شناسایی مناطق مستعد آبگرفتگی برای جمع‌آوری رواناب شهری با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان

محمد رستمی خلج[۱]، امید رحمتی[۲]، علی دسترنج[۱]، حمزه نور[۱]

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹

چکیده

رواناب حاصل از بارندگی در مناطق شهری یکی از منابع آب قابل‌استفاده است که به دلیل عدم توجه و مدیریت صحیح از دسترس خارج می‌شود. علاوه بر این رواناب مازاد بر ظرفیت زهکش‌های شهری باعث ایجاد مشکلات فراوان ازجمله آبگرفتگی و آلودگی محیط‌زیست شهری می‌شود. لذا استفاده ازاین‌رواناب می‌تواند علاوه بر تأمین بخشی از آب موردنیاز در مناطق شهری باعث کاهش آبگرفتی و سیل شهری شود که سامانه‌های استحصال آب باران می‌تواند در این زمینه نقش‌آفرینی کند. هدف از این مطالعه پتانسیل‌یابی مناطق مستعد جهت جمع‌آوری رواناب شهری با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان است. برای این منظور ۴۶ نقطه آبگرفتگی در شهرک امام علی (ع) شهر مشهد برداشت شد و به‌صورت کاملاً تصادفی ۳۲ نقطه برای گروه آموزش مدل و ۱۴ نقطه برای گروه اعتبار سنجی مدل انتخاب گردید. همچنین از متغیرهای پیش‌بینی کننده ارتفاع، شیب، تراکم کانال‌های زهکشی، فاصله از کانال‌های زهکشی و کاربری اراضی برای اجرای مدل ماشین بردار پشتیبان استفاده گردید. نتایج نشان داد کلاس‌های پتانسیل زیاد و خیلی زیاد برای جمع‌آوری رواناب به ترتیب ۱۱/۶۳ و ۴/۴۹ درصد کل منطقه را شامل می‌شود. بخش‌های مرکزی و شمال شرقی پتانسیل بیشتری برای جمع‌آوری رواناب شهری دارند درحالی‌که بخش‌های غربی، شرقی و جنوبی دارای کمترین پتانسیل جمع‌آوری رواناب هستند. همچنین ارزیابی عملکرد مدل ماشین بردار پشتیبان در مرحله آموزش ۸۷/۸ درصد و در مرحله اعتبارسنجی ۸۰ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده عملکرد "بسیار خوب" مدل است.

واژه‌های کلیدی: آبگرفتگی، استحصال آب، پتانسیل‌یابی، رواناب شهری، مدل ماشین بردار پشتیبان

مقدمه

با گذشت زمان و توسعه شهرنشینی و رشد روزافزون جمعیت، نیاز به منابع آبی افزایش یافته است ازاین‌رو استحصال آب باران برای تأمین بخشی از نیاز آبی به‌طور گسترده‌ای موردتوجه قرارگرفته است. با افزایش تنش آبی استفاده از سطوح آبگیر باران یک راه حل مناسب و مؤثر برای کاهش مصرف آب نه‌تنها در مناطق خشک و نیمه‌خشک (Ammar et al., 2016 ؛ Al-Batsh et al., 2019) بلکه در مناطق شهری (Campisano & Lupia, 2017; Petit-Boix et al., 2018) می‌باشد. علاوه بر مزایای گفته شده در بالا استفاده از سطوح آبگیر در مناطق شهری باعث کاهش خطر سیل و آبگرفتگی ناشی از وقایع

[1] نویسنده مسئول: محمد رستمی خلج m.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

بارندگی در سطح شهر می‌شود (Coombes & Barry, 2008; Steffen et al., 2013). یکی از مهم‌ترین مراحل استفاده و به‌کارگیری از سطوح آبگیر باران شناسایی مناطق مستعد و دارای پتانسیل است. با استفاده از روش‌های مختلف مکان‌یابی مناطق دارای پتانسیل می‌توان در وقت و هزینه صرفه‌جویی کرد و احتمال شکست پروژه را به حداقل رساند (نظریان و همکاران، ۱۳۹۴) زیرا در این روش‌ها سعی شده است تا اکثر عوامل مؤثر در مکان‌یابی وارد مدل شود. Mbilinyi و همکاران (2007) برای پتانسیل‌یابی مناطق مستعد برای احداث سامانه‌های سطوح آبگیر باران از روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره استفاده کردند. اخضری و همکاران (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز گلبهار مشهد با استفاده از یک مدل مفهومی بین بارندگی و پتانسیل رواناب ارتباط ایجاد کردند و سپس با استفاده از GIS نقشه پتانسیل رواناب جهت استحصال آب باران تهیه شد. در نهایت مناطق دارای پتانسیل استحصال رواناب براساس شاخص‌های اقتصادی در هر زیر حوضه اولویت‌بندی گردید. تحویلی و همکاران (۱۳۹۶) برای مکان‌یابی پتانسیل استحصال آب باران در مناطق خشک از روش TOPSIS در دشت انارک استفاده کردند. معیارهای مورداستفاده در این مطالعه شامل: تناسب باهدف، دقت و سهولت دسترسی، میزان پذیرش در جوامع محلی، هزینه و زمان می‌باشد. Islam و همکاران (2020) برای مدل سازی حساسیت سیل از مدل‌های ماشینی یادگیری در بنگلادش استفاده کردند. نتیجه نشان داد مدل SVM نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد. Tehrany و همکاران (۲۰۱۵) از مدل ماشین بردار پشتیبان برای مدل سازی حساسیت سیل استفاده کردند. برای این منظور کرنل های مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد در منطقه مورد مطالعه ارتفاع و شیب پارامترهای تاثیر گذار بودند و کرنل RBF نسبت به سایر کرنل‌ها کارآمدتر است.

در مناطق شهری برای پتانسیل‌یابی مناطق مناسب جهت استحصال آب باران از روش‌های توسعه کم اثر (LID) استفاده‌شده است (Bai et al., 2019; Kourtis et al., 2018). در روش‌های LID از یک مدل آبشناختی جهت برآورد میزان رواناب استفاده می‌شود و سپس روش‌های مختلف استحصال آب باران و تأثیر آن‌ها روی مقادیر کاهش رواناب بررسی می‌شود. Kim و همکاران (2016)، اثر فضای سبز و نوع اراضی سیل گرفته بر احتمال سیل در شهر سئول را بررسی کردند. Zhang و همکاران (2015)، تأثیر تغییر فضای سبز شهری بر رواناب در پکن، چین را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان می‌دهد که فضای سبز پکن از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در حدود ۱۹۹ کیلومترمربع کاهش یافته و لکه‌های قبلی بیش‌ازپیش مجزا شده و از هم منفصل شده‌اند. حجم رواناب ناشی از بارش که توسط فضای سبز شهری کنترل می‌شود با افزایش بارش‌های تابستانه، ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. Qin و همکاران (2013)، تأثیرات طراحی بهینه شهری بر دبی سیلاب در شرایط مختلف بارش را ارائه دادند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تمام سناریوهای LID در نظر گرفته‌شده، در کاهش سیلاب در بارش‌های شدیدتر و کوتاه‌تر، منجر به کاهش معنی‌دار رواناب شدند. همتی و معتمد وزیری (۱۳۹۳)، اقدام به مدیریت رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM در حوزه آبخیز شهر سمنان نمودند. نتایج تحقیق حاکی از این بوده است که ۱۰ گره در تمام دوره بازگشت‌ها و ۴ گره در بازگشت ۵ تا ۱۰۰ سال دچار حالت سیلابی می‌باشند. لنگری و همکاران (۱۳۹۳)، کاربرد روش‌های توسعه کم(LID) بر رواناب شهری در شهر بجنورد را بررسی کردند. نتایج نشان داد سناریوهای ترکیبی عملکرد مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهد بطوریکه باعث کاهش قابل‌توجه رواناب و آلودگی حوضه می‌شود. جمع‌بندی مرور منابع نشان داد روش‌های توسعه کم اثر می‌تواند باعث بهبود در کمیت و کیفیت رواناب شهری شود. همچنین مدل SWMM می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید در مدیریت رواناب شهری مورداستفاده قرار گیرد.

ازاین‌رو هدف از این مطالعه: ۱) شناسایی مناطق دارای پتانسیل آبگرفتگی جهت جمع‌آوری رواناب شهری؛ ۲) تعیین کارایی دقت مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس روش منحنی راک می باشد.

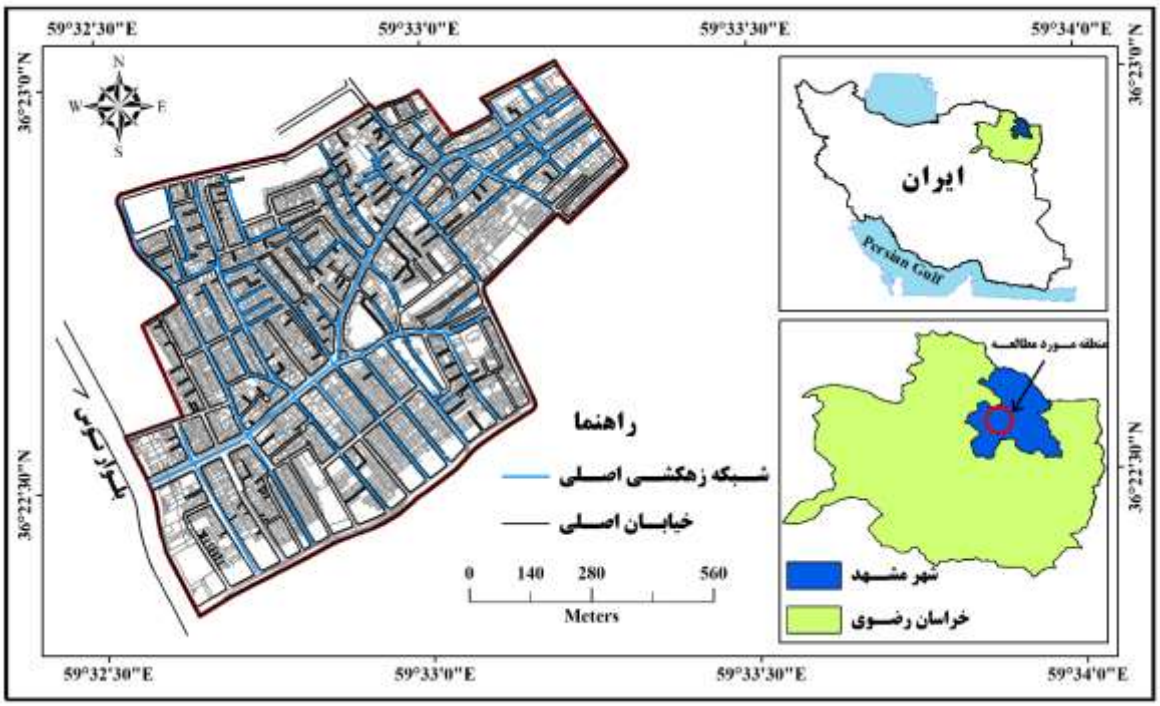
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد در شمال شرق ایران با مساحت ۲۰۴ کیلومترمربع و در حوزه آبریز کشف رود بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع‌شده است. ارتفاع شهر مشهد از سطح دریا ۹۸۵ متر است. آب‌وهوای مشهد معتدل و متغیر است به‌طوری‌که میزان نزولات جوی در ارتفاعات و سطح دشت تفاوت زیادی دارد که در ارتفاعات هزار مسجد ۸۰۰ میلی‌متر و در سطح دشت مشهد متوسط ۲۵۰ میلی‌متر در سال گزارش شده است. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کمترین آن در زمستان ۱۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌باشد. شهرک امام علی(ع) در منطقه دو ناحیه شش شهرداری مشهد، با وسعت ۸۲/۳ هکتار بین مختصات جغرافیایی ″۲۰ ′۲۲ °۳۶ تا ″۱۶ ′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).

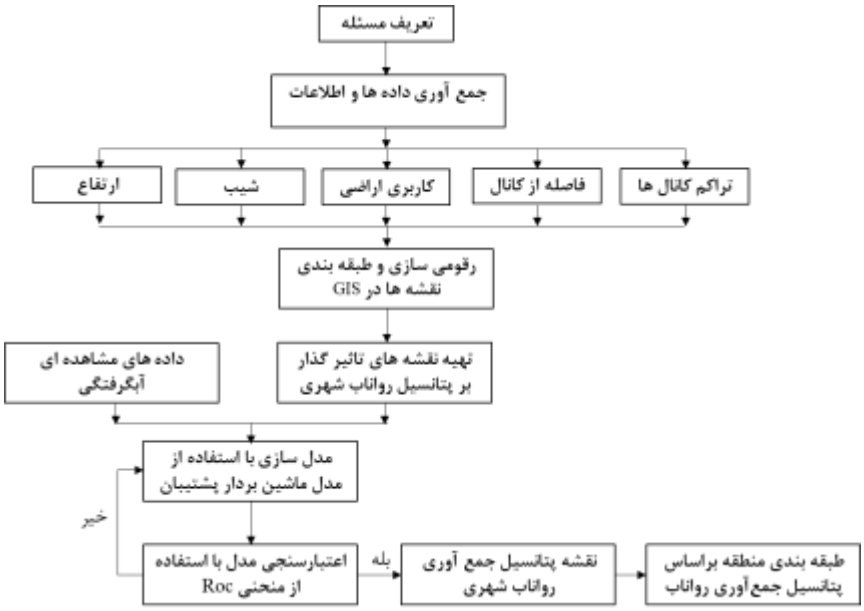


شکل(۱): موقعیت منطقه موردمطالعه

داده‌های مورداستفاده

در این تحقیق، برای مشخص کردن مناطقی که دچار آب‌گرفتگی هستند برای سه واقعه بارندگی به منطقه مراجعه شده و ۴۶ نقطه که در سه واقعه دارای مشکل آب‌گرفتگی بودند مشخص گردید. قطعاً اطلاعات مربوط به موقعیت آب‌گرفتگی‌ها به‌صورت کامل ثبت نشده است و اطلاعات زیادی از رخدادهای آبگرفتگی شهری ازدست‌رفته است. درنهایت، تعداد ۴۶ نقطه آبگرفتگی در شهرک امام علی (ع) مشهد ثبت شد و در مدل‌سازی این تحقیق مورداستفاده قرار گرفت. این داده‌ها به‌صورت کاملاً تصادفی به دو گروه آموزش و اعتبارسنجی تقسیم شدند به‌گونه‌ای که گروه آموزش شامل ۷۰ درصد و گروه اعتبارسنجی شامل ۳۰ درصد داده‌ها است. داده‌های گروه آموزش برای شکل‌گیری ساختار مدل و استخراج روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته مورداستفاده قرار می‌گیرد درحالی‌که داده‌های گروه اعتبارسنجی برای تعیین دقت پیش‌بینی مدل در نظر گرفته می‌شود. بطور کلی مراحل اجرای تحقیق در شکل (۲) ارائه شده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]



شکل (۲): مراحل اجرای تحقیق

ازآنجایی‌که برای انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده مدل دستورالعمل مشخصی هنوز ارائه نشده است، متغیرهای پیش‌بینی کننده باید بر اساس مطالعات گذشته انتخاب گردد. متغیرهای پیش‌بینی کننده در این تحقیق عبارت‌اند از: ارتفاع، شیب، تراکم کانال‌های زهکشی، فاصله از کانال‌های زهکشی و کاربری اراضی. لایه‌های رقومی هریک از متغیرها در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 تهیه شد. یک پایگاه داده بر اساس لایه‌ها و اطلاعات دریافتی از شهرداری ساخته شد. لایه مدل رقومی ارتفاع دارای پیکسل سایز ۵ متر بود و لایه‌های ارتفاع و شیب ساخته شدند. بر اساس نقشه ارتفاع، ارتفاع منطقه از ۱۰۰۵ متر تا ۱۰۱۴/۵ متر متغیر است درحالی‌که شیب آن از صفر تا ۱۳/۳ درصد مشاهده می‌شود. نقشه تراکم کانال‌های زهکشی و فاصله از کانال‌های زهکشی با استفاده از ابزارهای Line density و Euclidian distance در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 ساخته شد. همچنین نقشه رستری کاربری اراضی به‌صورت آماده از شهرداری تهیه شد که اخیراً توسط بخش فضای سبز بروز رسانی شده است.

مدل‌سازی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با مدل ماشین بردار پشتیبان

مدل ماشین بردار پشتیبان یکی از مدل‌های ماشینی یادگیری نظارت‌شده است که جهت طبقه‌بندی تفکیک گروه‌ها به کار می‌رود (Wang, 2005). به‌عبارت‌دیگر، پس از مشخص‌شدن عوامل محیطی اثرگذار (متغیرهای مستقل) و وقوع آبگرفتگی (متغیر وابسته)، مدل ماشین‌بردار پشتیبان به تجزیه‌وتحلیل روابط میان آن‌ها پرداخته و داده‌ها را به گروه‌های متمایزی تقسیم می‌کند. به‌طورکلی مدل مزبور دارای مزایای زیر می‌باشد (Bui et al., 2016):

- طبقه‌بندی داده‌های مربوط به شرایط محیطی با حداکثر قابلیت تعمیم
- رسیدن به نقطه بهینه تفکیک داده‌های مربوط به عوامل تأثیرگذار بر وقوع آبگرفتگی
- تعیین خودکار ساختار بهینه برای طبقه‌بندی‌کردن عوامل تأثیرگذار بر وقوع آبگرفتگی
- امکان مدل کردن داده‌های غیرخطی عوامل تأثیرگذار بر وقوع آبگرفتگی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی[۲] (PCA).

[2]. Principal component analysis

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

ماشین بردار پشتیبان، الگوریتمی پیشرفته است که بر اساس شناسایی شرایط مختلف و تعیین توابع مختلف ناپارامتری، حداکثر تفکیک را بین داده‌های محیطی ایجاد می‌کند؛ به‌گونه‌ای که بتوان روابط مختلف میان عوامل محیطی و وقوع آبگرفتگی ایجاد نمود. در این مدل، بردارهای پشتیبان نزدیک‌ترین نقاط به حاشیه ابرصفحه هستند (Pradhan, 2012). اگر داده‌ها (متغیرهای مستقل و وابسته) به‌صورت خطی مجزا از هم باشند، این مدل قادر به ارائه ماشین‌های خطی برای تولید یک سطح بهینه، داده‌ها را با خطای کم و حداکثر فاصله میان صفحه و نزدیک‌ترین نقاط آموزشی (بردارهای پشتیبان)، تفکیک می‌نماید.

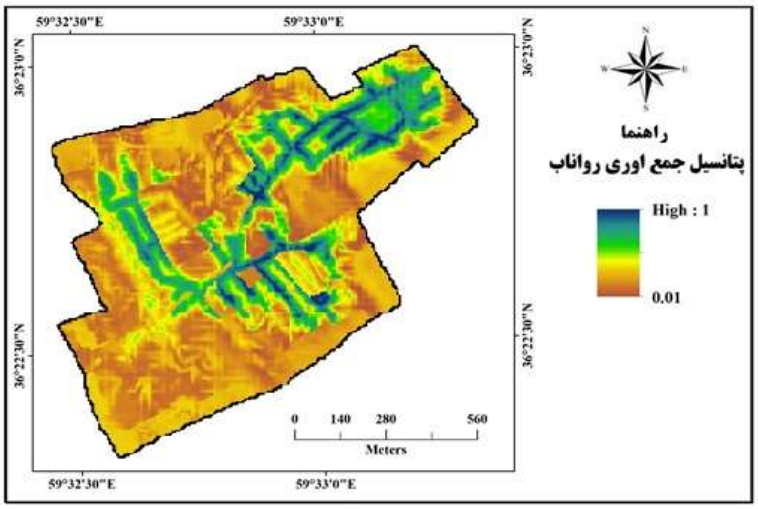
ارزیابی دقت مدل

دقت پیش‌بینی مدل در دو مرحله آموزش و اعتبارسنجی با استفاده از روش منحنی مشخصه عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. مساحت زیر منحنی (AUC) به‌عنوان یکی از معتبرترین روش‌های ارزیابی دقت مدل در این تحقیق محاسبه گردید. ماتریس خطا اساس ترسیم منحنی مشخصه عملکرد است درحالی‌که تعداد زیادی آستانه برای تکمیل ماتریس خطا در چارک‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود. مساحت زیر منحنی، دقت کمی مدل را مشخص می‌نماید و حتی می‌توان دقت پیش‌بینی مدل را ازلحاظ کیفی گروه‌بندی نمود. مساحت زیر منحنی بین هفتاد تا هشتاد درصد نشان‌دهنده دقت خوب، هشتاد تا نود درصد نشان‌دهنده دقت خیلی خوب و بیشتر از نود درصد نشان‌دهنده دقت عالی است. به‌هرحال مساحت زیر منحنی کمتر از هفتاد درصد بیانگر دقت پیش‌بینی متوسط و ضعیف است.

نتایج و بحث

شناسایی مناطق دارای پتانسیل آبگرفتگی شهری

نقشه پتانسیل آبگرفتگی شهری و جمع‌آوری رواناب حاصل از مدل ماشین بردار پشتیبان در شکل (۳) نشان داده شده است. همان‌گونه که مشخص است، بخش‌های مرکزی و شمال شرقی دارای پتانسیل بیشتری برای جمع‌آوری رواناب شهری دارند (بخش‌های آبی‌رنگ) درحالی‌که بخش‌های غربی، شرقی و جنوبی دارای کمترین پتانسیل جمع‌آوری رواناب هستند (شکل ۳). بخش‌های آبی‌رنگ برای پروژه‌های جمع‌آوری رواناب شهری دارای بالاترین اولویت هستند. این بخش‌ها غالباً دارای شیب کم و مساحت بالادست (مساحت ایجادکننده رواناب در بخش‌های مرتفع‌تر) بیشتری هستند.

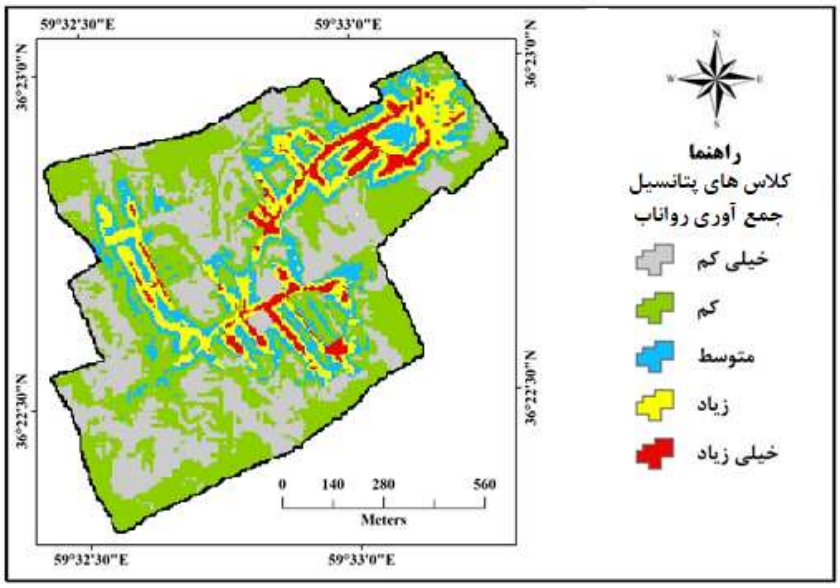


شکل (۳): نقشه پتانسیل جمع‌آوری رواناب

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

پهنه‌بندی از دیدگاه پتانسیل آبگرفتگی شهری و جمع‌آوری رواناب

به‌منظور مدیریت بهتر رواناب‌های سطحی و متمرکز نمودن فعالیت‌های جمع‌آوری رواناب‌ها، نقشه پتانسیل آبگرفتگی به پنج کلاس (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طبقه‌بندی شد (شکل ۴). پهنه‌های دارای پتانسیل زیاد و خیلی زیاد برای اجرای اقدامات نگهداری و ذخیره رواناب شهری بسیار مناسب هستند. مساحت کلاس‌ها در جدول شماره (۱) نشان داده‌شده است. کلاس‌های پتانسیل زیاد و خیلی زیاد به ترتیب ۱۱/۶۳ و ۴/۴۹ درصد کل شهرک امام علی (ع) مشهد را تشکیل داده‌اند. پهنه‌بندی و شناسایی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری رواناب در مدیریت آب شهری و جلوگیری از وقوع خطرات سیل نقش بسیار مفیدی دارد که با نتایج قادری و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. همچنین، طراحی مخازن جمع‌آوری رواناب در مکان مناسب در شهرها می‌تواند کمک شایانی به توسعه فضای سبز نماید این موضوع با نتایج مطالعه صلواتی و همکاران (۱۳۹۶) مطابقت دارد.



شکل (۴): نقشه پهنه‌بندی منطقه موردمطالعه از دیدگاه پتانسیل جمع‌آوری رواناب

جدول (۱): مساحت کلاس‌های پتانسیل آبگرفتگی

کلاس	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
خیلی کم	۲۵/۲۸	۳۰/۳۱
کم	۳۴/۷۳	۴۱/۶۴
متوسط	۹/۹۲	۱۱/۹
زیاد	۹/۷	۱۱/۶۳
خیلی زیاد	۳/۷۵	۴/۴۹

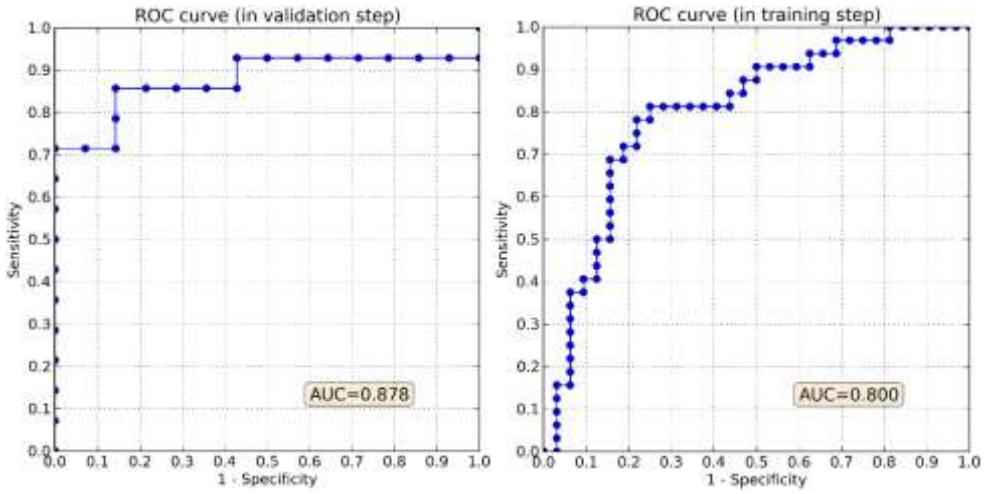
ارزیابی عملکرد مدل

مدل ماشین بردار پشتیبان (SVM) دارای چهار کرنل مختلف است. در این تحقیق از کرنل تابع پایه شعاعی (RBF) استفاده شد زیرا این کرنل در تحقیقات گذشته کارائی مناسبتری نسبت به بقیه کرنل ها داشته است(تهرانی و همکاران، ۲۰۱۵). زمانی که از کرنل تابع پایه شعاعی برای مدلسازی استفاده می‌شود، باید مقدار دو پارمتر گاما و C تعیین گردد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

هرچه مقدار گاما بیشتر باشد، الگوریتم تلاش می‌کند برازش را دقیقاً بر اساس مجموعه داده‌های تمرینی انجام دهد و این امر موجب تعمیم یافتن خطا و وقوع مشکل بیش برازش (Over-Fitting) می‌شود. پارامتر C در برقراری تعادل بین مرزهای تصمیم‌گیری هموار و کنترل طبقه‌بندی داده‌های آموزشی نقش مهمی را ایفا می‌نماید. برای داشتن ترکیبی مؤثر از این پارامترها و پیشگیری از بیش برازش همواره باید آنالیز حساسیت انجام شود و مقدار اعتبارسنجی متقابل (cross validation) را در نظر داشت. در تحقیق حاضر، بهینه‌ترین مقادیر برای پارامترهای گاما و C به ترتیب ۰/۰۵ و ۱ بدست آمد که در این حالت مدل ماشین بردار پشتیبان بهترین پیش‌بینی را ارائه نمود. نتایج ارزیابی عملکرد مدل‌ها نشان داد که مدل ماشین بردار پشتیبان در مرحله آموزش ۸۷/۸ درصد و در مرحله اعتبارسنجی ۸۰ درصد دقت داشت (شکل ۵). بر اساس معیار مساحت زیر منحنی (AUC)، مدل ماشین بردار پشتیبان در هر دو مرحله آموزش و اعتبارسنجی عملکرد "بسیار خوب" داشته است. بنابراین، این مدل قابلیت بالایی در شناسایی مناطق دارای پتانسیل جمع‌آوری رواناب شهری دارد و نتایج آن بر اساس فرایند اعتبارسنجی این تحقیق قابل‌اطمینان است. اگرچه مدل ماشین‌بردار پشتیبان در مطالعات هیدرولوژی مانند پیش‌بینی پارامترهای جریان و رسوب در رودخانه‌ها بسیار زیاد مورداستفاده قرارگرفته است، میزان کارایی مدل در شناسایی مناطق مستعد جمع‌آوری رواناب شهری تاکنون مورد ارزیابی قرار نگرفته است. نتایج این تحقیق با مطالعات Tang و همکاران (۲۰۱۹) که به‌پیش بینی استعداد سیل شهری پرداخته‌اند، مبنی بر کارایی بالای مدل ماشین بردار پشتیبان در این زمینه مطابقت دارد.



شکل (۵): دقت مدل در مراحل آموزش و اعتبارسنجی

نتیجه‌گیری

گسترش شهرنشینی و افزایش سطوح نفوذناپذیر باعث شده تا درزمینه مدیریت رواناب شهری تلاش به سمتی هدایت شود تا با استفاده از روش‌های مختلف ازجمله روش‌های جمع‌آوری آب باران مقدار رواناب شهری را کاهش دهند. زیرا علاوه بر تأمین بخشی از آب موردنیاز می‌توان به کاهش آلودگی، کاهش آبگرفتگی و حتی تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی پرداخت. ازاین‌رو مناطقی که مستعد آبگرفتگی هستند پتانسیل بالایی جهت جمع‌آوری رواناب شهری دارد. به این دلیل که اگر در این مناطق سامانه‌های سطوح آبگیر احداث شود علاوه بر ذخیره آب باران می‌توان میزان آبگرفتگی را به مقدار زیادی

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

کاهش داد. در این مطالعه مناطق مستعد آبگرفتگی جهت جمع‌آوری رواناب شهری از مدل ماشین بردار پشتیبان استفاده شد.

در شهرک امام علی(ع) مشهد حدود ۴/۴۹ درصد با مساحتی حدود ۳/۷۵ هکتار پتانسیل خیلی زیادی جهت جمع‌آوری رواناب شهری را دارند و کلاس‌های زیاد و متوسط نیز به ترتیب مساحتی حدود ۹/۷ و ۹/۹۲ هکتار جهت جمع‌آوری رواناب شهری دارند.

ارزیابی مدل ماشین‌بردار پشتیبان در منطقه موردمطالعه بر اساس معیار مساحت زیر منحنی (AUC)، در مراحل آموزش و اعتبارسنجی انجام شد. ارزیابی عملکرد مدل‌ها نشان داد مدل ماشین بردار پشتیبان در منطقه موردمطالعه کارایی بسیار خوب داشته است که می‌توان از نتایج آن بر اساس فرایند اعتبارسنجی این تحقیق استفاده کرد.

نقشه پتانسیل آبگرفتگی شهری و جمع‌آوری رواناب نشان داد بخش‌های مرکزی و شمال شرقی دارای پتانسیل بیشتری برای جمع‌آوری رواناب شهری هستند. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد این مناطق دارای شیب کم و مساحت ایجادکننده رواناب بیشتری دارند. علاوه بر این اکثر مناطق دارای پتانسیل بالا در اطراف زهکش اصلی شهر قرار دارد که نیاز به توجه بیشتری جهت جمع‌آوری رواناب و طراحی بهتر سیستم زهکشی دارد. علاوه بر این می‌توان نتیجه‌گیری کرد اگر در پروژه‌ها آتی شهرداری احداث پارک یا فضای سبز شهری برای این منطقه وجود دارد بهترین مناطق در بخش مرکزی و شمال شرقی منطقه موردمطالعه قرار دارد. زیرا با احداث فضای سبز در این مناطق هم سطوح نفوذپذیر در این منطقه افزایش پیدا می‌کند و باعث کاهش ریسک آبگرفتگی در منطقه مورد مطالعه می‌شود.

منابع

۱. اخضری، د.، س. افتخاری و ب. شیخ (۱۳۹۴). ارزیابی مکانی مناطق مناسب جمع‌آوری رواناب پتانسیل در سیستم حوزه آبخیز (مطالعه موردی حوزه آبخیز گلبهار خراسان رضوی)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک, ۲۲(۶), ۲۹۵-۳۰۵.

۲. تحویلی، ز.، آ. ملکیان، ح. خسروی و ش. خلیقی سیگارودی (۱۳۹۶). مطالعه مکان یابی پتانسیل استحصال آب باران در مناطق خشک با استفاده از روش TOPSIS ؛ مطالعه موردی دشت انارک، مهندسی آبیاری و آب ایران ۷ (۳)، https://www.civilica.com/Paper-JR_WATER-JR_WATER-7-3_005.html.

۳. قادری، ن.، ک. سلیماتی، ع. کاویان و م. رسیدپور (۱۳۹۴). قابلیت جمع‌آوری رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM (مطالعه موردی: شهر بابلسر). دومین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه ریزی، معماری و شهرسازی. https://www.civilica.com/Paper-GPACONF02-GPACONF02_092.html.

۴. لنگری، م.، م. ر. کاویانپور، ج. بهرامی و ح. کلابی (۱۳۹۳). کاربرد روش‌های توسعه کم اثر بر رواناب شهری مطالعه موردی شهرستان بجنورد، اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، https://www.civilica.com/Paper-ICESCONF01-ICESCONF01_208.html.

۵. نظریان، س.، ع. نجفی نژاد و ن. نورا (۱۳۹۴). ارزیابی مکانی پتانسیل جمع‌آوری آب‌های سطحی در سیستم آبخیز آق‌امام استان گلستان. آب و خاک https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.20490 .29(1), 1-11 .

۶. صلواتی، پ.، ا. فاخری فرد، ا. اسدی و س. اسدی (۱۳۹۶). تحلیل فرایند بارش- رواناب به منظور طراحی مخازن جمع‌آوری آب‌های سطحی برای توسعه فضای سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تبریز). علوم مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، دوره ۴۰، شماره ۲، ۱۱۷-۱۰۳.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

۷. همتی، آ. و ب. معتمدوزیری (۱۳۹۳). مدیریت رواناب شهری با استفاده از مدل SWMM مطالعه موردی: حوزه آبخیز شهر سمنان، کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیطزیست و گردشگری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها، https://www.civilica.com/Paper-ICSDA01-ICSDA01_0648.html.

8. Ammar A., Riksen M., Ouessar M. and Ritsema C. *(2016). Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review*. International Soil and Water Conservation Research, *4(2), 108-120.*
9. Al-Batsh N., Al-Khatib I. A., Ghannam S., Anayah F., Jodeh S., Hanbali G. and van der Valk M. *(2019). Assessment of Rainwater Harvesting Systems in Poor Rural Communities: A Case Study from Yatta Area, Palestine*. Water, *11(3), 585.*
10. Bai Y., Zhao N. and Zeng X. (2019). *Storm Water Management of Low Impact Development in Urban Areas Based on SWMM*. Water. *11, 33.*
11. Bui D.T., Tuan T.A., Klempe H. Pradhan B. and Revhaug I. (*2016) Spatial prediction models for shallow landslide hazards: a comparative assessment of the efficacy of support vector machines, artifial neuralnetworks, kernel logistic regression, and logistic model tree.* Landslides *13, 361-378.*
12. Campisano A. and Lupia F. (*2017). A dimensionless approach for the urban-scale evaluation of domestic rainwater harvesting systems for toilet flushing and garden irrigation*. Urban Water Journal, *14(9), 883-891.*
13. Coombes P. J. and Barry M. E. *(2008). The relative efficiency of water supply catchments and rainwater tanks in cities subject to variable climate and the potential for climate change*. Australasian Journal of Water Resources, *12(2), 85-100.*
14. Islam A. R. M. T., Talukdar S., Mahato S., Kundu S., Eibek K. U., Pham Q. B. and Linh N. T. T. *(2020). Flood susceptibility modelling using advanced ensemble machine learning models*. Geoscience Frontiers.
15. Kim H., Lee D.K. and Sung S. *(2016). Effect of Urban Green Spaces and Flooded Area Type on Flooding Probability*. Journal of Sustainability. *8(14): 2-17.*
16. Kourtis I., Tsihrintzis V. and Baltas E. *(2018). Simulation of Low Impact Development (LID) Practices and Comparison with Conventional Drainage Solutions.* Proceedings. *2, 640.*
17. Mbilinyi B. P., Tumbo S. D., Mahoo H. and Mkiramwinyi F. O. *(2007). GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting.* Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, *32(15-18), 1074-1081.*
18. Petit-Boix A., Devkota J., Phillips R., Vargas-Parra M. V., Josa A., Gabarrell X. and Apul D. *(2018). Life cycle and hydrologic modeling of rainwater harvesting in urban neighborhoods: Implications of urban form and water demand patterns in the US and Spain.* Science of the total environment, *621, 434-443.*
19. Pradhan B. *(2012). A comparative study on the predictive ability of the decision tree, support vector machine and neuro- fuzzy models in landslide susceptibility mapping using GIS.* Comput Geosci *51: 350-365.*
20. Qin H., Li Z. and Guangtao F. *(2013). The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics*. Journal of Environmental Management. *22(8): 1-9.*
21. Steffen J., Jensen M., Pomeroy C. A. and Burian S. J. *(2013). Water supply and stormwater management benefits of residential rainwater harvesting in US cities.* JAWRA Journal of the American Water Resources Association, *49(4), 810-824.*
22. Tang X., Hong H., Shu Y., Tang H., Li J. and Liu W. *(2019). Urban waterlogging susceptibility assessment based on a PSO-SVM method using a novel repeatedly random sampling idea to select negative samples.* Journal of Hydrology, *576, pp.583-595.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]

23. Tehrany M. S., Pradhan B., Mansor S. and Ahmad N. *(2015). Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types*. Catena, *125, 91-101.*
24. Wang L. *(2005) Support Vector Machines: Theory and Applications*. Springer- Verlag, New York.
25. Zhang B., Xie G., Li N. and Wang Sh. *(2015). Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China.* Landscape and Urban Planning. *140: 8–16.*

Identification areas with inundation potential for urban runoff harvesting using the support vector machine model

Mohammad Rostami Khalaj[1*], Omid Rahmati[2], Ali Dastranj[1], Hamzeh Noor[1]

[1] Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
[2] Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Kordestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran

Received: 2020/09
Accepted: 2020/11

Abstract

Rainfall-runoff from urban areas is one of the available water resources, which is wasted due to lack of attention and proper management. Besides, urban runoff excess of drains capacity causing many problems including inundation and urban environmental pollution. Therefore, harvesting this runoff can provide a part of the required water in urban areas, and also reduce flood and urban inundation, thus rainwater harvesting systems can play an important role in this regard. The purpose of this study is identification areas with inundation potential for urban runoff harvesting using the support vector machine model. For this purpose, 46 flood points were collected in Imam Ali (AS) town in Mashhad, and 32 points were randomly selected for the model training plus 14 points for the model validation. The predicting variables such as elevation, slope, drainage density, distance from drainage channels, and land use were used to implement the support vector machine model. The results showed that high and very high potential classes for runoff collection include 11.63% and 4.49% of the total area, respectively. The central and north-eastern parts have more potential for urban runoff harvesting, while the western, eastern, and southern regions have the lowest potential for runoff harvesting. Also, the evaluation performance of the support vector machine model was 87.8% in the training stage and 80% in the validation stage, which indicates that the performance of the model is "very good".
Keywords: inundation, water harvesting, potential detection, urban runoff, support vector machine model

*m.rostamikhalaj@areeo.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1399.8.3.1.0]