علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یازده، بهمن ماه ۹۸

پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره

(مطالعه موردی: شهرک امام علی، شهر مشهد)

محمد رستمی خلج [۱] *

m.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

دانا حسامی [۲]

حسین سلمانی [۳]

تیمور تیموریان [٤]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۶ **تاریخ پذیرش:۹۶/۵/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: سالانه در نقاط مختلف جهان، جان و مال بسیاری از مردم در اثر وقوع سیل به مخاطره می‌افتد. تغییرات کاربری اراضی، افزایش شهرنشینی، ساخت و سازهای غیر اصولی، سیستم فاضلاب قدیمی و توسعه اراضی غیر قابل نفوذ در مناطق شهری اثرات مهمی دروقوع این خطر دارند، لذا به منظور مدیریت مناطق شهری، انجام اقدامات امدادی و اولویت‌بندی مناطق جهت رفع مشکل سیلاب، باید مناطقی که بی‌ش‌تر دچار مشکل می‌شوند مشخص شوند.

روش بررسی: چندین معیار روی سیلاب شهری موثرند و در ایجاد سیلاب شهری نقش دارند که در تحلیل آسیب‌پذیری مناطق شهری دربرابر سیلاب باید در نظر گرفته شوند. یکی از روش‌هایی که با دقت کافی و با استفاده از اطلاعات موجود می‌توان پتانسیل مناطق تحت خطر را مشخص کرد استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره (MCDA) است که در این مطالعه برای تعیین پتانسیل خطر سیلاب در شهرک امام علی (ع) شهر مشهد استفاده شد. برای این منظور از شش لایه اطلاعاتی شامل لایه فاصله از کانال، شیب، کاربری اراضی، تراکم زهکشی، شیب‌کانال اصلی و ارتفاع استفاده گردید. پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای لایه‌های ذکر شده، وزن لایه‌ها با استفاده از دانش متخصصان و کارشناسان منطقه تعیین گردید و در نهایت نقشه مناطق مستعد خطر سیلاب تهیه گردید.

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران*(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران

۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه گرگان، دانشکده منابع طبیعی، گرگان، ایران

۴- دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه تهران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، کرج، ایران

یافته ها: نقشه پتانسیل خطر بدست آمده نشان داد که ۸/۲ درصد از منطقه که در نزدیکی خروجی حوضه و در اطراف کانال اصلی قرار دارند، دارای پتانسیل خطر بیش‌تری هستند.

نتیجه گیری: نتایج و بررسی‌های میدانی نشان داد روش تصمیم‌گیری چند متغیره روشی دقیق و مناسب برای پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری می‌باشد و با استفاده از این روش می‌توان مناطقی که دارای خطر آبگرفتگی بیش‌تری هستند مشخص کرد.

واژه های کلیدی: شهرک امام علی (ع) شهر مشهد، تصمیم‌گیری چند متغیره، سیلاب شهری، نقشه پتانسیل خطر.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.11, January, 2020

Urban Flood Hazard Zoning Using Multicriteria Decision Analysis (Emam Ali town, Mashhad city)

Mohammad Rostami Khalaj[1*]
m.rostamikhalaj@areeo.ac.ir
Dana Hesami [2]
Hossein salmani [3]
Teymor Tymoriyan[4]

Admission Date:August 2, 2017 Date Received: October 27, 2016

Abstract

Background and Objective: Inundation in urban areas due to dens storm has created many problems for all cities thorough the world. Urban flood hazard zoning may provide useful information for dealing with contingency and alleviating risk and loss of life and property.Therefore, in order to manage urban areas, take relief measures and prioritize areas to solve the problem of floods, the areas that are most affected should be identified.

Method: Vulnerability of urban areas often includes multicriteria that are associated with flooding. One of the methods that are sufficiently accurate and available which can identify flood hazard zoning, is using multicriteria decision analysis (MCDA) that in this study was used to determine the potential of flood risk in urban area. Six variables include: distance to the main channel, slopes, land use, drainage density, slope of the main channel and elevation was used. After determining paired comparison matrix, layers weight was determined by using the knowledge of experts and experts in the region and finally the map of urban flood hazard were identified.

Findings: Hazard Potential Map showed that 8.2% of the areas near to the outlet and located around the main channel are at highest hazard potential.

Discussion and Conclusion: The results and field investigation showed multicriteria decision analysis is accurate and appropriate method for urban flood hazard zoning and using this method can identify areas with a greater flooding risk.

Keywords: Imam Ali town Mashhad city, Multicriteria decision Analysis, urban flood, Hazard Potential Map

1- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, AREEO, Mashhad, Iran *(Corresponding Authours).
2- M.Sc. Student, University of Tehran.
3- PhD Student, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, I.R. Iran.
4- PhD Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

مقدمه

در کشور ایران نسبت شهرنشینی از ۳۱/۴ درصد در سال ۱۳۳۵ به ۶۸/۴ درصد در سال ۱۳۸۵ و افزایش تعداد شهرهای کشور از ۱۹۹ شهر درسال ۱۳۳۵ به ۱۰۱۲ شهر در سال ۸۵ رسیده است. به عبارت دیگر تعداد شهرهای کشور طی ۵ دهه اخیر، بیش از ۵ برابر شده است. جمعیت شهری کشور نیز با متوسط نرخ رشدی معادل ۳/۴ درصد، طی ۶۰ سال اخیر افزایش پیدا کرده است (۱). با توجه به رشد سریع شهرسازی و شهرنشینی در ایران، مشکلاتی از جمله آب‌گرفتگی معابر سطح شهر، انتشار آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات ناشی از گسترش سیلاب به‌واسطه عدم وجود سیستم زهکشی مناسب و نابسامانی کانال-ها و مسیل‌ها از معضلات اساسی بسیاری از حوضه‌های شهری ایران به شمار می‌آیند و به نظر می‌رسد در سال‌های آینده افزایش ریسک سیلاب در حوضه‌های شهری را نسبت به حوضه‌های روستایی شاهد خواهیم بود.

طراحی سامانه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در شهر ارتباط نزدیکی با طرح‌ریزی شهری دارد و عملاً بخشی از آن تلقی می-شود. طبعاً هر نوع سهل‌انگاری در این زمینه مستقیماً در طرح شهرسازی اثرگذار است و می‌تواند برای جوامع و کانون‌های شهری مشکل آفرین باشد. موضوع آب‌های سطحی اگر چه همواره یکی از اقلام مطالعاتی مرتبط با طرح‌های شهرسازی به شمار می‌رود، غالباً برخورد با آن سطحی است. مناسب‌ترین زمان برای طراحی سامانه دفع رواناب‌های شهری هنگامی است که مطالعات شهرسازی در جریان است و انعطاف‌پذیری در طرح‌ریزی شهری امکان دارد به عبارت دیگر، تصمیم گیری‌های اساسی نظیر منطقه‌بندی با توجه به کاربری‌های مختلف، تراکم ساختمانی، فضای باز، مناطق نفوذناپذیر و غیره همگی اثرات مستقیم و تعیین کننده‌ای در طرح سامانه جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی دارند و توجه به آن‌ها می‌تواند باعث ارتقای کیفی طراحی و کاهش چشمگیر هزینه‌های دوران بهره‌برداری از سامانه شود (۲).

مدیریت پایدار حوزه آبخیز نیازمند همکاری گروهی از متخصصان علوم اجتماعی، علوم طبیعی، مدیران منابع آب، طراحان و سیاست‌مداران است. اختلاف اساسی بین سیاست-های کاری بخش‌های مختلف علمی منجر به خروجی‌های نامطمئن در بین آن‌ها خواهد شد. در این راستا استفاده از تکنولوژی، شاخص‌های سناریوی مکانی و تحلیل‌های چند معیاره به طور گسترده‌ای در مدیریت پایدار حوضه مؤثر واقع می‌شود (۳).

خطر جاری شدن سیل به عنوان تابعی از احتمال وقوع سیل و تأثیر آن تعریف شده است. این خطر در مناطق شهری بسیار بیش‌تر است زیرا مرکز تمرکز جمعیت است و زیرساخت‌های حیاتی در این مناطق وجود دارد (۴). شهرنشینی با دخالت غیر مستقیم در داخل حوزه‌های آبخیز موجب بر هم زدن تعادل دامنه‌ها، از بین بردن پوشش گیاهی، فشردگی خاک و تغییر در نیم‌رخ آبراهه‌هاشده و شدت سیلاب‌های ناگهانی را افزایش داده و حجم رسوب تولیدی را بالا می‌برد. در مناطق کوه‌پایه‌ای که محل گسترش بافت فیزیکی شهر است، الگوی زهکشی طبیعی تغییر کرده و خطر سیلاب‌های شهری بیش‌تر می‌شود (۵). نقشه‌های پتانسیل خطر سیلاب در مناطق شهری ابزار مفیدی جهت توسعه شهری و شناسایی مناطق پرخطر هستند (۶).

ترکیب عوامل مختلف مؤثر بر سیل و تعیین اولویت اهمیت آن-ها نیاز به بررسی دقیق عوامل دارد که گاهی ممکن است این عوامل در تعارض با یکدیگر باشند. در این صورت نیاز به یک روش قدرتمند است که تک تک عوامل را با توجه به اهمیت و نقش آن‌ها در نظر بگیرد و با بررسی روابط بین این عوامل ما را در بدست آورد نتایج دقیق یاری کند. روش تصمیم گیری چند متغیره (MCDA)[1] روش و تکنیکی برای تجزیه و تحلیل مسایل پیچیده که اغلب شامل داده‌های گنگ و سنجش ناپذیر یا بحرانی هستند، فراهم می‌کند. آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی است که به تصمیم-گیرندگان در حل مسایل پیچیده و دارای ساختار ضعیف یا ناقص کمک می‌کند و از دانش تصمیم‌گیرندگان و معیارهای مؤثر در حل مسایل استفاده می‌کند (۷ و ۸). ثابت شده که استفاده از MCDA در تجزیه و تحلیل مخاطرات‌طبیعی (۹ و

1- Multi-Criteria Decision Analysis

۱۰) و مطالعات محیطی (۱۱ و ۱۲) موفقیت آمیز است. زنگ و همکاران (۱۳) از یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری مبتنی بر سامانه اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی ریسک بلند مدت و کوتاه مدت خسارت ناشی از باد در مناطق جنگلی استفاده کردند. این تحقیق باترکیب یک مدل رشد جنگل و یک مدل تعیین خسارت ناشی از باد در محیط (GIS)[1] انجام شد.

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره (MADA) است که اولین بار توسط توماس ال ساتی ریاضی‌دان مشهور آمریکایی (۱۹۷۰) مطرح شد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP یکی از جامع‌ترین سامانه‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسأله را دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد (۱۴). هو (۱۵) کاربردهای روش تحلیل سلسله مراتبی و به‌خصوص ترکیب این روش با روش‌های دیگر نظیر برنامه-ریزی ریاضی شامل برنامه‌ریزی خطی (AHP-LP)، AHP-ILP، AHP-GP، AHP-MILP، هوش مصنوعی نظیر روش‌هایی چون شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، روش QFO، SWOT و DEA را در موضوعات مختلفی چون تجارت، حمل و نقل، محیط زیست، نظامی، بازاریابی، کشاورزی و صنعتی که توسط محققین مختلف از سال ۱۹۹۷ به انجام رسیده بود، مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که از این روش‌های ترکیبی، روش‌های AHP-GP، AHP-QFD پر کاربردترین آن‌ها هستند. هدف از این تحقیق تهیه نقشه پتانسیل خطر سیلاب در شهرک امام علی (ع) شهر مشهد با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند متغیره می‌باشد. همچنین مناطقی که در زمان وقوع سیلاب خسارت بیش‌تری متحمل می‌شوند و برای اقدامات پیشگیرانه در اولویت اول قرا دارند مشخص می‌شوند.

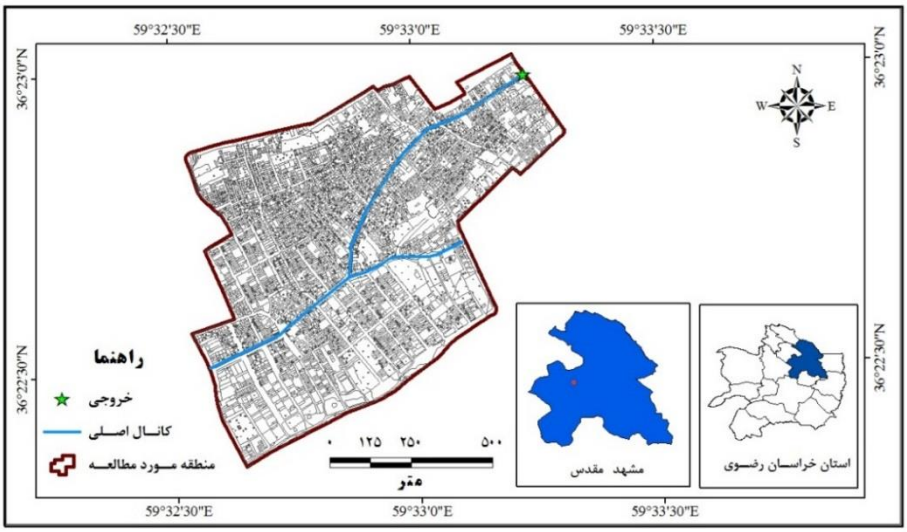
روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد در نیمه جنوب غرب دشت کشف رود، به علت گسترش بر سطح دشت و مخروط افکنه‌های آبرفتی تحت تأثیر شرایط توپوگرافی، شیب تند و زهکشی ضعیف همیشه در اثنای بارش‌های شدید با سیلاب‌های ناگهانی یا آب‌گرفتگی مواجه بوده است. کلان شهر مشهد دارای ۱۳ منطقه شهری بوده که جمعاً حدود ۲۰۴ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

تراکم جمعیتی شهر در حدود ۹ نفر در هر کیلومتر مربع می-باشد (۱۶). ارتفاع شهر مشهد از سطح دریا ۹۸۵ متر، میزان نزولات جوی در سطح دشت مشهد به طور متوسط ۲۵۰ میلی-متر است. حداکثر درجه‌حرارت در تابستان ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کم‌ترین آن در زمستان ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌باشد. شهرک امام علی (ع) درمنطقه دو ناحیه شش شهرداری مشهد، با وسعت ۸۲/۳ هکتار بین مختصات جغرافیایی ″۲۰ ′۲۲ °۳۶ تا ″۴ ′۲۳ °۳۶ درجه عرض شمالی و ″۳۸ ′۲۶ °۴۸ تا ″۲ ′۲۷ °۴۸ درجه طول شرقی و در شمال شرق شهر مشهد واقع شده است (شکل ۱).

1- Geographical Information System
2- Analytic Hierarchy Process



شکل۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. The geographical location of the study area (Quality Control Company)

روند اجرایی تهیه نقشه پتانسیل خطر سیلاب به طور خلاصه در شکل ۲ ارایه شده است. در این مطالعه از شش لایه یا نقشه که عبارتند از نقشه فاصله از کانال اصلی، طبقات ارتفاعی، نقشه تراکم زهکشی، نقشه کاربری اراضی، نقشه شیب منطقه و شیب کانال اصلی استفاده شد. برای تهیه نقشه‌های طبقات ارتفاعی، نقشه تراکم زهکشی، نقشه کاربری اراضی و شیب از نقشه کاربری اراضی منطقه که توسط سازمان نقشه‌برداری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ در سال ۱۳۸۵ تهیه شده، که در آن نقاط ارتفاعی و شبکه زهکشی شهری ارایه شده است، استفاده گردید. برای تهیه شیب کانال اصلی از اطلاعات شهرداری منطقه استفاده شد. برای تهیه نقشه فاصله از کانال اصلی، بعد از مشخص کردن کانال اصلی از ابزار multibuffer در سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. برای تهیه نقشه تراکم زهکشی ابتدا منطقه به ۲۵ پیکسل تقسیم شد. سپس برای هر پیکسل با توجه به مساحت هر پیکسل و طول کانال‌ها تراکم زهکشی مشخص شد (رابطه ۱). بعد از این مرحله تراکم زهکشی محاسبه شده در مرکز پیکسل قرار داده شد و با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ تراکم زهکشی برای کل منطقه محاسبه گردید (۱۷).

$$Dd = \frac{\sum Li}{A} \qquad (۱)$$

که Dd تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)، Li طول آبراهه مو جود در هر پیکسل (کیلومتر) و A مساحت هر پیکسل (کیلومتر مربع) می‌باشد (۱۸).

روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1]

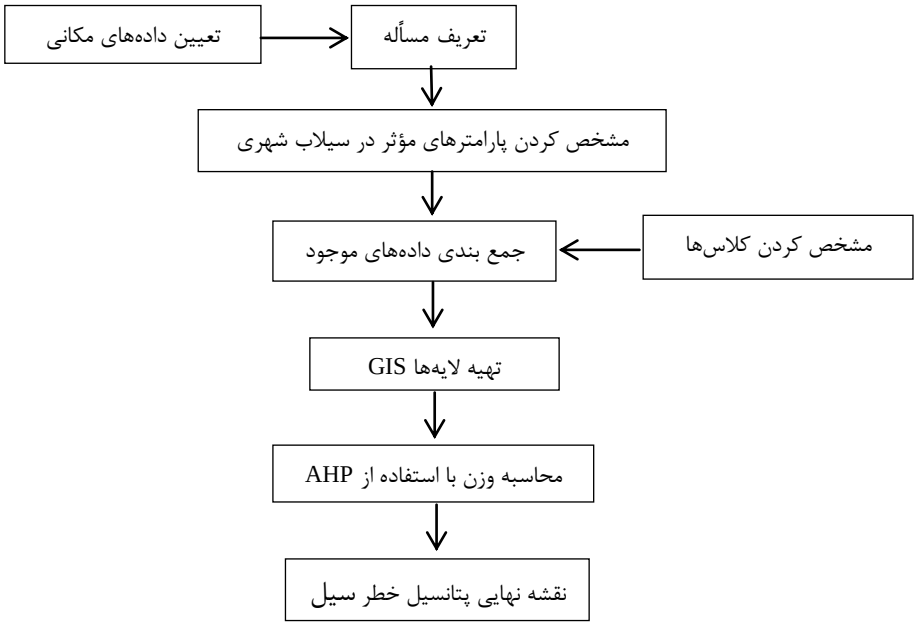
روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش چند منظوره یا رویکرد تصمیم‌گیری چند متغیره است (۱۹) که بر پایه مقایسه زوجی عوامل مؤثر دروقوع خطر استوار بوده (۲۰) و ابتدا با وزن‌دهی به تک‌تک عوامل مؤثر در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی و سپس امتیازدهی به هر کدام از کلاس‌های مربوط به هر یک از عوامل، ضرایبی به دست می‌آورد. در این روش با استفاده از قضاوت کارشناسی که مبتنی بر نظر کارشناسی پژوهش‌گران و متخصصین در این زمینه اقدام به رتبه‌بندی عوامل بر اساس جدول وزندهی ۱ انجام می‌شود، سپس این رتبه‌ها به مقادیرکمی بین ۱تا ۹ تبدیل می‌گردید (۲۱).

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)

جدول ۱- مقیاس مقایسه دو به دو در مدل سلسله مراتبی (۲۲)

Table1. Scale comparison of groups in hierarchical model (24)

قضاوت شفاهی	مقدار عددی
کاملا مرجع یا مطلوب‌ترین	۹
ترجیح یا مطلوب خیلی قوی	۷
ترجیح یا مطلوب قوی	۵
کمی مرجح یا کمی مطلوب تر	۳
ترجیح با مطلوبیت کم‌تر یا کمی مهم‌تر	۱
ترجیحات بین فواصل	۲،۴،۶،۸



شکل۲- نمودار جریانی روش تهیه نقشه پتانسیل خطر سیلاب شهری

Figure 2. Flow Chart urban flood hazard mapping method

سپس نتایج این مقایسه‌ها بین عوامل موثر در سیلاب شهری به صورت یک ماتریس به نرم‌افزار Expert Choice وارد می‌شود و در آنجا وزن هر عامل محاسبه می‌گردد. در این مطالعه برای تعیین وزن کلاس‌ها نیز همانند روش استفاده شده در تعیین وزن هر لایه یا عامل استفاده شد و برای هر کلاس وزن مشخصی تعیین شد در مرحله بعد وزن هر عامل که از ماتریس وزن‌دهی به دست آمده در وزن کلاس‌های آن عامل ضرب و وزن نهایی هر عامل تعیین گردید (۲۳) سپس نقشه نهایی پتانسیل خطر سیلاب در محیط GIS تهیه شد. نرم‌افزار Expert Choice همچنین ضریب ناسازگاری مقایسه وزن‌های اختصاص داده شده را محاسبه می‌کند که اگر کم‌تر از ۰/۱ باشد قابل قبول و در غیر این صورت دوباره مقایسه‌ها انجام می‌شود (۲۴).

نقشه فاصله از کانال اصلی

در هنگام وقوع سیل مناطق نزدیک کانال اصلی خسارت بیش‌تری متحمل می‌شوند. این نقشه به کلاس‌های فاصله کم‌تر از ۴۰ متر، ۴۰-۸۰، ۸۰-۱۲۰ و بیش‌تر از ۱۲۰ تقسیم شد.

نقشه شیب

شیب عامل مهمی برای شناسایی نواحی که حساسیت بالایی به جاری شدن سیل دارند می‌باشد و در منطقی که کم شیب هستند احتمال تمرکز رواناب و آب‌گرفتگی بالا است. همچنین شیب حوضه، عامل مهمی در تعیین سرعت آب است. اغلب در منطقه شهری شیب کم است که در این مطالعه نقشه شیب به کلاس‌های شیب کم‌تر از یک درصد، یک تا سه، و بیش‌تر سه درصد تقسیم شد.

نقشه طبقات ارتفاعی

این نقشه با استفاده از نقشه نقاط ارتفاعی نقشه کاربری با مقیاس ۱:۲۰۰۰ تهیه شده است و عامل مهمی در تعیین جهت جریان آب و عمق سفره آب زیرزمینی است(۲۱). منطقه مورد مطالعه در دامنه ارتفاعی بین ۱۰۰۵ تا ۱۰۱۴/۶۴ متر است.

نقشه کاربری اراضی

کاربری منطقه مورد مطالعه به کاربری مسکونی کم تراکم، مسکونی پر تراکم، سبز (پارک‌ها، باغات و کشاورزی)، صنعتی و تجاری تقسیم‌بندی شد. مناطق سبز به دلیل این‌که دارای نفوذپذیری بالا هستند و معمولاً تمرکز جمعیت در این مناطق کم‌تر است احتمال خطر کم‌تر است ولی در مناطق تجاری و صنعتی به دلیل تمرکز جمعیت و از لحاظ اقتصادی دارای پتانسیل خطر بیش‌تری هستند. این تقسیم بندی از لحاظ تولید رواناب نبوده است زیرا این مناطق به جز مناطق سبز دارای بافت شهری بوده و اراضی نفوذناپذیر تقریبا یکسان است درنتیجه این تقسیم بندی به لحاظ پتانسیل خطر صورت گرفته است زیرا در مناطق تجاری تراکم جمعیت زیاد بوده و زیرساخت‌های اقتصادی در این مناطق قرار دارد و در اثر وقوع سیلاب خسارت جانی و مالی بیش‌تری متحمل می‌شوند.

نقشه تراکم زهکشی

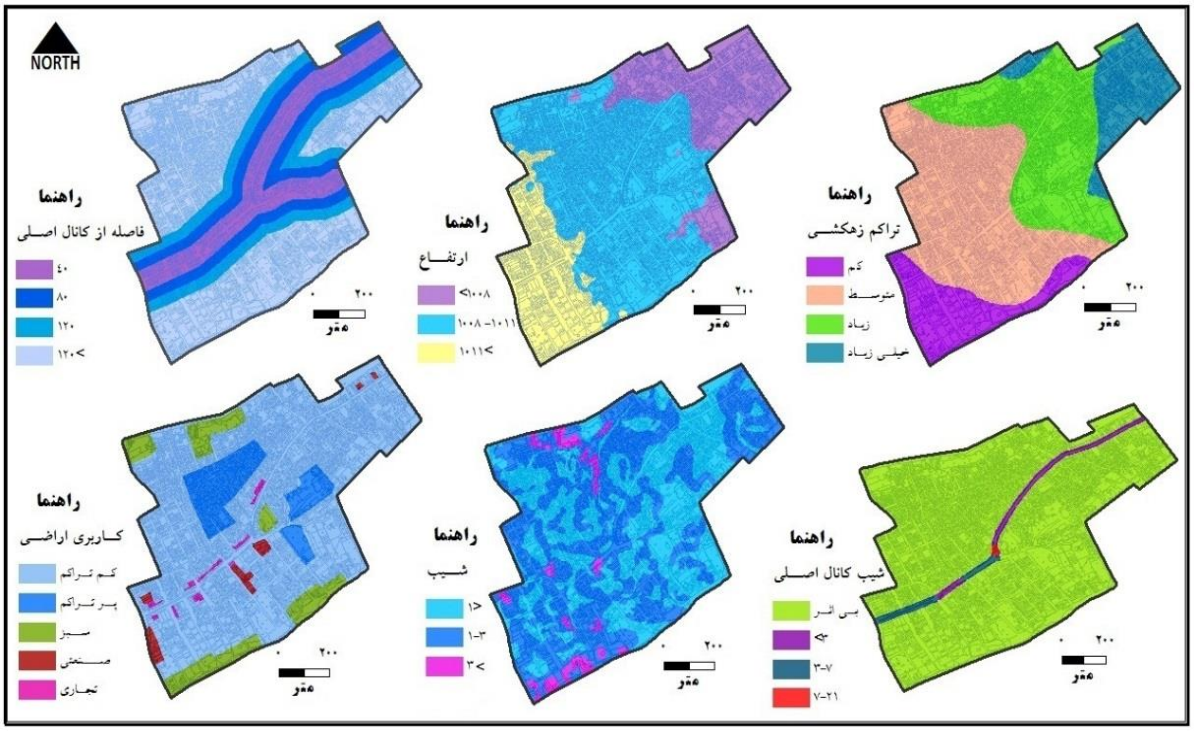
در مناطقی که تراکم زهکشی بیش‌تر است به دلیل فراوانی زیاد کانال‌ها که از مناطق مختلف به یک نقطه وارد می‌شود امکان سرریز شدن جوی‌ها و کانال‌ها در هنگام وقوع سیل بیش‌تر است و ممکن است در اثر یک بارش شدید این مناطق دچار آب‌گرفتگی بیش‌تری نسبت به مناطقی که تراکم زهکشی کم-تری دارند شود. علاوه بر این در مناطقی که تراکم زهکشی بیش‌تر است می‌تواند نشان دهنده‌ی این باشد که دراین مناطق پتانسیل تولید رواناب زیاد است که تعداد زیادی کانال برای تخلیه رواناب احداث شده است. اگرچه هر چه تراکم زهکشی بیش‌تر باشد رواناب سریع‌تر خارج می‌شود ولی در اثر تمرکز رواناب در یک زمان از چند منطقه و کارآمد نبودن کانال‌ها در منطقه مورد مطالعه امکان آبگرفتگی بیش‌تر می‌شود.

شیب کانال اصلی

شیب کانال یا آبراهه اصلی پارامتر مهمی در مناطق شهری است زیرا در قسمت‌هایی که شیب کم‌تر است احتمال تخلیه یک کانال دیگر به‌کندی انجام می‌شود و موجب تمرکز رواناب و سیل‌گرفتکی در این مناطق می‌شود. از طرف دیگر زمانی که شیب کانال زیاد باشد سرعت رواناب افزایش می‌یابدو سیل گرفتگی کم‌تر می‌شود. مناطق اطراف کانال اصلی که در این عامل دخالت نداشتند مناطق بی اثر در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها

برای تهیه نقشه پتانسیل وقوع خطر سیلاب در اثر تغییرات هیدرولوژیکی از شش متغیر نقشه فاصله از کانال اصلی، طبقات ارتفاعی، نقشه تراکم زهکشی، نقشه کاربری اراضی، شیب و شیب کانال اصلی استفاده شد. این متغیرها بر اساس ارتباط آن‌ها با حساسیت منطقه مورد مطالعه به سیل و کیفیت داده‌ها موجود انتخاب شدند (شکل۳).



شکل۳- نقشه متغیرها و کلاس‌های آن‌ها در منطقه مورد مطالعه

Figure 3. Maps of variables and their classes in the study area

محاسبه وزن‌ها

تجزیه و تحلیل مقادیر وزن لایه‌ها و وزن کلاس‌های هر لایه با توجه به اهمیت آن‌ها در وقوع سیل منطقه مورد مطالعه بر اساس قضاوت کارشناسی متخصصان و ساکنین منطقه محاسبه شده است (جدول۲). ضریب ناسازگاری کل برای لایه‌ها ۰/۰۲ بدست آمد که در محدوده قابل قبول قرار دارد.

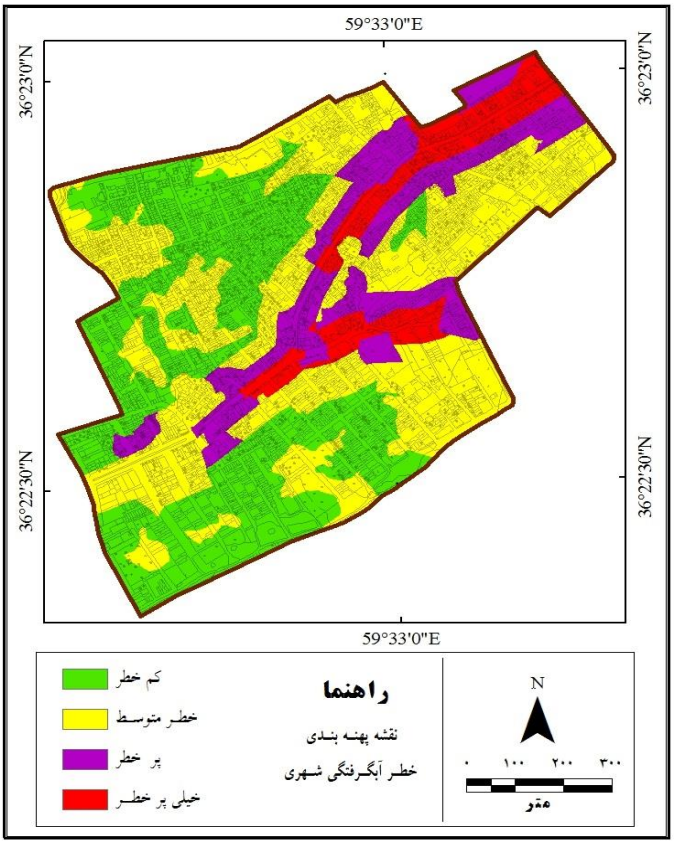
جدول۲- تعیین وزن لایه‌ها کلاس‌ها در منطقه مورد مطالعه

Table 2. Determine the weight class layer in the study area

لایه‌ها	وزن	کلاس‌ها	وزن کلاس‌ها
فاصله از کانال اصلی	۰/۴۲۲	۴۰> متر	۰/۵۱۷
		۸۰-۴۰ متر	۰/۳۰۹
		۱۲۰-۸۰ متر	۰/۰۹۴
		۸۰> متر	۰/۰۸
		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۱**
شیب	۰/۲۷۸	۱> درصد	۰/۵۱۱
		۳-۱ درصد	۰/۲۹۶
		۶-۳ درصد	۰/۱۲۱
		۶> درصد	۰/۰۷۲
		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۰۹**
شیب کانال اصلی	۰/۱۳۵	۳> درصد	۰/۵۱۱
		۷-۳ درصد	۰/۳۰۲
		۲۱-۷ درصد	۰/۱۴۶
		۲۱> درصد	۰/۰۴۲

		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۲۳**
طبقات ارتفاعی	۰/۰۷۸	۱۰۱۱< متر	۰/۵۵۸
		۱۰۱۱-۱۰۰۸متر	۰/۳۲
		۱۰۰۸> متر	۰/۱۲۲
		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۲**
تراکم زهکشی	۰/۰۵۱	خیلی زیاد	۰/۵۳۶
		زیاد	۰/۲۷۶
		متوسط	۰/۱۲۴
		کم	۰/۰۶۴
		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۰۸**
کاربری اراضی	۰/۰۳۶	تجاری	۰/۴۶۴
		صنعتی	۰/۲۵۶
		پرتراکم	۰/۱۲۴
		کم تراکم	۰/۰۸۷
		سبز	۰/۰۵۲
		ضریب ناسازگاری	**۰/۰۰۹۳**

سپس وزن نهایی بدست آمد برای هر لایه در کلیه واحدهای نقشه اعمال شد و نقشه پتانسیل خطر سیل به دست آمد (شکل ۴). نقشه پتانسیل خطر سیل به چهار طبقه کم خطر، خطر متوسط، پرخطر و خیلی پر خطر تقسیم شد.



شکل۴- نقشه پهنه‌بندی خطر سیل در منطقه مورد مطالعه

Figure 4. Flood hazard zonation map of the study area

بحث و نتیجه‌گیری

اکثر سیاست‌ها در کشور ایران برای برخورد با مشکل واکنشی است یعنی این‌که ابتدا مشکل اتفاق می‌افتد و سپس نسبت به آن واکنش نشان داده می‌شود که این نحوه برخورد نادرست بوده و زیان‌های غیر قابل جبران به همراه دارد. یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت، تصمیم‌گیری است، مهم‌ترین عنصر تصمیم‌گیری، اطلاعات مناسب است. اطلاعاتی که بتوان آینده را بهتر ترسیم نماید منجر به تصمیم‌گیری بهتری خواهد شد. نقشه پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیلاب یکی از ابزارهای مدیریت شهری است. روش ساده‌ای که در این مطالعه استفاده شده است مناطقی را که در زمان سیلاب بیش‌تر دچار آب‌گرفتگی می‌شوند مشخص می‌کند. چنین روشی توانایی قابل ملاحظه‌ای جهت مدیریت سیلاب 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. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از میان انواع مختلف تکنیک‌های MCDA برای به دست آوردن نقشه پتانسیل خطر سیلاب شهری در این مطالعه موردی انتخاب شد. این روش به طور گسترده برای حل مسایل چند معیاره (۶) استفاده می‌شود و کاربرد گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل مخاطرات طبیعی (۱۱، ۲۱ و ۲۵) دارد.

نقشه پتانسیل خطر سیلاب منطقه به وضوح نشان داد ۸/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه که در نزدیکی خروجی و در نزدیکی کانال اصلی قرار دارد بیش‌تر در معرض خطر هستند. که علت آن تمرکز رواناب در این منطقه، شیب کم کانال اصلی، تراکم زهکشی بالا و تمرکز مناطق تجاری است. ۱۴/۲ درصد از منطقه در محدوده پرخطر، ۴۲/۵ درصد با خطر متوسط و ۳۵/۱ درصد در محدوده کم خطر قرار دارد.

مهم‌ترین لایه بر اساس وزن‌های بدست آمده لایه فاصله از کانال اصلی می‌باشد که با بررسی‌ها انجام شده و با پرسش از ساکنین منطقه مشخص شد مناطقی که در فاصله کم‌تر از ۴۰ متر از کانال اصلی قرار دارند در هنگام وقوع سیلاب و آب‌گرفتگی بیش‌ترین صدمه را متحمل می‌شوند. لایه کاربری با توجه به وزن‌های اخذ شده از نظر کارشناسان در اولویت آخر قرار گرفت که علت آن اولاً مناطق نفوذناپذیر تقریبا درتمامی کاربری‌ها تقریبا یکسان است و از آنجایی مناطق نفوذناپذیر عامل مهمی در تولید رواناب است می‌توان نتیجه گرفت که این کاربری‌ها در تولید رواناب تقریبا یکسان هستند و تفاوت زیادی بین آن‌ها در تولید رواناب نیست و تنها تفاوت آن‌ها در پتانسل خطر است که معمولا در مناطق تجاری تمرکز جمعیت و زیرساخت‌های اقتصادی زیاد است و در اثر وقوع سیلاب خسارت بیش‌تری از لحاظ مالی و جانی به آن‌ها وارد می‌شود و ثانیاً در منطقه مورد مطالعه مساحت مناطق تجاری که بالاترین وزن را در بین کلاس‌های کاربری دارد مساحت کمی را تشکیل می‌دهد.

Reference

1. Farhudi, R.; Zanganeh Shahraki; S., Saed Moucheshi, R., 2009. The Situation of Spatial Distribution of Population in Iranian Urban (1956-2006). *Human Geography Research*, 42(68), pp 68-85.(In Persian)
2. Radmehr, A., 2011. Optimal Management of Urban Surface Runoff Using Multi-Criteria Decision Making Method, MsC thesis, University of Tehran.
3. Macleod, C.J., Scholefield, D. and Haygarth, P.M., 2007. Integration for sustainable catchment management. *Science of the Total Environment*, *373*(2), pp.591-602.
4. Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B. and Nestmann, F., 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *6*(4), pp.485-503.

5. The effects of expansion of Mashhad metropolis on the natural drainage patterns and increase of urban floods, 2007. Journal of Geographical Studies, 39(61), pp. 145-159. (In Persian)
6. Chan, F.T.S., Chan, M.H. and Tang, N.K.H., 2000. Evaluation methodologies for technology selection. *Journal of Materials Processing Technology*, *107*(1), pp.330-337.
7. Asgharpoor, M. J., 2015. Multiple criteria decision making, University of Tehran press. 14th Edition. 400 p. (In Persian)
8. Prakash, T.N., 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: a fuzzy multicriteria decision making approach. *MS Theses international institute for geo-information science and earth observation enschede, the netherland*.
9. Rashed, T. and Weeks, J., 2003. Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical* Information Science, 17(6), pp.547-576.
10. Gamper, C.D., Thöni, M. and Weck-Hannemann, H., 2006. A conceptual approach to the use of Cost Benefit and Multi Criteria Analysis in natural hazard management. Natural Hazards and Earth System Science, 6(2), pp.293-302.
11. Dai, F.C., Lee, C.F. and Zhang, X.H., 2001. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. *Engineering geology*, *61*(4), pp.257-271.
12. Kolat, C., Doyuran, V., Ayday, C. and Süzen, M.L., 2006. Preparation of a geotechnical microzonation model using geographical information systems based on multicriteria decision analysis. *Engineering geology*, *87*(3), pp.241-255.
13. Zeng, H., Talkkari, A., Peltola, H. and Kellomäki, S., 2007. A GIS-based decision support system for risk assessment of wind damage in forest management. *Environmental Modelling & Software*, *22*(9), pp.1240-1249.
14. Ghodsipoor, H., 2013. Analytic Hierarchy Process (AHP). Amirkabir University Press. 1th Edition. 224 p. (In Persian)
15. Ho, W., 2008. Integrated analytic hierarchy process and its applications–A literature review. *European Journal of operational research*, *186*(1), pp.211-228.
16. Mohammadi, J., Zangene, M., Abdoli, A., 2010. Assessing Life Quality Indices from the View points of Mashhad Citizens, Urban Management Studies, 2(3), 22 p. (In Persian)
17. Adiat, K.A.N., Nawawi, M.N.M. and Abdullah, K., 2012. Assessing the accuracy of GIS-based elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool–A case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. *Journal of Hydrology*, *440*, pp.75-89.
18. Mahdavi, M., 2006. Applide hydrology. University of Tehran press. 4th Edition. 248 p. (In Persian)
19. Thomas, S., 1980. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. *Pittsburgh PA: University of Pittsburgh*.
20. Kayastha, P., Dhital, M.R. and De Smedt, F., 2013. Application of the analytical hierarchy process (AHP) for landslide susceptibility mapping: a case study from the Tinau watershed,

west Nepal. *Computers & Geosciences*, *52*, pp.398-408.

21. Fernandez, D.S. and Lutz, M.A., 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, *111*(1), pp.90-98.
22. Behniyafar, A., Ghanbarzadeh, H., Mansouri Daneshvar, M. R., 2009. Landslide Hazard and Slope Instabilities zoning with AHP and Probability Methods in Binaloud Zone (Case Study: Kang River Watershed, North Binaloud Slopes), Geographic Space, 9(27), 15 p. (In Persian)
23. Zare, M., Ahmadi, H., Gholami, S., 2011. Landslide hazard assessment use of multi criteria decision making and geographic information system (GIS) (Case study: Vaz watershed), Natural ecosystem of Iran, 1(2), 12p. (In Persian)
24. Ercanoglu, M. and Gokceoglu, C., 2004. Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey). *Engineering Geology*, *75*(3), pp.229-250.
25. Laskar, A., 2003. Integrating GIS and Multi criteria decision making techniques for Land Resource Planning. *International Institute for Aerospace survey and Earth Sciences, Enschede, NL*.