارد (کمک پناه و همکاران، ۱۳۶۹، ۷۴). 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 عملیاتی 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 ۴/۲۸ 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 مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ای محسوب می‌گردند. نقشه نهایی به دست آمده از تلفیق لایه‌های مختلف به ۴ طبقه: خیلی پرخطر، پرخطر، باخطر متوسط و کم خطر تقسیم شده است. از مقایسه نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش در سطح حوضه با سایر نقشه‌های پهنه بندی عوامل مؤثر در سطح حوضه مشخص گردید. نواحی خیلی پر خطر در مناطقی قرار گرفته‌اند که دارای شیب بیش از

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 (۶۵/۲) و پهنه‌های با خطر متوسط، پرخطر، خیلی پرخطر هم به ترتیب برابر با ۱۷/۶۷ درصد، ۸/۸۹ درصد، ۷/۲۳ درصد از محدوده حوضه کارون را در بر می‌گیرد.

۳۰ در صد، بارندگی بیش از ۱۲۵۰ میلی متر، ارتفاع بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر، فاصله از شبکه زه کشی بین ۰ تا ۴ 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 نسبتاً هموار و مسطح قرار گرفته‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر عامل جاده بر وقوع زمین لغزش در

جدول ۶- میزان خطر پذیری حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP

میزان ریسک خطر پذیری براساس مدل AHP	درجه خطر	مساحت منطقه به هکتار	مساحت منطقه به در صد
٪۱۰/۷۵	خیلی پر خطر	۵۳۰/۲۴	۷/۲۳
٪۱۳/۲۱	پر خطر	۵۶۰/۶۴	۸/۸۹
٪۲۶/۲۷	با خطر متوسط	۱۱۸۸/۴۱	۱۷/۶۷
٪۴۹/۷۷	کم خطر	۴۴۸۹/۰۹	۶۵/۲
٪۱۰۰	مجموع کل	۶۷۲۵/۵۶	۱۰۰

مرکز آمار ایران، (۱۳۸۶)، (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 خطر حرکات توده ای با استفاده از ویژگیهای کیفی، تحلیل سلسله مراتبی AHP سیستم‌ها، مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران، ۱۴ ص ۴۴-۴۳

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

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 برخوردار است. بنابراین، مدل به دست آمده از این روش به عنوان مدل نهایی برای پهنه بندی حوضه آبخیز کارون بزرگ پیشنهاد می‌شود.

منابع

علائی طالقانی، محمود، (۱۳۸۱)، ژئومرفولوژی ایران، شماره ۱۳۳۰ و ۱۳۳۷. نشر قومس چاپ اول. ۳۷۵ ص

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی،
 دانشگاه تربیت مدرس. ص ۵۱

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

وزارت کشاورزی، ۱۳۸۲، نقشه کاربری و پوشش
 گیاهی اراضی خوزستان شمالی و معاونت طرح
 و برنامه، اداره کل آمار و اطلاعات کشور

اونق، محمد، ۱۳۸۲، مدل‌سازی و پهنه بندی خطر زمین
 لغزش در حوضه نرماب، پایان نامه کارشناسی
 ارشد، دانشگاه تهران، ص ۲۹.

کرم، عبدالامیر، فرج اله محمودی، ۱۳۸۴، مدل سازی
 کمی و پهنه بندی زمین لغزش در زاگرس چین
 خورده (حوضه آبریز سرخون در استان چهار
 محال بختیاری) پژوهش‌های جغرافیایی، شماره
 ۵۱، ۱۴-۱.

سازمان زمین شناسی ایران، نقشه‌های زمین شناسی
 محدوده مطالعاتی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰
 و ۱:۵۰۰۰۰

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، ص ۴

Anbalagan ,R ,1992: Land slid hazard
 development and zonation Geology , 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.

احمدی، ح، اسمعیلی عوری، ا. فیض نیا، س. شریعت
 جعفری، م. (۱۳۸۲) پهنه بندی خطر حرکات‌های
 توده‌ای با استفاده

از روش رگرسیون چند متغیره (MR)، تحلیل سلسله
 مراتبی سیستمها (AHP) مطالعه موردی حوضه
 ابریز گرمی چای. مجاه منابع طبیعی ایران.
 جلد ۵۶. شماره ۴. ۳۲۳-۳۳۵ ص.

گرایبی، پ. ۱۳۸۵. بررسی حرکات توده ای به منظور
 ارائه مدله پهنه بندی خطر در حوضه لاجیم رود
 تجن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع
 طبیعی دانشگاه مازندران. ۲۵ ص

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 و آبخیزداری.

حق شناس، ابراهیم، ۱۳۷۴: پهنه بندی خطر زمین
 لغزش و ارتباط 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 ۱۳۶۹
 مجیل). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی،
 دانشگاه تربیت مدرس

شریعت جعفری، محسن، ۱۳۷۳، بررسی و مطالعه
 تحلیلی و نوین زمین لغزش‌های بزرگ فعال شده
 در منطقه لاکه بر اثر زلزله خرداد ماه ۱۳۶۹ گیلان،