

## مقدمه

سیل‌گیری تأسیسات و اماکن حساس و پراهمیت موضوعی است که باید به‌طور جدی برای آن چاره اندیشید و از انواع اقدامات رایج برای مهار آن استفاده کرد [۳۴]. اکثر شهرهای ایران در خروجی حوضه‌ها بنا شده‌اند. افزایش سطوح نفوذناپذیر که ناشی از شهرسازی و احداث ساختمان بر خاک‌های نفوذپذیر است، طبعاً از سطوح نفوذپذیر حوضه و نتیجتاً بر حجم کل رواناب شهر افزوده است [۳۷]. سطوح روکش شده شهر، بام ساختمان‌ها و سطوح خیابان‌ها و پارکینگ‌ها سبب می‌شود که بخش بیشتری از بارندگی به رواناب‌های سطحی تبدیل شود. حاصل این تغییرات بهبود زهکشی حوضه، کوتاه شدن زمان تمرکز و افزایش شدت آبدهی سیلاب‌های حوضه بوده است [۵، ۲۵، ۱۷]. در سال‌های اخیر و در پی افزایش جمعیت و تغییرات کاربری اراضی، رخدادهای سیلاب، خسارات مالی و جانی را به‌دنبال داشته، وضع حمل و نقل را مختل و باعث ایجاد ترافیک، آلودگی و آب‌گرفتگی معابر و خسارت به منازل مسکونی شده است [۴۶، ۲۷، ۲۸]. آنچه در حال حاضر بدان عمل می‌گردد برخوردهای موردی و کوتاه‌مدت است و فرآیندی که باید در طول زمان ادامه یابد تا بتواند به تدریج راه‌حل‌های نهایی را فراهم آورد [۲۹]. پهنه‌بندی خطر سیل، در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرهای سیل بوده [۱۴] و وسیله‌ای قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه همزمان با کاهش خطرهای سیل و حفاظت محیط‌زیست است [۳۸]. یکی از مهم‌ترین چالش‌های آنها انتخاب بهترین و مناسب‌ترین گزینه و اولویت بندی گزینه‌ها با توجه به معیارهای تعریف شده است [۱۴]. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند راهکار مناسبی برای حل اینگونه مسائل باشد [۳۵]. از قوی‌ترین و موثرترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، روش فرارته‌ای پرومته<sup>۴</sup> می‌باشد. روش PROMETHEE به راحتی قادر به بکارگیری معیارهایی با مقیاس‌های مختلف اندازه‌گیری می‌باشد [۳] و متناسب با اطلاعات و مقیاس معیار توابع شش گانه مجزایی را تعریف می‌کند [۶]. این روش در شرایطی که باید گزینه‌های زیاد و بر اساس چندین معیار کمی و کیفی و اغلب متناقض ارزیابی می‌شوند، سازگار و کارا می‌باشد [۱]. و در اولویت‌بندی مراکز بهداشتی و درمانی، مکان‌یابی تسهیلات فاضلاب و آسیب‌پذیری حوضه‌های آبخیز [۳۲] با موفقیت

## پهنه‌بندی سیل‌خیزی و ارزیابی کارایی کانال‌های روان‌آب سطحی در حوضه آبخیز شهری بندرعباس

نعیم صارمی<sup>۱</sup>، ام‌البنین بذرافشان<sup>۲</sup>، یحیی اسماعیل‌پور<sup>۳</sup> و مهشید سوری<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۸

## چکیده

عامل اصلی بروز سیلاب و آسیب‌های وارده در نواحی شهری و حاشیه شهرها، تغییرات ایجاد شده در الگوی طبیعی سیستم‌های زهکشی است. هدف این تحقیق، بررسی وضعیت سیل‌خیزی در حوضه آبخیز شهری بندرعباس، برآورد حجم سیلاب منتهی به هر زیرحوضه و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع رواناب‌های سطحی در این محدوده است. برای این منظور پس از رقوم‌سازی داده‌های مورد نیاز در سیستم اطلاعات جغرافیایی، لایه‌های مختلف شامل بارندگی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، تراکم و طول زهکشی، شیب و ارتفاع از سطح دریا ایجاد گردید. سپس ارزیابی سیل‌خیزی با فرآیند (PROMETHEE) و برآورد دبی سیلابی نیز با روش کریگر صورت پذیرفت. با توجه به برآورد دبی حداکثر سیلابی، کانال‌های دفع آب‌های سطحی، توانایی لازم برای عبور سیلاب بیش از ده سال را ندارند و در صورت وقوع سیلاب‌های شدیدتر، شهر متحمل آسیب خواهد شد. نتایج حاصل از روش پرومته نشان داد، زیرحوضه شیلات و سورو به ترتیب دارای بالاترین و پائین‌ترین رتبه از نظر محدوده سیل‌خیزی هستند و مهم‌ترین فاکتورهای اثرگذار بر سیلاب شهری طول و تراکم زهکشی معرفی گردید. لذا لازم است، راهکارهای لازم برای کاهش سیل‌خیزی در حوضه‌های شهری و اقدامات مناسب برای بهبود سیستم کانال‌های دفع آب‌های سطحی صورت پذیرد.

**کلید واژه‌ها:** سیلاب شهری، روش پرومته، مدل آنتروپی روش کریگر.

- ۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس.
- ۲- نویسنده مسئول و استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس. پست الکترونیک: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir
- ۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

4- Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations

PREOMETEEII است.

## مواد و روش

### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز شهری بندرعباس با مساحتی بالغ بر ۳۷۹ کیلومتر مربع در جنوب استان هرمزگان و حاشیه خلیج فارس واقع شده است. ارتفاع این حوضه از سطح دریا به طور متوسط ۴۰ متر است. این حوضه دارای ۵ زیرحوزه و عبارتی ۵ آبرهه اصلی و موقتی در سطح حوزه آبخیز است که همگی دارای جهت شمال به جنوب بوده و به دریا ختم می‌گردند [۳۱]. جدول ۱ مشخصات مربوط به هر یک از زیرحوضه‌ها و شکل ۲، معیارهای مورد استفاده را در سطح حوزه آبخیز شهری بندرعباس نشان می‌دهد. معیارهای مورد بررسی، شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، بارندگی، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی است که به ازای هر زیرحوزه به تفکیک مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل دبی در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار برای برآورد میزان آبگذری هر مقطع آبگذر، از روش مانینگ استفاده شد [۱۵ و ۲۳]. در این حالت فرض می‌شود، مقدار ضریب C در هر دو حوزه ثابت است لذا مقدار دبی در حوزه فاقد آمار از رابطه ۱ حساب می‌شود.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{A_1^{(0.894A_1^{-0.48})}}{A_2^{(0.894A_2^{-0.48})}} \quad (1)$$

که در آن: Q: دبی پیک سیلاب به فوت مکعب در ثانیه؛ A: مساحت حوزه آبخیز به مایل و C: ضریب حوزه که مقدار آن به شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی حوزه آبریز مورد مطالعه بستگی دارد.

### روش PROMETEEII

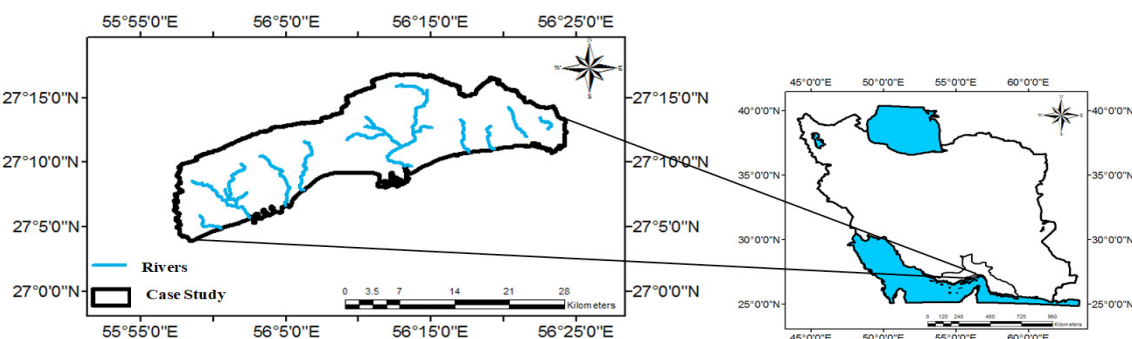
روش پرومته از جمله روش‌های تصمیم چند معیاره است که در چند گام مورد بررسی قرار گرفته است.

بکارگرفته شده‌اند [۲، ۴، ۱۳]. در زمینه بررسی سیلاب شهری، پهنه‌بندی و بررسی عوامل موثر بر سیل مطالعات متعددی صورت پذیرفته است که در ادامه به برخی اشاره می‌گردد.

تادا و همکاران [۳۳] ویژگی‌های سیلاب‌های شهری ژاپن، لومه و همکاران [۲۲]، یانگ و تسای [۴۲] برای بررسی خصوصیات سیل در تایوان، فرناندز و لوتز [۷]؛ وو و همکاران [۴۰]، کازاکیس و همکاران [۲۰] و کورگیالیس و کارازاس [۲۱] در تشخیص مناطق آسیب‌پذیر سیل در مناطق شهری نشان دادند،

در ایران نیز مطالعات متعددی در حوزه‌های آبخیز شهری صورت پذیرفته است که در ادامه به برخی اشاره می‌گردد. تهرانی و همکاران [۳۷ و ۳۸]، تلوری [۳۶]، جندقی و همکاران [۱۵]، حسین‌زاده و جهادی طرقي [۱۲]، کرکوتی و همکاران [۱۹]، کرم و درخشان [۱۶]، میراحمدی و همکاران [۲۶]، مسعودیان و همکاران [۲۴]، محمودزاده و همکاران [۲۳] و قبادی و همکاران [۱۱] در برنامه‌ریزی مدیریت سیلاب شهری از مدل‌های چندمعیاره بهره بردند.

به‌منظور برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری بهینه از آب‌های سطحی و کنترل پدیده سیل که از مسائل عمده شهر بندرعباس محسوب می‌شود، مطالعات و تحقیقات زیادی مورد نیاز است، اما بررسی آمار و اطلاعات خسارت ناشی از وقوع سیلاب در حوزه آبخیز شهری بندرعباس نشان داده که پهنه‌بندی خطر سیلاب و تعیین نمودن معیارهای مهم در ایجاد سیل با هدف به‌کارگیری در برنامه‌ریزی و مدیریت در کنترل سیل تاکنون مورد توجه نبوده و فعالیت چندانی در این زمینه صورت نگرفته و از همه مهم‌تر اینکه مطالعات فوق در قالب حوزه‌آبخیز صورت پذیرفته و عبارتی کارکرد حوزه‌آبخیز در مدیریت سیلاب شهری لحاظ نگردیده است. براین اساس، هدف از تحقیق حاضر، تعیین قدرت آبگذری کانال‌های واقع در شهر بندرعباس با دوره بازگشت‌های مختلف با روش کریگر در زیرحوضه‌های موجود و تعیین موثرترین عوامل در بروز سیلاب شهری و استعداد سیل‌خیزی به تفکیک زیرحوزه با استفاده از روش

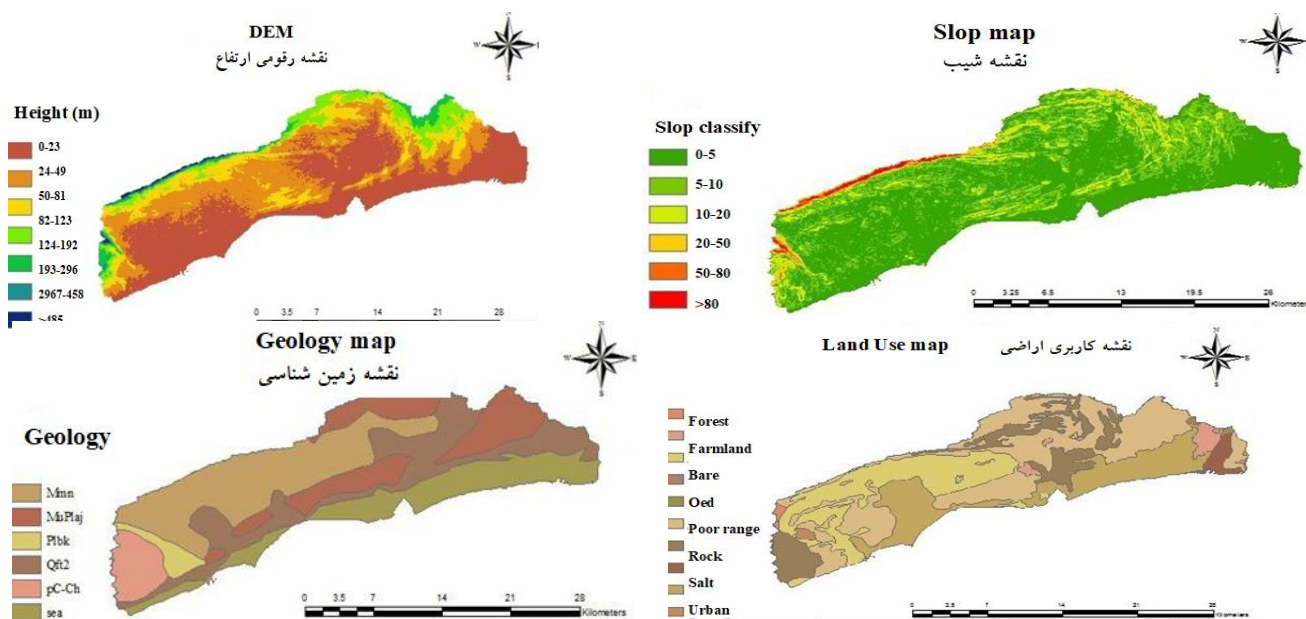


شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در استان هرمزگان و ایران  
Fig 1. Location of study area in the Hormozgan Province and Iran

جدول ۱- مشخصات زیرحوزه‌های واقع در حوزه آبخیز شهری بندرعباس

Table 1. Characteristics of subbasin located in the Bandar- Abbas urban watershed

شیلات Shilat	شهناز Shahnaz	سورو Sooro	تیاب Tiyab	اسکله شهیدرجائی Eskele	قبل اسکله Infront Es.	مشخصات زیرحوزه Subbasin Character
5.5	6.04	4.43	3.95	4.39	3.22	تراکم زهکشی (Km/Km <sup>2</sup> )density
4	5.3	33.7	8.6	9.11	21.15	طول آبراهه Lengh(Km)
22	32	183	34	40	68	مساحت Area(Km <sup>2</sup> )
2-5%	2-5%	0-2%	2-5%	2-5%	2-5%	شیب به درصد Slope
57.3	3/53	58/40	45.6	33.67	40	ارتفاع Height(m)
138	133	123	119	108	95	متوسط بارندگی (mm) Rainfall



شکل ۲- معیارها و نقشه‌های مورد استفاده در ارزیابی سیل‌خیزی حوزه آبخیز شهری بندرعباس

Fig 2. Maps and criteria used on flood risk in the Bandar- Abbas urban watershed

واقعیت‌ها را بهتر می‌تواند منعکس کند [۳۹،۴۴]. در این روش، ابتدا ابرماتریس تصمیم‌گیری با درجه  $m \times n$  تشکیل می‌گردد و این ابر ماتریس شامل  $m$  سطر (۶ زیر حوزه مطالعاتی زیر حوزه) و  $n$  ستون (۸ معیار تراکم و طول آبراهه و ...) می‌باشد. سپس با استفاده از روش آنتروپی وزن شاخص‌ها بصورت زیر محاسبه گردید [۴۳ و ۱۸]:

۱- ابر ماتریس تصمیم‌گیری ابتدا باید براساس رابطه ۲ نرمال گردد. براساس این رابطه مقدار درایه‌های ابر ماتریس بر جمع ستون واقع شده تقسیم گردید [۴۱].

گام اول: انتخاب معیارهای موثر بر سیل در هر زیرحوزه:  
در گام دوم تحقیق وزن هر یک از معیارها بر اساس مدل آنتروپی شانون محاسبه شد.

#### مدل آنتروپی شانون

آنتروپی یک مفهوم بسیار با اهمیت در علوم اجتماعی، فیزیکی و نیز در تئوری اطلاعات است. [۳۰] و می‌تواند از درون داده‌ها، اطلاعات مفیدی را در اختیار تصمیم‌گیر قرار دهد [۴۱]. در این روش به دلیل اجتناب از ذهن‌گرایی و قضاوت فردی، نتایج حاصل از ارزشیابی

## نتایج

تحقیق فوق با هدف محاسبه میزان ظرفیت آبگذری خورهای واقع در سطح شهر بندرعباس در دوره بازگشت‌های مختلف و رتبه‌بندی فاکتورهای موثر بر سیلاب شهری صورت پذیرفت. جدول ۲ مقاطع اندازه‌گیری شده آبراهه‌های اصلی در حوزه آبخیز شهری بندرعباس را نشان می‌دهد. مقادیر دبی آبگذری مقطع هر کانال با استفاده از روش مانینگ و اندازه‌گیری مقادیر ضریب زبری، شیب کانال و شعاع هیدرولیکی در هر مقطع بصورت عملیات میدانی محاسبه گردید.

پس از برآورد دبی آبگذری با استفاده از روش مانینگ در هر مقطع، دبی حداکثر لحظه‌ای از ایستگاه مجاور در حوضه مورد مطالعه با توزیع آماری لوگ پیروسون تیپ ۳ برازش داده شد و در محیط نرم‌افزار Minitab مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و با استفاده از رابطه کریگر، مقدار دبی هر زیرحوضه نسبت به حوزه مرجع محاسبه شد. جدول ۳ مقادیر جریان عبوری هر آبراهه برحسب مترمکعب بر ثانیه را برای دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، آبراهه اسکله شهیدرجایی و قبل اسکله با توان آبگذری ۳۸ مترمکعب بر ثانیه تنها قادر به عبور دبی با دوره بازگشت ۲ و ۵ ساله را دارد و در دوره بازگشت بیش از ۱۰ سال اراضی مشرف بر آبراهه مورد خسارت سیلاب قرار خواهند گرفت.

نتایج نشان داد که آبراهه تیاب قادر به عبور سیلاب دوره بازگشت ۲ سال را ندارد. این آبراهه دارای مساحت حوزه آبخیز ۳۴ کیلومتر بوده که بعضاً بخش اعظمی از آبراهه تخریب و تبدیل به یک کالورت آبرو بسیار کوچک شده است. آبراهه سورو با توان آبگذری ۵۸/۵ مترمکعب بر ثانیه، قادر به عبور دبی تا دوره بازگشت ده ساله می‌باشد و مشکلی از نظر آبگذری ندارد. این زیرحوضه ۴۵ درصد از غرب شهر بندرعباس را در برمی‌گیرد که در صورت عدم لایروبی و عریض سازی، بخش زیادی از منطقه در معرض تهدید سیلاب و آبگرفتگی قرار خواهد گرفت. آبراهه شهنواز با دبی آبگذری ۳/۲ مترمکعب بر ثانیه نیز فاقد توان آبگذری است که بدلیل واقع شدن در مناطق پرجمعیت شهری، همواره زباله‌های شهری و فاضلاب خانگی سبب تشدید سیلاب می‌شوند. آبراهه شیلات واقع در محله نایبند با مساحت حوزه آبخیز ۲۲ کیلومتر مربع و توان آبگذری ۱۳/۲ توانایی عبور سیلاب با دوره بازگشته‌های ۲ و ۵ سال را داشته داده و بیش از آن اراضی مشرف دچار آبگرفتگی خواهند شد.

تحلیل خطرخیزی سیلاب در حوزه آبخیز شهری بندرعباس با روش پرومته براساس نتایج بدست آمده، تابع متناسب معیارها، تابع گوسین می‌باشد (جدول ۴). انتخاب نوع تابع بستگی به معیارها و داده‌های وارد شده به مدل دارد. معیارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل بارندگی سالیانه، شیب، ارتفاع از سطح دریا، تراکم و طول آبراهه، مساحت، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی بودند که از نوع

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad (2)$$

$a_{ij}$  درایه‌های مستقل برابر ماتریس مربوط به زیر حوزه  $i$  ام و معیار  $j$  ام.

۲- محاسبه مقدار آنتروپی  $E_j$ :

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln p_{ij}] K = \frac{1}{\ln(m)} \quad (3)$$

$$k = \frac{1}{\ln(m)} E_j = -K \sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln p_{ij}]$$

در مبنای عدد  $\pi$  و  $K$  عدد ثابت می‌باشد که  $E_j$  را بین صفر و یک قرار می‌گیرد.

۳- محاسبه درجه انحراف (d):

$$d_j = 1 - E_j \quad (4)$$

۴- محاسبه وزن شاخص‌ها (w):

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

در گام سوم تحقیق، بر اساس وزن‌های به‌دست آمده از روش آنتروپی شانون، روش PROMETHEE بر روی داده‌های ابر ماتریس تصمیم‌گیری در قالب ۵ مرحله، پیاده‌سازی می‌گردد [۲].

مرحله اول: تابع ترجیح  $P_j$  به هر یک از معیارهای اختصاص داده شد. مقدار  $P_j(a,b)$  برای هر زوج گزینه محاسبه شد که این مقدار بین صفر و یک، متغیر می‌باشد. اگر رابطه  $f_j(a)=f_j(b)$  برقرار باشد، مقدار  $P_j(a,b)$  بدست می‌آید و با افزایش  $f_j(a)-f_j(b)$  این مقدار بیشتر شده و هنگامی که اختلاف به اندازه کافی زیاد می‌شود، مقدار  $P_j(a,b)$  به ۱ میل می‌کند. [۹].

مرحله دوم: میزان اولویت کلی  $\pi(a,b)$  برای هر گزینه  $a$  بر روی گزینه  $b$  محاسبه می‌گردد. هرچه میزان  $\pi(a,b)$  بیشتر باشد، گزینه  $a$  ترجیح بیشتری دارد.  $\pi(a,b)$  بر اساس رابطه (۶) محاسبه گردید:

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a,b), (\sum_{j=1}^k w_j = 1) \quad (6)$$

مرحله سوم: برای محاسبه قدرت ترجیح کلی گزینه  $a$  به دیگر گزینه‌ها، جریان خروجی بر اساس رابطه (۷) محاسبه می‌گردد [۸].

$$\emptyset + (a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (7)$$

$$\emptyset - (a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a) \quad (8)$$

مرحله چهارم: رتبه بندی کامل گزینه‌ها جریان خالص رتبه‌بندی را برای هر گزینه بر اساس رابطه (۹) تعریف شد.

$$\emptyset(a) = \emptyset + (a) - \emptyset - (a) \quad (9)$$

داده‌های مربوط به ۶ زیرحوضه شامل مقدار هر معیار (a) و وزن آنها ( $\emptyset$ ) بر اساس قوانین مذکور تحلیل شده است [۱۰].

مرحله پنجم: در این مرحله توابع Max و Min برای هر معیار مشخص گردید. بدین صورت که با توجه به هدف پژوهش، از بین معیارهای انتخاب شده معیارهایی که مانع از افزایش سیل‌خیزی حوضه می‌شوند به عنوان تابع Min و معیارهایی که سبب افزایش سیل‌خیزی حوضه می‌گردند به عنوان تابع Max انتخاب می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات کانال‌های موجود در حوزه آبخیز شهری بندرعباس

Table 2. Characteristics of Chanel located in the Bandar- Abbas urban watershed

دبی آبگذری (m <sup>3</sup> /s)	مساحت کانال	عرض کانال (متر)	ارتفاع کانال (متر)	نام کانال
Dischareg	Area (m <sup>2</sup> )	Wide	Height	Channel Name
38.5	150	30	5	پشت اسکله Back Esk.
38.4	500	100	5	اسکله رجایی Eskle
0.42	16.5	5.5	3	تیاب Tiyab
58.5	210	70	3	سورو Sooro
3.25	125	25	3	شهناز Shahnaz
13.5	300	60	5	شیلات Shilat

جدول ۳- مقایسه دبی ورودی و حداکثر توان آبگذری هر مقطع بر حسب مترمکعب بر ثانیه در دوره بازگشت‌های مختلف

Table 2. Characteristics of Chanel located in the Bandar- Abbas urban watershed

شیلات	شهناز	سورو	تیاب	اسکله رجایی	قبل اسکله	ایستگاه	دوره بازگشت
Shilat	Shahnaz	Sooro	Tiyab	Eskele	Back Esk.	هیدرومتری	Return period
Hydrometric st.							
8.1*	10.3*	28.3	10.7*	11.9	16.3	34	2
10.7	13.7*	37.5	14.2*	15.7	21.6	45	5
33*	14.9*	53.8	43.6*	37.4	66.3*	138	10
36.1*	45.9*	125.7*	47.7*	52.8*	72.5*	151	25
37.3*	47.4*	129.8*	49.3*	54.4*	74.9*	156	50
38.9*	49.5*	135.7*	51.5*	56.9*	78.3*	164	100
39.6*	50.5*	138.1*	52.4*	58*	79.7*	166	200
42*	35.5*	146.5*	55.6*	61.5*	84.5*	176	500
43*	54.7*	149.8*	56.8*	62.9*	86.4*	180	1000
22	32	183	34	40	68	268	مساحت زیرحوزه (Km <sup>2</sup> ) Area
13.2	3.2	58.5	0.4	38.3	38.2	-	حداکثر توان آبگذری Discharge(m <sup>3</sup> /s)

\* مقطع، توان آبگذری دبی عبوری را ندارد.

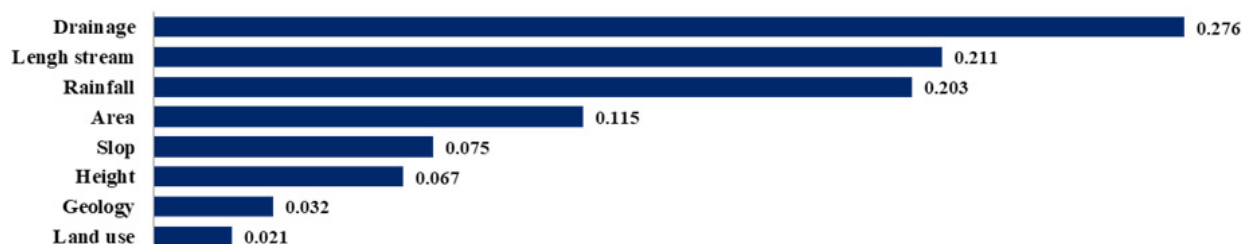
هستند. بدلیل یکسان بودن شرایط زیرحوزه‌ها در معیارهای فوق، مدل تفاوت چندانی در مقادیر فوق لحاظ ننموده است. نتایج وزنی معیارها براساس روش AHP، توسط نرم‌افزار export choice انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد که معیارهای تراکم، طول آبراهه و بارش بالاترین وزن‌ها را به خود اختصاص دادند. در حالیکه معیارهای کاربری اراضی، سنگ شناسی و ارتفاع از سطح دریا کمترین وزن‌ها را در بین معیارهای مورد بررسی در هر زیرحوزه داشته‌اند. نتایج وزنی معیارها در شکل ۳ نشان داده شده است.

داده‌های پیوسته می‌باشند. تابع گوسی شکل برای داده‌های پیوسته و کاربردی طراحی شده است. بنابراین تابع گوسی برای معیارهای پیوسته انتخاب شد [۲۸]. به جز معیارهای تراکم آبراهه، طول آبراهه و مساحت زیرحوزه که وضعیت آن‌ها حداقل می‌باشد بقیه معیارها وضعیت حداکثر را به خود اختصاص دادند. بدین مفهوم که عامل تراکم آبراهه، طول آبراهه و مساحت هر زیرحوزه دارای بیش‌ترین وزن در تولید سیلاب و عوامل شیب، ارتفاع از سطح دریا، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی دارای کمترین وزن در تولید سیلاب



جدول ۴- پارامترهای روش PROMETEEII  
Table 4. Parameters of PROMETEEII technique

وزن Weight	تابع Function	وضعیت Position	معیار Criteria
0.276	گوسین Gusain	حداقل Min	تراکم آبراهه Drainage density
0.211	گوسین Gusain	حداقل Min	طول آبراهه Lengh
0.115	گوسین Gusain	حداقل Min	مساحت زیرحوزه Area
0.075	گوسین Gusain	حداکثر Max	شیب Slope
0.067	گوسین Gusain	حداکثر Max	ارتفاع Height
0.032	گوسین Gusain	حداکثر Max	سنگ شناسی Geology
0.021	گوسین Gusain	حداکثر Max	کاربری اراضی Land ude
0.203	گوسین Gusain	حداکثر Max	بارش Rainfall



شکل ۳- وزن معیارهای مورد بررسی در حوزه آبخیز شهری بندرعباس

Fig 3. Weighted criteria used on flood risk in the Bandar- Abbas urban watershed

(ب) را نشان می‌دهد.

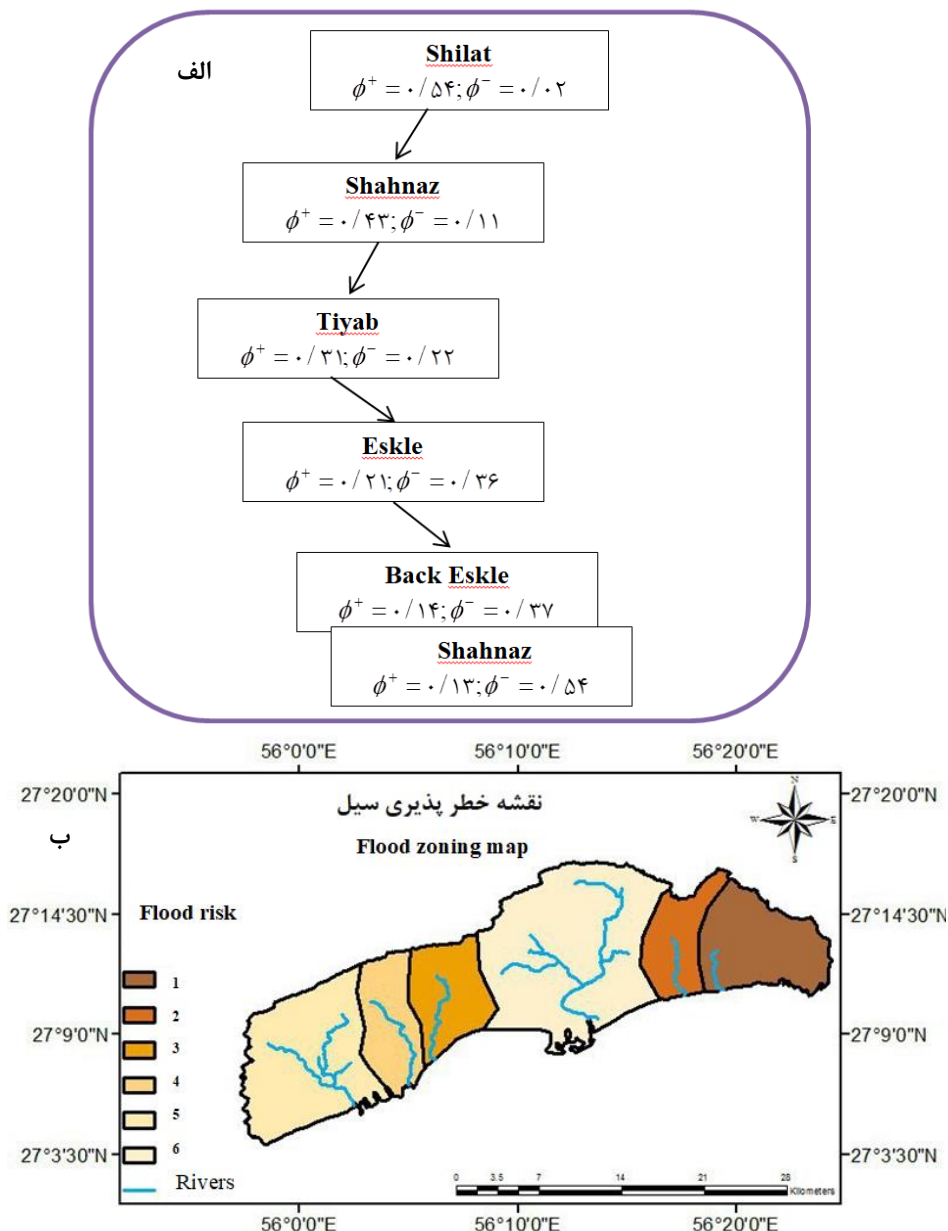
### بحث و نتیجه گیری

این مطالعه، با هدف برآورد سیلاب و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع آب‌های سطحی در حوزه آبخیز شهری بندرعباس و پهنه‌بندی سیلاب انجام شده است. نتایج بررسی آبراهه‌ها در سطح شهر نشان می‌دهد، در محدوده شهری ۶ آبراهه مهم وجود دارد که ۴ آبراهه دقیقاً در سکونت‌گاه‌ها و دو آبراهه در محل تاسیسات زیربنایی اسکله شهید رجایی و شرکت‌های حومه شهر بندرعباس قرار دارند. بررسی کاربری اراضی حوزه آبخیز شهری نشان می‌دهد، حوزه دارای ۴ تیپ غالب کاربری اراضی شامل کاربری اراضی مسکونی، اراضی با پوشش ضعیف، اراضی لخت و اراضی صخره‌ای است، لذا حوزه آبخیز شهری فوق، از نظر پوشش گیاهی دارای شرایط نامناسبی است.

از نظر زمین‌شناسی و حساسیت اراضی به فرسایش‌پذیری، بخش عمده حوضه دارای سازند میشان، آغاچاری و مارن میوسن است که به شدت فرسایش‌پذیر هستند به طوری که حین وقوع سیلاب بخش زیادی از حجم سیلاب را رسوبات ریزدانه و انحلال‌پذیر

براساس نتایج بدست آمده با روش PROMETEEII، زیر حوزه شیلات معیارهای تراکم زهکشی، طول آبراهه، بارش و مساحت منطقه، تاثیر مثبت و معیار ارتفاع، شیب، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی با وزن بسیار کم، تاثیر منفی بر سیلاب‌خیزی حوزه آبخیز مذکور داشته‌اند. در مورد زیر حوزه سورو نیز که پایین‌ترین میزان سیلاب‌خیزی را داراست، همه معیارها به جز معیار بارش تاثیر منفی بر روی سیلاب‌خیزی داشته‌اند. نتایج فوق در شکل ۳ ارائه گردید.

رتبه‌بندی زیرحوزه‌ها بر اساس مقدار  $\phi$  مطابق با رابطه (۹) برای هر زیرحوزه صورت پذیرفت.  $\phi$  منفی نشان‌دهنده ضعف یک گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها است. هرچه عدد  $\phi$  بالاتر باشد آن گزینه برای ایجاد سیلاب شرایط مناسب‌تری را دارد. مقدار فی برای هر یک از معیارها بر اساس زیرحوزه‌ها ارائه شده است (شکل ۳). زیرحوزه شیلات با داشتن بیشترین مقدار  $\phi$  دارای رتبه اول و پس از آن زیرحوزه شهناز در رتبه دوم، بیشترین شرایط مثبت سیلاب‌خیزی را نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارند (جدول ۵). زیرحوزه سورو با داشتن کمترین مقدار  $\phi$  نسبت به سایر زیرحوزه‌ها، دارای کمترین استعداد سیلاب‌خیزی را دارا می‌باشد. شکل ۴ نیز ترتیب اهمیت سیلاب‌خیزی زیرحوزه‌ها (الف) و نقشه خطرخیزی حوزه آبخیز شهری بندرعباس



شکل ۴- شبکه رتبه بندی زیرحوزه‌های مستعد سیل (الف) و نقشه خطر خیزی حوزه آبخیز شهری بندرعباس (ب) براساس روش POMETEEII

Fig5. Ranking network of flood risk susceptibility subbasins and flood zoning map in Bandar- Abbas urban basin using PROMETEEII

درصد می‌باشد که امکان ساخت و ساز در آن به راحتی میسر شده است.

نتایج نشان می‌دهد، اغلب آبراهه‌ها طی سیلاب‌های گذشته توسط مقادیر زیادی لای و رسوب به‌مراه پوشش گیاهی پر شده است که خود این عامل سبب کاهش توان آبرگذری آبراهه‌ها می‌گردد. بطوریکه عدم لایروبی مقاطع سبب کاهش ارتفاع برخی کانال‌ها از ۵ متر به ۲ متر شده است که سبب تشدید سیل طی چند سال اخیر شده است.

نتایج حاصل از بررسی دبی با دوره بازگشت‌های مختلف با

تشکیل می‌دهد، خود این عامل به تنهایی پس از رسیدن سیلاب به پائین‌دست حوضه، سبب ته‌نشینی حجم زیادی رسوب در مقاطع آبراهه‌ها شده و ضریب آبرگذری هر کانال را کاهش می‌دهد.

میانگین وزنی بارش در حوزه آبخیز ۱۸۳ میلیمتر است که مقدار بارش از غرب به شرق حوضه افزایش می‌یابد. به واسطه خشک بودن اقلیم منطقه، رژیم بارش رگباری و طی ۴-۵ واقعه بارش در سال است که سبب رخداد سیلاب‌های ناگهانی می‌شود.

در بررسی شیب عمومی شهر به طور کلی از شمال به جنوب می‌باشد. به طور کلی در بیش از ۹۰ درصد شهر شیب کمتر از ۱۵

management facility. *Building and Environment*, 45:2317-2326.

5. Chen, J., Hill, A. A., & Urbano, L. D. (2009). A GIS-based model for urban flood inundation. *Journal of Hydrology*, 373(1), 184-192.

6. Chou, T.Y., Lin, W.T., Lin, C.Y., Chou, W.C. & Huang, P.H., 2004. Application of the PROMETHEE technique to determine depression outlet location and flow direction in DEM, *Journal of Hydrology* volume, 287: 49-61-

7. Fernández, D. S., & Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111(1), 90-98.

8 Figueira, J., S., Greco, M., Ehrgott. 2005. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the art surveys*, Springer Book, 22:1-5.

9. Fouladgar, M. M. 2007. Design of Decision Support System for the management of water resources and uses according to the watersheds of the country, ending a Master of Science in Civil Engineering water, Faculty of Engineering, Tarbiat Modarres University, 126 p (In Persian).

10. Ghazi Nouri, S. and Tabatabaeian, H. 2006. Sensitivity analysis of multi-attribute decision making with respect to the method used Tehran University, 15 (36): 25-38 (In Persian).

11. Ghobadi, M., Ahmadi Pari, M., Salehi, S. 2016. Flood Risk Assessment and Zoning of Human Settlements in line with Sustainable Development using Fuzzy AHP in GIS Environmnet and DPSIR Model (Case study: Abali). *Journal of Environment Seince and Technolog.* 18(2): 459-473.

12. Hoseinzadeh. S. R and Jahadi Toroghi, M. 2007. the effects of expansion of mashhad metropolise on the natural drainage patterns and increase of urban floods. *Geography research*, 61: 145-169.

13. Huang, P. & Tsai, W. 2010. Using multiple-criteria decision-making techniques for ecoenvironmental vulnerability assessment: a case study on the Chi-Jia-Wan Stream watershed, Taiwan, *Environment Monitoring Assess*, 168: 141-158.

14. Huang, Y., Wong, P., & Gedeon, T. 1998. Spatial interpolation using fuzzy reasoning and genetic algorithms. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 204-214.

استفاده از روش کریگر در آبراهه‌ها نشان می‌دهد، آبراهه سورو، اسکله و قبل اسکله نسبت به سایر آبراهه‌ها با توجه به ویژگی‌های هیدرولیکی کانال قادرند سیلاب تا دوره بازگشت ۱۰ ساله را عبور دهند. اما سایر آبراهه‌ها حتی توانایی عبور سیل در دوره بازگشت ۲ تا ۵ ساله را دارند. این درحالیست که در مطالعات صورت گرفته توسط جندقی و همکاران [۱۵] در شهرگرگان نشان داد که مقاطع آبگذرهای واقع در حوزه آبخیز شهری گرگان توانایی عبور سیلاب تا دوره بازگشت ۲۰۰ سال را دارا می‌باشند. در واقع علت این قضیه ممکن است بدلیل دائمی بودن رودخانه زیارت در شهرگرگان است که مسئولان را برآن می‌دارد تا همه ساله پس از وقوع هر سیلابی اقدام به لایروبی مسیل‌ها نموده تا خسارات وارده به ساکنین مجاور رودخانه کمتر گردد. نتایج تحلیل خطرخیزی سیلاب، با استفاده از تکنیک PROMETHEEII صورت پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که معیارهای تراکم و طول آبراهه بالاترین وزن‌ها، در حالیکه معیارهای کاربری اراضی و سنگ شناسی کمترین وزن‌ها را در بین معیارهای مورد بررسی داشته‌اند. با توجه به نتایج زیرحوزه شیلات با داشتن بیشترین مقدار فی دارای رتبه اول، در حالی که زیرحوزه سورو با داشتن کمترین مقدار فی نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارای کمترین میزان خطر سیل خیزی می‌باشد. در بررسی اثرات مثبت و منفی پارامترهای اقلیمی و فیزیکی در تحلیل پرومته، نتایج نشان می‌دهد، در زیر حوزه شیلات معیارهای طول و تراکم آبراهه، مساحت منطقه و بارش اثر مثبتی بر روز سیل خیزی بودن حوزه داشته‌اند. در واقع بدین معنی که عوامل موثر بر سیل خیزی در زیرحوزه شیلات عوامل فوق‌الذکر هستند.

بطور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، تنها برخی آبراهه‌ها در سطح شهر بندرعباس توانایی حداکثر دبی با دوره بازگشت ده ساله را دارا می‌باشند و در دبی بیش از این مقدار، اراضی مجاور و مناطق مسکونی اطراف در معرض سیلاب هستند که با نتایج مطالعات کرم و درخشان [۱۶] در حوزه آبخیز شهری کرمانشاه؛ جندقی و همکاران [۱۵] در حوزه آبخیز شهری گرگان، مطابقت دارد.

## منابع

1. Albadvi, A., Chaharsooghi, S. & Esfahanipour, A., 2007. Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE, *European Journal of Operational Research*, 177: 673-683.

2. Asgharizadeh, A. and Nasroalahi, M. 2007. Ranking companies based on criteria Srandy- model PROMETHEE method. *Journal of Human Sciences*, 11 (3): 84-59.

3. Asgharpoor, M. G. 2004. Multi-criteria decision making, publishing Tehran University, Third Edition (In Persian).

4. Banias, G., 2010 . Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste



- 26 Mirahmadi, A., Keramati, S., Ahmadi, T. 2011. Micromapping flood hazard in the Neishabour using urban development. *Research and urban planning*, 2 (7): 91-110.
- Momeni, M. 2008. *New Topics in Scientific Research* Tehran University Press (In Persian).
27. Moradi, A. and Akhtar Kavan, M. 2009. Methodology the multi-criteria decision analysis models. *Utopia Journal*, 2 (4): 1-15.
28. Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water*, 6(6), 1515-1545.
29. Qi, Y., Wen, F., Wang, K., Li, L. & Singh, S.N., 2010, A fuzzy comprehensive evaluation and entropy weight decision-making based method for power network structure assessment, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(5):92-99.
30. Saremi, N. 2016. Flood map zoning and assesmen of surface water disposal channels in Bandar Abbas urban watershed. MSc thesis, University of Hormozgan, 120Pp (In Persian).
31. Schmitt, T. G., Thomas, M., & Ettrich, N. (2004). Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. *Journal of Hydrology*, 299(3), 300-311.
32. Tada et al. (2001): "Analysis of Overland Flood Flow Intrusion Into Underground Space in Urban Area ". *Journal of Hydro Science and Hydraulic Engineering*. Vol. 18.no 2.pp 43-54
33. Taheri Behbahani, M. T. and Bozorgzadeh, M. 1996. *Urban floods, housing and architecture publications* Research Center, Tehran, Iran. Taherkhani, M. 2007. Application of TOPSIS in prioritizing the location of agricultural processing industries in rural Mnazq, *Journal of Economic Research*.
34. Talvari, a. 1997. The final report of the research project and water survey and compare some empirical methods for estimating peak discharge in the following areas Karkhe. *Soil Conservation and Watershed Management Research Center and Jihad Ministry* (In Persian).
35. Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504, 69-79.
15. Jandaghi, N., Bazrafshan, O., Baghani, M. 2006. Stability of Gorgan bridges on the river floods in Ziarat Stream. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 13(4):1-8 (In Persian).
16. Karam. A., Derakhshan, F. 2012. Flood hahzad mapping, flood estimating and evaluation performance of surface runoff disposal channels in the urban watershed (Case study: Abshouran, Kermansheh). *Physical Geography Research Quarterly*, 5(16): 37-54 (In Persian).
- 17 Karimi Pashaki, M.H. 2010. Hydraulic analysis of flood flows in river using HECRAS model (Case study: Cham Miraki river in area of Ghuchan Dam). *Proceedings of the 9th Iranian Hydraulic Conference*. Tehran, Iran.
18. Karimian, A. A. 2012. Check out some economic and social problems in various ways Pasture utilization. *The Journal of dry canvas*, 2 (2): 65-54.
19. Karkuti, A., Nazariha, M., Baghvand, A., Jaafari Slaim, B., Karbasi, A., Vosough, A., 2010. Discharge estimated using Obervation, Krigger and SCS (Case study: Gharesoo Stream). *Enviroment Science*, 36(55): 99-110.
20. Kazakis, N., Kougiaris, I., & Patsialis, T. (2015). Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope–Evros region, Greece. *Science of the Total Environment*, 538, 555-563.
21. Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(2), 212-225.
22. Lumme et al (2004). Appllyng a GIS-Based Geomorphologic routing model in urban catchments: *jornal of hydrology*. Vol.300.pp 203-216
23. Mahmoudzadeh, H., Emami Kia, V., Rasouli, A. A. 2015. Flood hazard micromapping in the Tabriz using AHP. *Geography Research*, 30(1): 167-180 (In Persian).
24. Masoudian, M., Fendereski, N., Gharagezlou, M. 2014. Urban Flood Damage reduction using Non-Structural Management (Case Study: the Nekarood River flood, 1999). *Jounal of Watershed Management Resarech*, 5(10): 1-14 (In Persian).
25. Mignot et al (2006). Modeling floods in dense urban area using 2d shallow water equations. *Journal of hydrology*, 326, 186-199.

41. Zhang, H., Gu, C.L., Gu, L.W. & Zhang, Y., 2010, "The evaluation of tourism destination competitiveness by TOPSIS & information entropy – A case in the Yangtze River Delta of China", *Tourism Management*, 32(2): 443-451.
42. Zhao, X., Qi, Q. & Li, R., 2010, "The establishment and application of fuzzy comprehensive model with weight based on entropy technology for air quality assessment", *Symposium on Security Detection and Information Processing*, 7(1):217–222.
43. Zhi-hong.Z, Y. Yi, S. Jing-nan, 2006, "Entropy method for determination of weight of evaluating in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment", *Journal of environmental science*, Vol. 18 No. 5:1020-1023.
36. Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of Hydrology*, 512, 332-343.
37. Wang, T.C. & Lee, H.D., 2009, "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", *Expert Systems with Applications*, 36(3):8980–8985.
38. Wu, J., Sun, J., Liang, L. & Zha, Y., 2011. "Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy", *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 5162–5165.
39. Wu, J.Z. & Zhang, Q., 2011, "Multicriteria decision making method based on intuitionistic fuzzy weighted entropy", *Expert Systems with Applications*, 38(4): 916–922.
40. Yang, C.R., and Tsai, C.T. 2007. Development of a GIS-based flood information system for floodplain modeling and damage calculation, *Journal of the American Water Resources Association*, 36(3):567 - 577.