

پتانسیل سنجی سیل خیزی حوزه آبخیز کن با استفاده از متغیرهای مورفومتریک

- ❖ **مهرنوش قدیمی***: استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- ❖ **نادیا حاجی حسنی**: دانش آموخته کارشناسی ارشد، مخاطرات محیطی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- ❖ **آرش ملکیان**: دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ❖ **ابراهیم مقیمی**: استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها و تحلیل خصوصیات مورفومتریک یکی از ابزارهای کارآمد و کم هزینه، در شناسایی مخاطرات سیلاب است. این تحقیق با هدف بررسی پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز کن با استفاده از متغیرهای مورفومتریک و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره انجام شده است. ۱۷ متغیر مورفومتریک از قبیل شیب، ارتفاع، انحنا، عدد ناهمواری، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، مستطیل معادل، تراکم زهکشی، طول جریان آبراهه، ضریب نفوذپذیری، زمان تمرکز، شدت - مدت بارش، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، زمین شناسی، نسبت انشعاب، طول جریان زمینی در نظر گرفته شده است. نتایج وزن دهی نشان می‌دهد که در روش تحلیل سلسله مراتبی معیار اقلیم و مورفوتوپوگرافی (شیب، ارتفاع، انحنا، عدد ناهمواری) و در روش تحلیل شبکه‌ای شیب و زمان تمرکز (۰/۱۱) شدت-مدت بارش (۰/۱۲) جزو مهمترین عوامل موثر در سیل‌خیزی برآورد شده است. طبق روش تاپسیس نتایج حاصل از این رتبه‌بندی در روش تحلیل شبکه‌ای نشان داد که امامزاده داوود، طالون و دواب با کسب بیشترین امتیاز (۰/۹۷، ۰/۵۱، ۰/۴۸) و در تحلیل سلسله مراتبی زیر حوضه‌های امامزاده داوود، طالون و سنگان به ترتیب با کسب بیشترین امتیاز (۰/۷۴، ۰/۵۰، ۰/۴۱) در رتبه اول تا سوم قرار دارند. نتایج نشان داد این مدل دارای دقت بالا بوده و مورفومتریک زیرحوضه‌ها تاثیر زیادی در سیل‌خیزی دارند به طوری که زیر حوضه امامزاده داوود و سنگان جزو مناطق پرخطر در این حوضه محسوب می‌شوند و سیلاب‌های بیشتری در این مناطق رخ داده است که نتایج محاسبه شده از روش HEC-HMS با نتایج حاصل از روش تحلیل شبکه‌ای مطابقت دارد.

کلمات کلیدی: مورفوتوپوگرافی، روش ANP، روش AHP، حوزه آبخیز کن

۱. مقدمه

سیل یکی از انواع مخاطرات طبیعی است که همه ساله خسارت‌های فراوانی را در سراسر جهان و از جمله ایران بوجود می‌آورد. این پدیده رویدادی ناگهانی است که می‌تواند باعث ویرانی شهرها و روستاها شده، جان و مال ساکنان آن‌ها را با خطر روبرو کند. بیشتر مناطق ایران با قرارگیری مرکز پر فشار جنب حاره در ماه‌های متوالی از ریزش جوی محروم و در ماه‌های دیگر سال ممکن است میزان قبل توجهی باران در مدت چند روز یا گاهی چند ساعت ریزش کرده و سیلاب‌های مخربی را بوجود آورد [۱۸]. در رابطه با سیل‌خیزی، مورفومتری حوضه توصیف کننده خصوصیات فیزیکی حوضه است که ویژگی‌های کمی سیل مانند مقدار، زمان وقوع، زمان تأخیر و هیدروگراف جریان را کنترل می‌کند. توسعه نامتعارف شهرها به واسطه افزایش جمعیت و به دنبال آن تغییر کاربری اراضی منجر به بهم خوردن تعادل هیدرولوژیک و افزایش سیل‌خیزی شده است [۴]. با توجه به مشکلاتی از قبیل شرایط کاری سخت و هزینه بالای آبخیزداری به منظور کنترل و کاهش سیلاب امکان اینکه کل یک حوضه تحت پوشش عملیات آبخیزداری قرار بگیرد وجود ندارد، لذا یکی از اقدامات مهم در راستای مدیریت آبخیز با هدف کنترل سیلاب اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از لحاظ سیل‌خیزی است [۲۰]. بدین منظور مطالعات زیادی در زمینه خصوصیات مورفومتری و رابطه آن با سیل‌خیزی انجام شده است، در پژوهشی جهت ارزیابی خطر سیل بر اساس عوامل طبیعی و انسانی با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی در شمال یونان به این نتیجه رسیدند که نقشه پتانسیل خطر با وقایع قدیمی سیلاب‌های گذشته همگرایی داشته و بیشتر سیلاب‌های این منطقه ناشی از مداخله‌های انسانی بوده است [۲۵]. با انجام مطالعه‌ای با بهکارگیری متغیرهای مورفومتری حوضه داهاب در مصر مناطق خطر سیل را بررسی کردند که مناطق پرخطر توپوگرافی ناهموار و لیتولوژی نفوذناپذیر داشتند [۲]. هم چنین در تحقیق دیگری با استفاده از متغیرهای

مورفومتری، تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوضه رودخانه نگر در بنگلادش به پهنه‌بندی خطر سیل با روش AHP پرداخته‌اند و نتایج این تحقیق نشان داد که قسمت پایین دست حوضه در برابر سیل آسیب‌پذیرتر می‌باشد و علت آن باران‌های شدید موسمی است که باعث تراکم زهکشی بالا و سیلاب بیشتر در منطقه شده است [۲۱]. در حوزه آبخیز اختر آباد به منظور بررسی پتانسیل سیل‌خیزی با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی به این نتیجه رسیدند: مناطقی دارای پتانسیل سیل‌خیزی بیشتر هستند که در پهنه‌های با شیب ۶۰ درصد و بارش بین ۳۰۰-۴۰۰ میلی‌متر قرار دارند، همچنین پوشش گیاهی مناسب، خاک تکامل یافته و تراوایی بیشتر، در قسمت مرکزی و پایین دست سیل‌خیزی را کاهش می‌دهند [۱۲]. در ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه سرپل ذهاب به این نتیجه دست یافتند که بکارگیری تعداد بیشتر متغیرهای مورفومتری و تأکید بر متغیرهای مرتبط با شکل حوضه از کارایی مطلوبتری برخوردار می‌باشد [۱۹]. در پژوهشی با پهنه‌بندی سیلاب در حوضه رودخانه خیاوچای با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای با داده‌های بارش، کاربری زمین، تحدب و تقعر دامنه‌ها، شاخص پوشش گیاهی، فاصله از رودخانه اصلی و تراکم زهکشی به این نتیجه رسیدند که بیش از ۱۵ درصد حوضه با پتانسیل خطر وقوع سیلاب قرار داشته که این سطوح دارای شیب کمتر از ۳۵ درصد، پوشش گیاهی کم، سطوح همگرا با پروفیل مقعر، نواحی پست و حاشیه رودخانه را تشکیل داده است [۱]. تحقیقی به منظور ارزیابی خسارات سیلاب و پهنه‌بندی شهر تبریز با روش AHP با استفاده از داده‌های کاربری اراضی، تراکم جمعیت، طبقات شیب و ضریب رواناب به این نتیجه رسیدند که بیشترین خسارات مربوط به مناطق از بافت فرسوده، مصالح غیر استاندارد و نامقاوم بوده است [۱۱]. پس از بررسی شبیه‌سازی پهنه‌های سیل‌گیر رودخانه کن به این نتیجه رسیدند که در بالادست رودخانه افزایش دبی به شکل افزایش ارتفاع سطح آب خروجی مدل هیدرودینامیکی بوده و گسترش عرضی کمتری در سطوح سیلاب‌گیر به چشم می‌خورد. اما در بخش‌های میانی و کم

ارتباط دارد. شکل شماره ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. رودخانه‌های حوضه از کوه‌های مرتفع سرچشمه گرفته و به همین دلیل از شیب بالایی برخوردار هستند. رودخانه کن مهم‌ترین آبراهه حوزه آبخیز کن می‌باشد، که از ارتفاعات مشرف به امامزاده داود سرچشمه گرفته و تا خروجی حوضه (مناطق مسکونی کن) ادامه دارد. از دیگر آبراهه‌های مهم حوضه می‌توان لالون، طالون و کشار را نام برد.

حوزه آبخیز کن از جمله نواحی شمالی شهر تهران است و طولانی‌ترین جریان در بین حوضه‌های شمالی محسوب می‌شود و حوضه زهکشی آن به تنهایی بزرگتر از ۲۳ رودخانه دیگر نسبت به سایر حوزه‌های آبخیز شهر تهران است و به ده زیر حوضه کوچک به نام‌های امامزاده داوود، طاعون، رندان، کیکا، سنگان، کشار، سولقان، کن میانی، دوآب و هریاس تقسیم شده است [۱۰].

۲.۲. روش کار

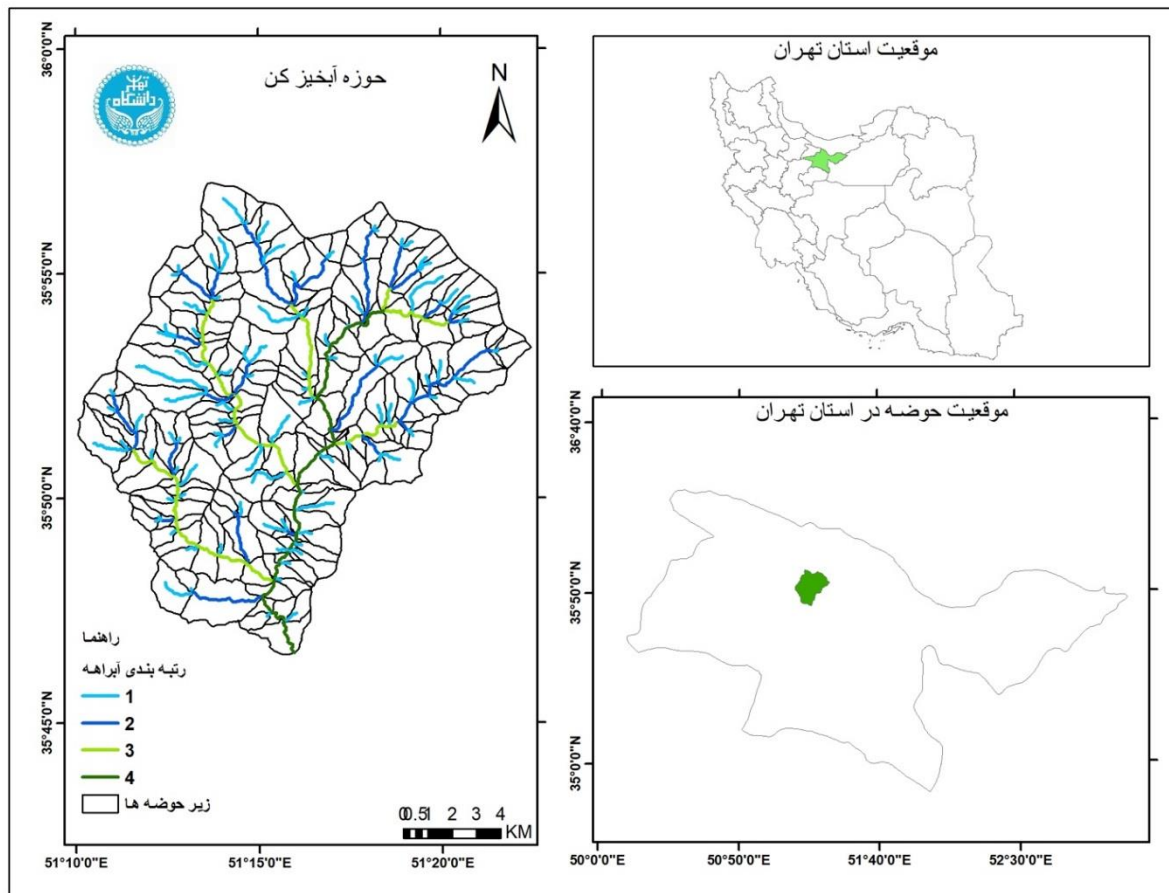
در این پژوهش از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده شده است. خصوصیات مورفومتری منطقه، مدل رقومی ارتفاعی ۱۰ متر به منظور تولید نقشه‌های رستری، نرم افزار GIS جهت محاسبات متغیرهای مورفومتریک (جدول ۱)، نرم افزارهای Decision Super، Expert Choice جهت وزن‌دهی متغیرها به منظور تجزیه و تحلیل متغیرها مورد استفاده قرار گرفت (براساس رابطه ۱). برای این منظور متغیرهایی که رابطه معکوس با سیل دارند یعنی با افزایش آن سیل‌خیزی کاهش می‌یابد کمترین مقدار متغیر در بین حوضه‌ها بر اعداد دیگر حوضه تقسیم می‌شود و متغیرهایی که رابطه مستقیم با سیل دارند با افزایش متغیر سیل نیز افزایش می‌یابد و مقدار اعداد متغیر بر بزرگ‌ترین مقدار متغیر در بین حوضه‌ها تقسیم می‌گردد. در مرحله بعد متغیرها با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) ارزش‌گذاری گردید و سپس با استفاده از روش تاپسیس به اولویت‌بندی زیر حوضه‌های مستعد پرداخته شد.

شیب پایین دست رودخانه به علت کاهش ارتفاع سطح آب، رودخانه دارای گسترش جانبی بیشتری بوده و پهنه‌های سیل‌گیر در این بخش‌ها نسبت به بالادست رودخانه دارای وسعت بیشتری می‌باشد [۷]. حوزه آبخیز کن به دلیل وجود جمعیت زیاد پیرامون رودخانه و ساخت و ساز غیرجاز در حریم رودخانه، تخریب منابع طبیعی، تغییر کاربری اراضی و وجود سیلاب‌های پیشین و خسارت‌های سنگین، کنترل سیل، اولویت‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی زیر حوضه‌ها و اتخاذ تدابیر برای مدیریت زیرحوضه‌های مستعد در این حوضه امری ضروری است. هدف از این پژوهش تاثیر متغیرهای مورفومتریک در پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز کن با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ((روش تحلیل سلسله مراتبی)) ANP و AHP (روش تحلیل شبکه‌ای)) و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس راه حل ایده‌آل مثبت (روش تاپسیس) جهت برنامه‌ریزی زیرحوضه‌های مستعد سیلاب است. استفاده از روش ANP در کنار روش AHP به منظور نمایش توان سرزمینی به بهترین نحو ممکن می‌باشد. زیرا مدل ANP یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره موسوم به فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را با جایگزینی شبکه به جای سلسله مراتب بهبود می‌بخشد و در نهایت اولویت‌های لازم را به منظور تصمیم‌گیری فراهم می‌کند [۲۸]. بنابراین هدف اصلی این پژوهش ارائه مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر روی سیل‌خیزی حوزه آبخیز است که متکی به فرآیند تحلیل شبکه است و نتایج این تحقیق جهت شناخت دقیق متغیرهای مورفومتریک تاثیرگذار بر روی حوزه آبخیز کن انجام شده است.

۲. روش شناسی

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کن با مساحت ۲۰۵۷۱/۰۴ هکتار می‌باشد که از جنوب به شهر تهران، از شرق به حوضه درکه، از شمال به حوضه جاجرود و از غرب به حوضه رودخانه کرج



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. روش‌های محاسبه متغیرهای مورفومتریک در زیر حوضه‌های آبخیز کن

ردیف	متغیر مورفومتریک	فرمول	توضیحات	منبع
۱	تراکم زهکشی	$D_d = \sum L/A$	L مجموع طول آبراهه؛ A مساحت حوضه	[8]
۲	نسبت انشعاب	$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$	N_u تعداد آبراهه‌های رتبه ویژه؛ N_{u+1} تعداد آبراهه‌های رتبه بالاتر	[9]
۳	عدد ناهمواری	$R_n = \Delta H \times D_d$	D_d اختلاف ارتفاع؛ ΔH تراکم زهکشی	[13]
۴	طول جریان سطحی	$L_g = \frac{1}{D \times 2}$	D تراکم زهکشی $\frac{1}{2}$	[8]
۵	نسبت کشیدگی	$= 1/128(\sqrt{A/Lb})R_e$	A مساحت حوضه؛ Lb طول حوضه	[22]
۶	نسبت گردی	$R_c = 12/56 \times \left(\frac{A}{p^2}\right)$	A مساحت حوضه؛ P محیط حوضه	[14]
۷	ضریب نفوذپذیری	$I_f = F_s \times D_d$	D_d تراکم زهکشی؛ F_s فراوانی آبراهه	[6]
۸	زمان تمرکز (براساس کریبیچ)	$= 0/949 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0/385} t_c$	L مسیر آبراهه اصلی؛ H اختلاف ارتفاع بین نقطه تمرکز و بلندترین نقطه حوضه	[3]
۹	مستطیل معادل	$I = \frac{c\sqrt{A}}{1/12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1/12}{c}\right)^2} \right]$ $L = \frac{c\sqrt{A}}{1/12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1/12}{c}\right)^2} \right]$	I عرض مستطیل L طول مستطیل	[3]

شناسایی و رسم شود. در گام بعدی باید همه مقایسه‌های زوجی انجام گیرد [۲۸]. مراحل روش تحلیل شبکه‌ای شامل: ۱. ساختن مدل و ساختار بندی مدل ۲. مقایسات زوجی بردارهای اولویت ۳. تشکیل سوپر ماتریس (Super matrix) ۴. انتخاب بهترین گزینه.

در صورتی که سوپر ماتریس تشکیل شده در مرحله قبل همه شبکه را پوشش دهد می‌توان وزن‌های اولویت را در ستون گزینه‌ها در یک سوپر ماتریس نرمال شده یافت. از سوی دیگر، اگر یک سوپر ماتریس فقط شامل قسمت‌های به هم مرتبط باشد نیاز به محاسبات بیشتری برای رسیدن به اولویت‌های کلی گزینه‌ها وجود دارد [۱۶]. در روش AHP روابط یک طرفه بین سطوح تصمیم‌گیری وجود دارد در حالی که در روش ANP روابط بین سطوح تصمیم‌گیری و معیارها به شکل کلی‌تر مورد مطالعه قرار می‌گیرد (شکل ۲). در هر دو روش مقایسات زوجی با طیف یک (کمترین ارزش) و ۹ (بالاترین ارزش) انجام می‌شود که بدین منظور از ۱۵ پرسشنامه در بین کارشناسان متخصص توزیع گردید تا هر یک از عوامل امتیازدهی شود. پس از تحلیل پرسشنامه‌ها برای محاسبه وزن نهایی معیارها از نرم‌افزار Super Decision در روش ANP، در روش AHP از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد.

رابطه ۱

$$n = \frac{\min x_i}{x_i} \quad \text{نرمال سازی معیارهای منفی}$$

$$n = \frac{x_i}{\max x_i} \quad \text{نرمال سازی معیارهای مثبت}$$

n : میزان نرمال شده معیارها

x_i : میزان هر شاخص در حوضه مورد نظر

$\min x_i$: حداقل میزان شاخص در بین حوضه‌ها

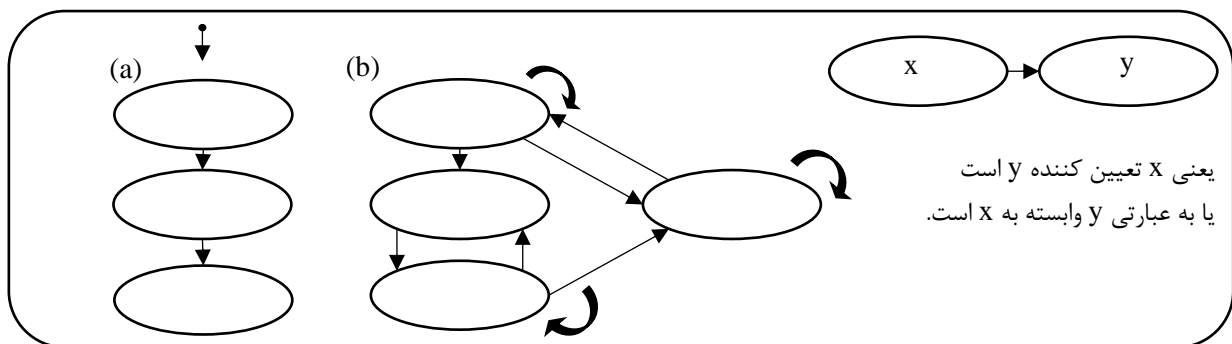
$\max x_i$: حداکثر میزان شاخص در بین حوضه‌ها

۱.۲.۲ روش تحلیل سلسله مراتبی

یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد [۱۷]. گام‌های این روش تشکیل درخت سلسله مراتبی، تشکیل ماتریس مقایسات زوجی، تعیین وزن و محاسبه نرخ ناسازگاری است [۲۶]. چنانچه این نرخ از ۰/۱ کمتر باشد نشان از سازگاری ماتریس است و اگر از ۰/۱ بیشتر باشد باید در مقایسات زوجی تجدید نظر نمود [۵].

۲.۲.۲ روش تحلیل شبکه‌ای

برای حل یک مسئله با روش ANP، ابتدا باید شبکه‌ای از اهداف، معیارها، زیرمعیارها، گزینه‌ها و روابط بین آنها



شکل ۲. الف) ساختار سلسله مراتبی (ب) ساختار شبکه‌ای

معرفی شد به شرح زیر است [۱۵]:

گام اول: به دست آوردن ماتریس تصمیم

گام دوم: تبدیل ماتریس تصمیم به ماتریس بی‌مقیاس

۳.۲.۲ روش تاپسیس

تکنیک یا اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل

ایده‌آل، که نخستین بار بوسیله ونگ و یون در سال ۱۹۸۱

رابطه ۲

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

r_{ij} : ماتریس بی مقیاس

x_{ij} : مقدار عددی به دست آمده از گزینه i ام با شاخص

زام

گام سوم: تشکیل ماتریس بی مقیاس وزین

ماتریس تصمیم وزن دار از ضرب ماتریس تصمیم

بی مقیاس شده در برابر وزن معیارها (وزن به دست آمده

از ANP، AHP و...) به دست می آید.

رابطه ۳

$$V = W * r$$

W : مجموعه وزن معیارها

r : ماتریس نرمالیزه شده

v : ماتریس تصمیم وزن دار

گام چهارم تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل

ایده آل منفی

راه حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی، به صورت زیر

تعریف می شوند:

{بردار بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس V }: راه حل

ایده آل مثبت: V_{j+}

{بردار بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس V }: راه حل

ایده آل منفی: V_{j-}

"بهترین مقدار" برای شاخص های مثبت، بزرگ ترین

مقدار تخصیص یافته ماتریس بی مقیاس موزون است و

برای شاخص های منفی، کوچک ترین مقدار تخصیص

یافته است. به هنگام تعیین راه حل ایده آل منفی این

رابطه برعکس می شود.

گام پنجم به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا

ایده آل های مثبت و منفی:

برای محاسبه فاصله می توان از فاصله اقلیدسی یا

متعامد استفاده کرد. فاصله اقلیدسی هر گزینه تا ایده آل

مثبت و فاصله هر گزینه تا ایده آل منفی، براساس

فرمول های زیر حساب می شود:

$$i=1,2,\dots,m, d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^+)^2} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$i=1,2,\dots,m, d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - V_j^-)^2}$$

گام ششم

تعیین ضرایب نزدیکی یک گزینه به راه حل ایده آل:

$$cl_i^+ = \frac{d_i^-}{(d_i^+ - d_i^-)} \quad \text{رابطه ۵}$$

CL: ضریب نزدیک به ایده آل

d_i^+ : ایده آل مثبت

d_i^- : ایده آل منفی

i : گزینه

گام هفتم رتبه بندی گزینه ها

هر گزینه ای که CL آن بزرگتر باشد، گزینه بهتر است.

۳. نتایج

وزن متغیرهای مورفومتريک در روش ANP و AHP

طبق جدول ۲ محاسبه شد که در AHP بیشترین پارامتر

در معیار مورفوتوپوگرافی مربوط به شیب (۰/۴۳)،

مورفومتري خطی نسبت انشعاب (۰/۸۳)، مورفومتري

شکلی نسبت گردی (۰/۵۸)، مورفومتري فضایی ضریب

نفوذپذیری (۰/۷۳)، پوشش گیاهی (۰/۸۳)، شدت -

مدت بارش، زمان تمرکز و سنگ شناسی (۱) می باشد و

براساس اولویت بندی در Expert choice (شکل ۳) معیار

اقلیم و مورفوتوپوگرافی از عوامل مهم سیل خیزی محسوب

می شوند. در روش ANP شیب و زمان تمرکز (۰/۱۱)

مدت شدت بارش (۰/۱۲) جزو مهم ترین عوامل موثر در

سیل خیزی شدند (شکل ۴).

نقشه سیل خیزی حوضه بر اساس ۱۷ پارامتر

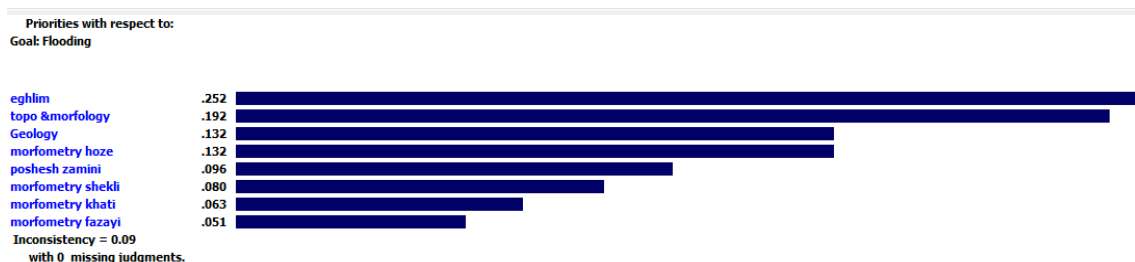
مورفومتريک نرمال شده در هر روش محاسبه شد که در

شکل (۴) میزان خطرپذیری زیر حوضه ها بر اثر سیلاب به

دسته های با خطرپذیری کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد

پهنه بندی گردید. سپس در روش تاپسیس با استفاده از

وزن‌های AHP و ANP به اولویت‌بندی زیر حوضه‌های اصلی پرداخته شد (جدول ۳).



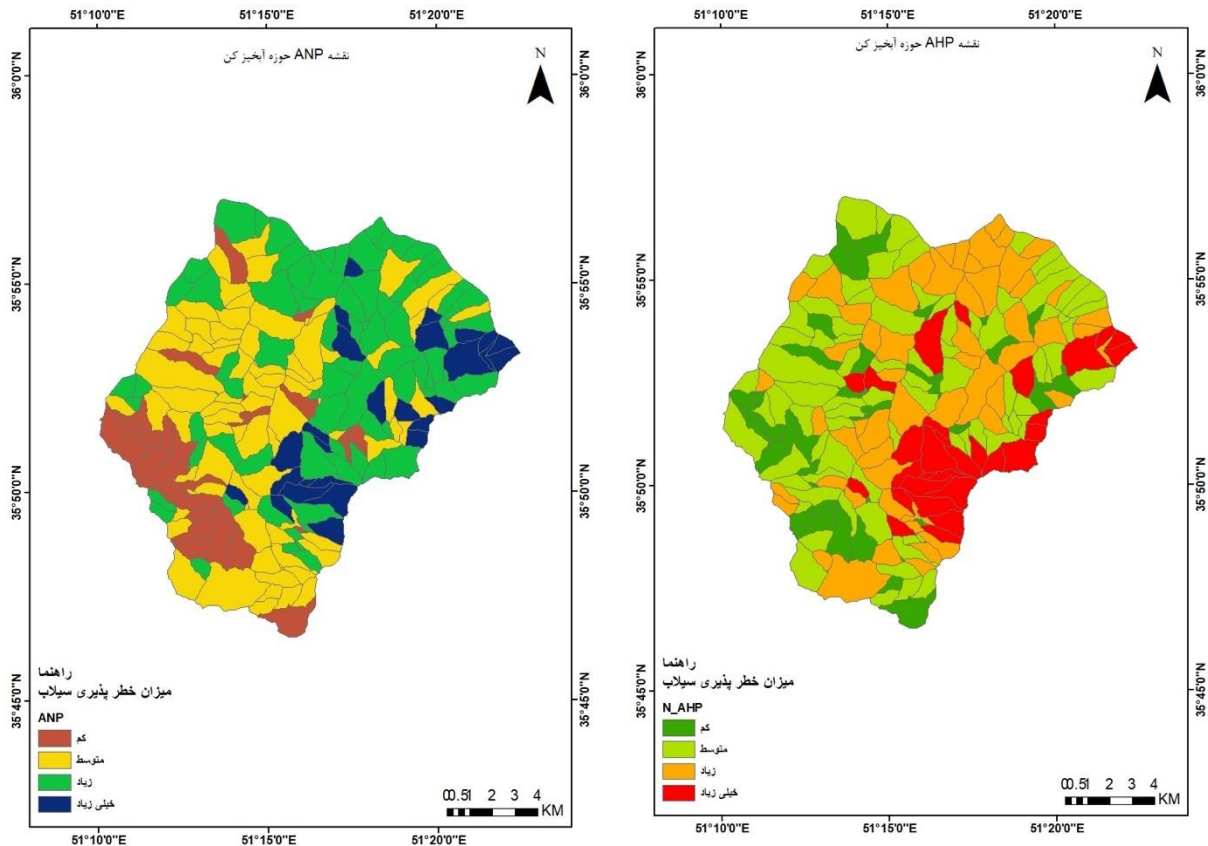
شکل ۳. اولویت‌بندی معیارها و وزن نسبی آن‌ها در Expert Choice

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1 اقلیم		1.000000	0.207989	0.207989
2 مورفوتوپوگرافی		0.819532	0.170453	0.170453
3 مورفومتری حوضه		0.590612	0.122841	0.122841
4 مورفومتری شکلی		0.541082	0.112539	0.112539
5 زمین شناسی		0.552484	0.114910	0.114910
6 مورفومتری فضایی		0.422414	0.087857	0.087857
7 مورفومتری خطی		0.456231	0.094891	0.094891
8 پوشش زمینی		0.425599	0.088520	0.088520

شکل ۴. اولویت‌بندی معیارها و وزن نسبی آن‌ها در Super Decision

جدول ۲. وزن‌های پارامترها در روش AHP و ANP

وزن در AHP	وزن در ANP	متغیرها	وزن در AHP	وزن در ANP	ابعاد پارامترها
۰/۴۳	۰/۱۱	شیب			
۰/۲۸	۰/۰۲۸	انحنا			
۰/۱۴	۰/۰۶۱	ارتفاع	۰/۱۹	۰/۱۷	مورفوتوپوگرافی
۰/۱۳	۰/۰۲۰	عدد ناهمواری			
۰/۸۳	۰/۰۳۶	نسبت انشعاب	۰/۰۶	۰/۰۹	مورفومتری خطی
۰/۱۶	۰/۰۱۳	طول جریان زمینی			
۰/۱۰	۰/۰۳۵	نسبت کشیدگی			
۰/۵۸	۰/۰۶۹	نسبت گردی	۰/۰۸	۰/۱۱	مورفومتری شکلی
۰/۳۰	۰/۰۱۴	مستطیل معادل			
۰/۱۸	۰/۰۳۲	تراکم زهکشی			
۰/۷۳	۰/۰۷۲	ضریب نفوذ نفوذپذیری	۰/۰۵	۰/۰۸	مورفومتری فضایی
۰/۰۸	۰/۰۱۳	طول جریان آبراهه			
۱	۰/۶۳	سنگ شناسی	۰/۱۳	۰/۱۱	زمین شناسی
۰/۱۶	۰/۰۳۸	کاربری اراضی	۰/۰۹	۰/۰۸	پوشش زمین
۱	۰/۱۱	مقدار بارش (۲۴ ساعت) و شدت بارش	۰/۲۵	۰/۲۰	اقلیم
۱	۰/۱۲	زمان تمرکز	۰/۱۳	۰/۱۲	مورفومتری حوضه



شکل ۵. خروجی حاصل از پارامترهای مورفومتری به روش ANP و AHP

جدول ۳. رتبه‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز کن بر اساس روش تاپسیس

رتبه در روش ANP	CI_i^+	رتبه در روش AHP	CI_i^+	معیار
اول	۰/۹۷	اول	۰/۷۴	امامزاده داوود
ششم	۰/۴۰	ششم	۰/۳۴	کشار
دوم	۰/۵۱	دوم	۰/۵۰	طلون
هفتم	۰/۳۸	هشتم	۰/۲۶	رندان
دهم	۰/۲۰	دهم	۰/۱۹	پایین دست سولقان
پنجم	۰/۴۲	سوم	۰/۴۱	سنگان
چهارم	۰/۴۲	چهارم	۰/۳۸	سولقان
هشتم	۰/۳۰	هفتم	۰/۲۹	کن میانی
سوم	۰/۴۸	پنجم	۰/۳۸	دوآب
نهم	۰/۲۲	نهم	۰/۲۴	هریاس

انجام شد. نتایج حاصل از این رتبه‌بندی در روش AHP نشان داد که زیر حوضه‌های امامزاده داوود، طلون و سنگان به ترتیب با کسب بیشترین امتیاز (۰/۷۴، ۰/۵۰، ۰/۴۱) و

به منظور به دست آوردن میزان فاصله هر یک از گزینه‌ها (زیر حوضه‌ها) از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی (رابطه ۳) استفاده شده و بر اساس رابطه (۴) رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها

حوضه که متأثر از اقلیم و لیتولوژی حوضه است، می‌باشد. سیلاب‌های تند در زمان کوتاه که بعد از بارندگی ظاهر می‌شود از مشخصه‌های بارز حوضه‌هایی است که تراکم آبراهه در آن زیاد است [۲۹].

شیب نیز از جمله عواملی است که هر چه میزان آن بیشتر باشد سیل نیز بیشتر می‌شود. در زیر حوضه‌های طالون و امامزاده داوود که در شیب‌های بین ۴۰-۶۰ درصد قرار دارند، از نظر سیل‌خیزی جزو مناطق مستعد محسوب می‌شوند. از نظر کاربری اراضی زیر حوضه‌های مستعد اغلب در مناطق مسکونی و از نظر پوشش گیاهی جزو مراتع کم تراکم قرار داشته‌اند. از نظر زمین‌شناسی سازند مناطق مستعد اغلب از جنس شیل با ماسه سنگ، سیلتستون توفی، میکرو گابرو و دیوریت بوده‌اند و نفوذپذیری این سازندها بسیار کم است و باعث رواناب در حوضه می‌شود.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

سیل از جمله مخاطراتی است که هر ساله باعث خسارات جانی و مالی زیادی می‌شود. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها یکی از راه‌های کنترل سیلاب می‌باشد. متغیرهای مورفومتریک از جمله ویژگی‌های مهم وقوع سیلاب در یک حوضه می‌باشد. می‌توان بر اساس این پارامترها به سیل‌خیزی حوضه پی برد.

سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به‌مراه متغیرهای مورفومتریک که شامل شیب، ارتفاع، انحنا، عدد ناهمواری، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، مستطیل معادل، تراکم زهکشی، طول جریان آبراهه، ضریب نفوذپذیری، زمان تمرکز، شدت-مدت بارش، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، نسبت انشعاب، طول جریان زمینی در مطالعه سیل‌خیزی حوضه کن مورد بررسی قرار گرفت. وزن متغیرهای مورفومتریک با مدل روش تحلیل شبکه‌ای، تحلیل سلسه مراتبی محاسبه گردید و با روش تاپسیس به رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها پرداخته شد نشان داد که در تحلیل سلسله مراتبی در AHP معیار اقلیم و مورفوتوپوگرافی

در روش ANP زیر حوضه‌های داوود، طالون و دوآب با کسب بیشترین امتیاز (۰/۹۷، ۰/۵۱، ۰/۴۸) در رتبه اول تا سوم قرار داشته و شدت سیل‌خیزی در آنها نسبت به زیر حوضه‌های دیگر بیشتر است و در مقابل نتایج حاصل از AHP زیرحوضه‌های رندان، هریاس و پایین دست سولقان با کسب کمترین امتیاز (۰/۲۶، ۰/۲۴، ۰/۱۹) و در روش ANP زیرحوضه‌های کن میانی، هریاس و پایین دست سولقان با کسب کمترین امتیاز (۰/۳۰، ۰/۲۲، ۰/۲۰) در رتبه هشتم تا دهم قرار گرفته‌اند. تنها تفاوت این دو روش در زیر حوضه‌های دوآب، سنگان، رندان و کن میانی بوده است. در روش تاپسیس نیز متغیرهای مثبت و منفی در سیل‌خیزی مشخص شد.

زیرحوضه امامزاده داوود و طالون در هر دو روش دارای رتبه اول است به دلیل دارا بودن مقادیر بالای متغیرهای مورفومتریک که رابطه مستقیم با سیل‌خیزی دارند از قبیل شیب، ارتفاع، عدد ناهمواری، انحنا، طول جریان زمینی، نسبت گردی، مستطیل معادل، تراکم زهکشی، زمان تمرکز، مقدار بارش و سازند زمین‌شناسی مقاوم، به عنوان بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها نسبت به سیلاب شناخته شده است. نسبت انشعاب یکی از عوامل موثر در هیدروگراف حوزه‌های آبخیز، بشمار می‌رود که رابطه معکوس با نفوذپذیری حوزه آبخیز دارد و مقادیر زیاد نسبت انشعاب بیان‌کننده میزان نفوذپذیری کم می‌باشد در نتیجه باعث افزایش فرسایش‌پذیری و هدر رفت منابع طبیعی حوضه می‌شود [۲]. نسبت کشیدگی به درک ویژگی‌های هیدرولوژیک حوضه زهکشی کمک می‌کند و مقدار آن بین ۱ برای حوضه‌های دایره تا صفر برای حوضه‌های کشیده در نوسان است. اگر این مقادیر یک نزدیک‌تر باشد شکل حوضه دایره‌ای است که نشان دهنده دبی پیک بالا و پتانسیل سیل‌خیزی بالا است [۲]. تراکم زهکشی از جمله پارامترهایی است که رابطه مستقیم با سیل‌خیزی دارد، زیاد بودن میزان تراکم زهکشی دلیل بر بالا بودن تعداد آبراهه در حوزه آبخیز می‌باشد و نشان دهنده شدت فرسایش و هرزآب در قسمت‌های مختلف

References

- [1] Abedini, M, and Fathi. M.H. (2015) Flood Risk Mapping and Evaluation by using the Analytic Network Process Case Study: (Khiav Chai Catchment) Journal of Hydrogeomorphology, Summer Course. 3. 99–120
- [2] Abuzied, S. M., and Mansour, B. M. (2018). Geospatial hazard modeling for the delineation of flash flood-prone zones in Wadi Dahab basin, Egypt. Journal of Hydroinformatics, 21(1). 180-206.
- [3] Alizadeh, A. (2010). Principles of Applied Hydrology (30th edition), Imam Reza University, Mashhad
- [4] Chowdary, V. M., Chakraborty, D., Jeyaram, A., Krishna Murthy, Y. V. N., Sharma, J. R., and Dadhwal, V. K. (2013). Multi-Criteria decision-making approach for watershed prioritization using Analytic Hierarchy Process Technique and GIS. Water Resource Management, 27. 3555-3571.
- [5] Delbari, S. A, and Davoodi, S. (2012). Application of Hierarchical Analysis Process (AHP) technique in ranking tourist attraction evaluation indicators, Journal of Operations Research in its Applications (Applied Mathematics), 9(2), 57-79.
- [6] Faniran, A. (1968). The index of drainage intensity -a provisional new drainage factor. Australian Journal of Science, 31, 328-330.
- [7] Gholami, M and Abadi, Ali. (2019). Simulation of floodplain zones in Tehran's metropolitan watershed (case study: Kaan basin)." Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 24 (4), 95–108.
- [8] Horton, R.E. (1932). Drainage basin characteristics. Trans. Am. Geophys. Union, 13, 350–361.
- [9] Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull. 56, 275–370.
- [10] Hoshariipour, F, Yazdi, J Eftekhari, M, Shesh Angesht S, and Javadi. F. (2016). "Flood management in the catchment area of Kan River with a simulation and optimization approach." Experimental Research in Civil Engineering, 3(1). 73-89.
- [11] Mahmoudzadeh, H, Emami Kia, V, Rasouli, A.A. (2015). Microzonation of Flood Risk in Tabriz Suburb With using Analytical Hierarchy Process, Geographical Research, 30(1). 167-180.
- [12] Malekian, A, Aftagan Khozani, A, and Ashournejad, Gh. (2012). Zoning of flood potential of Akhtarabad watershed using fuzzy hierarchical analysis method." Natural Geography Research, 44(4), 131–152.
- [13] Melton, M. (1957). An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology, Project NR 389-042, Tech. Rept. 11, Columbia Univ.
- [14] Miller, V.C. (1953). A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. Department of Geology Columbia University, New York, 389-402.
- [15] Momeni, M. Sharifi Salim, AR. (2011). Models and software for multi-criteria decision making: Authors Publications, first edition. Tehran.
- [16] Najafi, M. (2018). Identifying and prioritizing the causes of changes in road construction projects using ANP method, Supervisor Lardak, Master Thesis in Engineering and Construction Management, Ala Al-Dawlah Semnani Institute of Higher Education – Garmsar.
- [17] Naderi, N, Mohseni Sarvi, M, Malekian A, and Ghasemian D. (2012). AHP: A Technique for Decision Making at Watershed Level." Environment and Development Journal. 2(4), 41-51.
- [18] Omidvar, K, Kianfar, A and Askari. Sh. (2010). Zoning the Flood-Producing Potentials of Konjancham Basin." Natural Geography Research 42 (72), pp. 90-73.
- [19] Mansour, P. (2019). Evaluation of the flood potential of Sarpol Zahab basin using morphometric parameters analysis. Journal of Earth Science Researches. 10 (3), 174-190.
- [20] Razavizadeh, S and Shahedi K. (2016). "Prioritizing flooding of Taleghan watershed using a combination of AHP and TOPSIS." Iranian Natural Ecosystems. 7 (4), 33-46.

- [21] Sarkar, D., Mondal, P., Sutradhar, S., and Sarkar, P. (2020). Morphometric Analysis Using SRTM-DEM and GIS of Nagar River Basin, Indo-Bangladesh Barind Tract. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48, 597-614.
- [22] Schumm, S.A. (1956) Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*. 67, 597-646.
- [23] Sharifi Kia. M, Shayan, S, Yamani, M and Arab. A. (2017). Morphometric parameter extraction and analysis for watershed periodization over the Naka Roud Catchment." *Iranian Journal of Eco Hydrology*, 5 (1), 69–83.
- [24] Singh, S. and Singh, M.C., (1997). Morphometric analysis of Kanhar river basin, *National Geographic J India*, 43(1). 31-43.
- [25] Stefa. N, and Dimitrios.S. (2013). "Assessment of Flood Hazard Based on Natural and Anthropogenic Factors Using Analytic Hierarchy Process (AHP)." *Natural Hazards* 68, 569–585.
- [26] Tavakoli, M, Fazel. N, Gharib, and Ganjali, A. A. (2009). The Application of Analytical Hierarchy Process in Setting the Priorities of Economic Sectors in Iran: A Case Study of Neishabour County *Journal of Village and Development*, 10(4), 77-98.
- [27] Tehran Natural Resources Organization, (2018). Information related to hydrology and climate.
- [28] Yamani, M., Yusefi, F., Moradi, A., Abbasi, M., and Barzkar, M. (2017). Preparatory zoning using the ANP and AHP models for tourism development Case study: Oshnaviyeh city. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 26(102), 19-34.
- [29] Zahedi, M, and Bayati, Kh, (2013). *Hydrology*, Samat Publications, Second Edition, Tehran (2010).

Flood potential assessment of the Kan sub-basins using morphometric parameters and hierarchical analysis models

- ❖ **Mehrnoosh Ghadimi***; Assistant professor, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
- ❖ **Nadia Hajihassani**; MSc. Graduated, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
- ❖ **Arash Malekian**; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
- ❖ **Ebrahim Moghimi**; Professor, Faculty of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran.

Abstract

Sub-basin prioritization and morphometric characterization analysis is one of the efficient and low-cost tools in identifying flood hazards. The purpose of this study is to Prioritize the flood potential of watershed sub-basins using morphometric parameters, combines of model statistical correlation and multi-criteria decision-making systems. 17 morphometric parameters including slope, elevation, curvature, Ruggedness number, elongation coefficient, circularity coefficient, equivalent rectangle, drainage density, Stream Length, coefficient Permeability, concentration time, duration-intensity of precipitation, land cover, land use, geology, Bifurcation Ratio, Length of overland flow were studied. The relationship between parameters and weighting results showed that in AHP in climate and Morphotopography (slope, height, curvature, coefficient of roughness) was one of the important factors of flooding. In ANP method, slope and concentration time (0.11) duration-intensity of rainfall (0.12) has become one of the most important factors in flooding. Ranking in AHP method showed that the sub-basins of Imamzadeh Davood, Taloon and Doab to Respectively with the highest score (0.74, 0.50, 0.38) and in the ANP method with the highest score (0.97, 0.51, 0.48) in the sub-basins of Imamzadeh Davood, Talun and Sangan They are located in the first to third places and the intensity of flooding in them is higher than other sub-basins. According to the results, relationship between the equivalent rectangle (width) and the circularity showed a strong correlation between these two variables. The results showed that this model has high accuracy and morphometric sub-basins have a great impact on flooding, so that the sub-basins of Imamzadeh Davood and Sangan are among the high-risk areas in this basin and more floods have occurred in these areas. The result of HEC-HMS is consistent with ANP method.

Keywords: Morphotopography, ANP method, AHP method, Kan watershed.

