

پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران)

اسماعیل صالحی^۱، یوسف رفیعی*^۲، محمدرضا فرزاد بهتاش^۳، محمدتقی آقابابایی^۴

ssalehi@ut.ac.ir

۱. دانشیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشگاه تهران

۳. دکتری شهرسازی، مدیر مطالعات معماری، شهرسازی و امور بحران، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی تهران

farzad.behtash@gmail.com

m_babaiehs@yahoo.com

۴. کارشناس ارشد مدیریت در سوانح طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۳/۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۷/۵

چکیده

شتاب شهرنشینی و روند رو به گسترش گرمایش جهانی اهمیت پرداختن به مسئله سیلاب‌های شهری را بیش از پیش نمایان می‌کند. تهران به‌تازگی تحت تأثیر سیلاب و خسارت‌های ناشی از آن قرار گرفته است. بارندگی با شدت بالا و رشد و توسعه بی‌رویه شهر و شبکه ناکارآمد زهکشی از دلایل اصلی این امر به شمار می‌روند. این تحقیق رویکرد کارآمدی را در ارزیابی خطر سیل تهران به کار می‌گیرد. هدف این مطالعه توسعه پهنه‌بندی خطر سیل شهری بر پایه آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. این مدل با استفاده از ۵ معیار فاصله از شبکه زهکشی، تجمع جریان، شیب، ارتفاع و اراضی ساخته‌شده و ساخته‌نشده توسعه یافت. از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy AHP) باکلی به‌مثابه یکی از کارآمدترین سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود، زیرا به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است. نقشه خطر نهایی با اعمال وزن‌های معیارها و هر یک از طبقه‌های آن‌ها در GIS به دست آمد. نقشه خطر سیل شهری نشان می‌دهد که آبراهه‌ها و حریم آن‌ها، همچنین نواحی مرکزی تا جنوب شهر بیشترین پتانسیل را برای سیل‌خیزی دارند.

کلیدواژه

پهنه‌بندی خطر، تهران، سیلاب، GIS، AHP-Fuzzy.

۱. سرآغاز

بر حفظ محیط‌زیست شهری حائز اهمیت و توجه است. به راستی چرا پایتخت ایران با چند بارش بهاری باید چنین دستخوش التهاب و اضطراب شود؟ چرا به‌رغم خشکسالی، بارش باران به جای خوشحال‌کردن مردم و مسئولان آن‌ها را نگران می‌کند؟ شدت سنگین بارش، توسعه ساخت و سازهای جدید و پوشانده‌شدن اراضی قابل نفوذ، تغییر جهت و دستکاری سیستم‌های زهکشی طبیعی و قدیمی بودن آن‌ها از علل اصلی بروز خسارت‌های عمده در زمان بروز چنین پدیده‌ای است.

سیلاب از مخرب‌ترین خطرهای طبیعی است که جبران آثار 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 خسارت‌های سیل در دهه‌های اخیر افزوده است. از این رو آگاهی از میزان خطرپذیری مناطق مختلف شهر و توجه به موضوع مدیریت سیلاب‌های شهری به‌منزله یکی از محورهای مهم در پرداختن به مسائل شهری با تأکید

تهران، پیوسته در معرض خطر سیل قرار دارد. از دلایل اصلی این موضوع، می‌توان به قرار گرفتن این شهر در پای کوه، اختلاف ارتفاع زیاد و رودخانه‌های فراوان و مسیل‌های متعدد در شمال آن اشاره کرد. در تهران، ۱۲ حوزه آبریز بالادست مسلط و ۱۴ کیلومتر نوار مولد سیل وجود دارد. بر این اساس هدف این مطالعه ارائه مدل خطر سیلاب شهری برای تهران با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA) و با پشتیبانی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. در تهیه این مدل از لایه‌هایی همچون فاصله از کانال‌های زهکشی و آبراهه‌ها، شیب، ارتفاع، تجمع جریان آب و نفوذپذیری اراضی استفاده شده است.

۲. مشخصات منطقه مورد مطالعه

تهران بزرگ‌ترین شهر و پایتخت ایران است. جمعیت آن بیش از ۸ میلیون نفر و مساحت آن ۷۳۰ کیلومتر مربع است. تهران از بزرگ‌ترین شهرهای غرب آسیا و بیست‌وهفتمین شهر بزرگ دنیا و هجدهمین شهر پرجمعیت جهان به شمار می‌آید.

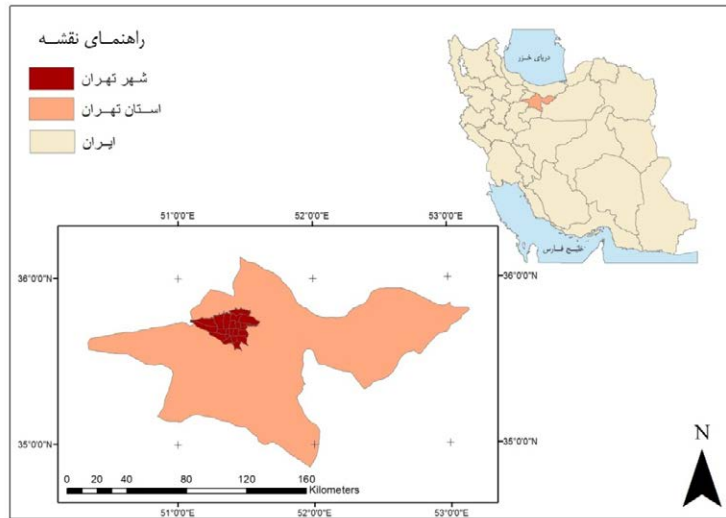
این شهر از دهه ۴۰ مرکز جذب مهاجران زیادی از سراسر ایران بوده است. تراکم جمعیت در تهران بین ۱۰ هزار و ۷۰۰ تا بیش از ۱۱ هزار نفر در هر کیلومتر مربع برآورد می‌شود. تهران در شمال ایران، در کوهپایه‌های جنوبی عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی به عرض تقریبی ۳۰ کیلومتر گسترده شده است. ارتفاع شهر در بلندترین نقاط شمال به حدود ۲۰۰۰ متر و در جنوبی‌ترین نقاط به حدود ۱۰۰۰ متر از سطح دریا می‌رسد. تهران از شمال به نواحی کوهستانی و از جنوب به نواحی کویری منتهی شده است، در نتیجه در جنوب و شمال آب و هوایی متفاوت دارد (شکل ۱).

اقلیم تهران تحت تأثیر کوهستان در شمال و دشت در جنوب است. غیر از شمال تهران که تحت تأثیر کوهستان،

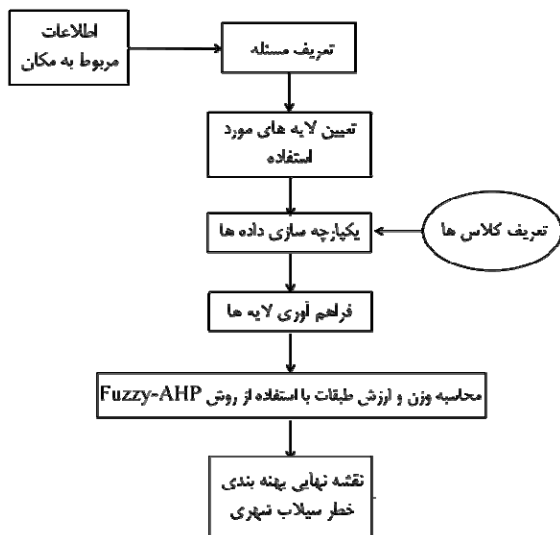
نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌تواند به‌منزله ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی مسیر توسعه آینده شهر، همچنین شناخت نواحی‌ای که توسعه زیرساخت‌های تخلیه و زهکشی سیلاب مورد نیاز است استفاده شود (Büchle, et al., 2006). آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDA)، روش و تکنیک مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده را، که اغلب شامل داده‌ها و معیارهای غیر قابل مقایسه‌اند، فراهم می‌آورد. موفقیت سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و MCDA در آنالیز خطرهای طبیعی (Rashed and weeks, 2003; Gamper, et al., 2006) و سایر مطالعات زیست‌محیطی (Dai, et al., 2001; Kolat, et al., 2006) قبلاً به اثبات رسیده است.

Fernández و Lutz (2010) شهر یربا بوانا آرژانتین را از نظر خطر سیل با استفاده از GIS و سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP) پهنه‌بندی کردند. Morelli و همکاران (2012) 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 با توسعه بیشتر شهری بیشتر در معرض ریسک قرار دارند. Maantay و Maroko (2009) نیویورک را از نظر زمان برگشت سیلاب‌های مختلف در یک مقیاس زمانی پهنه‌بندی کردند.

Chen و همکاران (2009) مدلی برای سیلاب شهری بر پایه GIS با استفاده از رواناب سطحی تجمعی و رواناب بارندگی تهیه کردند. Asgharpour و Ajdari (2011) سیلاب‌های فصلی را در حوضه آبخیز قطور چای ایران بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که روش‌ها و استراتژی‌های نوآورانه در سطح منطقه‌ای مورد نیاز است. AL-Ghamdi و همکاران (2012) مکه را با استفاده از آنالیزهای مکانی در GIS از نظر خطر سیل‌گرفتگی بر پایه دو سیل مهم سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ پهنه‌بندی کردند و نقشه پتانسیل سیلاب شهری را در مناطق مختلف آن به دست آوردند.



شکل ۱. نمایش موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور



شکل ۲. روند نمای مراحل انجام تحقیق

- مدل رقومی ارتفاع (DEM) (با دقت ۱۰ متر، سازمان نقشه‌برداری کشور) به منظور فراهم کردن لایه‌های تجمع جریان، شیب و ارتفاع منطقه مورد مطالعه؛
 - تصویر ماهواره‌های سنجنده TM ماهواره لندست (تابستان ۲۰۱۱) به منظور استخراج اراضی نفوذپذیر و نفوذناپذیر؛
 - فایل رقومی شبکه آبراهه‌ها و زهکشی آب‌های سطحی در سطح شهر.
- در مرحله بعد وزن‌ها و ارزش‌های رتبه‌بندی به لایه‌ها

اقلیم آن تا حدودی معتدل و مرطوب است، اقلیم بقیه شهر تقریباً گرم و خشک و در زمستان‌ها اندکی سرد است. مهم‌ترین منبع بارش در این شهر بادهای مرطوب مدیترانه‌ای و اطلسی‌اند که از سمت غرب می‌وزند. بارش سالانه تهران عمدتاً تحت تأثیر تغییرات ارتفاعی شهر و بین حداکثر ۴۲۲ میلی‌متر در شمال تا ۱۴۵ میلی‌متر در جنوب شرق متغیر است. بارش متوسط تهران ۲۵۰ میلی‌متر در سال است. تهران به علت واقع شدن در مقرر و شرایط خاص ژئومورفولوژیکی، از شهرهایی است که همواره در معرض خطر سیلاب قرار دارد. از این رو ضرورت شناسایی مناطق پرخطر و اولویت‌دار در مواجهه با چنین پدیده‌ای و به عبارت دیگر پهنه‌بندی شهر از نظر میزان ریسک در معرض خطر سیلاب‌بودن به خوبی احساس می‌شود.

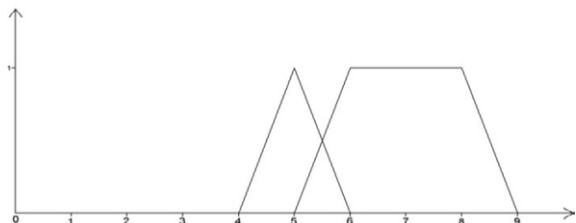
۳. مواد و روش‌ها

مراحل اجرای این تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است که شامل فراهم‌آوری داده‌های اولیه، آماده‌کردن آن‌ها در محیط GIS، آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌شود.

سه منبع اصلی داده به منظور فراهم‌کردن لایه‌های

اطلاعاتی به شرح زیر استفاده شدند:

مثال، عدد فازی ذوزنقه‌ای (۶، ۵، ۵، ۴) نشان‌دهنده ارجحیت «در حدود ۵ به ۱» و عدد (۵، ۶، ۸، ۹) مشخص‌کننده ارجحیت «بین حدود ۶ به ۱ تا حدود ۸ به ۱» است (شکل ۳).



شکل ۳. اعداد فازی نمونه برای نشان دادن ارجحیت در روش باکلی

برای بیان روش میانگین‌گیری هندسی برای تعیین وزن‌ها در حالت فازی ابتدا لازم است به توصیف این روش در حالت کلاسیک پرداخته شود. برای این کار ماتریس مقایسه زوجی زیر را در نظر بگیرید.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{21} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

میانگین هندسی هر یک از سطرها به وسیله رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Z_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{1/n}$$

رابطه ۱. محاسبه میانگین هندسی هر یک از سطرها

حال وزن المان \tilde{W}_i از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$W_i = \frac{Z_i}{(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)}, \forall i$$

در واقع W_i نشان‌دهنده وزن و اهمیت گزینه یا معیار نام است. حال برای تعمیم روش فوق به حالت فازی باید از عملگرهای حسابی فازی استفاده کنیم. در ادامه عملگرهای مورد نیاز تعریف می‌شود. برای این کار دو عدد فازی ذوزنقه‌ای دلخواه مانند $\tilde{M}_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ و $\tilde{M}_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2)$ را در نظر بگیرید. مجموع این دو عدد، یک عدد فازی ذوزنقه‌ای خواهد بود که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2)$$

و طبقات هر لایه اختصاص داده شد. فرایند اختصاص وزن‌ها و ارزش‌های رتبه‌بندی‌شده با استفاده از روش AHP-Fuzzy شکل گرفت. محاسبه وزن‌ها از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار Matlab انجام شد. AHP-Fuzzy یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره است که رویه مقایسه زوجی را برای رسیدن به اهداف موردنظر در میان گزینه‌های متعدد به کار می‌گیرد. در ادامه به ارائه توضیحی در خصوص این روش پرداخته می‌شود.

۴. فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

به مفهوم فازی بودن در روش AHP، به صورت غیرمستقیم و بدون استفاده از مجموعه‌های فازی توجه شده است. در واقع در این روش با استفاده از عبارت‌های زبانی، مفهوم فازی بودن در تعیین ماتریس‌های مقایسه زوجی دخالت داده می‌شود، اما محققان با تعمیم روش AHP، روش‌هایی پیشنهاد کرده‌اند که در آن‌ها از اعداد فازی برای بیان ارجحیت گزینه‌ها استفاده می‌شود. در این میان می‌توان به روش‌های لارهون، پدریچ و باکلی اشاره کرد. روش لارهون و پدریچ ضعف‌هایی دارد که این در روش باکلی رفع شده است (عطایی، ۱۳۸۹). از این رو در این پژوهش از روش AHP فازی باکلی استفاده شد که در ادامه، الگوریتم آن توضیح داده می‌شود.

۵. روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی

روش AHP فازی باکلی، شکل تعمیم‌یافته‌ای از روش AHP کلاسیک است. در این روش برای مقایسه زوجی گزینه‌ها از اعداد فازی و برای به دست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها از روش میانگین‌گیری هندسی استفاده می‌شود. زیرا این روش به سادگی به حالت فازی قابل تعمیم است و جواب یگانه‌ای برای ماتریس مقایسه‌های زوجی تعیین می‌کند. در این روش شخص تصمیم‌گیرنده می‌تواند مقایسه‌های زوجی گزینه‌های هر سطح را در قالب اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان کند (Chen and Huang, 1992). برای

نشان داده شود، آنگاه ارجحیت المان \bar{M} بر المان \bar{m} به صورت زیر خواهد بود.

$$\bar{a}_{ji} = \left(\frac{1}{d_{ij}}, \frac{1}{c_{ij}}, \frac{1}{b_{ij}}, \frac{1}{a_{ij}} \right)$$

در صورتی که $i = j$ باشد، $\bar{a}_{ij} = \bar{a}_{ji} = (1,1,1,1)$ خواهد بود.

گام دوم: در این گام، وزن‌های فازی (\bar{W}_i) محاسبه می‌شوند. برای این کار ابتدا میانگین هندسی هر سطر از ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$\bar{Z}_i = (\bar{a}_{i1}, \bar{a}_{i2}, \dots, \bar{a}_{in})^{1/n}$$

سپس وزن فازی، \bar{W}_i از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$\bar{W}_i = \bar{Z}_i \cdot (\bar{Z}_1 \oplus \bar{Z}_2 \oplus \dots \oplus \bar{Z}_n)^{-1}$$

حاصل ضرب دو عدد \bar{M}_1 و \bar{M}_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\bar{Q} = \bar{M}_1 \times \bar{M}_2 = (a[L_1, L_2], b, c, d[R_1, R_2])$$

به طوری که:

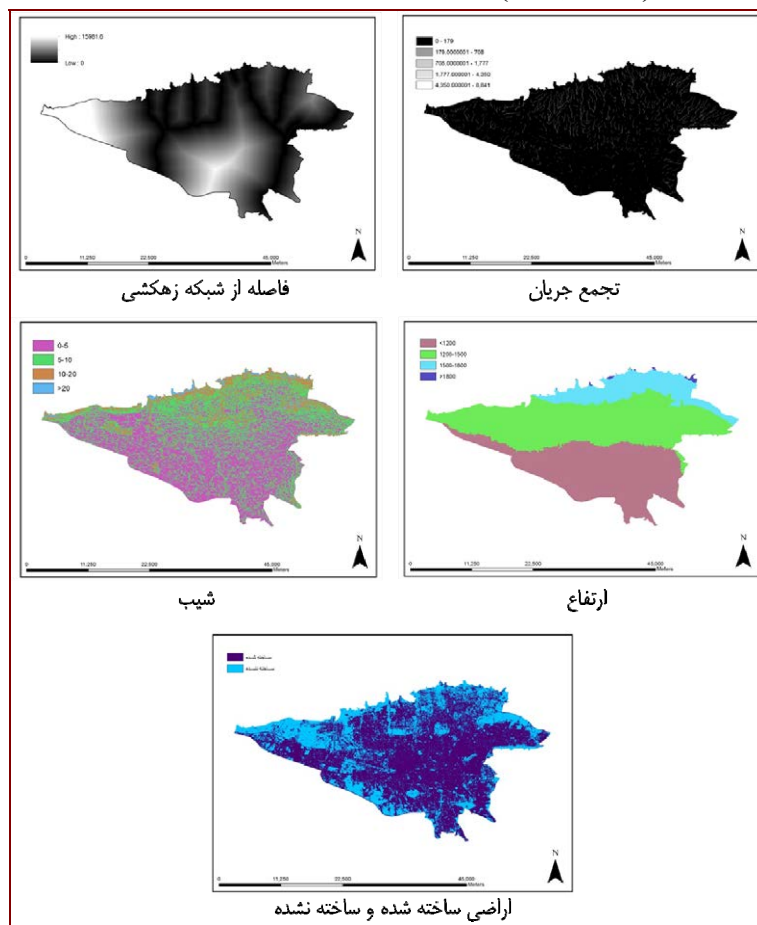
$$a = a_1 a_2, b = b_1 b_2, c = c_1 c_2, d = d_1 d_2,$$

$$L_1 = (b_1 - a_1)(b_2 - a_2), L_2 = a_2(b_1 - a_1) + a_1(b_2 - a_2),$$

$$R_1 = (d_1 - c_1)(d_2 - c_2), R_2 = -[d_2(d_1 - c_1) + d_1(d_2 - c_2)]$$

حال با توجه به مطالب ذکر شده، الگوریتم روش باکلی را می‌توان در قالب چهار گام زیر بیان کرد (Wang and Kerre, 2001).

گام اول: در این گام ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی از طریق شخص‌شخص تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شوند. المان‌های این ماتریس‌ها، اعداد فازی دوزنقه‌ای خواهند بود. چنانچه ارجحیت المان \bar{m} بر المان \bar{M} با $\bar{a}_{ji} = \left(\frac{1}{d_{ij}}, \frac{1}{c_{ij}}, \frac{1}{b_{ij}}, \frac{1}{a_{ij}} \right)$



شکل ۴. لایه‌های استفاده‌شده در تحقیق

رابطه ۲. محاسبه اوزان فازی

عملگرهای ضرب و جمع در روابط فوق، عملگرهای فازی‌اند.

گام سوم: در این گام با ترکیب ارجحیت‌ها و وزن‌های به‌دست‌آمده در گام قبل، مقادیر مطلوبیت فازی، \tilde{U}_i با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{W}_j \tilde{r}_{ij}$$

رابطه ۳. محاسبه مقادیر کمیت فازی

به طوری که برای عملگرهای ضرب و جمع فازی در رابطه فوق از روابطی که قبلاً در این بخش تعریف شد، استفاده می‌شود.

گام چهارم: عملیات دیفازی‌سازی اوزان فازی:

در این پژوهش از روش مرکز سطح برای عملیات فازی‌زدایی استفاده شد. در این روش که رایج‌ترین روش تبدیل کمیت فازی به کلاسیک است از رابطه ۴ برای محاسبه Z^* استفاده می‌شود (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۴).

$$z^* = \frac{\int \mu_z(z).z dz}{\int \mu_z(z) dz}$$

رابطه ۴. تبدیل کمیت فازی به کلاسیک^۱

شکل ۴ لایه‌های مورد استفاده در این تحقیق را پس از اعمال وزن‌ها روی آن‌ها نشان می‌دهد.

پس از طبقه‌بندی هر یک از پارامترها به طبقات مشخص، وزن پارامترها و طبقات آن‌ها به روش AHP-Fuzzy از طریق برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab به دست آمد (جدول ۱). مقایسه‌های زوجی با استفاده از عبارات‌های زبانی، اعداد فازی و وزن نهایی دیفازی‌شده پارامترها در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. این فرایند در مرحله بعد در خصوص هر یک از پارامترها با هدف تعیین وزن طبقات مختلف آن‌ها نیز انجام شد که به نمایش جدول مقایسه پارامترها برای نمونه بسنده شده است (جدول ۲ و ۳).

جدول ۱. وزن لایه‌ها و طبقات هر یک از آن‌ها به‌دست‌آمده به روش AHP-Fuzzy

وزن	طبقات	وزن	لایه‌ها
۰/۵۵۱۶	<۱۰۰	۰/۵۱۸۷	فاصله از شبکه زهکشی
۰/۳۰۰۸	۱۰۰ - ۵۰۰		
۰/۱۲۹۰	۵۰۰ - ۱۰۰۰		
۰/۰۴۵۳	>۱۰۰۰		
۰/۵۱۰۸	>۳۵۰۰	۰/۲۴۹۱	تجمع جریان
۰/۲۶۸۱	۲۷۰۰ - ۳۵۰۰		
۰/۱۱۱۳	۲۰۰۰ - ۲۷۰۰		
۰/۰۸۴۶	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰		
۰/۰۳۴۷	< ۱۰۰۰	۰/۱۱۴۱	شیب
۰/۶۰۴۳	< %۵		
۰/۲۶۹۷	%۵ - %۱۰		
۰/۰۹۲۲	%۱۰ - %۲۰		
۰/۰۳۸۸	> %۲۰	۰/۹۸۴	ارتفاع
۰/۵۵۳۳	< ۱۲۰۰		
۰/۳۲۰۵	۱۲۰۰ - ۱۵۰۰		
۰/۱۱۹۹	۱۵۰۰ - ۱۸۰۰		
۰/۰۴۳۶	> ۱۸۰۰	۰/۴۴۸	اراضی ساخته‌شده و ساخته‌نشده
۰/۷۸۳۹	ساخته‌شده		
۰/۲۳۹۵	ساخته‌نشده		

جدول ۲. جدول مقایسه‌های زوجی با استفاده از عبارتهای زبانی

فاصله از شبکه زهکشی	تجمع جریان	شیب	ارتفاع	ساخته‌شده و ساخته‌نشده
فاصله از شبکه زهکشی	1	L4-5	L5-L6	L8-9
تجمع جریان	L1/3	L2-3	L3	L6-7
شیب	1/5- L 1/4	1	1	L3
ارتفاع	L1/6- L 1/5	L1/3	1	L2-3
ساخته‌شده و ساخته‌نشده	L1/9- L 1/8	1/6- L 1/7	L1/3	1/3- L 1/2

جدول ۳. جدول اعداد فازی به همراه وزن‌های نهایی استخراج شده از نرم‌افزار Matlab

فاصله از شبکه زهکشی	تجمع جریان	شیب	ارتفاع	ساخته‌شده و ساخته‌نشده	وزن نهایی
(1,1,1,1)	(2,3,3,4)	(3,4,5,5)	(4,5,6,7)	(7,8,9,9)	0.5187
(1/4,1/3,1/3,1/2)	(1,1,1,1)	(1,2,3,3)	(2,3,3,4)	(5,6,7,7)	0.2491
(1/5,1/5,1/4,1/3)	(1/3,1/3,1/2,1)	(1,1,1,1)	(1,1,1,1)	(2,3,3,4)	0.1141
(1/7,1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/3,1/2)	(1,1,1,1)	(1,1,1,1)	(1,2,3,3)	0.0984
(1/9,1/9,1/8,1/7)	(1/7,1/7,1/6,1/5)	(1/4,1/3,1/3,1/2)	(1/3,1/3,1/2,1)	(1,1,1,1)	0.0448

۶. نتایج

۶.۱. مزایای روش استفاده‌شده و تولید نقشه‌های

پهنه‌بندی سیل در محیط GIS

روش‌شناسی که در این مقاله استفاده شد بر تجزیه و تحلیل آن دسته از متغیرهایی که جریان آب را در زمان اوج بارش و خارج از ظرفیت شبکه زهکشی کنترل می‌کنند، تمرکز کرده است. از سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای اولویت‌بندی معیارها و طبقات آن‌ها از بیشترین اولویت تا کمترین درجه اولویت استفاده شد.

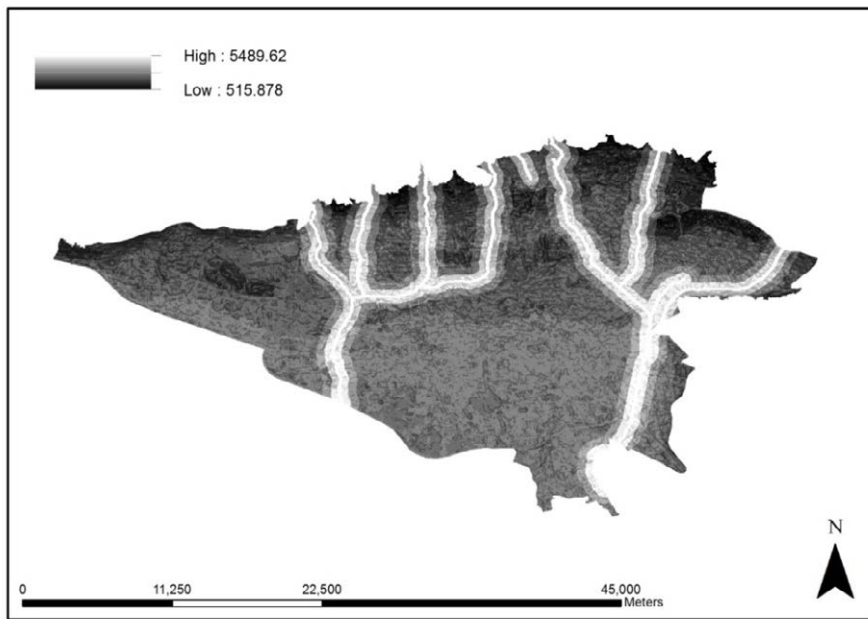
در این تحقیق از میان طیف وسیع این سیستم‌ها به منظور تهیه مدل سیلاب شهری منطقه مورد مطالعه به علت کارایی مناسب، از سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP-Fuzzy استفاده شد. این تکنیک از پرستفاده‌ترین روش‌ها در حل مسئله سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است (Chan, et al., 2000) که کاربرد وسیعی در خطرهای طبیعی و آنالیزهای تناسب به دست آورده است (Banai-Kashami, 1989; Laskar, 2003).

با رشد و توسعه فناوری‌های نوین، روش‌های تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و محیط ارائه و نمایش این نقشه‌ها نیازمند استفاده از ابزار کارتری است. مدل‌های جدید و پیشرفته از یک سو امکانات زیادی برای تحلیل دقیق‌تر جریان سیلاب در اختیار می‌گذارند و از سوی دیگر سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) توانایی زیادی برای تولید نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و نمایش بصری آن‌ها در اختیار کاربران قرار می‌دهند. در صورت برقراری ارتباط (Link) مناسب بین مدل مورد استفاده و سامانه اطلاعات جغرافیایی، امکان اعمال تغییرات موردنظر، اصلاح و به‌روزرسانی این نقشه‌ها به سادگی و با صرف هزینه و زمان اندک میسر خواهد شد. چنین سیستمی توانایی چشمگیری برای مدیریت سیلاب دشت پیش از وقوع سیل و حتی مدیریت بحران و امداد و نجات در حین وقوع سیل و بازسازی پس از سیلاب در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار می‌دهد.

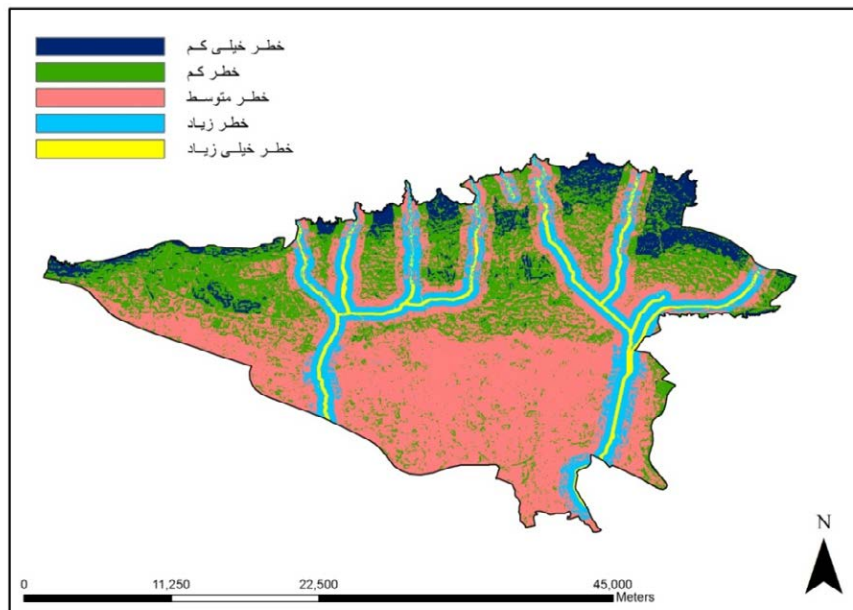
روش معمول در تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل پس از

زیاد، مناطق با خطر زیاد، مناطق با خطر متوسط، مناطق با خطر کم و مناطق با خطر خیلی کم قرار گرفت (شکل ۶). محدوده هر طبقه با توجه به نظرهای کارشناسی، بر پایه چگونگی توزیع اعداد و در یک هیستوگرام فرکانسی، تعیین شد.

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، محاسبه و ترسیم گستره پخش سیلاب طی مسیر جریان با استفاده از نتایج مدل است. بنابراین، در نهایت با اعمال وزن‌های لایه‌ها و معیارهای آن‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی خطر سیل شهر تهران به دست آمد (شکل ۵). این نقشه سپس در پنج طبقه به شرح: مناطق با خطر خیلی

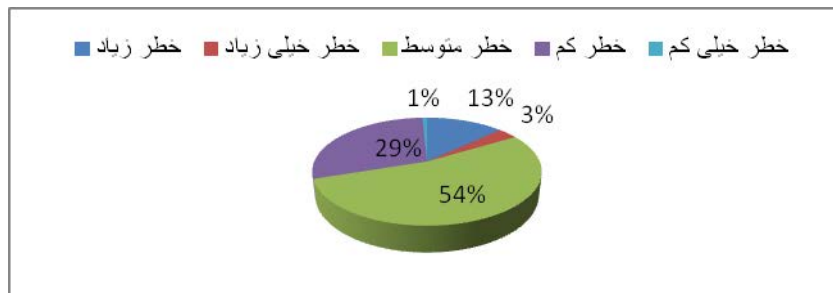


شکل ۵. نقشه مقدماتی پهنه‌بندی خطر سیل تهران



شکل ۶. نقشه نهایی طبقه‌بندی شده پهنه‌بندی خطر سیل تهران

کند. نقشه نهایی نشان می‌دهد که مناطق حریم آبراهه‌ها و نواحی تقریباً مرکزی تا جنوب شهر دارای بالاترین میزان خطرند. درصد ناحیه تحت پوشش هر درجه از خطر در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷. میزان نواحی تحت پوشش هر درجه از خطر

یادداشت

- 1- Multi Criteria Decision Analysis
- 2- Geographic Information System
- 3- Analytic Hierarchy process
- 4- Fuzzy Analytic Hierarchy Process
- 5- Buckley
- 6- Defuzzification

ثابت شده است که روش‌های آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS رویکردی قوی برای تولید نقشه‌های خطر با درجه مطلوبی از دقت‌اند. قضاوت در خصوص مقبولیت مدل می‌تواند با استفاده از اطلاعات خارجی از داده‌های واقعی زمینی فراهم شود. در این مطالعه، داده‌های مقامات محلی با توجه به مناطق تحت تأثیر قرار گرفته از سیل، یک تطابق بالا با نقشه به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد.

منابع

- عطایی، م. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- کوره‌پزان دزفولی، ا. ۱۳۸۴. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدل‌سازی مسائل آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر.
- Al-ghamdi, K.A., et al. 2012. GIS evaluation of urban growth and flood hazards: a case study of Makkah city, Saudi Arabia, Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage, Rome, Italy, PP: 6-10.
- Asheghpoor, S.E., B., Ajdari. 2011. A Case Study on Seasonal Floods in Iran, Watershed of Ghotour Chai Basin, Procedia Social and Behavioral Sciences 19 (2011) 556–566.
- Banai-Kashami, A.R., 1989. New method for site suitability analysis — the analytic hierarchy process. Environmental Management No.13, PP: 685–693.
- Büchle, 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.
- Chan, F., M., Chan, N., Tang. 2000. Evaluation methodologies for technology selection. Journal of Materials Processing Technology No.107, PP: 330–337.

- Chen, S.J., C.L. Hwang, 1992. Fuzzy multiple attribute decision making: method and application. Springer Verlag.
- Chen, J., et al. 2009. A GIS-based model for urban flood inundation, *Journal of Hydrology* No.373, PP: 184–192.
- Cheng, C.H. 1997. Evaluating naval tactical systems by fuzzy AHP based on the grade value of membership function. *European Journal of Operational Research* No.96, PP: 343–350.
- Dai, F.C., C.F., Lee, X.H., Zhang. 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering Geology* No.61, PP: 257–271.
- 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.
- Gamper, C., M., Thöni, H., Weck-Hannemann. 2006. A conceptual approach to the use of cost benefit and multi criteria analysis in natural hazard management. *Natural Hazards and Earth System Sciences* N0.6, PP: 293–302.
- Kolat, C., et al. 2006. Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on multi criteria decision analysis. *Engineering Geology* No.87, PP: 241–255.
- Laskar, A. 2003. Integrating GIS and multicriteria decision making techniques for land resource planning. *International Institute for Geo-information Science and Earth Observation*, Master degree thesis.
- 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.
- Maantay, J., A., Maroko. 2009. Mapping urban risk: Flood hazards, race, & environmental justice in New York, *Applied Geography* No.29, PP: 111–124.
- Rashed, T., J., Weeks. 2003. Assessing social vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographic Information Science* No.17 (6), PP: 549–576.
- Wang, X., E.E., Kerre. 2001. Reasonable properties for the ordering of fuzzy quantities (II), *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118, PP: 375-385.