مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۶، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸/ ص ۳۲-۱۷
DOI: 10.22059/jhsci.2019.280517.465

# پتانسیل‌سنجی خطر سیلاب شهری با رویکرد توسعهٔ شهری ایمن (مطالعهٔ موردی: شهر گنبدکاووس)

رسول حسام (rasoul.hesam@gmail.com)
دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان
اصغر ضرابی*
استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان
مسعود تقوایی (m.taghvaei@geo.ui.ac.ir)
استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان

(تاریخ دریافت۱۳۹۸/۲/۳– تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۳/۲۵)

## چکیده

تغییرات آب‌وهوایی سیلاب را به‌همراه دارد. سیل می‌تواند نتیجهٔ ریزش باران‌های شدید، ذوب سریع برف و یخ یا تخریب سدها باشد. این فرایند هر علتی که داشته باشد، وقتی که وارد مناطق شهری می‌شود موجب خسارات و گاهی کشته شدن افراد می‌شود؛ زیرا شهر در جریان رشد و توسعهٔ خود، به فضاهای هیدرولوژیکی طبیعی تجاوز می‌کند. شهر گنبد در طی سنوات گذشته به‌ویژه در سیل سال‌های ۱۳۷۱، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ با تهدید سیلاب شهری مواجه بوده و نوع سیلاب، تلفیقی از رودخانه‌ای و ناگهانی بوده است. بی‌توجهی به تهدید شهر گنبد در اثر ریسک‌های سیلاب شهری سبب شده است که در این پژوهش، پتانسیل مخاطرات سیلاب شهری و سیل‌خیزی شهر گنبد بررسی شود. براساس ویژگی‌های سیل‌خیزی طبیعی و انسانی گنبدکاووس و با در نظر گرفتن تمامی جوانب دخیل در پتانسیل خطر سیل و ریسک در توسعهٔ شهری به بررسی کاهش مخاطرات سیل برای شهر گنبدکاووس در قالب ۵۴ عامل به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP در یک جامعهٔ متخصص ۳۵ نفری متشکل از مقامات ارشد، مدیران کل و کارشناسان همهٔ سازمان‌های مرتبط پرداخته شد. از میان سه معیار اصلی، معیار مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی با بیشترین وزن (۰/۷۵) مهم‌ترین تأثیر را در موضوع کاهش مخاطرهٔ سیل شهری دارد. همچنین نقشهٔ حاصل از خطرپذیری شهرستان گنبدکاووس که با استفاده از ۹ پارامتر تعیین شد، بیانگر قرارگیری این شهر در پهنهٔ با پتانسیل خطر زیاد است. نتایج حاصل و اتفاقات سیل اخیر حاکی از آسیب‌پذیری شهر گنبد ناشی از ریسک بیرونی سیلاب است. در سال‌های گذشته به ارتقای ایمنی شهر و پایین‌دست توجه نشده است و بر این اساس، باید مطالعات و برنامه‌ریزی جامع توسط دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط در نظر گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** پتانسیل سیل‌خیزی، تحلیل سلسله‌مراتبی، توسعهٔ شهری ایمن، دستگاه‌های اجرایی، سیلاب شهری، گنبدکاووس.

---

* نویسندهٔ مسئول Email: a.zarabi@geo.ui.ac.ir

**مقدمه**

سیلاب، یکی از پیامدهای تغییرات آب‌وهوایی است. سیل عبارت است از یک جریان آب شدید استثنایی که امکان دارد از بستر طبیعی رودخانه‌ها لبریز شود و اراضی اطراف بستر را اشغال کند. سیل ممکن است نتیجهٔ ریزش باران‌های شدید، ذوب سریع برف و یخ یا تخریب سدها باشد. این فرایند هر علتی که داشته باشد، وقتی که وارد مناطق شهری می‌شود موجب خسارات و گاهی کشته شدن افراد می‌شود؛ زیرا شهر در جریان رشد و توسعهٔ خود، به فضاهای هیدرولوژیکی طبیعی (مسیل‌ها و بستر رودخانه‌ها) تجاوز می‌کند. در حال حاضر گسترش شهرنشینی بدون برنامه‌ریزی بوده یا در قالب برنامه‌هایی است که ریسک‌های سیل را نادیده می‌گیرند یا دست‌پایین برآورد می‌کنند. شناسایی ریسک‌های سیل و به‌حساب آوردن آن در فرایندهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی موجب خواهد شد که نیاز به رشد شهرها لزوماً به تشدید ریسک منجر نشود. در نگاه کلان می‌توان گفت در طرح‌های جامع شهری یا طرح‌های هادی روستاها موضوع مدیریت سیل مدنظر نبوده یا به‌صورت محدود و غیرکارشناسی با آن برخورد شده است [۸]. وقتی شهری در مکان سیلابی احداث نشده باشد، سیلی آن را تهدید نمی‌کند؛ بنابراین نیازمند برنامه‌ریزی سیلاب نیست، ولی وقتی شهرها در معرض سیلاب‌ها باشند یا روی دشت‌های سیلابی احداث شده باشند، به برنامه‌ریزی سیلاب نیاز دارند. برنامه‌ریزی برای شهرِ در معرض سیلاب و مقابله با سیل و مهار پیامدهای ناگوار اقتصادی و اجتماعی آن، نخست مستلزم شناخت رژیم سیلابی حوضه‌ها و نیز محدوده‌ای از اراضی شهری مجاور هر رودخانه است که در معرض خطر بالقوهٔ سیل‌گیری قرار دارند [۷].

از نقشهٔ پهنه‌بندی خطر سیلاب می‌توان به‌منزلهٔ ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی توسعهٔ آینده شهر و همچنین شناخت نواحی‌ای که توسعهٔ زیرساخت‌های تخلیه و زهکشی سیلاب ضروری است استفاده کرد. از این‌رو توسعهٔ شهری و رشد اقتصادی بدون برنامه موجب تغییر اکوسیستم‌ها و عدم تعادل شده و بسیاری از مناطق شهری را در معرض سیلاب قرار داده است. مسئلهٔ اصلی این پژوهش آن است که از دههٔ ۱۳۴۰ تا کنون، طرح‌های توسعهٔ شهری بدون لحاظ ریسک سیل تهیه و اجرایی شده است؛ از این‌رو توسعه و گسترش شهر در پهنه‌های خطر سیلاب رخ داده و در نتیجه تاب‌آوری و ایمنی شهر در قبال سیلاب کاهش یافته است. در این مقاله تلاش شده با بررسی عوامل مؤثر در کاهش مخاطرهٔ سیل و شناخت معیارها، نشان داده شود که ارتقای ایمنی شهر و پایین‌دست نیازمند پژوهش و برنامه‌ریزی جامع دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط و تغییر رویکرد در تهیه و تدوین طرح‌های توسعهٔ شهری است. با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی(AHP) که از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره است و توسط

توماس ال‌ساعتی عراقی‌تبار در دههٔ ۱۹۷۰ ابداع شد [۲]، مؤثرترین معیار در کاهش مخاطره سیل شهری را شناسایی و همچنین نقشهٔ پهنه‌بندی خطر سیل را تهیه کرد.

مهم‌ترین مسائلی که در سال‌های اخیر به‌طور مشترک، هم در حوزه‌های مدیریت حوادث و هم در مدیریت شهری مطرح شده، ایجاد شهرهای ایمن و مقاوم در برابر حوادث مختلف است. در این میان، پژوهش‌های بسیاری در زمینهٔ سیل و سیل‌خیزی در جهان انجام گرفته که به نتایج برخی از آنها اشاره می‌شود.

برای مؤثر بودن مدیریت ریسک سیلاب‌ها، مجموعهٔ فعالیت‌ها باید به‌صورت طرحی جامع و کلان دیده شود و فقط اقدامات سازه‌ای کارساز نیست؛ بلکه اقدامات نرم‌افزاری همچون کاهش عوامل مسبب سیل، تاب‌آور کردن جامعه و ... ضروری است [۱۵].

افزایش و گسترش شهرنشینی می‌تواند بر هیدرولوژی و ژئومورفولوژی سیستم‌های رودخانه‌ای در مناطق شهری تأثیر بگذارد. شهرنشینی و گسترش آن بر مقدار رواناب و رسوبگذاری اثر می‌گذارد و نتیجهٔ آن واکنش رودخانه‌ها به این تغییرات است [۱۱]. در تحقیقی اثرهای توسعهٔ شهری در فرایندهای کنترل‌کنندهٔ مورفولوژی رودخانه‌ها و تأثیر آن بر مناطق شهری بررسی شد و نتایج نشان داد که موفقیت کارهای توانبخشی رودها و فرایندهای رودخانه‌ای و سیلاب‌ها در مناطق شهری به حمایت جوامع شهری بستگی دارد [۱۳]. در پژوهشی با هدف دستیابی به راه حل‌های پیشگیرانه برای مقابله با سیلاب‌های تهدیدکنندهٔ شهرها، استفاده از روش‌های چندوجهی براساس مدل‌های توسعهٔ شهری و تغییر راهبرد در توسعهٔ پروژه‌های زیربنایی توصیه شد [۲۴]. برای کاهش خطر وقوع سیلاب شهری ایجاد یک شبکهٔ فاضلاب به‌هم‌پیوسته برای تخلیهٔ رودخانه‌ها در مناطق پست شهری و جاده‌ها و مناطق روستایی پایین‌دست به‌عنوان راه حل مقابله با مخاطرات سیلاب شهری پیشنهاد شد [۲۲]. در تحقیقی دیگر بیان شد که مدیریت بحران دارای ویژگی‌هایی است که می‌تواند به‌عنوان اصول کلی استفاده شوند و برنامه‌ریزی بحران فرایندی پیوسته است [۱۸]. پژوهشگران یادآور شده‌اند که سیلاب‌های شهری، بسیار خطرناک‌اند و بر این اساس، دستیابی به نقشه‌های خطر سیل، راهکاری بسیار مهم برای محافظت از شهر و برنامه‌ریزی پیشگیرانه خواهد بود [۲۰]. تغییرات ناگهانی یا ترکیبی از شرایط محیطی می‌تواند سبب تغییرات در نحوهٔ عملکرد سرمایه‌ای شود. از این‌رو باید از ترکیبات مختلف در برنامه‌ریزی‌های پیش از سیل در مدیریت اضطراری سیل و همچنین نحوهٔ عملکرد پس از سیل استفاده کرد [۲۱].

با رشد سریع شهرسازی و ایجاد و توسعهٔ زیرساخت‌ها، سیلاب در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر شده است [۱۰]. ناپایداری ناشی از سیلاب، متغیر و پیچیده است و تولید سیلاب در یک

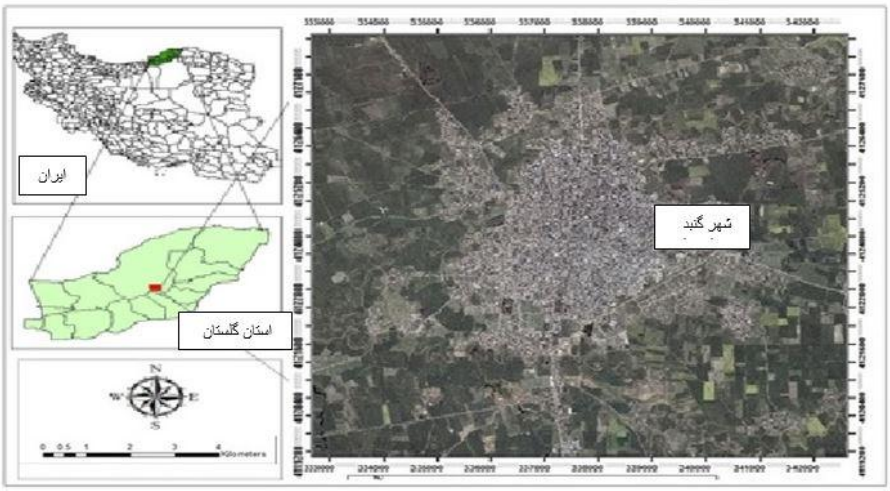
حوضهٔ آبخیز به عوامل متعددی همچون ویژگی‌های حوضهٔ آبخیز، مقدار بار، نفوذ، و شرایط پیشین بستگی دارد [۲۳]. سیلاب در طول تاریخ پرخطرترین و پرهزینه‌ترین خطر در میان مخاطرات طبیعی بوده است [۱۴]. خطر وقوع سیل در طی زمان افزایش یافته است؛ به‌ویژه از زمانی که بسیاری از کشورها مجوز ساخت‌وساز در دشت‌های سیلابی را صادر کرده و حتی از رشد تجاری و مسکونی در این مناطق حمایت کرده‌اند [۱۶].

رشد و توسعهٔ سریع شهرها و تغییر اقلیم در سال‌های اخیر همراه با بروز مخاطرات گوناگون از جمله سیل در این مناطق نشان‌دهندهٔ وجود مشکلات خاص در زمینهٔ رشد و توسعهٔ شهر و شهرنشینی است [۱۲]. تحلیل و کاهش بحران و آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی در جوامع و مکان‌ها نیازمند درک صحیح ماهیت و علل آنهاست؛ چراکه چنین شناختی علاوه‌بر تحلیل درست، به سیاست‌گذاری صحیح کاهش و پیشگیری برای دستیابی به جوامع و مکان‌های پایدار منجر می‌شود [۵]. در حال حاضر مدیریت بحران برای ایجاد امنیت و ایمنی در شهرها، جزء جدایی‌ناپذیر برنامه‌ریزی شهری قلمداد می‌شود و نتایج نشان می‌دهد که تحلیل چالش‌های توسعهٔ شهری در زمینهٔ مخاطرات طبیعی، ضمن رفع کاستی‌ها، کمبودها و اصلاح روش‌ها، خسارات جانی و مالی بعد از وقوع بلایا را تا حد زیادی کاهش می‌دهد و شرایطی به‌نسبت مطلوب در راستای توسعهٔ پایدار شهری در کشور فراهم می‌آورد [۹]. همواره ضرورت دستیابی به راه‌های مقابله با خسارات سیل به‌عنوان موضوعی اجتناب‌ناپذیر خود را نمایان ساخته که این مسئله با بررسی علل تشدیدکنندهٔ خطر سیل و اعمال مدیریت جامع روی حوضه‌ها و رودخانه‌های اصلی و سیلاب دشت‌های مناطق مختلف کشور تا حد زیادی انجام‌پذیر است [۱]. عملکرد هماهنگ و دسته‌جمعی و همکاری افراد مسئول در سرمایه‌گذاری‌های شهری همیشه به‌عنوان یک سازوکار قابل اتکا برای مقابله با سیل و مدیریت آب برای افراد تصمیم‌گیرنده پیشنهاد شده و سبب می‌شود از شکل کاملاً تک‌بعدی به روشی چندوجهی در مقابله با خطرهای سیل شهری تبدیل شود [۱۹]. بررسی کیفی خطرهای ریسک سیلاب در استان‌های غربی از سریلانکا و نقشه‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از مناطق در خطر سیلاب نشان می‌دهد که بررسی گزینه‌های کاهش ریسک سیلاب قبل از هر گونه برنامه‌ریزی و اجرای آن در مناطق شهری ضروری است و نتایج مطالعات برای تصمیم‌گیری، پشتیبانی، افزایش ظرفیت سازگاری، کاهش خطر سیل، تدوین مقررات و تخصیص بودجه کاربرد خواهد داشت [۲۵]. طرح‌های توسعهٔ شهری به‌معنای مدیریت اندیشمندانهٔ شهرها و توسعهٔ متوازن و برنامه‌محور فضاهای کالبدی و عملکردی، در قالب طرح‌هایی اجرا می‌شود که برحسب فرایندهای خاص تعریف، تدوین و تصویب و توسط دستگاه‌های ذی‌ربط اجرایی می‌شود. در بسیاری از کشورها

دسته‌بندی‌هایی برای این طرح‌ها در قالب جامع، هادی، تفضیلی شهری و طرح‌های موضعی و موضوعی شهری انجام می‌پذیرد. تا کنون در شرح خدمات طرح‌های توسعهٔ شهری و طرح‌های جداگانه برای ایمنی شهرها در برابر حوادث، تلاشی جدی صورت نگرفته است [۴]. در پژوهشی، پتانسیل سیل‌خیزی رودخانهٔ آرنو در ایتالیا با استفاده از سنجش از دور و GIS بررسی شده و نتیجه گرفته شد که مناطق شهری توسعه‌یافته‌تر، بیشتر در معرض ریسک قرار دارند [۱۷]. در تحقیق دیگری، تأثیر گسترش شهر بر الگوهای زهکشی طبیعی و سیلاب‌های شهری بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که گسترش شهر سبب افزایش سیل‌خیزی در شهر مشهد شده است [۳]. تحقیقی نیز در این زمینه در شهر ارومیه صورت گرفت [۶].

## منطقهٔ تحقیق و روش پژوهش

شهرستان گنبدکاووس با وسعتی بالغ بر ۵۰۷۱/۳۲ کیلومترمربع، ۲۴/۸ درصد از مساحت استان گلستان را شامل شده و بزرگترین شهرستان این استان محسوب می‌شود. شهر گنبدکاووس با وسعت ۳۰ کیلومتر مربع، مرکز شهرستان گنبدکاووس از شهرستان‌های شرقی استان گلستان واقع در شمال ایران است (شکل۱). این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی در ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقهٔ طول شرقی و بین شاخهٔ اصلی گرگانرود (در شمال) و چهل‌چای (در جنوب) برروی تراس‌های عریض آبرفتی واقع شده است.




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر گنبدکاووس روی نقشه**

این مطالعه به روش بررسی فرضیه‌ها یا پاسخگویی بـه سـؤالات توصـیفی، تجربـی، تحلیـل محتوا، اسنادی و تاریخی صورت گرفت. روش تحقیق، توصیفی و تحلیلـی مبتنـی بـر مطالعـات میدانی و کتابخانه‌ای و آنالیز نقشه‌ای بوده و تحقیق از نوع تحقیقات کاربردی است.

اطلاعات لازم با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و GIS برای پهنه‌بندی خطر سیل فـراهم شد. از لایه‌های ضریب روانـاب، تـراکم مسـکونی و جمعیـت، فاصـله از رودخانـه، ضـریب CN، کاربری اراضی، شیب و پوشش گیاهی و قدمت ابنیه و ترکیب این لایه‌ها به‌روش ترکیب خطـی وزن‌دار، نقشهٔ پهنه‌بندی خطر سیل این شهر به‌دست آمد. توجه بـه تهدیـد شـهر گنبـد در اثـر ریسک‌های سیلاب شهری سبب شده است کـه در ایـن پـژوهش پتانسـیل مخـاطرات سـیلاب شهری و سیل‌خیزی شهر بررسی و براساس ویژگی‌های سیل‌خیزی طبیعی و انسانی و با در نظر گرفتن همهٔ جوانب دخیـل در پتانسـیل خطـر سـیل و ریسـک در توسـعهٔ شـهری بـه بررسـی روش‌های کاهش مخاطرات سیل در این شهرستان پرداخته شود.

ناهمواری‌های شهرستان گنبدکاووس از مناطق کوهستانی و جلگه‌ای تشـکیل شـده اسـت. حد فاصل بین گرگان‌رود و نوار مرزی ترکمنستان که در بخش داشلی‌برون قرار گرفته، منـاطق اسـتپی وسـیعی وجـود دارد. ایـن منـاطق، مهـم‌تـرین مراتـع قشـلاقی‌انـد. در روشـی دیگـر، ناهمواری‌های این شهرستان به سه ناحیهٔ دشتی، کوهپایه‌ای و کوهستانی تقسیم می‌شود.

آب شهرستان گنبدکاووس از منابع سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. کل منـابع آب‌هـای سطحی (رودخانه‌ها و تالاب‌ها) در این شهرستان ۴۰۱/۴ میلیون متر مکعـب اسـت کـه حـدود ۳۳۶ میلیون متر مکعب آن برداشت شده است. عمده‌ترین رودخانه‌های این شهرستان عبارت‌اند از: گرگانرود، چهل‌چای و اترک.

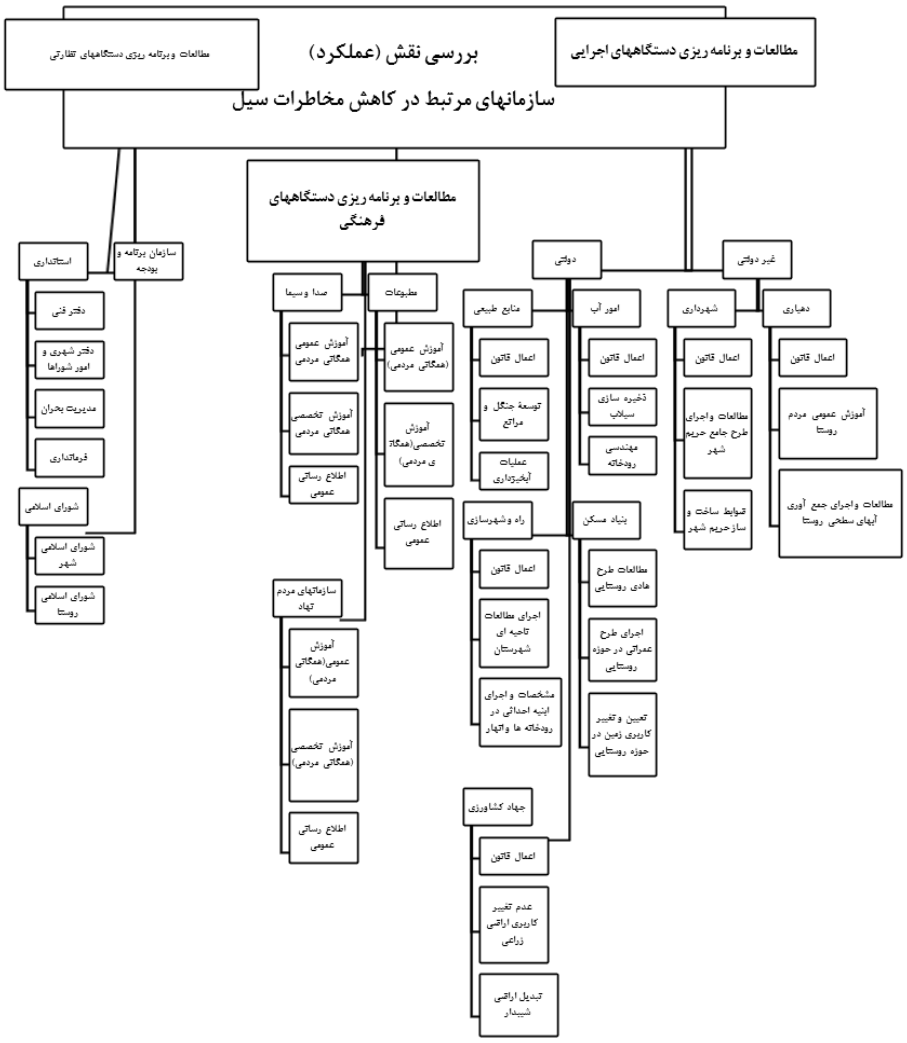
### خاک و پوشش گیاهی

اراضی گنبد از حیث طبقه‌بندی خاک، بیشتر از خاک رس به عمق ۴ و ۵ متر و پس از آن شن و ماسـه هستند. این اراضی جزو زمین‌های حاصلخیز کشاورزی به‌شمار می‌آید. به‌دلیل آب و هـوا و نـاهمواری‌هـا و تنوع جنس خاک، پوشش گیاهی منطقه متنـوع اسـت. منـاطق جنـوب و جنـوب شـرقی پوشـیده از جنگل است. زمین‌های کشاورزی مستعدی برای پنبه‌کاری، گندم‌کاری و کاشت صیفی‌جات و دانه‌هـای روغنی وجود دارد. قسمت شمالی استپ بیابانی و از نظر پوشش گیاهی فقیر است.

## یافته‌های تحقیق

بررسی‌ها نشان می‌دهد که شهر گنبد علاوه بر ریسک‌هـای احتمـالی محـیط داخـل شـهر از عوامـل

ریسک سیلاب برون‌محیطی شهر نیز تأثیرپذیر است. بنابراین با فرض اینکه مخاطرات محیطی شهر ناشی از نبود مطالعات و برنامه‌ریزی جامع محیطی است، در این پژوهش به بررسی تأثیر سازمان‌های مرتبط در کاهش مخاطره سیل پرداخته و برای این منظور از تحلیل سلسله‌مراتبی با پنج سطح بهره گرفته شد. همچنین ۳۵ پرسشنامهٔ مقایسهٔ زوجی توسط خبرگان و کارشناسان سازمان‌ها و نهادهای مختلف تکمیل شد که نمودار سلسله‌مراتبی آن در شکل ۲ نشان داده شده است.




**شکل ۲. بررسی نقش سازمان‌های مرتبط در کاهش مخاطرهٔ سیل**

با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری کلی محاسبه‌شده ۰/۰۸ بوده و کمتر از ۰/۱ است، نتایج قابل اتکاست. بنابراین از میان سه معیار اصلی: ۱. مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی؛ ۲. مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های نظارتی؛ ۳. مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های فرهنگی، معیار مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی با بیشترین وزن (۰/۷۵۰) مهم‌ترین تأثیر را در موضوع کاهش مخاطره سیل دارد که این معیار اصلی خود از دو زیرمعیارِ سازمان‌های دولتی و غیردولتی تشکیل می‌شود که با نرخ ناسازگاری ۰/۰ سازمان‌های دولتی دارای بیشترین وزن (۰/۸۵۲) است.

## تحلیل داده‌ها و بحث

با انتخاب ۹ پارامتر از معیارهای سیل‌خیزی در قالب پوشش گیاهی، کاربری زمین، ارتفاع، شیب، نوع خاک، تراکم زهکشی، پهنهٔ سیل‌گیر رودخانه‌ها، بارندگی، فاصله از رودخانه، به تولید لایه‌های مختلف برای محاسبهٔ پتانسیل سیل‌خیزی پرداخته شد (شکل ۳).

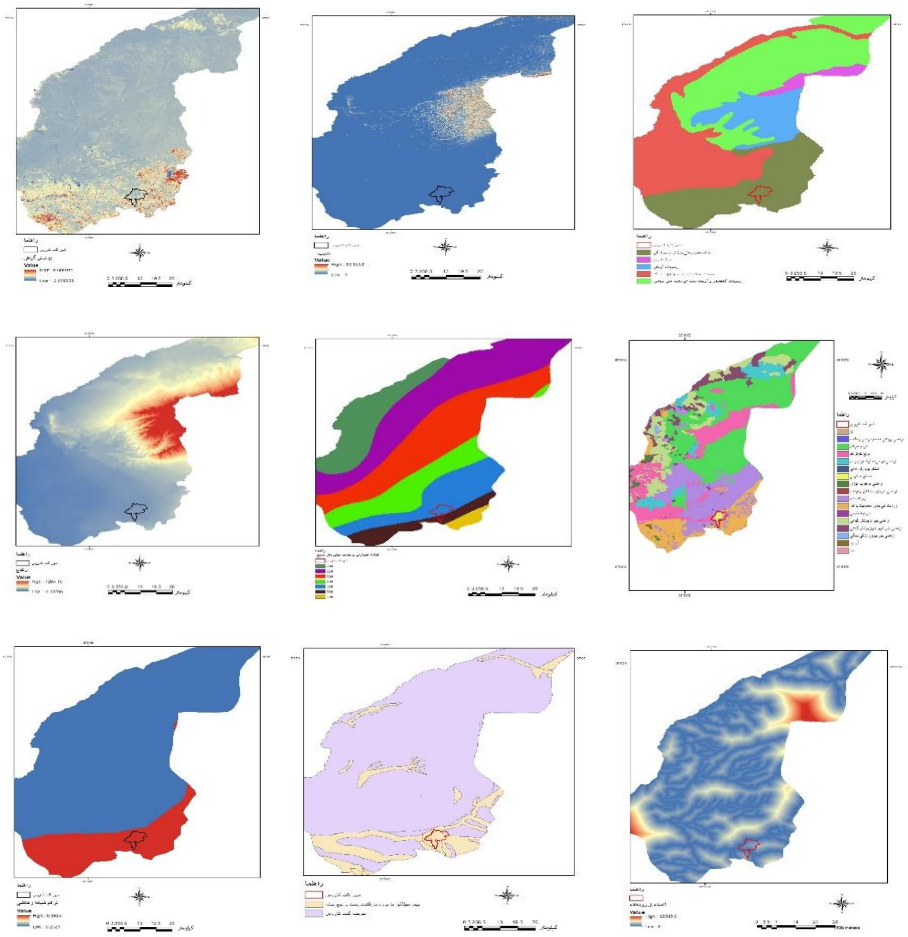
پس از استانداردسازی نقشه‌های معیار، به تلفیق لایه‌ها و تولید نقشهٔ پهنه‌بندی با استفاده از تحلیل AHP (از منعطف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره) پرداخته شد و با نرخ ناسازگاری ۰/۰۷ اوزان تعیین شدند. نقشه‌های معیار براساس این اوزان و به روش ترکیب خطی وزن‌دار ترکیب شدند و نقشهٔ پهنه‌بندی پتانسیل خطر تولید و در هشت ردهٔ مختلف از نظر خطرپذیری تقسیم شد. نقشهٔ حاصل در شکل ۴ نشان داده شده است.

بدین ترتیب براساس نقشهٔ پهنه‌بندی خطر حاصل، شهر گنبد که بیشترین تراکم جمعیتی شهرستان را داراست در نواحی پرخطر سیلاب قرار دارد. از طرفی با توجه به نقشهٔ تهیه‌شده با همکاری کارشناسان شهرداری گنبدکاووس، مناطق جنوبی و شمال غربی شهر به‌شدت از سیل اسفند ۱۳۹۷ آسیب دیده است که خود تأییدکنندهٔ انطباق بر نقشهٔ پتانسیل خطر تولیدشده است (شکل ۵) که ضرورت ارتقای ایمنی شهر در برابر مخاطرهٔ سیلاب را نشان می‌دهد.

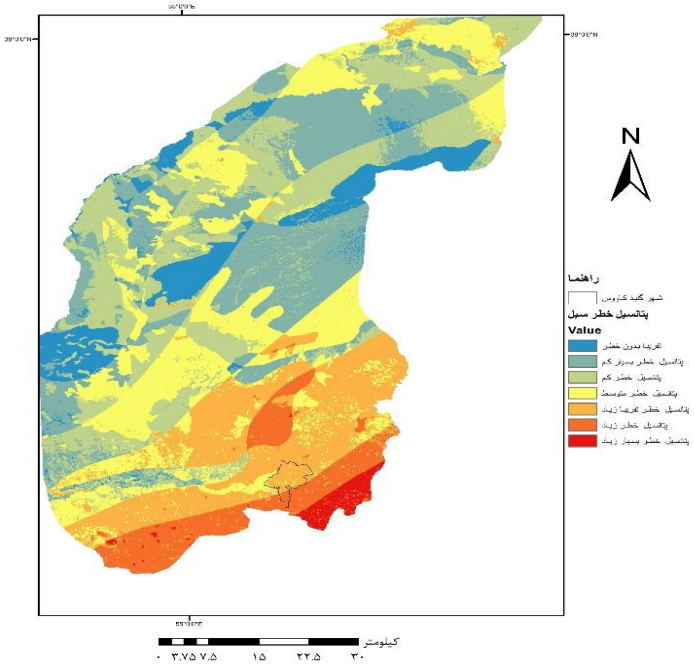
ازآنجا که براساس مطالعات صورت‌گرفته، تغییر پوشش اراضی از دلایل اصلی تغییر اکوسیستم‌ها و بروز سیلاب‌هاست، تغییرات پوشش و کاربری زمین از عوامل مؤثر در تشدید و کاهش خطر سیل است. به‌عبارتی کاهش پوشش گیاهی و رشد و توسعهٔ شهری از عوامل مهم تشدید خطر سیلاب‌اند. هدف این بخش، بررسی انواع تغییر در پوشش زمین در یک دورهٔ تقریباً بیست‌ساله است؛ بنابراین با استفاده از آشکارسازی تغییرات زمانی- مکانی انواع پوشش زمین در منطقه و ارتباط آن با نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سیل، می‌توان راهکارهایی برای آینده متصور شد. برای این کار تصاویر ماهواره‌ای سری ماهوارهٔ لندست ۵ و ۸ برای دو زمان مختلفِ

۱۹۹۸ و ۲۰۱۷ تهیه و پس از اعمال تصحیحات هندسی و رادیومتری به‌عنوان پیش‌پردازش وارد فرایند طبقه‌بندی و سپس آشکارسازی تغییرات شد.

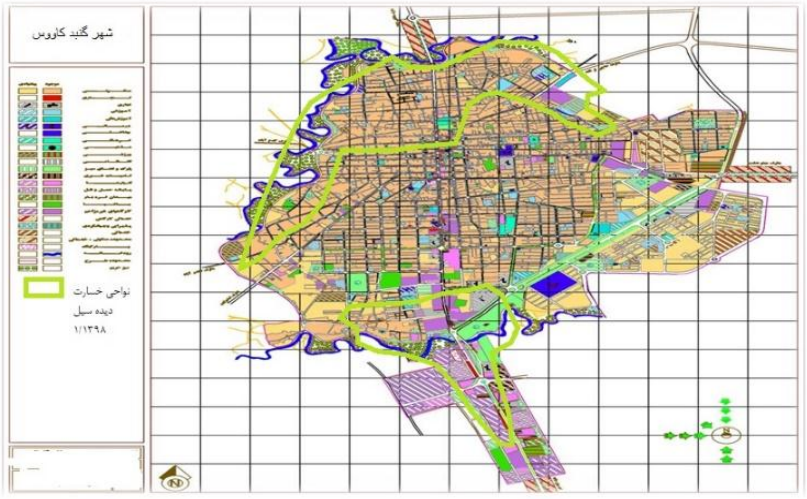
شکل ۶ نقشهٔ تغییرات پوشش اراضی و جدول ۱ میزان تغییرات برحسب درصد را نشان می‌دهد (سطر، رده‌های زمان اول و ستون، رده‌های زمان دوم).



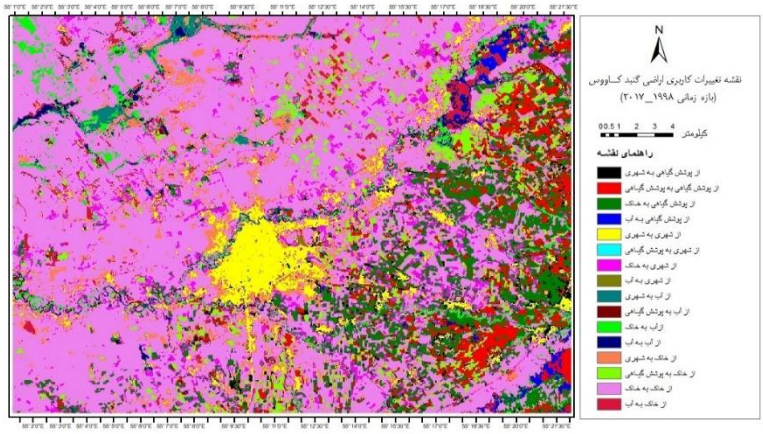
**شکل۳. لایه‌های تولیدشده برای محاسبهٔ پتانسیل سیل‌خیزی که به‌ترتیب از بالا سمت چپ مربوط به شاخص پوشش گیاهی، شیب، نوع خاک، ارتفاع، بارندگی،نوع کاربری، تراکم زهکشی، پهنهٔ خطر زهکش، فاصله از رودخانه است**




**شکل ۴. نقشهٔ رده‌بندی‌شدهٔ پتانسیل سیل‌خیزی گنبدکاووس**




**شکل ۵. مناطق تحت تأثیر سیل اسفند ۱۳۹۷**




**شکل ۶. نقشهٔ تغییرات پوشش اراضی شهرستان گنبدکاووس برای سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۸**

**جدول ۱. میزان تغییرات پوشش اراضی در دورهٔ زمانی ۲۰۱۷-۱۹۹۸ برحسب درصد**

| | شهری | پوشش گیاهی | خاک | خاک | Row Total | Class Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شهری | ۳۹/۸۶۸ | ۱۲/۰۶۲ | ۱۲/۹۰۹ | ۲۶/۶۷۲ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| پوشش گیاهی | ۱/۶۱۲ | ۳۰/۶۷۸ | ۷/۳۳ | ۱۰/۱۵۹ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| خاک | ۵۷/۲۰۲ | ۵۲/۷۴۵ | ۷۶/۸۸۳ | ۴۷/۲۵۸ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| خاک | ۱/۱۳۹ | ۴/۵۱۵ | ۲/۸۷۸ | ۱۵/۹۱۱ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| Class Total | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۰ | ۰ |
| Changes Class | ۶۰/۱۳۲ | ۶۹/۳۲۲ | ۳۳/۱۱۷ | ۸۴/۰۸۹ | ۰ | ۰ |
| Image Difference | ۲۹/۳۹۹ | -۳۵/۲۰۲ | ۶/۲۴۸ | -۳۷/۳۳۷ | ۰ | ۰ |

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است پوشش گیاهی در حدود ۶۹/۳۲۲ درصد تغییر کرده که بیشتر تغییرات آن مربوط به پوشش (شهری و خاک) بوده و ردهٔ شهری نیز افزایش یافته است که این تغییرات، سبب افزایش کاربری شهری و کاهش پوشش گیاهی شده که از دلایل پتانسیل سیل‌خیزی است.

تحلیل داده‌ها به روش AHP، نشان‌دهندهٔ آن است که با توجه به مقایسهٔ زوجی سه شاخص اصلی در بررسی تأثیر سازمان‌های مرتبط با کاهش مخاطرات سیل، معیار اصلی مطالعات و

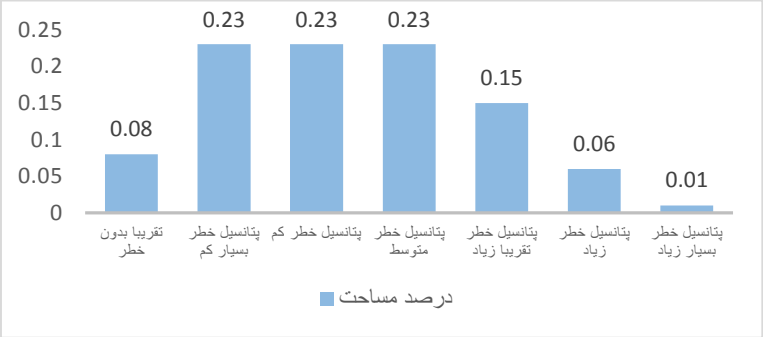
برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی با ارزش وزنی ۰/۷۵ و رتبهٔ ۱ نسبت به سایر معیارهای اصلی مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های نظارتی و مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های فرهنگی با ارزش وزنی به‌ترتیب ۰/۱۷۳ و ۰/۰۷۷ و رتبه‌های ۲ و ۳ در کاهش خطر سیلاب شهری مؤثرتر بوده و از اهمیت بیشتری برخوردار است. همچنین از کل معیارهای اصلی و زیرمعیارها، عوامل ریسک سیلاب شهری محیط بیرونی شهر به تعداد ۱۷ عامل دارای ارزش وزنی بیشتر از ۰/۴ بوده‌اند (جدول ۲) که در ردهٔ مهم و مهم‌ترین قرار دارند؛ ضمن اینکه شاخص‌های دیگر نیز در کاهش مخاطرهٔ سیل تأثیرگذارند. در نهایت، نتیجه گرفته می‌شود که شهرها در معرض ریسک سیلاب برون‌زا قرار دارند که متناسب با موقعیت جغرافیایی، نوع عوامل ریسک سیل شهری متفاوت است و مردم نیز تأثیر بسزایی در کاهش ریسک سیلاب برون‌زا دارند. از این‌رو باید با لحاظ ریسک‌های سیلاب شهری خارج از محدوده و حریم شهر، در زمینهٔ ایمن‌سازی شهر در برابر بلایای طبیعی با تمرکز ویژه بر دستگاه‌های اجرایی به تحقیق پرداخت.

**جدول ۲. نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی AHP در بررسی تأثیر سازمان‌های مرتبط در کاهش مخاطرات سیل ( نگارندگان، ۱۳۹۷)**

| ردیف | عناوین معیار و زیرمعیار | ردیف | عناوین معیار و زیرمعیار | ارزش وزنی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی | ۱۰ | مطالعات و اجرای طرح جامع حریم شهر(راه و شهرسازی) | ≥ ۰/۴ |
| ۲ | دستگاه‌های اجرایی دولتی | ۱۱ | مطالعات و اجرای جمع‌آوری آب‌های سطحی روستا(بنیاد مسکن و دهیاری) | |
| ۳ | عملیات آبخیزداری(منابع طبیعی و آبخیزداری) | ۱۲ | استانداری | |
| ۴ | مهندسی رودخانه(آب منطقه‌ای) | ۱۳ | مدیریت بحران | |
| ۵ | مشخصات و اجرای ابنیه در رودخانه‌ها و نهرها (راه و شهرسازی) | ۱۴ | شورای اسلامی شهر | |
| ۶ | اجرای طرح جامع ناحیه‌ای شهرستان (راه و شهرسازی) | ۱۵ | صداوسیما | |
| ۷ | مطالعات طرح هادی روستایی(بنیاد مسکن) | ۱۶ | آموزش عمومی همگانی «از طریق صداوسیما» | |
| ۸ | تبدیل اراضی شیبدار (جهاد کشاورزی) | ۱۷ | آموزش عمومی همگانی «از طریق سازمان‌های مردم‌نهاد» | |
| ۹ | شهرداری‌ها | | | |

از این‌رو توسعهٔ شهر گنبد در صورتی پایدار است که همهٔ عوامل از رشد متوازن و نزدیک به هم برخوردار باشد. همچنین نتایج پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیل در شهرستان گنبد بیانگر آن است که مرکز سیاسی این شهرستان که بیشترین تراکم جمعیت را داراست، در ناحیهٔ با پتانسیل خطر زیاد قرار گرفته است و باید به این پتانسیل خطر در نحوهٔ توسعهٔ آن، بسیار توجه شود؛ از این‌رو کاهش پوشش گیاهی، افزایش ردهٔ شهری، نبود مطالعات و برنامه‌ریزی جامع توسط دستگاه‌های اجرایی در بخش‌های مختلف (از جمله آبخیزداری، مهندسی رودخانه، تبدیل اراضی شیبدار، جمع‌آوری آب‌های سطحی، آموزش عمومی همگانی، طرح‌های هادی روستایی، طرح جامع حریم شهر، اجرای ابنیهٔ فنی در رودخانه‌ها و نهرها) شیب نامناسب، نزدیکی به رودخانه‌ها و نبود مدیریت یکپارچه (در تهیه، تصویب و اجرای پروژه‌های عمرانی دستگاه‌های اجرایی) از علل وقوع سیلاب است.

تطبیق نقشهٔ پتانسیل خطر سیل حاصل با نقشهٔ شهر گنبد نشان می‌دهد که جنوب شهر در ناحیهٔ پتانسیل خطر زیاد و دیگر نقاط شهری در پهنهٔ تقریباً زیاد و متوسط واقع شده است؛ این موضوع بیانگر توجه به توسعه و رشد شهر در آینده است. در واقع پتانسیل خطر سیل‌خیزی مناطق در مدلسازی توسعهٔ شهر اهمیت دارد و رعایت آن موجب ارتقای ایمنی شهر و کاهش خطرها و خسارات خواهد شد ( شکل ۷).




**شکل ۷. نمودار رده‌بندی پتانسیل خطر برحسب درصد**

همچنین بررسی تغییرات ۱۹سالهٔ محدودهٔ اطراف شهر گنبد نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات متوجه پوشش گیاهی بوده و به‌شدت کاهش یافته و ردهٔ شهری هم با افزایش و رشد همراه بوده است. نقشه‌ها نشان می‌دهند که شهر در ناحیهٔ شرقی توسعهٔ بیشتری داشته و وجود گرگان‌رود در شمال منطقه، رشد آن را کند کرده است به هر حال کاهش پوشش گیاهی و

افزایش ردهٔ شهری هر دو از دلایل اصلی افزایش پتانسیل سیل‌خیزی هستند و با توجه به شرایط خاص و ویژهٔ شهر گنبد از نظر محصور شدن با دو رودخانهٔ بزرگ و وجود سد در بالادست و شرایط توپوگرافی، همهٔ این عوامل سبب محدودیت در توسعه و کاهش خطر سیل می‌شوند. توسعهٔ زهکش‌ها با هدف هدایت رواناب‌ها و افزایش پوشش گیاهی در حریم شهر و خارج از آن، از مواردی است که توجه به آنها می‌تواند در کاهش پتانسیل خطر سیل به‌دلیل کاهش سرعت رواناب و افزایش نفوذپذیری خاک بسیار مؤثر و مفید باشد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق از میان عوامل مختلف پرسیده‌شده در جامعهٔ متخصص ۳۵ نفره در قالب معیارهای اصلی و فرعی، معیار اصلی مطالعات و برنامه‌ریزی دستگاه‌های اجرایی با بیشترین وزن (۰/۷۵)، مهم‌ترین تأثیر را در کاهش مخاطرهٔ سیل داشت. همچنین از دو زیرمعیار مربوط به معیار اصلی یادشده، زیرمعیار سازمان‌های دولتی با بیشترین وزن (۰/۸۵۲) در کاهش مخاطرهٔ سیل مؤثر است. از این‌رو عوامل تهدیدکنندهٔ شهر گنبد ناشی از انجام نگرفتن وظایف سازمانی از سوی دستگاه‌های اجرایی دولتی در حوزه‌های آبخیزداری، مهندسی رودخانه، پوشش گیاهی و تبدیل اراضی شیبدار، تهیه و اجرای طرح جامع ناحیه‌ای و توسعه و عمران، احداث ابنیه و راه در مدخل رودخانه‌ها، مطالعات طرح‌های هادی روستایی و جمع‌آوری آب‌های سطحی است که بر اساس نتایج تحقیق دارای ارزش وزنی بیش از ۰/۴ است. از این‌رو علل وقوع سیلاب در گذشته و حال حاضر، فقط ناشی از شدت بارندگی نبوده، بلکه عوامل یادشده نیز در وقوع پدیدهٔ سیلاب مؤثر بوده‌اند. پس از گذشت ۲۵ سال از سیل سال ۱۳۷۱، ۱۷ سال از سیل سال ۱۳۸۰ و بیش از ۶ سال از سیل سال ۱۳۹۱ (ناشی از ذوب برف و سرریز سدهای احداثی در مسیر گرگان‌رود)، هنوز شاهد خسارت‌های مالی و جانی ناشی از بروز سیلاب هستیم که دلیل آن، چیزی جزء بی‌توجهی به اقدامات پیشگیرانه نبوده که عامل اصلی وقوع این دسته از سیلاب‌هاست.

با عنایت به سیل‌خیز بودن منطقه و نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت مطالعات و برنامه‌ریزی‌ها در زمینهٔ خطر سیل کافی نبوده و مطالعات و برنامه‌ریزی کامل و جامع محیطی و مدیریت یکپارچه در قالب طرح‌های توسعه و عمران شهرها ضرورت دارد و این مهم، وظیفهٔ حاکمیت است که با برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت جامع سیلاب و جلب مشارکت مردم، ضمن جلوگیری از خسارات بی‌رویه در شهرها، در حفظ جان و مال ساکنان کوشا باشد. اجرایی شدن این موارد، نیازمند تغییر رویکرد در دولت و سایر قواست. شایان ذکر است که مفاد مندرج در ابلاغیهٔ اخیر شورای عالی شهرسازی و معماری ایران در تاریخ ۱۳۹۸/۰۲/۲۱ بیانگر تأیید نتایج پژوهش و تغییر رویکرد دولت در این زمینه است.

**منابع**


[۱]. امامی دهخوارقانی، ابوالفضل (۱۳۹۱). «تشخیص آسیب‌پذیری و بهسازی اماکن تحت پوشش سیل با استفاده از نقشهٔ پهنه‌بندی سیل»، دومین کنفرانس مدیریت بحران (وزارت کشور ایران).

[۲]. ایزدبخش، حمیدرضا (۱۳۸۸). *آموزش کاربردی نرم‌افزارهای مهندسی صنایع و مدیریت*، چ دوم، ج اول، تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

[۳]. حسین‌زاده، سید رضا؛ و جهادی طرفی، مهناز (۱۳۸۶). «اثرات گسترش شهر مشهد بر الگوی زهکشی طبیعی و تشدید سیلاب‌های شهری»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۶۱، ص ۱۴۵-۱۵۹.

[۴]. عبداللهی، مجید (۱۳۹۴). *مدیریت بحران در نواحی شهری*، چ پنجم، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور ایران.

[۵]. قدیری، محمود (۱۳۹۱). «بررسی تحولات نظری آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی»، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، نوع رسانه-[on line: https://www.civilica.com/Paper NCEVSLL02-NCEVSLL02_279.html ]

[۶]. محمودزاده، حسن؛ و یاری، واحدی (۱۳۹۶). «کاربرد تکنیک‌های دورسنجی و GIS برای پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ارومیه با رویکرد تحلیل چندمعیاره»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، دورهٔ ۴۹، ش ۴، ص ۷۳۰-۷۱۹.

[۷]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۱). *ژئومورفولوژی شهری*، چ پنجم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

[۸]. وطن فدا، جبار (۱۳۸۹). *مدیریت ریسک سیلاب شهری*، انتشارات وزارت نیرو (۱).

[۹]. هادیزاده بزاز، مریم (۱۳۹۱). «تحلیلی بر اهمیت انسجام مدیریت بحران در فرایند برنامه‌ریزی شهری در ایران»، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران، وزارت کشور ایران.

[10]. Bhattacharya, N. (2010). Flood risk assessment in Barcelona, France. The Netherlands: International institute for geo-information science and earth observation Enscheda (ITC).

[11]. Chin, A.; O'dowd, A. P.; & Gregory, K. J. (2013). 39/9 Urbanization and river channels.

[12]. Chung-Hung, T.; Chen Cheng, W. (2010). "An earthquake disaster management mechanism based on risk assessment information for the tourism industry-a case study from the island of Taiwan", *Tourism Management*. - Taiwan, ROC: Elsevier Ltd., 31.

[13]. Gurnell, A.; Lee, M.; & Souch, C. (2007). "Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change", *Geography Compass*, 1(5), pp: 1118–1137.

[14]. Haifing, J.; Yuwen, L.; Shaw, L.; & Yu. Yorung, ch. (2012). "Planning of LID-BMPs for urban runoff control. The case of BeijingOlympic village", *Technology for Sustainable Water Environment Separation and Purification Technology*, 140, pp: 112-119.

[15]. http://nation.com.pk/pakistan-news-newspaper-daily-english- online/Opinions/ Columns/ 15-nov-2011 / Flood- risk-management.

[16]. Kusky, T. (2008). "Floods: Hazards of Surface and Groundwater Systems", Facts on File publishing, New YorkEkstrom, M.; Fowler, H.J.; Kilsby, G.G.; Jones, P.D; (2003). "New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations2. Future estimates and use in impact studies". Journal of Hydrology, Vol 300, pp: 234-251.

[17]. Morelli, S.; Segoni, S.; Manzo, G.; Ermini, L.; & Catani, F, (2012), "Urban planning, flood risk and public policy: the case of the Arno River, Firenze", *Italy, Applied Geography*, 34, pp: 205-218.

[18]. Nazmfar, h. (2012). "an analysis of urban system with emphasis on entropy model (cose study: the cities of east azerbaijan province)", *indian joumal of scince and technology*, 5(9), pp: 3340-3344.

[19]. O'Donnell, E. C.; Lamond, J. E.; & Thorne, C. R. (2018). "Learning and Action Alliance framework to facilitate stakeholder collaboration and social learning in urban flood risk management", *Environmental Science & Policy*, 80, pp: 1-8.

[20]. Paquier, A.; Mignot, E.; & Bazin, P. H. (2015). "From hydraulic modelling to urban flood risk", *Procedia Engineering*, 115, pp: 37-44.

[21]. Plummer, R.; Renzetti, S.; Bullock, R.; Melo Zurita, M. D. L.; Baird, J.; Dupont, D. ... & Thomsen, D. (2018). "The Roles of Capitals in Building Capacity to Address Urban Flooding in the shift to a new water management approach", *Environment and Planning C: Politics and Space*, 36(6), pp: 1068-1087.

[22]. Sarmah, T.; & Das, S. (2018). "Urban flood mitigation planning for Guwahati: a case of Bharalu basin", *Journal of Environmental Management*, 206, pp: 1155–1165.

[23]. Singh, V.P. (1996), Hydrology of disasters, water science and technology library. Kluwer Academic Publishers, 24, pp: 395-425.The International Disaster Database (EM-DAT). (2016). http://www.emdat.be/about.

[24]. Vachaud, G.; Quertamp, F.; Phan, T. S. H.; Ngoc, T. D. T.; Nguyen, T.; Luu, X. L. … Gratiot, N. (2018). "Flood-related risks in Ho Chi Minh City and ways of mitigation", *Journal of Hydrology*.

[25]. Weerasinghe, K. M.; Gehrels, H.; Arambepola, N. M. S. I.; Vajja, H. P.; Herath, J. M. K.; & Atapattu, K. B. (2018). "Qualitative flood risk assessment for the Western province of Sri Lanka", *Procedia engineering*, 212, pp: 503-510.