فصلنامه مطالعات عمران شهری

تاریخ دریافت:۹۶/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش:۹۶/۰۹/۲۷

ریز پهنه‌بندی و مقایسه ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل‌های تلفیقی عملگرهای فازی Arc GIS و تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: شهر ارومیه)

شهریار خالدی[۱]، سعید [۲]ملکی، قاسم فرهمند[۳]*

چکیده

سیل یکی از بلایای طبیعی می‌باشد که خسارت جانی و مالی فراوانی به همراه دارد. تسطیح زمین، تجاوز به حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها، سبب رخداد تغییرات الگوی زهکشی طبیعی و جاری شدن سیل در نواحی شهری، آب گرفتگی معابر و افزایش هزینه‌های نگهداری شهر می‌شود. شهر ارومیه یکی از شهرهای ایران می‌باشد که به علت داشتن وضعیت اقلیمی و زمین‌شناسی خاص خود احتمال وقوع سیلاب شهری در آن بالا می‌رود. لذا در مطالعه حاضر سعی شده است که از مهمترین شاخص‌های مؤثر در وقوع سیلاب شهری (فاصله از رودخانه، فاصله از مسیل‌ها و آبراهه‌ها، ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع پوشش اراضی و نوع خاک) برای پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب شهری استفاده شود. جهت تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از عملگر فازی (Gama) در محیط GIS، و همچنین با وزن‌گذاری معیارهای منتخب، از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، به‌منظور مقایسه استفاده شده است. در نهایت نتایج به دست آمده از عملگر Gama فازی و AHP فازی، جهت شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب شهری به قیاس کشیده شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که مطابق تابع Gama Fuzzy، از کل مساحت شهر حدود ۱۱ درصد آن یعنی حدود ۷۸۰۳۲۲۵ متربع دارای پتانسیل بالای سیل خیزی بوده که بیشتر مناطق غرب و جنوب غربی شهر ارومیه را شامل می شود. اما بر اساس مدل Fuzzy AHP به کار رفته در پژوهش، از کل مساحت شهر حدود ۱۱ درصد آن که بالغ بر ۷۴۱۷۳۶۰ متر مربع می‌باشد دارای پتانسیل بالای سیل‌خیزی است و این مساحت به طور دقیق‌تر و مشخص شده در سایر مناطق شهری گسترده شده است.

واژگان کلیدی: سیلاب شهری، عملگر Gama Fuzzy، Fuzzy AHP، شهر ارومیه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[۱]. استاد گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
[۲]. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز
[۳]. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی تهران، (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی: Gh_farahmand@sbu.ac.ir

مقدمه

بلایا و مخاطرات محیطی از دیرباز به عنوان مخرب‌ترین عوامل آسیب‌رسان به انسان، جامعه و زیستگاهش مطرح بوده‌اند. بحران‌ها تعیین‌کننده میزان خسارت نیستند، بلکه پاسخ مسئولان به بحران است که میزان خسارت‌های وارده را تعیین می‌کند. با توجه به اینکه یکی از شاخص‌های مهم توسعه کشورها، میزان آمادگی جامعه آن‌ها در برابر انواع مختلف بلایای طبیعی است. در اکثر کشورهای دنیا در برنامه توسعه توجه کمتری به شرایط اضطراری و بحران‌ها می‌شود. غالباً مرسوم است که برنامه‌ریزان توسعه و بحران جدا از هم کار کنند و همین امر باعث ناهماهنگی در امر برنامه‌ریزی و توسعه و بحران شده است و تنها تعداد کمی از کشورهای که دارای برنامه جامع مدیریت مخاطرات و بلایا در برنامه توسعه‌ی خود هستند به فاز آمادگی توجه نموده‌اند و بیشتر توجهات به فاز مقابله با بحران معطوف می‌شود (کیانی، ۱۳۹۲: ۱۳۴). امروزه افزایش جمعیت، گسترش تأسیسات صنعتی، کمبود مکان برای ساخت و ساز خصوصا در کلانشهرها، باعث شده تا تغییر شدیدی در مورفولوژی حوضه‌های آبریز ایجاد شود (سپهر و کاویان، ۱۳۹۳: ۱۲۶). با گسترش روز افزون مناطق شهری و از بین بردن اراضی جنگلی، مرتعی و کشاورزی، زمین‌های نفوذناپذیر افزایش یافته که این موضوع موجوب افزایش حجم رواناب ناشی از بارش در فضاهای شهری شده است (اضغری‌مقدم، ۱۳۸۶: ۵۹). درصورت عدم تخلیه (زهکشی) مناسب رواناب‌های ناشی از بارش شهری، امکان بروز سیلاب شهر افزایش می‌یابد. به دلیل آثار مخرب ناشی از سیلاب در حوضه‌های شهری، چگونگی انتقال، مدیریت و تخلیه رواناب‌های ایجاد شده در سطح شهر مورد توجه محققان و سازمان‌های مربوطه از جمله شهرداری‌های قرار گرفته است (اکارت، ۱۳۸۴: ۴۶۶). سیل یکی از بلایای طبیعی است که بشر از دیرباز با آن دست به گریبان بوده است. همچنین به عنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی بیشترین فراوانی را نیز در این میان به خود اختصاص داده است. اما در حوضه شهری معمولاً علت وقوع سیل مشترک می‌باشد (بزرگزاد، ۱۳۸۰: ۴۷). سیلاب از مخرب‌ترین خطرهای طبیعی است که جبران آن به خصوص در مناطقی که مظاهر توسعه انسانی در آنجا به چشم می‌خورد (مانند شهرها)، هزینه‌های زیادی را تحمیل می‌کند. توسعه شهرنشینی، به ویژه در حاشیه رودخانه‌ها، بر خسارت سیل در دهه‌های اخیر افزوده است (قهرودی‌تالی، ۱۳۹۱: ۲). ناپایداری ناشی از سیلاب متغیر و پیچیده بوده و تولید سیلاب در یک حوضوه آبخیز به عوامل متعددی همچون وحوضه آبریز، میزان بارش، نفوذ، شرایط زمین بستگی دارد (Singh, 1996: 8). برابر آمار سیلاب‌ها بیش از ۴۰ درصد از بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص داده‌اند (Meng et al, 2010: 3). از این رو آگاهی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف شهر و توجه موضوع مدیریت سیلاب‌های شهری به منزله یکی از محورهای مهم در پرداختن به مسائل شهری با تأکید بر حفظ محیط زیست شهری حائز اهمیت و توجه است (صادقلو و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۰۵). متأسفانه در ایران به موضوع سیل و مدیریت و کاهش خسارات آن به طور جدی توجه نشده است و فقط زمانی که سیلاب مخربی جاری شود و فاجعه‌ای به‌وجود آید، توجه مسئولان و متخصصان به آن جلب می‌شود. شهر ارومیه نیز از شهرهای مهمی می‌باشد که به دلیل شرایط اقلیمی و زمین‌شناسی دارای پتانسیل وقوع سیلاب‌های شدید می‌باشد. به بیان دقیق‌تر شهر ارومیه با وسعتی در حدود ۸۰ کیلومتر مربع روی واحدهای زمین‌شناسی مختلفی از قبیل رسوبات آبرفتی، ماسه سنگ، مارن، کنگلومرا و سنگ آهکی با میان لایه‌هایی از مارن شکل گرفته است. رشته کوه‌هایی در قسمت‌های از شمال غرب تا جنوب ارومیه را احاطه کرده‌اند. یکی از عارضه‌های مهم هیدرولیکی در گستره شهر ارومیه،

رودخانه شهرچای می‌باشد که از ارتفاعات جنوبی شهر سرچشمه گرفته و در حال حاضر دشت ارومیه را که شهر ارومیه در آن قرار گرفته طی کرده و به دریاچه ارومیه می‌ریزد که شهر ارومیه در هردو ساحل این رودخانه گسترش قابل توجهی داشته است. افزایش حدود ۲۰ برابری گستره شهر ارومیه در ۵۰ سال اخیر به علت توسعه ساخت و سازهای شهری و بررسی ساختارهای زمین‌شناسی، توپوگرافی و زمین ریخت‌شناسی شهر ارومیه نشان می‌دهد که توسعه ساخت و سازهای شهری در این مناطق کوهپایه‌ای و مرتفع سبب از بین رفتن آبراهه‌های طبیعی و در نتیجه تغییر شرایط هیدروژئولوژیکی شده است. لذا همین عوامل احتمال وقوع خطر سیلاب‌های شهری و عواقب و آسیب‌های ناشی از آن را در این شهر بالا می‌برد. بر همین اساس هدف از مطالعه حاضر مشخص نمودن مناطق آسیب‌پذیر در برابر احتمال وقوع سیلاب در شهر ارومیه می‌باشد.

پیشینه پژوهش

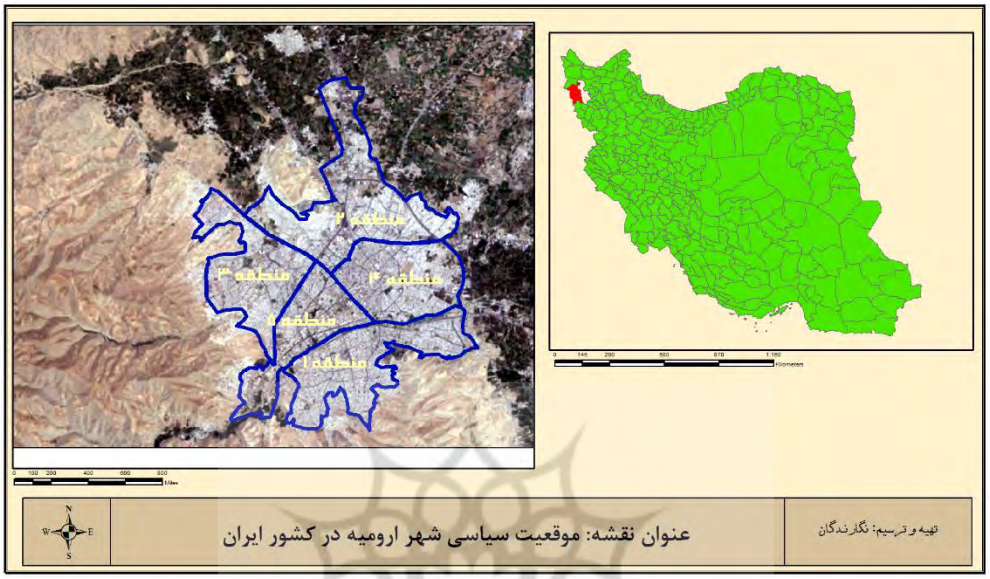
تا کنون مطالعاتی وسیعی در حوزه سیلاب شهری در سطح بین‌الملل و در داخل کشور صورت گرفته است به عنوان نمونه در سطح بین‌المللی می‌توان به مطالعات سیمونویچ[1] (۲۰۰۸) تحت عنوان روش شناسی جدید در مطالعه منابع آب‌های سطحی، که به کاربرد روش تاپسیس در جمع‌آوری آب‌های سطحی پرداخته و مقادیر وزن معیارها از طریق تولید مجموعه‌ای از راه‌حل-های فازی مورد بررسی قرار می‌دهد. مورلی[2] (۲۰۱۲) در مطالعه با عنوان برنامه‌ریزی شهری و خطرات سیلاب‌های شهری و سیاست‌های آن، پتانسیل سیل‌خیزی رودخانه آرنو در ایتالیا را از طریق پیمایش الگوی رود در مناطق مختلف با استفاده از GPS و GIS بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مناطق شهری با توسعه بیشتر شهری بیشتر در معرض ریسک سیلاب شهری قرار می‌گیرند. همچنین از دیگر مطالعات می‌توان به مطالعه لوتز[3] و فرناندز[4] با عنوان خطرات سیلاب شهری در شهر یربا بوانا آرژانتین، مناطق آسیب پذیر در برابر سیلاب با استفاده از GIS و سیستم تصمیم‌گیری چند معیاره پهنه‌بندی کردند. از مطالعات داخلی نیز می‌توان به مطالعات وسیع خانم قهرودی تالی از جمله؛ ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران (۱۳۹۱) اشاره کرد که با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مناطق ۱۰ و ۲۲ را به عنوان بیشترین و کمترین مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب معرفی می‌کند. رستم‌زاده (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با عنوان پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در قسمت مرکزی میانه با استفاده از مدل ANP به پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر در برابر سیلاب پرداخته و نشان می‌دهد که عامل فاصله از رودخانه با ۳۵ درصد در رابطه با رخداد سیلاب، از بیشترین میزان اهمیت و عامل شیب با ۷ درصد از کمترین میزان اهمیت در ارتباط با وقوع سیلاب برخوردار است. عابدینی (۱۳۹۵) در مطالعه دیگری با عنوان پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبریز گرگانرود به نقش عواملی از قبیل شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و ... در وقوع سیلاب در این حوضه پرداخته و نشان می‌دهد که ۱۸ درصد از مساحت این حوضه در برابر وقو سیلاب بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهرستان ارومیه یکی از شهرستان‌های چهارده‌گانه استان آذربایجان غربی است که در قسمت میانی استان قرار گرفته است. شهرستان ارومیه از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده و مهاباد، از شرق به دریاچه ارومیه و از غرب به مرز ایران و ترکیه محدود می شود. شهر ارومیه مرکز شهرستان و نیز مرکز استان آذربایجان غربی است که در فاصله ۱۸

[1]. Simonovic
[2]. Morelli
[3]. Lutz
[4]. Fernandez

کیلومتری دریاچه ارومیه، در مختصات ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه عرض شمالی از مبدأ خط استوا در داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و به عرض ۳۰ کیلومتر قرار گرفته است (طرح جامع ارومیه، ۱۳۹۲: ۳). این شهر در آخرین سرشماری ارائه شده از سوی مرکز آمار ایران دارای جمعیتی بالغ بر ۶۸۰۰۰۰ نفر می‌باشد که در مجموع در پنج منطقه از مجموعه مناطق این شهر گسترده شده‌اند.

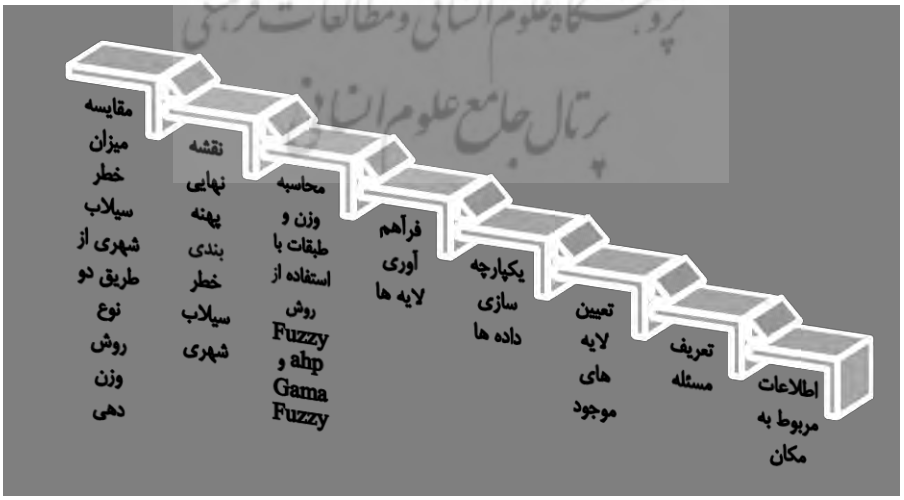


شکل ۱: موقعیت سیاسی شهر ارومیه در کشور ایران

مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۶)

مواد و روش ها

مراحل اجرای این پژوهش در شکل ۲ شرح داده شده است.



شکل ۲: روند نمای مراحل انجام پژوهش

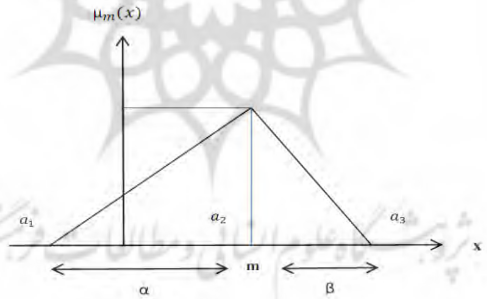
سه منبع اصلی به منظور فراهم کردن لایه های اطلاعاتی پژوهش حاضر به شرح زیر می باشند:

- مدل رقومی ارتفاع (DEM) به منظور فراهم کردن لایه های شیب، جهت شیب و ارتفاع منطقه مورد مطالعه
- تصویر ماهواره ای سنجنده OLI,TIRS لندست ۸ (تابستان ۲۰۱۶) به منظور استخراج نوع اراضی و نفوذ پذیری آن
- فایل وکتوری شبکه آبراهه ها و مسیل ها و رودخانه ها و نوع خاک شهری، مستخرج از طرح جامع شهری

در مرحله بعد وزن ها و ارزشهای رتبه بندی به لایه ها و طبقات هر لایه اختصاص داده شد. فرآیند اختصاص وزن و ارزشهای رتبه بندی شده با استفاده از روش Fuzzy Ahp و GAMA Fuzzy شکل گرفت.FAHP ، یک رویکرد تصمیم گیری چند معیاره است که رویه مقایسه زوجی را برای رسیدن به اهداف مورد نظر در میان گزینه های متعدد به کار می‌گیرد. همچنین Gama Fuzzy نیز یکی دیگر از عملگرهای فازی در محیط Arc GIS م ی باشد با عملکرد متفاوت مکان های مورد نظر را انتخاب می کند. لذا در ادامه به ارائه توضیحی در خصوص این دو روش تصمیم گیری پرداخته می شود.

مدل تحلیل سلسله مراتبی FAHP

این مدل ابتدا در سال ۱۹۸۳ توسط دو محقق هلندی بنام‌های لارهورن و پدریکز[1]پیشنهاد گردیدکه بر مبنای روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود، ولی به علت پیچیدگی مراحل محاسباتی و روش شناسی مورد استقبال قرار نگرفت، تا اینکه در سال ۱۹۹۶ محققی چینی به نام چانگ روشی را تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای بر مبنای تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه کرد که برای محاسبه در آن از اعداد فازی مثلثی استفاده می شد (عطایی، ۱۳۸۹: ۱۱) اعداد فازی مورد استفاده در این مدل و به صورت مشخص در پژوهش حاضر به صورت اعداد فازی مثلثی[2] می باشد که به صورت(, ,M=(m خواهد بود (مؤمنی، ۱۳۹۲: ۲۵۰) فضای هندسی چنین مجموعه‌ای در محیط فازی در شکل شماره (۳) آمده است.



شکل ۳: تابع عضویت اعداد مثلثی در محیط فازی

ساختار ریاضیاتی تابع عضویت اعداد فازی مثلثی نیز به صورت زیر خواهد بود.

رابطه (۱):

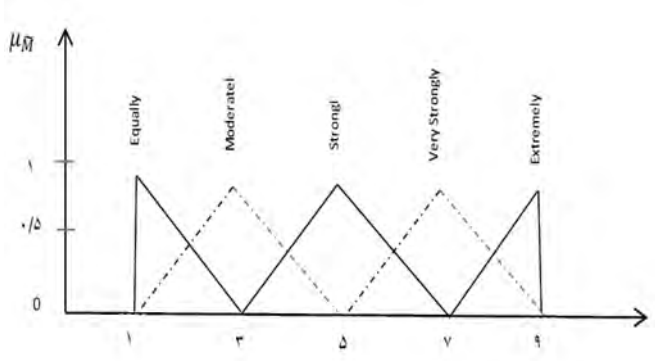
$$\begin{cases} 1-\frac{m-x}{\alpha}, & m-\alpha \le x \le m \\ 1-\frac{x-m}{\beta}, & m \le x \le m+\beta \\ \text{درغیراین‌صورت } 0 \end{cases}$$

بنابراین بر اساس روش چانگ، مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی دارای مراحلی به شرح زیر است:

مرحله اول: در این مرحله نمودار سلسله مراتبی ترسیم می‌شود.

[1].Larhorn & Pedricz
[2].Triangular Fuzzy Number

مرحله دوم: در دومین مرحله اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی تعریف می‌شوند. بر مبنای مطالعاتی که در این خصوص صورت گرفته است و نیز توصیه‌ای که چانگ ارائه می‌دهد، طیف فازی مورد استفاده در این پژوهش در قالب شکل شماره (۴) ارائه شده است.



شکل ۴: متغیرهای زبانی مورد استفاده پژوهش

مرحله سوم: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی خواهد بود که با به‌کارگیری اعداد فازی مثلثی در پژوهش حاضر به انجام رسیده است.

رابطه (۲):

$$\widetilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}\tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21}\tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1}\tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله چهارم: محاسبه مقدار S_i از طریق روابط زیر خواهد بود:

رابطه (۳):

$$S_i = \sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}\right)$$

در این روابط i شماره سطر و j شماره ستون خواهد بود

مرحله پنجم: محاسبه درجه بزرگی S_i ها برای تمامی شاخص‌ها خواهد بود که در آن بزرگی دو عدد فازی $S_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $S_1 = (l_2, m_2, u_2)$ به این صورت تعریف می‌شود:

رابطه (۴):
$$\begin{cases} 1 & \text{اگر } m_1 \geq m_2 \\ 0 & \text{اگر } u_2 \geq l_1 \\ \frac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

مرحله ششم: در این مدل محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه زوجی خواهد بود. بدین منظور از رابطه زیر استفاده شده است:

رابطه (۵):
$$D'(A_i) = \text{Min } V(S_i \leq S_k) \quad k = 1,2,\dots,n$$

بنابراین، بردار وزن نرمالیزه نشده برای شاخص‌های پژوهش به صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۶):
$$W'(d'(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

مرحله نهایی: در این مدل محاسبه بردار وزن نهایی خواهد بود:

رابطه (۷):
$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))$$

عملگر Gama fuzzy

این عملگر یکی از ۵ عملگر فازی (OR, AND, SUM, PRODUCT, GAMA) در محیط ARC GIS می‌باشد این عملگر یک حالت کلی از عملگرهای Product و Sum فازی می‌باشد که به صورت تلفیقی و در قالب رابطه زیر بکار گرفته شده است.

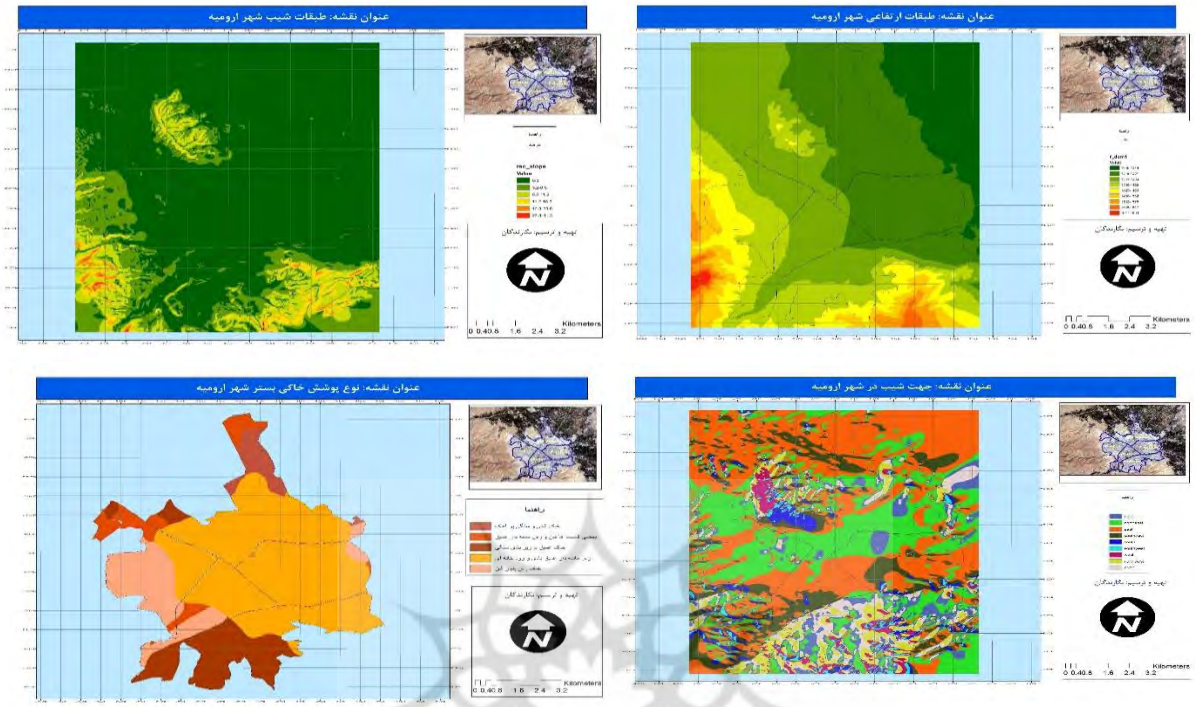
ربطه (۸):
$$\mu_{\text{combination}} \ (\text{Fuzzy Algebraic Sum})^{\delta} (\text{Fuzzy Algebraic Product})^{1-\delta}$$

در عملگر Gama فازی و در رابطه بیان شده برای آن مقدار δ (دلتا)، که بین صفر تا یک متغیر هست اگر مقدار یک انتخاب شود تبدیل به عملگر Sum فازی می گردد و اگر صفر انتخاب شود به عملگر Product تبدیل می گردد. بنابراین بایستی توجه شود که انتخاب صحیح مقدار δ در خروجی تأثیر خواهد گذاشت و می‌تواند در سازگاری گرایشات کاهشی که در عملگر Product قرار دارد با گرایشات افزایشی که در عملگر Sum وجود دارد بسیار تعیین‌کننده باشد.

یافته‌های پژوهش

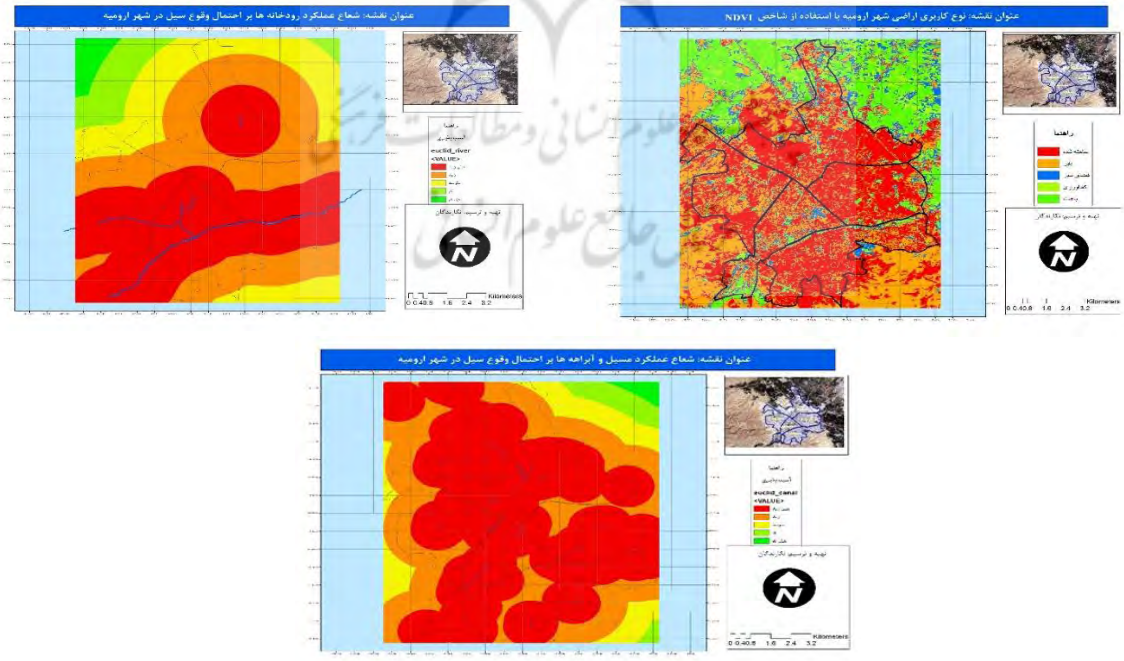
در مرحله تحلیل داده و اطلاعات پژوهش می‌بایست به ترسیم نقشه‌های مربوط به ۷ متغیر (ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع خاک، نوع پوشش اراضی، فاصله از رودخانه و فاصله از آبراهه ها و مسیل‌های آبی) مورد استفاده در قالب شاخص‌های تأثیرگذار سیلاب شهری محدوده مورد مطالعه اقدام می‌شد. لذا برای انجام این امر ابتدا اقدام به تهیه نقشه پایه از منطقه مورد مطالعه و

تشکیل پایگاه داده‌ها و ترسیم لایه‌های مربوط به هر کدام از متغیرهای ۷ گانه در قالب نرم افزار Arc GIS گردید که نتیجه آن به‌صورت زیر نمایان گشت:



شکل ۵: (از راست به چپ) نقشه طبقات ارتفاعی، شیب، جهت شیب و نوع خاک شهر ارومیه

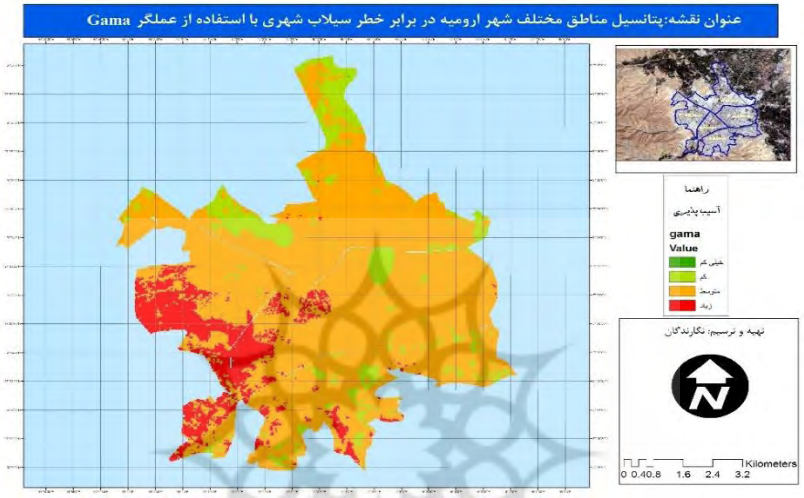
مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۶)



شکل ۶: (از راست به چپ) نقشه نوع کاربری اراضی، فاصله تا رودخانه، فاصله تا مسیل ها و آبراهه ها

مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۶)

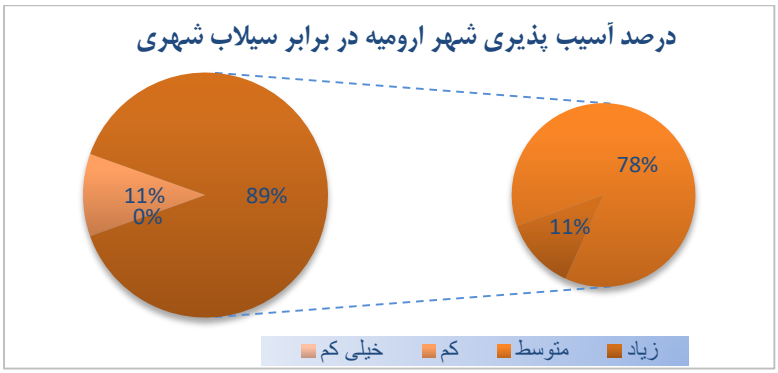
در ادامه روند انجام عملیات پژوهش پس از تهیه لایه‌های مربوط به متغیرهای پژوهش که شامل ۷ لایه از شاخص‌های کالبدی و طبیعی بودند، اقدام به فازی سازی لایه‌های با استفاده از جعبه تحلیلی (Fuzzy membership) در قالب نرم افزار Arc GIS شد. سپس در مرحله بعدی بعد از فازی‌سازی لایه‌ها به تحلیل لایه‌های پژوهش با استفاده از توابع و عملگرهای فازی گردید که ابتدا با استفاده از تابع Gama فازی اقدام ساخت نقشه مربوط به مناطق آسیب‌پذیر در مقابل سیلاب شهری در شهر ارومیه مشخص شد. در این مطالعه با آزمایش حد آستانه‌های مابین صفر و یک موجود در تابع Gama فازی موجود در نرم‌افزار Arc Gis، مشخص گردید که حد آستانه ۰/۶,۵ یک سازگاری قابل انعطافی را بین گرایشات افزایشی و کاهشی خروجی داده‌ها ایجاد می‌کند که نتیجه این کار در شکل (۷) مشاهده می‌شود.



شکل ۷: نقشه نهایی مناطق آسیب پذیر در برابر سیلاب شهری در شهر ارومیه با استفاده از منطق Gama Fuzzy

مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۶)

نتایج این عملگر نشان می‌دهد که نقشه بدست آمده با جزییات دقیق‌تری در مقایسه با نتایج عملگرهای دیگر بدست آمده و علت آن تلفیق و گزینش سازگار حد آستانه از بین گرایشات افزایشی یا کاهشی در عملگرهای دیگر است. نقشه خروجی این عملگر نشان می‌دهد که مناطق غرب و جنوب غربی شهر ارومیه دارای پتانسیل نسبتاً بالای سیل‌خیزی بوده است و علت این امر اختصاص دادن وزن بیشتر به شاخص ارتفاع و جهت شیب نسبت به سایر شاخص‌های دیگر است که جزئیات دقیق مناطق آسیب‌پذیر در نمودار شکل (۸) بیان شده است.



شکل ۸: نمودار درصد آسیب پذیری شهر ارومیه در برابر سیلاب شهری با استفاده از عملگر Gama Fuzzy

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۶)

نمودار شکل (۸) نشان می‌دهد که منطق Gama فازی حدود ۸۹ درصد از مساحت شهر ارومیه را در معرض سیل با ضریب متوسط به بالا قرار داده است. به بیان واضح‌تر بر اساس عملکرد این عملگر ۷۸۰۳۲۲۵ متر مربع که حدود ۱۱ درصد از مساحت شهر ارومیه است دارای پتانسیل بالای سیل خیزی معرفی می‌باشد و این مساحت در سه منطقه ۳ و ۵ و ۱ شهر ارومیه قرار گرفته که در غرب و جنوب غربی شهر بوده و دارای ارتفاع بیشتری نسبت به سایر زمین‌های شهر ارومیه می‌باشد. همچنین این عملگر مناطقی را که احتمال سیل‌خیزی در آن بسیار کم می‌باشد فقط ۵۷۱۶ متر مربع معرفی می‌کند که طبق شکل (۷) در شمال شرقی شهر ارومیه قرار گرفته است.

اما در مرحله بعد سعی شد با استفاده از مدل فازی دیگری نتایج به دست آمده مورد ارزیابی قرار بگیرد. بر همین اساس از مدل سلسله مراتبی Fuzzy AHP برای مقایسه نتایج استفاده شد. در این مدل بعد از وزن‌گذاری متغیرهای پژوهش در قالب اعداد فازی مثلثاتی، متغیرها با وزن‌های متفاوتی از حداقل وزن تا حداکثر وزن مشخص گردیدند که در جداول زیر می‌توان دید.

جدول ۱: وزن نسبی لایه ها برای پهنه بندی سیلاب

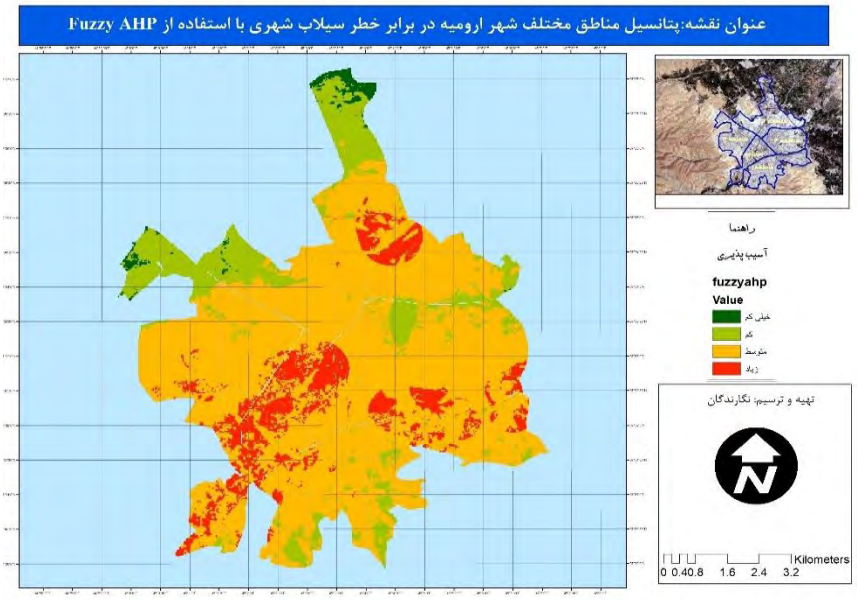
ارتفاع (v1)	شیب (v2)	جهت شیب (v3)	نوع خاک (v4)	نوع کاربری اراضی (v5)	فاصله تا رودخانه (V6)	فاصله تا آبراهه ها (V7)
ارتفاع	V2	V3	V4	V5	V6	V7
	1	0.87	4	0.57	0.93	0.87
شیب	V1	V3	V4	V5	V6	V7
	0.8	0.63	0.96	0.382	0.73	0.64
جهت شیب	V1	V2	V4	V5	V6	V7
	1	1	1	0.32	1	1
نوع خاک	V1	V2	V3	V5	V6	V7
	0.85	1	0.7	0.82	0.79	0.74
نوع کاربری اراضی	V1	V2	V3	V4	V6	V7
	1	1	1	1	1	1
فاصله تا رودخانه	V1	V2	V3	V4	V5	V7
	1	1	0.92	1	0.53	0.92
فاصله تا مسیل ها و آبراهه ها	V1	V2	V3	V4	V5	V6
	1	1	0.99	1	0.64	1

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۶)

جدول ۲: وزن نهایی لایه ها برای پهنه بندی سیلاب

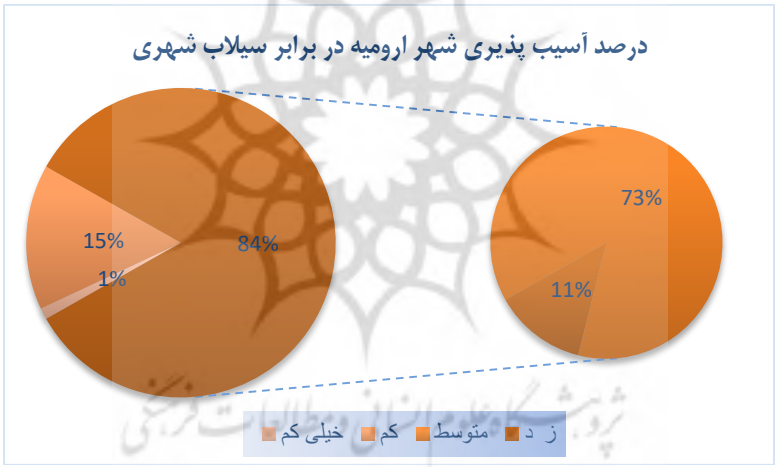
گزینه ها	وزن نرمال نشده	وزن نرمال شده
ارتفاع	۰/۵۷	۰/۱۴۶
شیب	۰/۵۳	۰/۱۳۶
جهت شیب	۰/۳۸	۰/۰۹۷
نوع خاک	۰/۳۲	۰/۰۸۲
نوع کاربری اراضی	۰/۶۴	۰/۱۶۴
فاصله تا رودخانه	۱	۰/۲۵۷
فاصله تا آبراهه ها و مسیل ها	۰/۷۴	۰/۱۹۰

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۶)



شکل ۹: نقشه نهایی مناطق آسیب پذیر در برابر سیلاب شهری در شهر ارومیه با استفاده از منطق Fuzzy AHP

مأخذ: ترسیم نگارندگان (۱۳۹۶)



شکل ۱۰: نمودار درصد آسیب پذیری شهر ارومیه در برابر سیلاب شهری با استفاده از منطق Fuzzy AHP

مأخذ: محاسبات نگارندگان (۱۳۹۶)

بر اساس شکل ۹ منطقه ۵ شهر ارومیه دارای بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی نسبت به سایر مناطق می‌باشد به طوری بیشتر مساحت این منطقه در گرید خطر زیاد سیلاب قرار گرفته است. همچنین از دیگر نکات مشخص در این نقشه قرارگیری جنوب شرق شهر ارومیه در خطر سیلاب می‌باشد و علت آن نیز وجود فاصله کم تا رودخانه اصلی و شیب کم این منطقه است. منطق AHP فازی با دادن وزن بیشتر به حریم و فاصله از رودخانه‌ها، و ارتفاع و نوع پوشش اراضی شهری، مناطق متفاوتی از شهر را به عنوان مناطق با پتانسیل بالای سیل‌خیز معرفی کرده است. به طوری که این مناطق در سه جهت (غرب و جنوب غربی، جنوب شرقی و شمال غربی) شهر ارومیه قرار گرفته‌اند. ولی آنچه که می‌توان از نمودار شکل ۱۰ برداشت نمود این است که حدود ۱۱ درصد از مساحت شهر ارومیه با توجه به شاخص‌های در نظر گرفته شده دارای پتانسیل بالای سیل‌خیزی بوده و آسیب جدی در هنگام وقوع سیل به این مساحت از شهر که حدود ۷۴۱۷۳۶۱ متر مربع می‌باشد وارد خواهد آمد. همچنین حدود ۸۴

درصد از مساحت شهری در گرید پتانسیل متوسط به بالای سیل‌خیزی قرار دارد این درحالی است که فقط ۱ درصد از مساحت شهر با ۸۲۰۲۱۰ متر مربع دارای پتانسیل خیلی کم از لحاظ سیل خیزی می‌باشد که اغلب شمال و شمال شرق ارومیه را در بر می‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

تبدیل رواناب به سیلاب می‌تواند خسارت جبران ناپذیری به شبکه شریان‌های شهری وارد کند. نقشه خطر سیل شهری ابزاری است که می‌تواند به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری، برای مثال در ارزیابی کارآمدی زیر ساخت‌های شبکه زهکشی و اقدامات توسعه‌ای مورد نیاز آن‌ها به منظور کاهش خطرپذیری جمعیت و تأسیسات شهر از خسارت‌های سیلاب کمک کند. پهنه‌بندی نهایی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوزه مورد مطالعه، با توجه به ارتباطات درونی و بر اساس دخالت وزن‌ها یا ارزش‌های نهایی هر یک از متغیرهای اصلی و همچنین طبقات فرعی متغیرها انجام گرفت. طبق بررسی‌های انجام گرفته منطقه ۵ و ۳ شهر ارومیه در بیشتر قسمت‌ها در برابر سیلاب بسیار آسیب‌پذیرند و در قسمت‌های دیگر آسیب‌پذیر کمتری دارند. بیشتر بخش‌هایی که تحت تأثیر سیل قرار دارند اغلب دارای فاصله نسبتاً کم با رودخانه و مسیل ها بوده و دارای ارتفاع نسبتاً بالاتری نسبت به سایر نقاط دیگر شهر می‌باشند به طوری دو منطق Fuzzy AHP و Gama Fuzzy حدود ۱۱ درصد از مساحت شهر ارومیه را که دارای ارتفاع بالاتر و پوشش اراضی سخت‌تر و فاصله کمتر از رودخانه‌ها بوده‌اند. به عنوان مناطق پر خطر انتخاب کرده است. به بیان دقیق تر عملگر Gama Fuzzy حدود ۷۸۰۳۲۲۵ متر مربع را که شامل مناطق ۳ و ۵ و قسمت‌های از منطقه ۱ شهر ارومیه را به عنوان مناطق پرخطر و منطق Fuzzy AHP حدود ۷۴۱۷۳۶۱ متر مربع را که شامل مناطق ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شهر ارومیه می‌باشد را به عنوان مناطق دارای پتانسیل بالای سیل‌خیزی معرفی می‌کند. همچنین مشخص شد که فضاهای سبز شهری تا حد زیادی سبب کاهش سیلاب شهری می‌شوند به طوری که زمین‌هایی که دارای پوشش جنگلی بوده‌اند ۱ درصد از مساحت شهر را شامل شده و در گرید مناطق بسیار کم خطر از لحاظ سیل خیزی قرار دارند. بر همین اساس از مهمترین پیشنهادها در خصوص کاهش آسیب‌پذیری می‌توان به چند مورد ذیل اشاره نمود:

- به زیر پوشش بردن مناطق با شیب بالا
- ایجاد حریم توسعه شهری در منطقه ۳ و ۵ شهری
- رعایت حریم رودخانه از نظر ساخت و ساز شهری
- استفاده از سطوح نفوذپذیر در روکش آسفالت و پیاده‌روها

منابع

– اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۸۶). «*جغرافیای طبیعی شهر (اقلیم، آب و سیل خیزی)*»، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

– اکارت، جان (۱۳۸۴). «*زمین شناسی کواترنری کاربردی*»، چاپ اول، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.

– بزرگزاد، مرتضی (۱۳۸۰) «*سیلاب شهری*»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه اهواز.

– رستم‌زاده، هاشم، سرافراز اسبق، سونیا و مهسا میانجی (۱۳۹۵). «پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در قسمت مرکزی میانه با استفاده از مدل ANP»، *فصلنامه رشد آموزش جغرافیا*، دوره سی ام، شماره ۳.

– صادقلو، طاهره و حمدالله سجاسی قیداری (۱۳۹۳). «راهبردهای مدیریت مخاطره سیل در مناطق روستایی با مدل SWOT-TOPSIS مطالعه موردی حوضه آبریز قره چای رامیان»، *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، سال سوم، شماره ۱۲.

– سپهر، عادل و راحیل کاویان (۱۳۹۳). «طبقه بندی تحمل‌پذیری مناطق شهری کلانشهر مشهد به مخاطرات محیطی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی تعامل تناوبی سیموس (SIMUS)». *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، سال سوم، شماره نهم ۱۲۵–۱۴۱

– عابدینی، موسی و رقیه فتحی جوکدان (۱۳۹۵). «پهنه بندی خطر وقوع سیل در حوضه ی آبریز گرگانرود با استفاده از Arc GIS»، *فصلنامه هیدروژئومورفولوژی*، شماره ی ۷.

– عطائی، محمد (۱۳۸۹). «تصمیم گیری چند معیاره فازی»، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

– قهرودی تالی، منیژه، ثروتی محمدرضا، صرافی مظفر و موسوی پور موسی و خه بات درفشی (۱۳۹۱)، «ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از سیلاب در شهر تهران»، *فصلنامه علمی امداد و نجات*، سال چهارم، شماره ۳.

– قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۱). «آسیب پذیری خطوط ریلی شمال دشت لوت درمقابل سیلاب»، *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، سال اول، شماره ۲، ۱ –۱۸

– کیانی، سجاد و صمد فتوحی (۱۳۹۲). «ریز پهنه‌بندی ریسک سیلاب شهری با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی: شهر نهاوند»، *فصلنامه آمایش محیط ملایر*، شماره ۲۹.

– مؤمنی، منصور (۱۳۹۲). «مباحث نوین تحقیق در عملیات»، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

– مهندسان مشاور طرح و آمایش (۱۳۹۲). *طرح جامع شهر ارومیه*.

– Fernández, D.S., M.A., Lutz. (2010), Urban flood hazard zoning in Tucumán Province Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis . *Engineering Geology*, No.111, PP: 90˚98.

– Morelli, S., et al. (2012), Urban planning,flood risk and public policy: The case of the Arno River, Firenze, Italy , *Applied Geography*, No.34, PP: 205-218.

– Simonovic SP and Verma R, (2008), A new methodology for water resources multi˚criteria decision making under uncertainty . *Physics and Chemistry of the Earth*, 33: 322˚329

– Singh, V.P. (1996), Hydrology of disasters, water science and technology library . *Kluwer Academic Publishers*, 24, 395-425

– http://orumiyeh.isna.ir/

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی