

پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از GIS و AHP، در حوضه آبخیز گلورد نکا

سیده نجمه عقیلی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

غلامرضا لشکری پور*

استاد و عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)

Lashkaripour@um.ac.ir

ناصر حافظی مقدس

استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

nhafezi@um.ac.ir

چکیده

پهنه‌بندی خطر سیل بخشی از اقدامات غیرسازه‌ای برای جلوگیری و کاهش اثرات مخرب سیل می‌باشد. در این تحقیق از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز گلورد نکا استفاده شده است. بدین منظور ابتدا عوامل مؤثر در وقوع سیلاب از جمله شیب، کاربری اراضی، ارتفاع از سطح دریا، ارتفاع رواناب، فاصله از رودخانه، بارندگی سالیانه، لیتولوژی و شماره منحنی انتخاب و در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) آماده سازی اولیه انجام شده است. پس از ایجاد ماتریس زوجی و محاسبه ارجحیت معیارها، وزن نهایی عوامل تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد عامل شیب با وزن ۰/۳۰۴ مهم‌ترین عامل و شماره منحنی با وزن ۰/۰۵۰ کم اهمیت‌ترین عامل در وقوع سیلاب در منطقه مطالعاتی می‌باشند. همچنین ضریب ناسازگاری محاسبه شده نشان داد قضاوت‌ها قابل قبول و سازگار است. سپس وزن نهایی طبقات عوامل نیز بدست آمد. در نهایت بعد از جمع نقشه‌های وزن‌دهی شده و باز طبقه‌بندی شده، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل برای حوضه تهیه گردید. بر این اساس منطقه مورد مطالعه به پنج پهنه خطر طبقه‌بندی شده است. ۱۲/۵۴٪ و ۱۸/۴۷٪ وسعت حوضه به ترتیب در پهنه‌های خطر خیلی زیاد و خطر زیاد قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی خطر، سیلاب، گلورد نکا، GIS و AHP.

۱. مقدمه

سیل یکی از رخدادهای هیدرواقليمی و از جدی‌ترین پدیده‌های طبیعی است که جوامع بشری را همواره تهدید می‌کند [۱]. سیل آب فراوانی است که با سرعت جاری شده و پهنه‌ای از زمین را که در شرایط عادی زیر آب نیست در بر می‌گیرد و یکی از بزرگترین بلایای طبیعی می‌باشد [۲]. دشت‌های سیلابی و مناطق مجاور رودخانه‌ها که به دلیل شرایط خاص خویش فضاهای مناسب برای انجام فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی محسوب می‌شوند، همواره در معرض خطرات ناشی از وقوع سیلاب‌ها قرار دارند [۳]. در میان سوانح طبیعی سیلاب بیشترین خسارت را به بخش‌های کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها وارد کرده و به شدت بر روی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تاثیر می‌گذارد [۴]. در ایران به علت آب و هوای متنوع، دما و بارندگی‌های متغیر در بیشتر حوضه‌ها به خصوص در مناطق شمالی کشور، هر ساله شاهد سیل‌گیری‌های متعددی هستیم. در طول دهه گذشته خسارت‌های اقتصادی به وسیله سیل‌گیری در ایران به ۱۷۰۵ هزار دلار افزایش یافته است [۵]. از مهم‌ترین عوامل تشدید کننده خسارات ناشی از سیلاب تغییر کاربری اراضی، توسعه ساخت وسازها و دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه

می‌باشد. بنابراین تعیین بستر و حریم رودخانه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب از لحاظ برنامه‌ریزی جهت مدیریت، پیش‌بینی و کاهش خطرات و خسارات ناشی از سیل در این مناطق از اهمیت خاصی برخوردار است. پهنه‌بندی خطر سیل بخشی از اقدامات غیر سازه‌ای برای جلوگیری و کاهش اثرات مخرب سیل می‌باشد [۶]. نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌تواند به منزله ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی مسیر توسعه آینده شهر همچنین شناخت نواحی‌ای که توسعه زیرساخت‌های تخلیه و زهکشی سیلاب مورد نیاز است استفاده شود [۷]. از موارد کاربرد این نقشه‌ها می‌توان به تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها، مطالعه و توجیه اقتصادی طرح‌های عمرانی، پیش‌بینی و هشدار سیل، عملیات امداد و نجات و بیمه سیل اشاره نمود [۸]. همچنین از نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌توان به منظور مقاوم سازی سازه‌ها در برابر خطر، اجتناب از مناطق تحت خطر و نیز برنامه‌ریزی به منظور مقابله با خطر استفاده کرد [۹]. امروزه GIS به عنوان ابزاری قوی، توانایی ایجاد و آنالیز داده‌ها از منابع مختلف جهت مدیریت دشت‌های سیلابی را داراست.

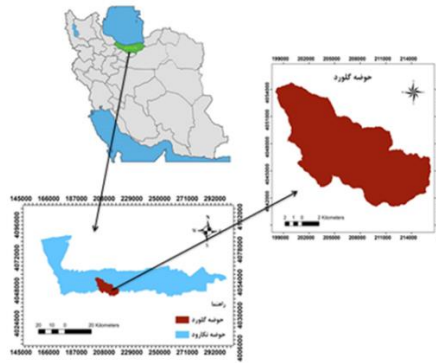
تاکنون پژوهش‌های زیادی برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در کشور صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات پیشین انجام شده با استفاده از روش AHP در محدوده شهر تبریز [۱۰]، مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه در حوضه آبریز منشاد یزد [۳]، روش AHP فازی در تهران [۱۱]، روش ترکیبی نوین تئوری بیزین-فرایند تحلیل سلسله مراتبی در حوضه آبخیز نکا [۱۲]، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در حوضه آبخیز شهری نور [۱۳]، مدل HEC-HMS در حوضه آبخیز نکا [۱۴]، سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره تحلیل سلسله مراتبی در شیطان بافق [۱۵]، تحلیل چندمعیاره در شهرستان ایزد [۱۶]، مدل ANP در حوضه آبریز مردق چای [۱۷]، مدل SCS-CN و GIS/RS در حوضه آبخیز نکارود [۱۸]، مدل هیدرولیکی HEC-RAS در رودخانه سیمینه رود [۱۹]، مدل منطق فازی TOPSIS در حوضه آبخیز شهر باغملک [۲۰]، روش معادله انرژی جریان در رودخانه نکا [۲۱] اشاره نمود.

هدف از این مطالعه، پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز گلورد، با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و پشتیبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

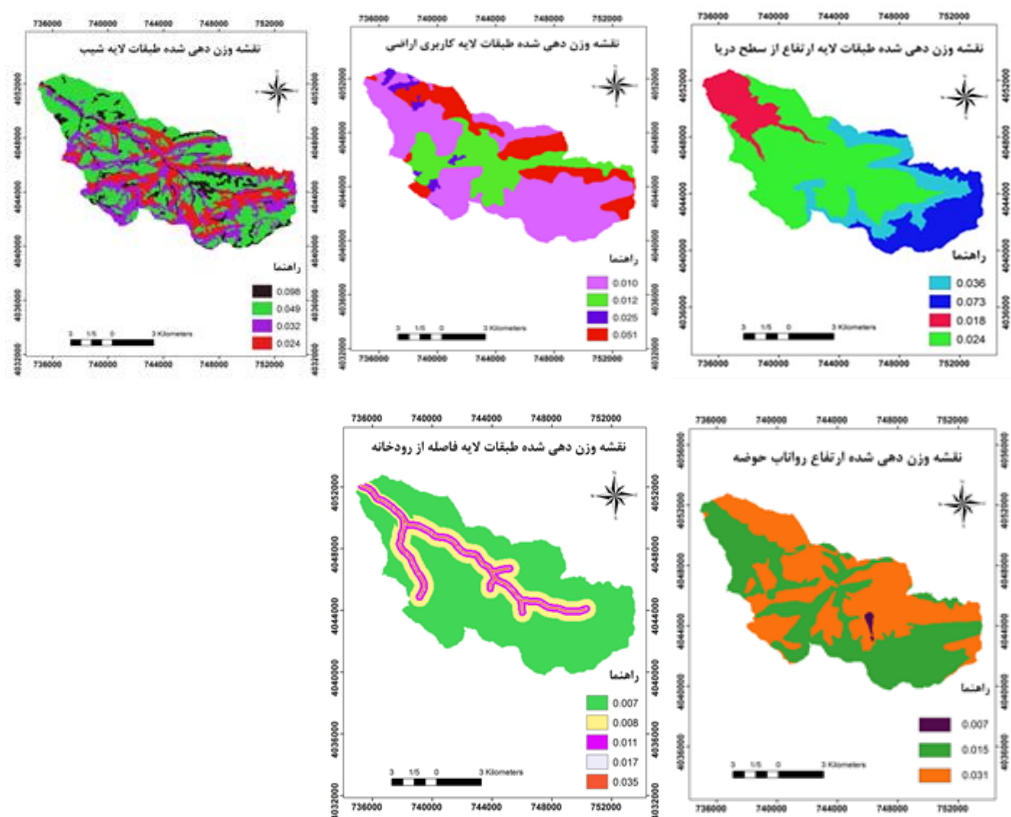
حوضه آبریز گلورد یکی از زیرحوضه‌های هفتگانه حوضه آبخیز نکارود می‌باشد که در استان مازندران و محدوده شهرستان‌های نکا، بهشهر، گرگان قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت حوضه ۱۲۳۵۰/۶ هکتار معادل (۱۲۳/۵۰) کیلومتر مربع و ارتفاع آن از سطح دریا ۶۴۰ متر می‌باشد و از لحاظ جغرافیایی در محدوده ۱۵" و ۲۸' تا ۳۵" و ۳۸' و ۳۵" و ۳۶' عرض شمالی و ۳۷" و ۵۳" تا ۵۵" و ۴۹' و ۵۳' طول شرقی واقع شده است. راه‌های دسترسی به حوضه از طریق جاده اصلی بهشهر - گرگان و جاده جنگلی پاسند و دیگری مسیر جاده گلوگاه به سمت نیالا و از آنجا به سمت روستای پارچ در شمال حوضه می‌باشد. رودخانه اصلی نکارود نزدیک به ۱۷۵ کیلومتر بوده و سمت سفلی رودخانه از محل گلورد تا خروج رود از کوهستان به علت نفوذ هوای بارانی از داخل دره به حوضه آبخیز مقدار بارندگی زیاد و متوسط آن بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. پوشش گیاهی بالادست حوضه مرتعی، میانه جنگلی و پایین دست کاربری‌های کشاورزی و مسکونی دارد. در این قسمت از رود حوضه آبخیز پوشیده از جنگل است و مقدار آبدهی آن از سایر مناطق بیشتر است. سازند زمین‌شناسی حوضه غالباً از لایه نازک آهکی تشکیل شده و از لحاظ پوشش گیاهی دارای جنگل نسبتاً متراکم شامل راش، ممرز، بلوط و نارون است.

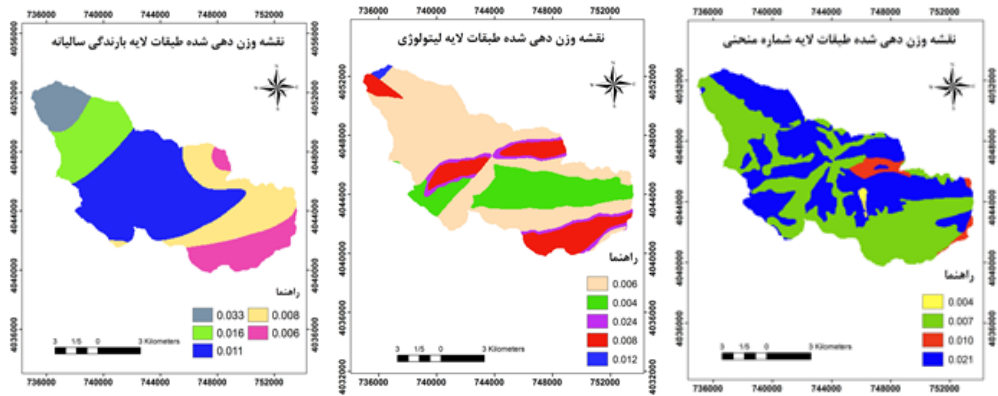


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲. داده ها

در این تحقیق با توجه به منطقه مورد مطالعه و مطالعات انجام شده، ۸ عامل مؤثر در سیل‌گیری شامل شیب، ارتفاع رواناب، شماره منحنی (CN)، کاربری اراضی، لیتولوژی، ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالیانه و فاصله از رودخانه به عنوان لایه‌های اطلاعاتی انتخاب و در محیط GIS آماده شده‌اند (شکل ۲). نقشه‌های پایه استفاده شده برای تهیه عوامل مؤثر در سیل‌گیری در این تحقیق عبارت است از نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، و نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه بارندگی و نقشه منابع داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی می‌باشد.





شکل ۲- نقشه رستری پارامترهای مؤثر در سیلاب

۲-۳- فرایند تحلیل سلسله مراتبی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی شناخته شده‌ترین و مورد استفاده‌ترین روش نسبت‌دهی چندمعیاری است [۲۲]. روش AHP امکان تعیین اهمیت نسبی مجموعه‌ای از متغیرهای موجود در یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاری را فراهم می‌کند. این روش موجب ترکیب قضاوت در مورد معیارهای کیفی غیر قابل مشاهده در کنار معیارهای کمی محسوس می‌شود [۲۳]. و کاربرد زیادی در انتخاب سایت، ساده‌سازی تحلیل‌ها و بررسی حساسیت و خطر بلایای طبیعی دارد [۲۴ و ۲۵]. به طور کلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر سه اصل زیر استوار است [۲۶]:

(۱) ایجاد یک سلسله مراتب

(۲) قضاوت مقایسه‌ای میان گزینه‌ها و معیارها

(۳) ترکیب اولویت‌ها

مراحل فرایند تحلیل سلسله مراتبی به شرح زیر است:

گام نخست تشکیل ساختار سلسله مراتبی از مسئله، گام دوم تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی در اندازه $n \times n$ برای مسئله به کمک مقیاس‌های سنجش نسبی، گام سوم محاسبه وزن نسبی هر یک از پارامترها با استفاده از روش میانگین هندسی و گام چهارم تعیین سازگاری ماتریس‌هاست. به منظور تعیین سازگاری، ابتدا λ_{max} طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود [۲۲]:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \alpha \times W_{(i,j)} / W_{(i,j)} \quad (1)$$

که در آن: λ_{max} میانگین بردار سازگاری، α میانگین هندسی ماتریس i و j و N تعداد جایگزین‌های مقایسه شده است. سپس به کمک عنصر ویژه λ_{max} شاخص سازگاری (CI) به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$CI = \lambda_{max} - n / (n-1) \quad (2)$$

که منظور از n در آن اندازه ماتریس است. برای محاسبه نرخ ناسازگاری نیز از رابطه (۳) می‌توان استفاده کرد:

$$CR = CI / RI \quad (3)$$

که در آن: CI شاخص سازگاری، RI شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی، در صورتی که مقدار CR از ۰/۱ کمتر باشد قضاوت‌ها قابل قبول، و در صورت بیشتر بودن مقدار آن، ماتریس قضاوت ناسازگار خواهد بود [۲۲].

۳. نتایج و بحث

در این تحقیق به منظور پهنه‌بندی خطر سیلاب، روش AHP انتخاب شد. برای شروع کار ابتدا باید لایه‌های اطلاعاتی موثر بررسی شوند. معمول‌ترین روش بررسی عوامل موثر در AHP، استفاده از پرسش‌نامه برای وزن‌دهی عوامل موثر بر خطر سیلاب است که این پرسش‌نامه‌ها توسط کارشناسان و صاحب‌نظران لازم است تکمیل شود. در این روش مقیاس مقایسه در دامنه ۱ تا ۹ قرار داده می‌شود؛ به طوری که ارزش ۱ نشان دهنده اهمیت برابر دو فاکتور و عدد ۹ نشان دهنده اهمیت بسیار مهم یک فاکتور در مقابل فاکتور دیگر است (جدول ۱).

جدول ۱- طبقه‌بندی ارجحیت مقادیر وزن‌ها بر اساس قضاوت کارشناسی [۲۷]

مقدار عددی وزن‌ها	توصیف زبانی ارجحیت طبقات
۹	کاملاً مهم یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲، ۴، ۶ و ۸	اولویت بین فواصل

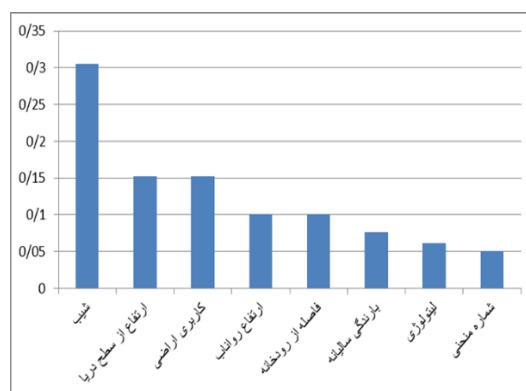
نتیجه این مقایسات به صورت یک ماتریس در می‌آید. سپس به جمع مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه دوتایی پرداخته و هر مؤلفه ماتریس را بر مجموع ستونش تقسیم می‌کنیم. ماتریس حاصل، «ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده» نام دارد (جدول ۲). از اعداد موجود در هر کدام از سطر جدول نرمال شده میانگین گرفته و این عدد به عنوان وزن هر لایه در نظر گرفته می‌شود (جدول ۳ و شکل ۳).

جدول ۲- ماتریس مقایسات زوجی عوامل موثر

شماره منحنی (CN)	لیتولوژی	بارندگی سالیانه	فاصله از رودخانه	ارتفاع رواناب	کاربری اراضی	ارتفاع حوضه	شیب	معیار
۶	۵	۴	۳	۳	۲	۲	۱	شیب
۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱/۵	۱	۱	۰/۵	ارتفاع حوضه
۳	۲/۵	۲	۱/۵	۱/۵	۱	۱	۰/۵	کاربری اراضی
۲	۱/۶۶	۱/۳۳	۱	۱	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۳۳	ارتفاع رواناب
۲	۱/۶۶	۱/۳۳	۱	۱	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۳۳	فاصله از رودخانه
۱/۵	۱/۲۵	۱	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	بارندگی سالیانه
۱/۲	۱	۰/۸	۰/۶	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۲۰	لیتولوژی
۱	۰/۸۳	۰/۶۶	۰/۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۶	شماره منحنی (CN)
۱۹/۷	۱۶/۴	۱۳/۱۳	۹/۸۵	۹/۸۵	۶/۵۶	۶/۵۶	۳/۲۷	جمع

جدول ۳- وزن عوامل موثر

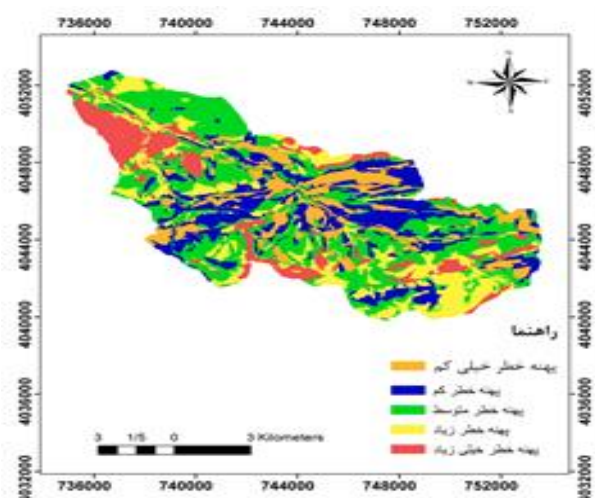
شماره منحنی (CN)	لیتولوژی	بارندگی سالیانه	فاصله از رودخانه	ارتفاع رواناب	کاربری اراضی	ارتفاع حوضه	شیب	لایه وزن
۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۰۷۶	۰/۱۰۱	۰/۱۰۱	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۳۰۴	



شکل ۳- الویت بندی پارامترهای مؤثر در سیلاب با روش AHP

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین وزن مربوط به عامل شیب و کم‌ترین وزن مربوط به عامل شماره منحنی می‌باشد. برای تعیین وزن نهایی، وزن هر عامل در وزن رده‌های آن عامل ضرب شده، و وزن نهایی هر رده به دست آمد. و در ادامه وزن نهایی طبقات عوامل محاسبه شد. ضریب ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی نیز در این تحقیق ۰/۰۷ محاسبه شد که با توجه به کمتر بودن نتیجه از ۰/۱، مدل نهایی پذیرفتنی است.

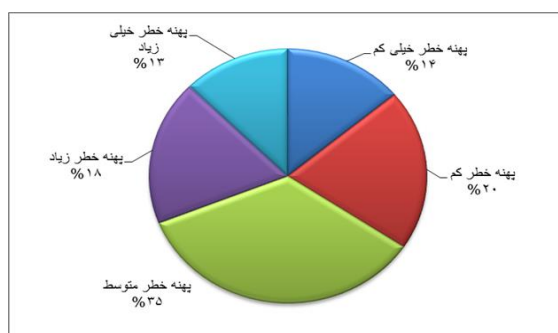
و در نهایت بعد از جمع نقشه‌های وزن‌دهی شده و باز طبقه‌بندی شده (شکل ۲) و براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر سیل تهیه شده است (شکل ۴). که بر اساس این نقشه پهنه‌بندی، منطقه مورد مطالعه به پنج پهنه خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خیلی کم خطر طبقه‌بندی شده است. ۱۲/۵۴٪ وسعت حوضه در پهنه خطر خیلی زیاد، ۱۸/۴۷٪ در پهنه خطر زیاد، ۳۴/۶۱٪ در پهنه خطر متوسط، ۲۰/۴۳٪ در پهنه خطر کم و ۱۳/۹۳٪ در پهنه خیلی کم خطر قرار گرفته است (جدول ۴ و شکل ۵).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب حوضه آبخیز گلورد نکا بر اساس AHP

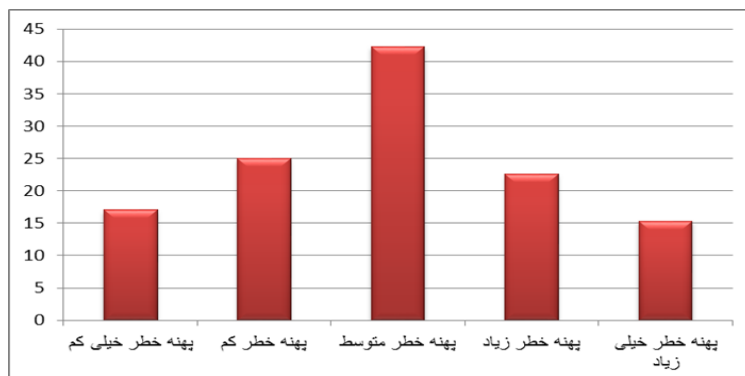
جدول ۴- مساحت و درصد پهنه‌های خطر

درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	پهنه خطر
۱۲/۵۴	۱۵/۳۴	پهنه خطر خیلی زیاد
۱۸/۴۷	۲۲/۵۸	پهنه خطر زیاد
۳۴/۶۱	۴۲/۳۲	پهنه خطر متوسط
۲۰/۴۳	۲۴/۹۹	پهنه خطر کم
۱۳/۹۳	۱۷/۰۳	پهنه خطر خیلی کم



شکل ۵- میزان نواحی تحت پوشش هر درجه از خطر

مساحت پهنه‌های خطر سیلاب در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. نمودار مساحت پهنه‌های خطر سیلاب با روش AHP

۳. نتیجه‌گیری

سیلاب‌ها در طول تاریخ رایج‌ترین، مرگ‌بارترین و پرهزینه‌ترین خطر در میان مخاطرات طبیعی بوده‌اند. در این مطالعه به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبخیز گلورد نکا پرداخته‌ایم. نتایج پهنه‌بندی خطر سیلاب با روش AHP نشان داد که عامل شیب با وزن ۰/۳۰۴ مهم‌ترین عامل در وقوع سیلاب در منطقه مطالعاتی می‌باشد. عوامل ارتفاع، کاربری اراضی، ارتفاع رواناب،

فاصله از رودخانه، بارندگی سالیانه و لیتولوژی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. و همچنین شماره منحنی نیز با وزن ۰/۰۵۰ کم اهمیت‌ترین عامل در وقوع سیلاب در این حوضه می‌باشد.

در نهایت بر اساس نقشه پهنه‌بندی خطر منطقه مورد مطالعه به پنج پهنه خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خیلی کم خطر طبقه‌بندی شده است. ۱۲/۵۴٪ وسعت حوضه (۱۵/۳۴ کیلومتر مربع) در پهنه خطر خیلی زیاد، ۱۸/۴۷٪ (۲۲/۵۸ کیلومتر مربع) در پهنه خطر زیاد، ۳۴/۶۱٪ (۴۲/۳۲ کیلومتر مربع) در پهنه خطر متوسط، ۲۰/۴۳٪ (۲۴/۹۹ کیلومتر مربع) در پهنه خطر کم و ۱۳/۹۳٪ (۱۷/۰۳ کیلومتر مربع) در پهنه خیلی کم خطر قرار گرفته است.

حوضه گلورد در قسمت‌های میانی حوضه نکارود واقع شده و از حساسیت سیل خیزی بالایی برخوردار است. در پژوهش شعبانی و همکاران (۱۳۹۵) نیز نتایج حاصل نشان داد زیرحوضه‌هایی که در قسمت‌های میانی حوضه نکارود واقع شده‌اند بیشترین تأثیر را در سیل خیزی حوضه دارند، که این موضوع با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

پهنه‌بندی خطر سیل در بحث مدیریت سیلاب و مهندسی رودخانه نقش به‌سزایی را ایفا می‌کند. بنابراین برای انجام اقدامات مناسب به منظور جلوگیری و کاهش خطر سیل‌گیری در آینده، نقشه‌های پهنه خطر سیلاب از کارایی مناسب برخوردار هستند.

تشکر و قدردانی

از مدیریت آبخیزداری و آب منطقه‌ای استان مازندران به خاطر راهنمایی‌ها و در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات تقدیر و تشکر می‌شود.

مراجع

- [1]- Yang YCE, Ray PA, Brown CM, Khalil AF, Yu WH., 2015. Estimation of flood damage functions for river basin planning: a case study in Bangladesh. *Nat Hazards*. 75: 2773-2791.
- [2]- Getahun, Y. S, & Gebre, S. L, 2015, Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the Awash River Basin in Ethiopia using GIS and HEC-GEORAS/HEC-RAS Model", *Journal of Civil & Environmental Engineering*. Vol. 5, No. 4, pp. 1-12.
- [۳]- شیخ‌علیشاهی، ن.، جمالی، ع.ا.، حسن‌زاده نفوتی، م.، ۱۳۹۵. پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی تحلیل رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبریز منشاد- استان یزد). فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۵۳، صص ۷۷-۹۶.
- [4]- Yang j., R D Townsend and B. Daneshfer, 2006, Floodplain Visualization using TINS, Center for in river network floodplain delineation", *Can. J. Civ. Eng.* No: 33, pp: 19-28.
- [5]- Tehrany MS, Lee MJ, Pradhan B, Jebur MN, Lee S., 2014. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. *Environ Earth Sci*. 71 (10): 4001- 4015.
- [6]- Demir, V and Kisi, O, 2016, Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mertriver, samsun, turkey, *Advances in Meteorology*, pp, 1-9.
- [7]- Büchele, B., et al. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences* No.6, PP: 485-503.
- [8]- Khalilizadeh M, Mosaedi A, Najafinejad A., 2005. Flood hazard zonation in a part of Ziarat river in Gorgan urban watershed. *J.Agric.Sci. Natur. Resour.* 12 (4): 138-146. [Persian].
- [9]- Dehghani M, Abbasnejad A, Negaresh H., 2016. Assessment of Flood Hazard and its Zoning in Baft Plain (South East Part of Iran), *Geography and Territorial Spatial Arrangement*. 6: 141-152. [Persian].
- [۱۰]- محمودزاده، ح.، امامی‌کیا، و.، رسولی، ع.ا.، ۱۳۹۴. ریزپهنه‌بندی خطر سیلاب در محدوده شهر تبریز با استفاده از روش AHP. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۱۶، صص ۱۶۷-۱۸۰.

- [۱۱]- صالحی، ا.، رفیعی، ی.، فرزادبهباش، م.ر.، ۱۳۹۲. پهنه بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران). محیط شناسی، سال سی و نهم، شماره ۳، صص ۱۷۹-۱۸۸.
- [۱۲]- عرب عامری، ع.ر.، پورقاسمی، ح.ر.، شیرانی، کوروش.، ۱۳۹۶. پهنه بندی حساسیت سیل گیری با استفاده از روش ترکیبی نوین ثوری بیزین-فریند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا-استان مازندران). اکوهیدرولوژی، دوره ۴، شماره ۲، صص ۴۶۲-۴۴۷.
- [۱۳]- حمیدی، ن.ا.، وفاه خواه، م.، نجفی، ا.، ۱۳۹۵. تهیه نقشه خطرپذیری سیلاب در حوزه آبخیز شهری نور با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال هفتم، شماره ۱۴، صص ۱۹-۱۱.
- [۱۴]- شعبانی، ب. ا.، عمادی، ع.ر.، فضل اولی، ر.، ۱۳۹۵. بررسی پتانسیل سیل خیزی حوزه های آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز نکا). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال هفتم، شماره ۱۴، صص ۲۸-۲۰.
- [۱۵]- حسن زاده، ن. م.، خواجه بافقی، ح.ا.، ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر سیلاب با استفاده از سیستم تصمیم گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیطان بافق). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال هفتم، شماره ۱۴، صص ۳۷-۲۹.
- [۱۶]- حاتمی نژاد، ح.، آتش افروز، ن.، آروین، م.، ۱۳۹۶. پهنه بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل چندمعیاره و GIS (مطالعه موردی: شهرستان ایذه). فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، دوره هفتم، شماره دوم، شماره پیاپی ۲۴، صص ۵۷-۴۴.
- [۱۷]- خیری زاده، آ.، ملکی، ج.، عمونیا، ح.، ۱۳۹۱. پهنه بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه ی آبریز مردق چای با استفاده از مدل ANP. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، صص ۵۶-۳۹.
- [۱۸]- روستایی، ش.، موسوی، ر.، علیزاده، گ.، غ.ر.، ۱۳۹۶. تهیه نقشه پهنه بندی سیلاب حوضه آبخیز نکارود با استفاده از مدل SCS-CN و GIS/RS. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره ۱، صص ۱۱۸-۱۱۰.
- [۱۹]- کاظمی، آ.، رضایی، م.، م.ح.، نیکجو، م.ر.، حجازی، م.ا.، خضری، س.، ۱۳۹۵. پهنه بندی و مدیریت مخاطرات سیلاب در رودخانه سیمینه رود با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS. مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ۳، شماره ۴، صص ۳۹۳-۳۷۹.
- [۲۰]- موسوی، س.م.، نگهبان، س.، رخشانی، م.، ح.، حسین زاده، س.م.، ۱۳۹۵. ارزیابی و پهنه بندی خطر سیل خیزی با استفاده از منطق فازی TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شهر باغملک). مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره دهم، صص ۹۸-۷۹.
- [۲۱]- کریمی، ف.ج.، م.، عبداللهی، ک.، م.، جلوخانی، ن.، م.ر.، ۱۳۹۶. تهیه نقشه خطر سیل مبتنی بر انرژی جریان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: رودخانه نکا. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۴، صص ۱۷۵-۱۵۹.
- [22]- Saaty TL., 1980. The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation New York: McGraw Hill. 287 p.
- [23]- Badri, M. A., 2001- A combined AHP-GP model for quality control systems, International Journal of Production Economics, No. 72, Pp 27-40.
- [24]- Ayalew L., Yamagishi H., Marui H., Kanno T., 2005. Landslide in Sado Island of Japan part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from to methods and verifications. Engineering Geology, 81: 432-445.
- [25]- Arabameri AR, Halabian AH., 2015. Landslide Hazard Zonation Using Statistical Model of AHP (Case Study: Zarand Saveh Basin). Physical Geomorphology; 28: 65-86. [Persian].
- [26]- Dagdeviren, M., 2008- Decisionmaking in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE, Journal of Intelligent Manufacturing, 19, 397-406.
- [27]- Saaty TL., Vargas LG., 2001. Models, methods, concepts, and applications of the Analytica Hierarchy process. 1st ed. Kluwer Academic, Boston. 333 pp.