

مقایسه و تحلیل جغرافیایی خطر آب‌گرفتگی در معابر شهری (مورد مطالعه: معابر مناطق چهارگانه شهر کرمان)

صادق کریمی*

استادیار آب‌وهواشناسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

حسین غضنفرپور

دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

نجمه علیمرادی‌پور

کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۸)

چکیده

شهر، فضای جغرافیایی پیچیده‌ای است که همه اجزای آن به‌صورت سامانمند در ارتباط نزدیک با یکدیگر عمل می‌کنند؛ چنانکه اختلال در هر یک از اجزای این سیستم سبب اشکال در کل آن می‌شود. علاوه بر آن، با تغییرات جهانی در وضعیت آب‌وهوا و گسترش فرایند شهری شدن، فراوانی و شدت بحران‌های طبیعی و خسارات ناشی از آن، به‌طور چشمگیری روند افزایشی یافته است. آب‌گرفتگی معابر، یکی از بحران‌های طبیعی در بسیاری از شهرهای امروزی ایران است که به‌علت شدت آن و زمان کم برای واکنش، چالش‌های زیادی را ایجاد کرده است. اولویت‌بندی مناطق مختلف حوضه‌های آبخیز شهری به لحاظ حد آسیب‌پذیری آب‌گرفتگی به هدفمندتر شدن طرح‌های شهری و اثربخشی مؤثر آنها در توسعه پایدار شهری کمک خواهد کرد. در این پژوهش با استفاده از مدل AHPFuzzy مبتنی بر تحلیل آماری، شاخص‌های جغرافیایی (جوئی، طبیعی و انسانی) مؤثر بر کم‌وکیف آب‌گرفتگی معابر در مناطق چهارگانه شهر کرمان در طول سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ شناسایی شد. داده‌های شرایط جوئی مانند بارش از اداره کل هواشناسی استان کرمان و داده‌های عوامل محیطی و انسانی مانند شیب و شکل آبراهه‌ها از مرکز آمار و اطلاعات شهرداری کرمان تهیه شد. بخش دیگری از اطلاعات مربوط به نظر کارشناسان، با پرسشنامه گردآوری شد. سپس با استفاده از ArcCN-Runof در محیط ArcGIS، نقشه‌های خطر رواناب در مناطق چهارگانه شهر ترسیم و در نهایت به‌شکل تحلیلی-توصیفی با هم مقایسه شد. نقشه پراکنش فضایی ارتفاع رواناب زیرحوضه‌ها و تعیین آب‌گرفتگی معابر در سطح مناطق مختلف شهر کرمان نشان داد که منطقه ۳ بیشترین خطر آب‌گرفتگی معابر را در سطح شهر دارد.

واژه‌های کلیدی: آب‌گرفتگی، حوضه آبخیز شهری، شهر کرمان، مدل تحلیل سلسله‌مراتب فازی.

مقدمه

شناخت مخاطرات برای کاهش آنها مهم است؛ مهم‌تر این است که افراد و جوامع، واقعیت وجود مخاطرات را می‌پذیرند. مخاطره‌شناسی ماهیت پیش‌بینی و پیشگیری دارد و پیشگیری مقدم بر درمان است [۱۱]. از طرفی، پیشگیری بدون مطالعه و پژوهش وضع موجود و گذشته مخاطرات امکان‌پذیر نیست. این در حالی است که سیل و آب‌گرفتگی یکی از بحران‌های طبیعی در بسیاری از شهرهای امروزی است که به‌علت شدت و وجود زمان کم برای واکنش، چالش‌های زیادی را ایجاد کرده است [۱۵]. منظور از رواناب‌های شهری آب‌هایی است که در سطوح شهری در اثر بارش باران یا آب حاصل از ذوب برف تولید و به‌سمت منابع پذیرنده سرازیر می‌شود. افزایش سطوح نفوذناپذیر به‌طور چشمگیری نظام هیدرولوژیکی پیش از توسعه شهرها را تغییر داده و حداکثر جریان و حجم رواناب سطحی در محیط‌های شهری در مقایسه با محیط‌های توسعه‌نیافته طبیعی افزایش یافته است [۱۶]. به‌عبارت دیگر، در مناطق شهری، سطح زمین اغلب با کاربری‌های نفوذناپذیر پوشیده شده است و به همین علت، نفوذ آب باران به خاک، اندک و سرعت حرکت رواناب، زیاد است؛ بنابراین رگبار شدید در یک منطقه شهری می‌تواند موجب ایجاد سیلاب و آب‌گرفتگی معابر شود [۲۳]. آب‌گرفتگی در مناطق شهری در نتیجه ایجاد نقص یا ناکارآمدی در سیستم‌های زهکشی شهری موجب وارد آمدن خسارات زیادی به ساختمان‌ها و دیگر زیرساخت‌های عمومی و خصوصی می‌شود [۲۲].

با مطالعه علمی نقاط تمرکز رواناب‌ها در شهر و تهیه نقشه‌های ریسک آب‌گرفتگی معابر در مناطق مختلف آن، می‌توان به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان شهری در توزیع مناسب بودجه برای مقابله، مواجهه و برطرف کردن عوارض این مخاطره طبیعی در سطح شهر کمک کرد. در همین زمینه، طی دهه‌های اخیر مطالعات داخلی و خارجی متعددی در این حوزه انجام گرفته که در ادامه به شرح اجمالی برخی از مهم‌ترین تحقیقات انجام‌گرفته پرداخته می‌شود.

خلیقی سیگارودی با بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در دبی اوج و حجم سیلاب حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی بیان کرد که تغییر کاربری اراضی موجب تغییرات زیادی در پتانسیل تولید رواناب حوضه شده است [۳]. افشاری آزاد و پورکی در پژوهشی به برآورد رواناب سطحی شهر رشت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش شماره منحنی (SSC) پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که همبستگی مثبتی بین حداکثر دبی لحظه‌ای سیل و مقدار بارندگی روز وقوع سیل وجود دارد [۲].

مقدم در پایان‌نامه خود با عنوان تعیین پارامترهای انعطاف‌پذیری برای مدیریت پایدار

ریسک در شبکه‌های زهکشی شهری، موفق به تولید یک جعبه‌ابزار برای مدیریت ریسک سیلاب شهری شد. این جعبه‌ابزار در منطقه ۲۲ شهر تهران به کار گرفته شد [۱۰].

ملائکه شوشتری در پایان‌نامه خود با عنوان مدل بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت به‌هم‌پیوسته رواناب‌های شهری به این نتیجه رسید که در نظر گرفتن مسئله تغییر اقلیم به‌تنهایی، از طریق افزایش شدت-مدت-فراوانی بارش‌ها در دوره آتی (۶۵-۲۰۴۶) نسبت به دوره مبنا (۹۰-۱۹۷۱) و در نتیجه صعود های توگراف بارش، سبب افزایش حجم رواناب، حجم سیلاب و افزایش تعداد گره‌های سیلابی خواهد شد [۱۲].

دوزالی در پایان‌نامه خود به بررسی روش‌های توسعه کم‌اثر بر رواناب‌های شهری پرداخت. نتایج تحقیق وی که با ارائه سناریوهای مختلف روش توسعه کم‌اثر در منطقه همراه بود، نشان داد که اجرای روش‌های توسعه کم‌اثر می‌تواند طی برخی سناریوها سبب کاهش ۳۹ درصدی حجم رواناب خروجی و کاهش ۶۸ درصدی آلودگی خروجی از محدوده مطالعه شود [۴].

سلاجقه و همکاران به برآورد رواناب در حوضه‌های آبخیز منطقه ۲۲ تهران با استفاده از مدل‌های تحلیلی مطالعه پرداختند. در این تحقیق از دو مدل تحلیلی برای برآورد رواناب استفاده شد. یکی از مدل‌ها براساس ضریب رواناب بود و مدل دیگر با در نظر گرفتن پارامتر نفوذپذیری فرموله شد. شاخص‌های ارزیابی اعم از ضریب کارایی مدل Sutcliffe-Nash، مقادیر جذر میانگین مربعات خطاها و ضریب مقدار باقی‌مانده، قدر مطلق خطای نسبی و ضریب همبستگی بیانگر دقت هر دو مدل در برآورد رواناب شهری بود [۷].

رادمهر و عراقی‌نژاد با هدف اتخاذ تصمیمات دقیق‌تر در مدیریت سیلاب شهری، به بررسی مدیریت بهینه رواناب شهری با استفاده از ترکیب روش تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداختند و در نهایت نقشه‌های خطرپذیری سیلاب را در محیط GIS تهیه کردند. آنها دریافتند که با توجه به نقشه نهایی خطرپذیری، مناطق جنوب شرقی حوضه آبریز شهر تهران از درجه خطرپذیری زیادی برخوردار است [۵].

رشیدپور و همکاران به شبیه‌سازی سیلاب در شبکه زهکشی رواناب سطحی حوضه آبخیز شهری شاهزاده در مسیر رودخانه بابسر پرداختند. نتایج این تحقیق بر استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی تک‌بعدی در شبیه‌سازی سیلاب در شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی تأکید می‌کند [۶].

درایتون و همکاران کاربرد GIS و RS را در برآورد رواناب از طریق روش شماره منحنی در حوضه آبخیز منطقه ولز در بریتانیا بررسی کردند. رواناب از روی تصاویر ماهواره‌ای در مورد هر سلول محاسبه شد؛ سپس ویژگی‌های توپوگرافی حوضه با استفاده از ArcGIS محاسبه و با رواناب هر سلول ترکیب شد؛ در نهایت، ویژگی‌های توپوگرافی و فرایندهای هیدرولوژیکی ارائه شد [۱۷].

فودی برای تعیین نقاط سیل خیز در مصر از داده‌های ماهواره‌ای لندست به‌منظور تعیین کاربری اراضی حوضه استفاده کرد. او برای تعیین نوع و نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری‌هایی انجام داد و سپس دبی خروجی از حوضه و زیرحوضه‌های آن را برای یک رگبار فرضی شدید شبیه‌سازی کرد [۱۸].

در کانادا نیز مدل‌های تحلیلی احتمالاتی در یک حوضه آبخیز شهری اجرا شد. نتایج این تحقیق بیانگر مقبول بودن مدل‌های به‌کار رفته بود [۱۴]. وانگ و همکاران نیز با مدلسازی اثر گزینه‌های مختلف کاربری اراضی در حوضه‌ای در چین به این نتیجه رسیدند که تبدیل اراضی مرتعی به اراضی جنگلی در حوضه، به افزایش رواناب سالانه و کاهش آب زیرزمینی در اثر کاهش نفوذپذیری خاک و کاهش تعرق در حوضه منجر می‌شود [۲۴].

هونگ و پاسیرانا در بررسی اثر شهری شدن بر آینده سیلاب‌های شهر کنسو در ویتنام دریافتند که افزایش رواناب ناشی از توسعه نفوذناپذیر شهری، خطر سیل را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. همچنین جیمز و همکاران در بررسی تغییرات رواناب ناشی از تحول شرایط روستایی به نیمه‌شهری در انگلستان نشان می‌دهد در حوضه‌ای که زهکشی رواناب مصنوعی وجود دارد، نسبت به حوزه‌هایی که شهر تحول کمتری دارد، پاسخ هیدرولوژیکی قوی‌تری به رواناب پدید آمده است [۲۰].

در دهه‌های اخیر با گسترش شهرسازی و رشد فیزیکی افقی بی‌اندازه، تسریع تغییرات کاربری اراضی، تغییر پوشش معابر و پشت بام منازل با مصالح نفوذناپذیر در شهر کرمان، رواناب شهری ناشی از نزولات جوی چند برابر بیشتر شده است. با افزایش دبی اوج رواناب و وقوع آن در زمان کوتاه‌تر، احتمال خطر آب‌گرفتگی معابر در مناطق تمرکز حوضه آبخیز این شهر افزایش یافته است؛ از این‌رو این پژوهش، بر آن است تا با استفاده از روش‌های نوین و آزمون‌شده در تحقیقات گذشته، در حرکتی خلاقانه با تقسیم مناطق مختلف حوضه آبخیز شهر کرمان به واحدهای هیدرولوژیکی کوچک‌تر و قابل مطالعه، به شناخت دقیق فرآیند پیچیده تولید، نقاط تمرکز رواناب و شناسایی پراکنش فضایی و جغرافیایی خطر آب‌گرفتگی معابر در مناطق چهارگانه این شهر بپردازد. نتایج این پژوهش به مدیریت بهتر و کارآمدتر شهر و بهبود زندگی شهری کمک می‌کند.

روش تحقیق و تحلیل

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و به لحاظ روش مبتنی بر دو روش تحلیلی - آماری و تحلیلی - توصیفی است. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات پژوهش حاضر از مطالعات اسنادی،

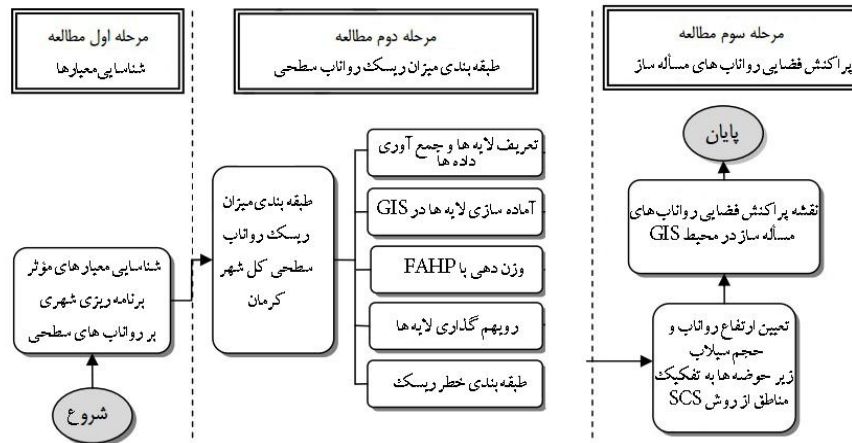
کتابخانه‌ای، میدانی، مراجعه به بانک اطلاعاتی شهرداری و سازمان هواشناسی، آمار موجود در پایان‌نامه‌ها و مقاله‌های مرتبط استفاده شده است؛ بنابراین، ابزارهای استفاده‌شده در این تحقیق عبارت است از: مشاهده و فیش‌برداری. در این پژوهش، از نرم‌افزار متلب برای وزن‌دهی معیارهای تأثیرگذار در ایجاد رواناب، از نرم‌افزار SMADA برای تخمین دوره بازگشت بارش و از نرم‌افزار ArcGIS برای نمایش پراکنش فضایی آب‌گرفتگی معابر در مناطق چهارگانه شهر کرمان استفاده شد.

برای سنجش و ارزیابی رواناب‌های سطحی قلمرو پژوهش، شاخص‌های جغرافیایی تأثیرگذار طبیعی و انسانی به‌صورت جامع در نظر گرفته شد. با توجه به پژوهش‌های انجام‌گرفته و نیز دیدگاه خبرگان داخلی (براساس پرسشنامه تهیه‌شده)، مهم‌ترین شاخص‌های برنامه‌ریزی شهری مؤثر بر رواناب‌های سطحی شهر کرمان در قالب جدول ۱ اکتشاف و تأیید شد. افراد خیره‌شناسایی‌شده شامل استادان دانشگاه در حوزه تخصصی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و کارشناسان حوزه خدمات شهری شهرداری‌های مناطق چهارگانه شهر کرمان بودند.

جدول ۱. نتایج آنالیز پرسشنامه برای تعیین معیارهای برنامه‌ریزی شهری مؤثر بر رواناب

معیارها	زیرمعیارها	فراوانی نظر خبرگان (درصد)		
		کم	متوسط	زیاد
معیارهای طبیعی	۱. مدت بارش	۲۲/۴	۲۶	۵۰/۳
	۲. زمان بارش	۹/۱	۲۱/۷	۵۶/۷
	۳. شدت بارش	۱۳/۲	۲۴/۲	۶۱/۳
	۴. میزان بارش	۲۳	۲۰/۳	۵۵/۴
معیارهای طبیعی و انسانی	۱. شیب طبیعی شهر	۱۵	۲۴/۲	۵۹/۵
	۲. توپوگرافی منطقه	۱۶/۴	۲۱/۶	۴۸/۲
	۳. میزان نفوذپذیری خاک	۱۱/۸	۲۹/۶	۵۷/۲
معیارهای انسانی	۱. شکل فیزیکی شهر	۱۹/۱	۲۸/۸	۵۰/۸
	۲. شکل فیزیکی آبراهه‌ها	۱۲/۴	۱۰/۹	۶۵/۵
	۳. عرض خیابان‌ها	۱۲/۴	۲۰/۹	۵۵/۵
	۴. وجود یا نبود شبکه زهکشی سطحی	۱۰/۹	۲۰/۹	۶۶/۸
	۵. پوشش اراضی شهری (فضاهای ساخته‌شده و ساخته‌نشده)	۱۳	۲۱/۶	۶۰/۸

مطالعات در این پژوهش در سه سطح انجام گرفت. ابتدا معیارهای جوی، محیطی و انسانی مؤثر بر رواناب‌ها تعیین و وزن‌دهی شد؛ سپس در مناطق چهارگانه شهر کرمان، نقشه‌های پراکنش فضایی خطر آب‌گرفتگی معابر ترسیم و در نهایت با هم مقایسه و رتبه‌بندی شد (شکل ۱).



شکل ۱. فرایند تهیه نقشه خطر آب گرفتگی معابر در شهر کرمان

روش تخمین رواناب (SCS)

در پژوهش های متعددی، از مدل SCS مبتنی بر C و CN برای برنامه ریزی و مدیریت رواناب شهری استفاده شد که حاکی از کارایی لازم این مدل ها برای تخمین ارتفاع رواناب در مناطق شهری است. دلیل انتخاب مدل CN در این پژوهش نیز، وابستگی آن به مدل SCS، سادگی و دقیق بودن نتایج آن، شرایط حوضه آبخیز شهر کرمان، و کمیت و کیفیت آمارهای موجود هواشناسی بوده است. از این مدل به طور معمول برای حوضه های کوچک شهری، حوضه های طبیعی متوسط و حوضه های فاقد داده های دبی (نظیر این پژوهش) استفاده می شود [۲۱]. در این روش، ارتفاع حاصل از یک بارندگی به صورت زیر محاسبه می شود [۸]:

$$P = S + Q \quad (1)$$

$$s^+ = I_a + F \quad (2)$$

$$P = I_a + F + Q \quad (3)$$

P: ارتفاع بارندگی حاصل برحسب اینچ، S: حداکثر پتانسیل نفوذ تجمعی برحسب اینچ، Q:

مقدار رواناب ناشی از بارندگی برحسب اینچ، I_a : مقدار نگهداشت اولیه برحسب اینچ، و F:

مقدار نفوذ تجمعی حاصل از بارندگی برحسب اینچ است [۱۳].

ابزار Arc CN-Runoff

ورودی های این ابزار عبارت است از لایه خاک، جدول شاخص و مقدار بارش [۹].

برآورد مقادیر شماره منحنی (CN)

در روش SCS نیاز به تخمین CN است که در اصطلاح به آن شماره منحنی گفته می‌شود. برای تعیین CN در سطح حوضه، ابتدا باید نوع خاک حوضه بسته به حداقل نفوذپذیری آن (برحسب میلی‌متر) مشخص شود. در این رابطه حوضه به یکی از گروه‌های A، B، C و D تقسیم شد.

روش ضریب رواناب (C)

ضریب رواناب حوضه، نسبتی از بارندگی است که بر سطح زمین جریان می‌یابد. مقدار C از جدول ضریب C تعیین می‌شود. برای تعیین ضریب رواناب بیشتر عوامل شیب زمین، نوع جنس زمین و پوشش سطح حوضه مورد توجه است [۱].

جدول ۲. ضریب C در مناطق شهری برای استفاده در رابطه استدلال

نوع پوشش سطح حوضه	شیب زمین (درصد)		
	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۳۰
۳۰ درصد آسفالت	۰/۴	۰/۵	-
۵۰ درصد آسفالت	۰/۵۵	۰/۶۵	-
۷۰ درصد آسفالت	۰/۷۰	۰/۸۰	-

روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP-Fuzzy

این روش، توانایی کار با موارد عدم اطمینان و نسبی بودن قضاوت‌های انسانی را دارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و گاه مبهم انسانی دارد؛ بنابراین، بهتر است با استفاده از مجموعه‌های فازی (به کارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت.

از آنجا که فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی با معیارهای چندگانه است، مهم‌ترین دلیل انتخاب روش مذکور در این پژوهش بوده است. این روش با استفاده از مقایسه‌های زوجی بین معیارها و دیدگاه قضاوتی محقق یا محققان، وزن و اهمیت هر یک از معیارها را برای یک هدف مشخص، معین کرده و در نهایت گزینه‌ها را رتبه‌بندی و اولویت‌بندی می‌کند.

جدول ۳. نمونه‌ای از اعداد فازی تعریف‌شده در روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی این تحقیق

عدد فازی	قضاوت‌های زبانی	مقیاس فازی مثلثی	دامنه	تابع عضویت
$\tilde{6}$	اهمیت مطلق (E)	(۷،۹،۹)	$7 \leq x \leq 9$	$\frac{x-7}{9-7}$
$\tilde{7}$	اهمیت خیلی قوی (VS)	(۵،۷،۹)	$5 \leq x \leq 9$	$\frac{x-5}{9-5}$
$\tilde{8}$	اهمیت قوی (S)	(۳،۵،۷)	$3 \leq x \leq 7$	$\frac{x-3}{7-3}$
$\tilde{4}$	اهمیت ضعیف (M)	(۱،۳،۵)	$1 \leq x \leq 5$	$\frac{x-1}{5-1}$
$\tilde{6}$	اهمیت یکسان (EQ)	(۱،۱،۳)	$1 \leq x \leq 3$	$\frac{x-1}{3-1}$
۱	دقیقاً مساوی	(۱،۱،۱)	-	-

برآورد حداکثر بارندگی و دبی ناشی از آن

برای تحلیل بارش مناطق از حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته و برای بررسی و تجزیه و تحلیل این رخداد در محدوده شهر، از داده‌های آمار یازده‌ساله ایستگاه سینوپتیک شهر کرمان بهره گرفته شد. توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ در این آمار توسط نرم‌افزار SMADA به‌عنوان بهترین توزیع انتخاب شد.

جدول ۴. دبی اوج براساس دوره‌های بازگشت مختلف در شهر کرمان

دبی پیک (برحسب متر مکعب بر ثانیه)				
۲۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	حوضه
۴/۵۴	۱۰/۳۲	۳۷/۱۳	۶۵/۷	شهر کرمان

با استفاده از رابطه ۴ دبی اوج برآورد شد. با استفاده از روش ساده استدلالی، بارندگی بر سطح شهر یکنواخت و مدت بارش برابر زمان تمرکز در یک نقطه از خروجی سیلاب شهر فرض شد.

$$Qp = 0 / 287.CiA \quad (4)$$

Q: حداکثر دبی رواناب، C: ضریب رواناب که با استفاده از جداول تجربی به دست می‌آید، i: شدت بارش و A: مساحت سطح حوضه آبریز است.

تعیین زمان تمرکز، از گام‌های نخست برای محاسبه آب‌های سطحی حوضه‌های شهری محسوب می‌شود. رابطه کرپیچ به صورت گسترده برای تعیین زمان تمرکز جریان‌های سطحی و مجرای در حوضه‌های شهری استفاده می‌شود که در این پژوهش نیز از آن استفاده شده است.

$$TC = 0.0078 * L^{0.78} / S^{0.385} \quad (5)$$

برای محاسبه زمان تمرکز (Tc) برحسب دقیقه، طول حوضه (L) برحسب متر و شیب آبراهه (S) برحسب درصد استفاده شده است.

جمع‌آوری، آماده‌سازی، پردازش و ساخت نقشه معیارها

همه لایه‌های اطلاعاتی عوامل و عوارض نقشه‌های معیار برای مناطق چهارگانه شهر کرمان، براساس سیستم تصویر UTM زون ۴۰ شمالی و مبنای بیضوی مرجع WGS1984 پروژکت شد. بدین منظور در آغاز کار، مرز قلمرو پژوهش (شهر کرمان) براساس تقسیمات کشوری در نظر گرفته شد. با توجه به در دسترس بودن تصاویر Landsat7 (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر و ۳۰ متر)، از آنها برای بهنگام‌سازی برخی لایه‌های مورد نیاز نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ استفاده شد. با تعیین مجموعه‌ای از معیارها باید هر معیار به صورت یک لایه نقشه در ArcGIS نشان داده شود. از لایه‌هایی که معرف معیارهای جوی، محیطی و انسانی مؤثر بر رواناب سطحی است، با عنوان نقشه‌های معیار نام برده شده است. پس از مشخص شدن معیارها، نقشه هر کدام از آنها در محیط ArcGIS پردازش و آماده شد.

فرایند تهیه نقشه‌های پایه و تحلیل فضایی آب‌گرفتگی معابر در هر منطقه

ماتریس اعداد فازی به همراه وزن‌های نهایی استخراج شده از متلب با استفاده از AHPFuzzy تهیه شد (جدول ۵). برای طولانی نشدن مطلب، از آوردن جدول‌های ریز ماتریس عوامل مذکور، به تفکیک خودداری می‌شود. در جدول‌های ۷ تا ۱۰، دبی اوج براساس دوره‌های بازگشت مختلف آمده است. در گام بعدی، هر یک از لایه‌ها براساس وزن‌های به دست آمده از AHPFuzzy در ArcGIS پهنه‌بندی شد.

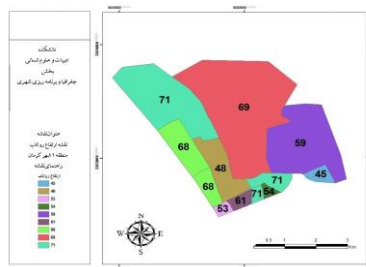
جدول ۵. ماتریس اعداد فازی عوامل اصلی به همراه وزن آنها

معیارها	عوامل جوی	عوامل محیطی	عوامل انسانی	وزن نهایی
عوامل جوی	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۳)	(۳، ۵، ۷)	۰/۲۶۱
عوامل محیطی	(۱/۳، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)	(۳، ۵، ۷)	۰/۴۱۱
عوامل انسانی	(۱/۷، ۱/۵، ۱/۳)	(۱/۷، ۱/۵، ۱/۳)	(۱، ۱، ۱)	۰/۳۲۸

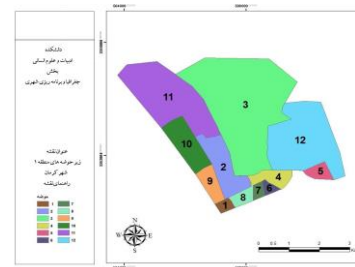
هر منطقه به چند زیرحوضه تقسیم شد (شکل‌های ۲-الف، ۳-الف، ۴-الف و ۵-الف). برآورد پارامترهای مورد نیاز در آنها مطابق روش‌های بالا انجام گرفت. شماره منحنی با توجه به نقشه‌های کاربری‌ها و گروه‌های هیدرولوژیک خاک از طریق میانگین وزنی و شرایط رطوبتی متوسط خاک محاسبه شد؛ سپس زمان تمرکز در زیرحوضه‌های هر منطقه به روش کریج نیز محاسبه شد (جدول ۶). در نهایت با استفاده از ArcGIS، نقشه‌های نفوذپذیری و کاربری‌ها تهیه شد و با استفاده از روابط SCS نقشه ارتفاع رواناب برای زیرحوضه‌های هر منطقه از شهر کرمان به دست آمد (شکل‌های ۲-ب، ۳-ب، ۴-ب و ۵-ب). این جدول برای سه منطقه دیگر نیز محاسبه شد. به دلیل محدودیت جا، از آوردن آنها خودداری شد.

جدول ۶. زمان تمرکز در زیرحوضه‌های منطقه ۱

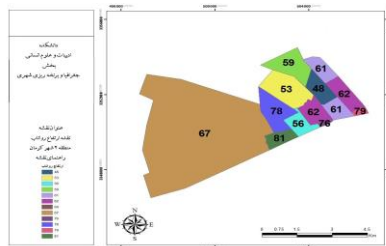
زیرحوضه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
زمان تمرکز کریج (دقیقه)	۱۲	۹/۱	۱۸/۱۷	۱۲/۰۹	۸/۳	۷/۸۲	۶/۲۸	۹/۹۱	۱۴/۳	۱۳/۶۱	۱۷/۲	۱۸/۴
CN	۹۶	۹۷	۹۵	۹۴/۴	۹۶/۳	۹۷	۹۷/۹	۹۷/۵	۹۸	۸۵/۷	۹۰/۵	۹۴/۳



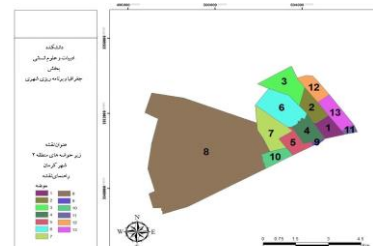
شکل ۲-ب. نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۱



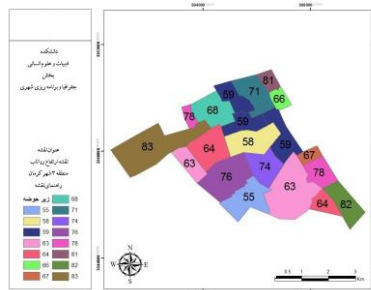
شکل ۲-الف. نقشه زیرحوضه‌های منطقه ۱



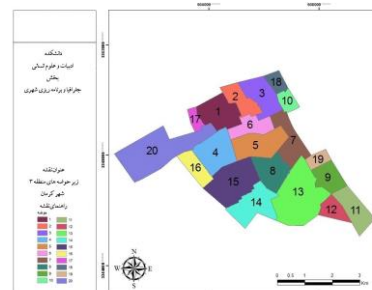
شکل ۳-ب. نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۲



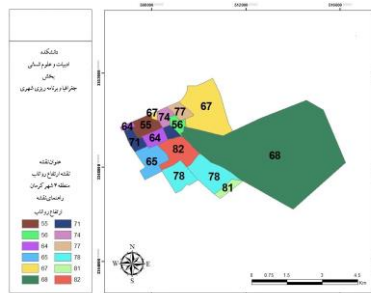
شکل ۳-الف. نقشه زیر حوضه‌های منطقه ۲



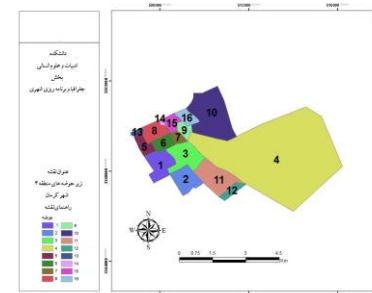
شکل ۴-ب. نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۳



شکل ۴-الف. نقشه زیرحوضه‌های منطقه ۳



شکل ۵-ب. نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۴



شکل ۵-الف. نقشه زیرحوضه‌های منطقه ۴

بحث

تحلیل پراکنش فضایی آب‌گرفتگی معابر در زیرحوضه‌های منطقه ۱

ضریب متوسط رواناب زیرحوضه‌های باران‌گیر منطقه تحقیق با توجه به شرایط، بین ۰/۵۴ تا ۰/۹۱ به‌دست آمد. میانگین کل ضریب رواناب در زیرحوضه‌های منطقه ۱، در حدود ۰/۷۶ محاسبه شد. همان‌طور که در نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۱ (شکل ۲-ب) شهر کرمان مشاهده می‌شود، زیرحوضه‌های ۱۱، ۴ و ۷ این منطقه با ارتفاع رواناب ۷۱ میلی‌متر به‌عنوان مشکل‌سازترین زیرحوضه‌ها از نظر بیشترین خطر ارتفاع رواناب و آب‌گرفتگی مطرح‌اند؛ در حالی که زیرحوضه‌های ۲ و ۵ به‌ترتیب با ارتفاع رواناب ۴۸ و ۴۵ میلی‌متر با کمترین خطر رواناب سطحی در این منطقه مواجه‌اند (شکل ۶).

جدول ۷. مقادیر ضریب رواناب، ارتفاع رواناب، حداکثر دبی لحظه‌ای و حجم رواناب زیرحوضه‌های منطقه ۱

زیرحوضه	مساحت (هکتار)	نوع حوضه	مساحت (km ²)	طول حوضه (m)	ضریب رواناب (به %)	حداکثر دبی لحظه‌ای (Qp) (m ³ /s)	ارتفاع رواناب (R) (mm)	حجم رواناب (Q) (m ³)
۱	۲۰۰۷	غیرهیدرولوژیک	۰/۲۰۷	۴۴۵	۶۵/۳	۶/۵	۵۳/۱	۸۵۶۴
۲	۱۶۷/۸	غیرهیدرولوژیک	۱/۶۸۸	۲۲۲۳	۷۸/۷	۵/۸	۴۸/۷	۹۳۵۲
...								
۱۲	۶۱۲/۴	هیدرولوژیک	۶/۱۲۴	۲۷۳۰	۸۶/۲	۸/۱	۵۹/۷	۱۰۵۳۴

تحلیل پراکنش فضایی آب‌گرفتگی معابر در زیرحوضه‌های منطقه دو

میانگین کل ضریب رواناب در زیرحوضه‌های منطقه ۲ حدود ۰/۸۲ محاسبه شد. همان‌طور که در نقشه ارتفاع رواناب منطقه دو شهر کرمان مشاهده می‌شود (شکل ۳-ب)، زیرحوضه‌های ۱۰، ۱۱ و ۷ منطقه شهری به ترتیب با ارتفاع رواناب ۸۱، ۷۹ و ۷۸ میلی‌متر، به‌عنوان مشکل‌سازترین زیرحوضه‌ها از نظر بیشترین خطر، و زیرحوضه‌های ۲ و ۶ به ترتیب با ارتفاع رواناب ۴۸ و ۵۳ میلی‌متر در پایین‌ترین سطح خطر رواناب سطحی در این منطقه مطرح‌اند (شکل ۷).

جدول ۸. مقادیر ضریب رواناب، ارتفاع رواناب، حداکثر دبی لحظه‌ای و حجم رواناب زیرحوضه‌های منطقه ۲

زیرحوضه	مساحت (هکتار)	نوع حوضه	مساحت (km ²)	طول حوضه (m)	ضریب رواناب (به %)	حداکثر دبی لحظه‌ای (Qp) (m ³ /s)	ارتفاع رواناب (R) (mm)	حجم رواناب (Q) (m ³)
۱	۴۰۳/۸	غیرهیدرولوژیک	۴/۰۳۸	۱۱۲۱	۵۶/۳	۷/۵	۶۱/۱	۶۲۱۴
۲	۴۸۲/۳	غیرهیدرولوژیک	۴/۸۲۳	۱۷۷۴	۷۹/۷	۸/۸	۴۸/۷	۳۵۶۱
...								
۱۳	۶۱۲/۱	غیرهیدرولوژیک	۶/۱۲۱	۱۹۴۹	۷۷/۴	۶/۳	۶۲/۳	۲۳۶۴

تحلیل پراکنش فضایی آب‌گرفتگی معابر در زیرحوضه‌های منطقه سه

ضریب متوسط رواناب زیرحوضه‌های باران‌گیر منطقه تحقیق با توجه به شرایط، بین ۰/۵۵ تا ۰/۹۴ به‌دست آمد. میانگین کل ضریب رواناب در زیرحوضه‌های منطقه ۳ حدود ۰/۸۱ محاسبه شد. همان‌طور که در نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۳ شهر کرمان مشاهده می‌شود (شکل ۴-ب)،

زیرحوضه‌های ۲۰، ۱۱ و ۱۸ این منطقه به ترتیب با ارتفاع رواناب ۸۳، ۸۲ و ۸۱ میلی‌متر، مشکل‌سازترین زیرحوضه‌ها از نظر بیشترین خطرند و زیرحوضه‌های ۱۴ و ۵ به ترتیب با ارتفاع رواناب ۵۵ و ۵۸ میلی‌متر در پایین‌ترین سطح خطر رواناب سطحی مطرح‌اند (شکل ۸).

جدول ۹. مقادیر ضریب رواناب، ارتفاع رواناب، حداکثر دبی لحظه‌ای و حجم رواناب زیرحوضه‌های منطقه ۳

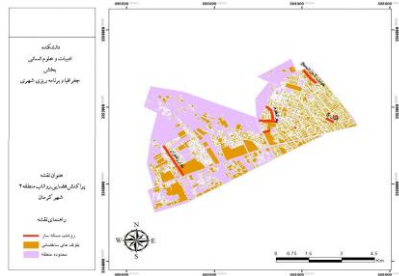
زیرحوضه	ضریب رواناب (%)	حداکثر دبی لحظه‌ای (Qp) (m ³ /s)	ارتفاع رواناب (R) (mm)	حجم رواناب (Q) (m ³)
۱	۸۸/۳	۸/۵	۶۸/۱	۳۵۲۶
۲	۸۹/۷	۹/۸	۵۹/۷	۴۶۵۷
...				
۲۰	۹۲/۶	۵/۱	۸۳/۳	۶۴۵۱

تحلیل پراکنش فضایی آب‌گرفتگی معابر در زیرحوضه‌های منطقه ۴

ضریب متوسط رواناب زیرحوضه‌های باران‌گیر منطقه تحقیق با توجه به شرایط، بین ۰/۵۶ تا ۰/۹۴ به دست آمد. میانگین کل ضریب رواناب در زیرحوضه‌های منطقه ۴ حدود ۰/۸۱ محاسبه شد. همان‌طور که از نقشه ارتفاع رواناب منطقه ۴ شهر کرمان مشاهده می‌شود (شکل ۵-ب)، زیرحوضه‌های ۳ و ۱۲ این منطقه به ترتیب با ارتفاع رواناب ۸۲ و ۸۱ میلی‌متر، مشکل‌سازترین زیرحوضه‌ها از نظر بیشترین خطرند و زیرحوضه‌های ۸ و ۹ به ترتیب با ارتفاع رواناب ۵۵ و ۵۶ میلی‌متر در پایین‌ترین سطح خطر رواناب سطحی مطرح‌اند (شکل ۹).

جدول ۱۰. مقادیر ضریب رواناب، ارتفاع رواناب، حداکثر دبی لحظه‌ای و حجم رواناب زیرحوضه‌های منطقه ۴

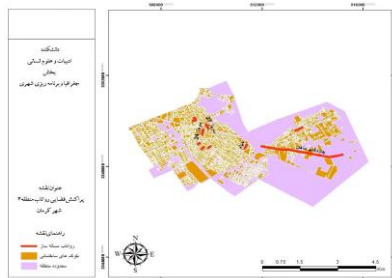
زیرحوضه	مساحت (هکتار)	نوع حوضه	مساحت (km ²)	طول حوضه (m)	ضریب رواناب (به %)	حداکثر دبی لحظه‌ای (Qp) (به m ³ /s)	ارتفاع رواناب (R) (به mm)	حجم رواناب (Q) (به m ³)
۱	۵۰۳،۵	غیرهیدرولوژیک	۵/۰۳۵	۸۴/۳	۱۳۶۹	۷/۵	۶۵/۱	۲۴۵۶
۲	۴۳۱،۶	غیرهیدرولوژیک	۴۰۳۱۶	۹۱/۷	۱۲۷۷	۸/۸	۷۸/۷	۳۶۵۴
...								
۱۶	۲۳۴،۵	غیرهیدرولوژیک	۲/۳۴۵	۶۸/۴	۹۵۱	۴/۲	۷۷/۶	۲۳۵۴



شکل ۷. پراکنش فضایی آب‌گرفتنی در سطح
معايير منطقه ۲



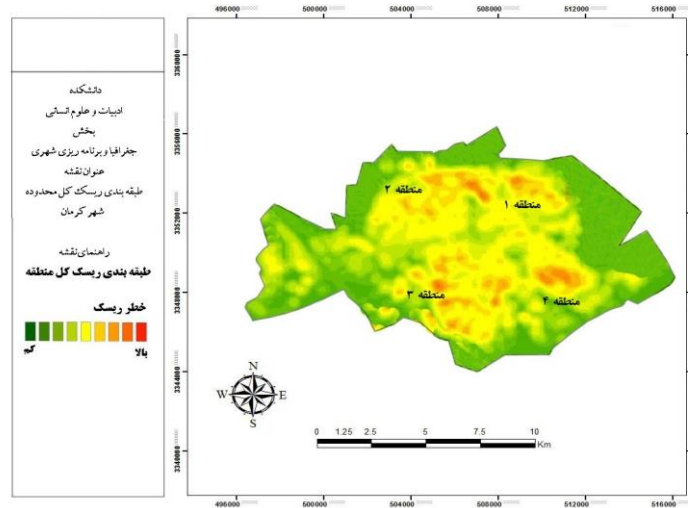
شکل ۶. پراکنش فضایی آب‌گرفتنی در سطح
معايير منطقه ۱



شکل ۹. پراکنش فضایی رواناب‌های مسئله‌ساز
در منطقه ۴



شکل ۸. پراکنش فضایی رواناب‌های مسئله‌ساز در
منطقه ۳



شکل ۱۰. نقشه تلفیقی توزیع و طبقه‌بندی محدوده‌های خطر آب‌گرفتنی معابر در شهر

با تهیه نقشه تلفیقی خطر رواناب و آب‌گرفتگی در شهر کرمان، توزیع مناطق کم‌خطر تا پرخطر مشخص شد (شکل ۱۰). براساس نقشه مذکور، در بین مناطق چهارگانه شهر کرمان، در دامنه زمانی تحقیق (۹۵-۱۳۹۱) منطقه ۳ بیشترین معابر دچار آب‌گرفتگی را داراست؛ از این‌رو خطر آب‌گرفتگی معابر در این منطقه از بقیه مناطق بیشتر ارزیابی شد.

نتیجه‌گیری

براساس نقشه تلفیقی توزیع و طبقه‌بندی خطر آب‌گرفتگی در مناطق چهارگانه شهر کرمان و با توجه به تطبیق یافته‌های این پژوهش با مشاهدات عینی محققان، نتایج نهایی تجزیه و تحلیل وضعیت آب‌گرفتگی معابر در مناطق چهارگانه شهر کرمان در جدول ۱۱ آورده شده است. با توجه به اینکه تاکنون چنین تحقیقی در خصوص خطر آب‌گرفتگی معابر در شهر کرمان انجام نگرفته، نتایج این تحقیق می‌تواند شهرداری کرمان را در رفع مشکل آب‌گرفتگی پرخطر در معابر مناطق مختلف این شهر کمک کند.

جدول ۱۱. خطر آب‌گرفتگی براساس درجه‌بندی و اهمیت معابر در مناطق چهارگانه

منطقه	خطر آب‌گرفتگی براساس درجه‌بندی میزان و اهمیت (خیابان‌های اصلی: درجه ۱ و خیابان‌های فرعی و کوچه‌ها: درجه ۲)	
	معابر درجه ۱	معابر درجه ۲
۱	خیابان‌های محمود اخلاقی، شهدای پیرانشهر، شهید رجایی، شهدای خانوک، بلوار شهید عباس‌پور، شهید باهنر، شهدا، میرزافا کرمانی، فتحعلی‌شاهی، امام خمینی (ره)، بلوار سیدی و شهید نظری‌زاده.	بلوار جانباز ۶، فیروزآبادی ۴، ۱۱، ۲۰ و ۱۸، باستانی پاریزی ۳، دادبین ۲ و ۳، مهدیه ۴۸ و ۵۸، مدیریت ۳۷، فلسطین ۱۱ و فیروزه ۱۳.
۲	بلوار رضوان، خیابان بحرالعلوم، بلوار کوثر، خیابان ثامن‌الحجج و بلوار پرستار.	خیابان اقبال ۵، بلوار حمزه ۱۷، بلوار جهاد کوچه‌های ۱۷ و ۲۰.
۳	شانزده متری آسیاب قدیم، استاد مطهری ۵، ۸، ۱، ۴، ۱۳، ۴۱، ۳۹، ۴۵، ۴۷، نشاط، استقلال ۳، ۵، ۷، ۱۶، ۱۰، ۱۲، مالک اشتر ۱۲، ۱۴، ۱۸، ۲۰، ۲۲، ۱۷، ۲۳، ۲۵، ابوذر ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۲۰، ۲۲، ۳۳، ۳۹، ۳۷، ۳۲، ۴۰، ۴۲، ۳۴، ۳۶، ابوذر شمالی ۷۰، ۷۲، ۶۶، ۶۵، ۶۸، شیخ احمد کافی ۵، ۹، ۱، ۲۰، ۶، ۲، ۴، ۱۲، ۱۴، ۱۸، ۲۲، بلوار شهرک شهید مطهری، گلدشت ۴، ۳، ۵، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۲، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۹، ۳، ۲۴، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۴۸، ۵۰، ۳۲، ۲۰، ۳۴، ۳۶، ۳۸، ۱۰، ۲۲، ۸، ۱۰، خیابان چهارده معصوم، پروین اعتصامی، بلوار امام حسین ۲۶ و خواجه کرمانی ۷.	خیابان‌های شهید مصطفی خمینی ۳۹، سرباز ۲۴ و ۲۷، جاده قدیم ماهان، شهید دستغیب ۱۰، ۲۵ و ۲۰، خیابان‌های هفده شهریور ۴۰ و ۴۲، خیام، میرزا آقاخان کرمانی ۴۹، ۵۱، ۵۳، ۵۷، ۵۹، ۶۱، ۴۷، ۳۵، ۳۹، ۶۳، ۶۶، ۵۰، ۵۵، ۳۳، ۲۷، ۲۹ و ۱۹، ۲۳، ۳، ۲۵، ۵، ۵۲، ۵۴، ۵۶، ۵۸، ۶۸، ۷۰، ۷۲، ۷۴، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۴۲، ۳۷، بهزاد ۱۱، ۱۳، ۹، ۳، ۵، ۶، ۲، ۱۰، ۱۲، ۱، ۱۷، ۷۸، ۱۳، ۱۸ و ۱۴.
۴	جاده قدیم ماهان، هفده شهریور ۴۰ و ۴۲، حجتیه، خیام، شانزده متری آسیاب قدیم و شهید یدالله کاظم‌پور.	سرباز ۲۷، شهید دستغیب ۲۰، شهید دستغیب ۲۵، سرباز ۲۴ و شهید دستغیب ۱۰.

منابع

- [۱]. اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۷۸). *جغرافیای طبیعی شهر ۲ (هیدرولوژی و سیل خیزی شهر)*، تهران: انتشارات مسعی.
- [۲]. افشاری آزاد، محمدرضا؛ و پورکی، هاله (۱۳۹۰). «برآورد رواناب سطحی شهر رشت (مطالعه موردی: خیابان شهید قلی پور تا فلکه یخساز)»، *فصلنامه فضای جغرافیایی*، سال ۱۲، ش ۳۷، ص ۱۴۰-۱۲۱.
- [۳]. خلیقی سیگوردی، شهرام؛ و ثقفیان، بهرام (۱۳۸۴). «بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر سیل خیزی با مدل NRCS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز باراندوزچای در آذربایجان غربی)»، *مجله منابع طبیعی ایران*، ش ۵۸، ص ۷۴۲-۷۳۳.
- [۴]. دوزالی، احسان؛ (۱۳۹۱). بررسی روش‌های توسعه کم‌اثر بر رواناب‌های شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [۵]. رادمهر، احمد؛ و عراقی‌نژاد، شهاب؛ (۱۳۹۵). «مدیریت بهینه رواناب شهری با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی»، *نشریه علمی مهندسی عمران و محیط زیست*، دوره ۴۸، ش ۳، ص ۲۴۰-۲۲۷.
- [۶]. رشیدپور، مصطفی؛ یلیمانی، کریم؛ شاهدی، کاکا؛ و کریمی، ولی‌الله (۱۳۹۶). «شبیه‌سازی سیلاب در شبکه زهکشی رواناب سطحی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهری شاهزاده رودخانه بابلسر مازندران)»، *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، سال ۸، ش ۱۵، ص ۲۲۳-۲۱۳.
- [۷]. سلاجقه، علی؛ فروتن، الهام؛ مهدوی، محمد؛ احمدی، حسن؛ شریفی، فرود؛ و ملک‌محمدی، بهرام؛ (۱۳۹۱). «برآورد رواناب در حوضه‌های آبخیز شهری با استفاده از مدل‌های تحلیلی (مطالعه موردی: بخشی از منطقه ۲۲ شهر تهران)»، *نشریه آب و فاضلاب*، دوره ۲۳، ش ۸۱، ص ۵۶-۴۷.
- [۸]. علیزاده، امین (۱۳۸۰). *اصول هیدرولوژی کاربردی*. چ سیزدهم، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).
- [۹]. محمدی، مجتبی؛ خزایی موغانی، سولماز؛ و بردی‌شیخ، واحد؛ (۱۳۸۹). «کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت برآورد ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی». تهران: همایش ژئوماتیک. COI: Geo89_026.

- [۱۰]. مقدم، مانی (۱۳۹۱). تعیین پارامترهای انعطاف‌پذیری برای مدیریت پایدار ریسک در شبکه‌های زهکشی شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی عمران (هیدرولیک)، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [۱۱]. مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۴). *دانش مخاطرات (برای زندگی با کیفیت بهتر)*. تهران: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران.
- [۱۲]. ملائکه‌پور شوشتری، سید محمد مهدی (۱۳۹۱). مدل بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت به‌هم‌پیوسته سیلاب شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی عمران (هیدرولیک)، تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [۱۳]. یعقوب‌زاده، مصطفی؛ اکبریور، ابوالفضل؛ بارانی، غلامعباس؛ و اعتباری، بهروز (۱۳۸۸). (مطالعه HEC_HMS «ارزیابی روش شماره منحنی رواناب به کمک سنجش از دور و مدل موردی: حوضه آبخیز منصورآباد بیرجند»). *نشریه تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران*، سال ۷، ش ۲، ص ۷۳-۸۹.
- [14]. Chen, J.; & Adamas, B. (2007). "Development of analytical models for estimation of urban stormwater runoff", *Journal of Hydrology*, 336, pp: 458-469. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.01.023.
- [15]. Cheng, X.T. (2010). "Urban water disasters and strategy of comprehensive control of water disaster", *Journal of Catastroph*, 25, pp: 10-15. doi.org/j. Catastroph.2010.
- [16]. Coffman, L. (1999). *Low-impact development design strategies, an integrated design approach*, Department of environmental resources, Washington D.C: U.S. Environmental Protection Agency. 841b66663.
- [17]. Drayton, R.S.; Wild, B.M.; & Haris, J.H. (1992). "Geographical Information System approach to distributed modeling", In: *Terrian Analysis and Distributed Modeling in Hydrology*, Ed. K.J. Beven, I. D. Moore, John wiley & Sons, UK.
- [18]. Foody, G.M. (1992). "On the compensation for chance agreement in Image classification accuracy assessment", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, pp: 1459-1460. Doi.0099-1112/92/5810-1459.
- [19]. Huong, H.T.L.; & Pathirana, A. (2013). "Urbanization and climate change impacts on future Urban Flooding in Can Tho city, Vietnam". *Hydrology and Earth System Sciences*, 17, pp: 379-394. doi:10.5194/hess-17-379-2013.
- [20]. James, D.M.; Kim, H.; Kjeldsen, T.R.; Packman, J.; Grebby, S.; & Dearden, R. (2014). Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover, *Journal of Hydrology*, 515, pp: 59-70. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.04.011.
- [21]. Kumar, S.; Ranta, M.J.; Praveen, T.V.; & Kumar, V. (2010). "Analysis of the Run off for Watershed Using SCS-CN Method and Geographic Information Systems", *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2, pp: 3947-3654. doi.org/10.1016/j.jestch.2010.

-
- [22]. Schmitt, T.; Thomas, M.; & Etrich, N. (2004). "Analysis and modeling of flooding in urban drainage system", *Journal of Hydrology*, 299, pp: 300-311. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.
- [23]. Smith, M.B. (2006). "Comment on Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems", *Journal of Hydrology*, 317(3), pp: 355-363. DOI:10.1016/j.jhydrol.2005.05.027.
- [24]. Wang, S.; Shaozhong, K.; Lu, Z.; & Fusheng, L. (2008). "Modeling hydrological response to different land use and climate change scenarios in the zamu river basin of northwest China", *Journal Hydrological Processes*, 14, pp: 2502-2510. DOI.10.1002/hyp.6846.