پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال سوم، شماره۳، زمستان۱۳۹۳
صص.۱۱۳-۹۵

اثرات تغییر پوشش و کاربری زمین در منطقه تجریش بر رژیم آبدهی رودخانه دربند

منصور جعفر بیگلو* – استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
سیدموسی حسینی – استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
سمانه ریاحی – دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷

چکیده

رودخانه‌های شهری به دلیل افزایش جمعیت و تغییرات پوشش و کاربری زمین در حوضه-های آبخیز آنها درمعرضآسیب‌های گوناگون می‌باشند. رودخانه دربند نیز از این قاعده مستثنی نبوده و در طول نیم قرن گذشته توسعه شهری تهران، رژیم هیدرولوژیکی آن را تحت تأثیر قرار داده است. در این پژوهش با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳٤٥ ، ۱۳۵۸ و تصاویر ETM^+وIkONOSسال ۱۳۸۹،میزان تغییرات پوشش و کاربری اراضی در منطقه تجریش شناساییشده و بر اساس آن‌ها نقشه پوشش و کاربری زمین برای سه دوره زمانی تهیه شده است و با به کارگیری نقشه‌های مذکور،با روش SCSبه تخمین میزان عددیمنحنی و نگهداشت سطحی آباقدام شده است. همچنین با بهره‌گیری از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین‌بردار پشتیبان، مدل‌سازی رواناب و بارش انجام گرفته و از آزمون من کندال به عنوان روشی برای بررسی روند داده‌های دبی و بارش استفاده شده است. با آشکار سازی تغییرات پوشش و کاربری زمین در سه دوره زمانی ،مشخص گردید که سطوح تولید کننده رواناب زیاد در طول این سه دوره افزایش یافته است. در همین راستا شماره منحنی و ضریب رواناب از سال ۱۳٤٥ تا ۱۳۸۹ افزایش یافته و ضریب نگهداشت سطحی از ۱۲۲/٦٦در سال ۱۳٤٥ به ۱۰۷/۲٦در سال ۱۳۵۸ و ۱۰٤/۷٦ در سال ۱۳۸۹ کاهش یافته است. در حالیکه بارش روند افزایشی خاصی نداشته، دبی دارای روند صعودی بوده که علت اصلی آن تغییرات پوشش و کاربری زمین بوده است.

واژگان کلیدی:رودخانه دربند ، پوشش و کاربری زمین ، ماشین‌بردار پشتیبان، شبکه عصبی مصنوعی، روش SCS.

---

*نویسنده مسئول:۰۹۱۲۳۸۷۵۵۶۸ E-mail:mjbeeglou@ut.ac.ir

مقدمه

شهرسازی، تبدیل مناطق طبیعی، جنگلی و کشاورزی به ساخت‌وسازهای شهری (نظیر مناطق تجاری، صنعتی،جاده، خانه‌سازی) است. بنابراین در توزیع فضایی پوشش گیاهی، مقاومت سطح، تبخیروتعرق و در نهایت پاسخ جریان حوضه آبریز تغییر ایجاد می‌شود(کوستا[1] و همکاران،۲۰۰۳ :۲۰۶). گسترش ساخت‌وساز شهری باعث جایگزینی سطوح گیاهی نفوذپذیر به سطوح نفوذ ناپذیر و تغیرات معنادار در جریان حوضه زهکشی می‌شود. این تغییرات باعث می‌شود که نفوذ، دفع توسط تاج درختان و توانایی نگهداری آب در زمین به صورت محلی کاهش یابد (رز [2]و پیتر[3]،۲۰۰۱ : ۱۴۴۱).افزایش شهرنشینی در رژیم جریان پایه ناشی از کاهش میزان تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی تأثیر می‌گذارد (اوت [4]و اوهلنبروک[5]،۲۰۰۴ : ۶۲). تغییر در شبکه زهکشی و محیط فیزیکی باعث افزایش پیک رواناب ناشی از بارش و کاهش نفوذ می‌شود (سیریواندرا [6]و همکاران،۲۰۰۶ : ۱۹۹).نواحی شهری به طور متوسط ۹۰ درصد بارش را به رواناب تبدیل می‌کنند، درحالیکه نواحی غیرشهری مثل جنگل، ۲۵ درصد از بارش را در خود نگه می‌دارد (شان[7] و ویلنسون[8]،۲۰۰۹: ۴۱). کریدورهای رودخانه‌های شهری می‌تواند ارزش‌های طبیعی رو به اضمحلال اکوسیستم شهری را تا حد قابل توجه حفظ نماید. با عنایت به این موضوع احیای رودخانه‌های شهری مستلزم برنامه‌ریزی و طراحی صحیح رودخانه می‌باشد (فرزادبهتاش و همکاران،۱۳۸۹: ۵).

در زمینه مطالعه و بررسی تأثیر تغییر پوشش و کاربری زمین بر رژیم آبدهی رودخانه، پژوهش‌های فراوانی انجام گرفت است. از جمله این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

جدول۱ : پیشینه تحقیق در زمینه تأثیر تغییر پوشش و کاربری زمین بر رژیم آبدهی رودخانه

پدیدآورنده	عنوان	خلاصه‌ی پژوهش	سال
گبرمیکال[9] و همکاران	تحلیل روند شار رواناب و رسوب در بالادست حوضه نیل	افزایش قابل توجه تغییرات پوشش و کاربری اراضی بالادست باعث افزایش سطح رواناب و شار رسوب رود نیل شده‌است.	۲۰۱۳
ژو[10] و همکاران	پاسخ هیدرولوژی به شهرسازی در مقیاس زمانی‌مکانی در منطقه‌ی دلتای رود یانگتز	قابل توجه‌ترین تأثیر شهرسازی در رواناب سطحی، دبی پیک، سطح سیلاب می‌باشد	۲۰۱۳
ویجسکارا[11] و همکاران	ارزیابی تأثیر تغییر کاربری‌های آینده بر فرایندهای هیدرولوژی رودخانه البو	تغییر کاربری اراضی علاوه بر افزایش ریسک سیلاب، تأثیر منفی در تاب‌آوری آب‌سطحی و زیرزمینی خواهدشد داشت.	۲۰۱۲
دو[1]و همکاران	ارزیابی تأثیر شهرسازی در رواناب سالانه و رخدادهای سیلابی با استفاده از سیستم مدلسازی هیدرولوژی مختلط در حوضه	تغییر در پیک دبی و سطح سیل با افزایش سطح نفوذناپذیری که ناشی از شهرسازی می‌باشد، رابطه خطی را نشان می‌دهد و بیان می‌کند سیلاب‌های کوچک به شهرسازی حساس‌تر از سیلاب‌های	۲۰۱۲

1Costa
2Rose
3Peters
4Ott
5Uhlenbrook
6Siriwardena
7Shang
8Wilson
9Gebremicael
10Zhou
11Wijesekara

	رودخانه کینهای چین	بزرگ می‌باشد.	
نی[۲] و همکاران	تأثیرتغییر پوشش و کاربری‌اراضی بالادست حوضه آبخیز سانپدرو در هیدورلوژی	شهرنشینی و از بین بردن درختان از طریق ایجاد تنش محیطی به منابع آب منطقه از طریق کاهش جریان پایه و نفوذ تأثیر می گذارد.	۲۰۱۱
سلمانی و همکاران	ارزیابیتغییرکاربریوتأثیرآن برژیمهیدرولوژیکی حوزهآبخیزقزاقلیاستانگلستان	بهبودکاربریحوضهباعثکاهشرواناب ازطریقافزایشنفوذپذیری،آب گذرییهاآبخوانسطحیوعمیقوافزایشتبخیروتعرقمی‌شوداز طرفیباتخریبمنطقهدرجهتقهقرامقدارروانابافزایشیافته است.	۱۳۹۱
درفشی	تغییرات فضایی سیلاب در کلان‌شهر تهران	سهم کاربری شهری در حجم رواناب شهری تولید شده در منطقه ۲۲ تهران در سال ۱۳۶۷، ۴۸ درصد از رواناب منطقه است که در سال ۱۳۸۸ این رقم به ۶۴ درصد رسیده است.	۱۳۹۰
براتی قهفرخی و همکاران	بررسی تأثیر تغیرات کاربری اراضی بر رفتار آب‌شناختی حوزه (مطالعه موردی زیرحوضه قلعه شاهرخ سد زاینده رود)	بارش دارای روند خاصی نبود و تغییرکاربری تنها عامل افزایش و کاهش در میزان رواناب می باشد.	۱۳۹۰
رنجبر و ندیری	بررسی علل بروز سیل در محدوده شرق استان گلستان (مطالعه موردی حوضه مادرسو)	فرسایش و سیل در حوضه مادر سو ناشی از تغییرکاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی ،بهره‌برداری از بستر، شدت بارش و .... در بروز سیلاب نقش اساسی دارد.	۱۳۸۶

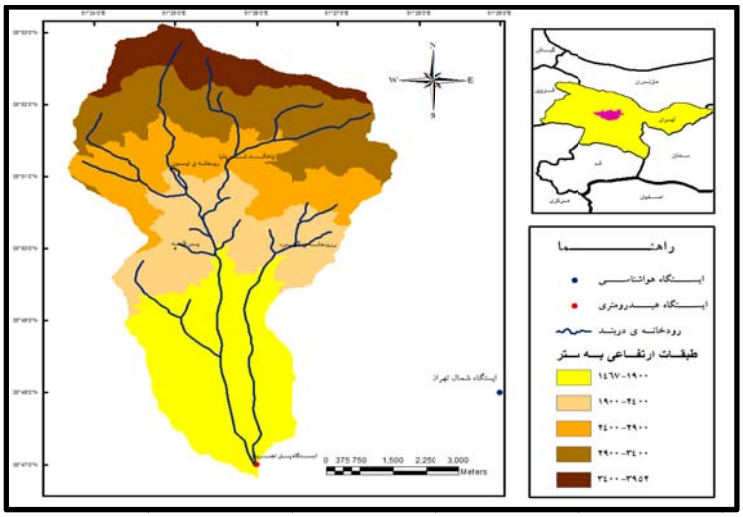
با توجه به رشد سریع جمعیت تهران به ویژه در منطقه۱ شهرداری و تغییرات کاربری زمین ناشی از آن،رودخانه-هایشهری این منطقهازجمله رودخانه دربند،به دلیل نیازانسان به فضای زیست درمعرض آسیب وتجاوزبه حریم بوده و باعث تغییرات شدید در رژیم آبدهی رودخانه شده است. با توجه به اینکه سیل‌های ایران معمولاً در فصل‌های خشک به وقوع می‌پیوندد،و به دنبال چند دقیقه یا حداکثر چند ساعت بارندگی حادث می‌شود و علیرغم میزان بارش به وقوع پیوسته، دامنه تخریب و ویرانی آن‌ها بسیار شدید است (اصغری‌مقدم،۱۳۷۸،۱۴۵). همچنین با ملاحظه اینکه سیلاب به وقوع پیوسته در تاریخ ۲۲ مرداد ۱۳۶۶درمنطقه تجریش نتیجه مستقیم بارش نبوده و ضعف مدیریت سیلاب‌های شهری منجر به ایجاد آن ووارد شدن خسارات فراوان مالی و جانی شده است(محسنی،۱۳۸۲،۷۴). لذا مطالعه تأثیر تغییر پوشش و کاربری زمین در رژیم آبدهی رودخانه‌ها یکی از موضوعات ضروری و با اهمیت در مورد کلان‌شهر تهران می‌باشد که در این پژوهش سعی شده به بررسی میزان تغیرات پوشش و کاربری صورت گرفته در منطقه تجریش و تأثیر آن در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه دربند پرداخته شود.

منطقه مورد مطالعه

حوضه رودخانه دربند شامل دو رودخانه دربند و گلابدره می‌باشد که از رودخانه‌های بزرگ حوضه آبریز تهران–کرج به حساب می‌آید. این رودخانه از کوه‌های توچال واقع درشمال شهر تهران سرچشمه گرفته و جزء رودخانه‌های شهری محسوب می‌شود. حوضه مورد مطالعه از طول جغرافیایی ´۲۴ °۵۱ الی ´۲۸ °۵۱ و عرض جغرافیایی ´۴۷ °۳۵ تا ´۵۳ °۳۵ واقع شده است. طول دره دربند در محدوده مورد مطالعه ۴۷۲۳ متر و عرض متوسط آن ۷ متر است. حوضه رودخانه دربند درمحدوده مورد مطالعه دارای مساحت ۸۸ / ۳۹ کیلومتر مربع می‌باشد (شکل ۱).

۱.Du

۲.Nie



شکل ۱: نقشه ارتفاعی حوضه رودخانه دربند و موقعیت آن در منطقه

این محدوده مشتمل بر دو بخش است که بخش شمالی آن کوهستانی و مرتفع بوده و بخش جنوبی آن نسبتاً کم-شیب می‌باشد و قسمت‌های جنوبی جزء محدوده شهری منطقه ۱ تهران می‌باشد که از نظر کاربری زمین دستخوش تغییرات عمده‌ای شده است. مرتفع‌ترین نقطه در بخش شمالی (۳۹۵۷متر) و پست‌ترین نقطه در بخش جنوبی آن (۱۴۷۶متر) از سطح دریا می‌باشد.

روش پژوهش

این تحقیق ازنظرهدف،کاربردی وازنظرروش، توصیفی– تحلیلی است.همچنین روش جمع‌آوری داده‌ها، کتابخانه‌ای می‌باشد. داده-های مورد استفاده در این مقاله شامل داده‌های دبی به صورت روزانه و سالانه(از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۹)مربوط به ایستگاه پل تجریش و داده‌های بارش به صورت روزانه و سالانه بوده کهاز ایستگاه شمال تهران سازمان هواشناسی برای دوره زمانی۱۳۵۸ تا ۱۳۸۹ می‌باشد که داده‌های مربوط به سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۸ از طریق روش رگرسیون خطی وبا بهره‌گیری از داده‌های ایستگاه‌های مجاور بازسازی شده است. ابزارهای تحقیق شامل ابزارهای فیزیکی(عکس‌های هوایی ۱۳۴۵ و ۱۳۵۸ و تصاویر سنجده ETM^+ و IkONOS سال ۱۳۸۹و ابزارهای مفهومی که شامل نرم‌افزارها و مدل‌های (ماشین بردار پشتیبان(SVM)[۱]، شبکه عصبی مصنوعی(ANN)[۲] و آزمون من–کندال[۳] و SCS[۴] استفاده شده است و به منظور برآورد ضریب نگهداشت سطحی و ارتفاع رواناب روش SCS مورد استفاده قرار گرفته است.

آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی از عکس‌های هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور مربوط به سال‌های ۱۳۴۵ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ و سال ۱۳۵۸ با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و تصاویر IkONOSسال ۲۰۱۰(۱۳۸۹)و تصاویر ماهواره ای(سال ۲۰۱۰) ETM^+استفاده شده است. در این راستا ابتدا با استفاده از نقاط کنترل زمینی (شکل ۲) و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، عکس-های هوایی زمین‌مرجع و سپس موزائیک شده و با انجام تصحیحات لازم امکان هم‌پوشانی آن‌ها با تصاویر ماهواره‌ای فراهم گردید، سپس نقشه کاربری و پوشش زمین برای محدوده زمانی ۱۳۴۵، ۱۳۵۸،۱۳۸۹ تهیه گردید. برای تهیه نقشه پوشش و

۱Support Vector Machines

۲ Artificial Neural Networks

۳ Mann-Kendal

٤ Soil conservation service

کاربری زمین سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۵۸ از تکنیک دیداری استفاده شد، ولی برای سال ۱۳۸۹به صورت توأمان از تکنیک‌های پردازش رقومی و تفسیر دیداری به شرح زیر استفاده گردید. ابتدا بر اساس داده‌های سنجنده‌های ETM^+و IkONOS ، طبقه‌بندی نظارت شده[۱] با روش حداکثر احتمال[۲]انجام گرفت که پس از ارزیابی صحت[۳] طبقه‌بندی با روش صحت کلی و ضریب کاپا که با بهره‌گیری از نمونه‌برداری زمینی صورت گرفت، نتایج بیان‌گر آن بود که کلیه طبقات محدوده‌های خارج از شهر به اضافه محدوده-های فضای سبز شهری دارای دقت بسیار بالا بوده، ولی در مورد سایر طبقات داخل محدوه شهری به علت تنوع سطوح و ترکیبی بودن طبقات انتخاب شده، از دقت کافی برخوردار نبودند. به همین جهت در طبقه‌بندی انواع کاربری محدوده شهری به صورت توأمان از روش‌های کامپیوتری وتصاویر دیداری استفاده گردید و نهایتاً نقشه پوشش وکاربری زمین سال ۱۳۸۹نیز تهیه شد که برای کنترل این نقشه، نمونه‌برداری‌های زمینی، صورت گرفت و با مطابقت نمونه‌ها با نقشه مذکور دقت آن ۹۷ درصد تعیین گردید.

با توجه به اهداف تحقیق در تقسیم‌بندی سطوح پوششی زمین میزان نفوذپذیری و تولید رواناب آن‌ها مدنظر بوده و مساحت کلی عوارض غالب در هر سطح در نظر گرفته شده است. لذا تصمیم بر این بوده که سطوح کوچک غیرهمگون واقع در داخل آن‌ها جنرالیزه گردد، بنابراین در نقشه‌های حاصله انواع سطوح طبقه‌بندی شده به شرح زیر می‌باشد:

طبقه ۱) پوشش گیاهی متراکم: شامل سطوح متشکل از درختان متراکم، درختان با تاج بزرگ، چمن و فضای سبز متراکم.

طبقه ۲) پوشش گیاهی نیمه‌متراکم: شامل سطوح متشکل از درختان نیمه‌متراکم، درختان با تاج کوچک‌تر(تاج درختان ۵۰٪ زمین را می‌پوشاند)، فضای سبز با تراکم متوسط.

طبقه ۳) پوشش گیاهی کم‌تراکم: شامل سطوح متشکل بوته‌زارها خارج از شهر، درختان با فاصله‌های خیلی زیاد (تاج درختان کمتر از ۲۰ ٪ زمین را می‌پوشاند).

طبقه ۴) سطوح با تولید رواناب زیاد: شامل سطوح متشکل مناطقی با بیش از ۹۰٪ دارای پوشش آسفالت و یا ساختمان می-باشد.برج‌ها و آپارتمان‌های شهری، کوچه‌ها و خیابان‌ها، بزرگراه‌ها و سایر سطوح آسفالتی و سنگفرش.

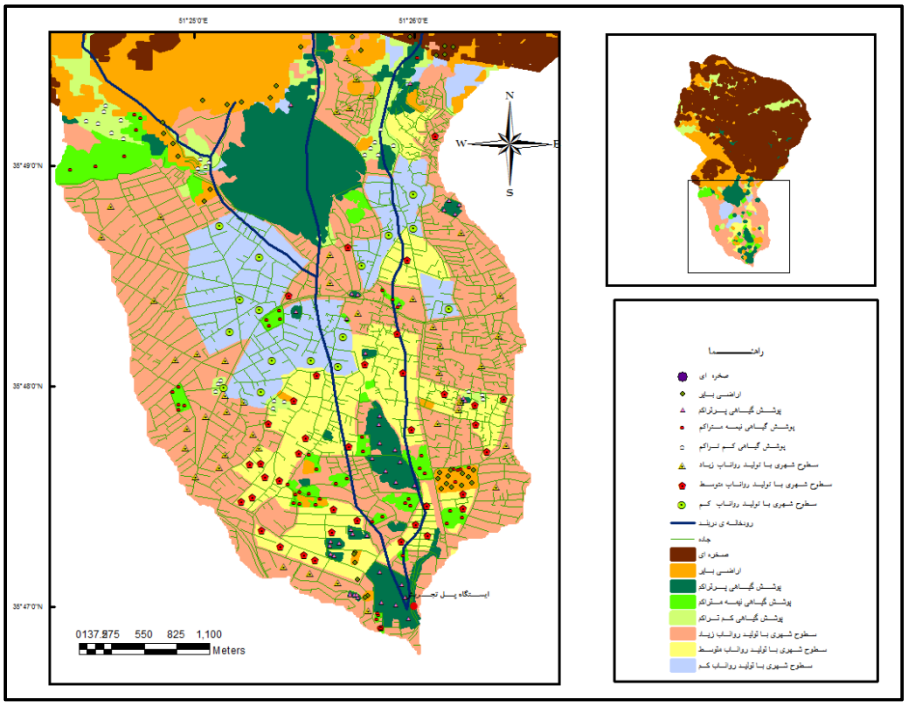
طبقه ۵) سطوح با تولید رواناب متوسط: که شاملسطوح متشکل مناطقی با بیش از ۷۰٪ دارای پوشش آسفالت و یا ساختمان می-باشد(مجموعه‌ای از آپارتمان‌ها و ساختمان‌های ویلایی و اداری که دارای مقداری فضای سبز نیز می‌باشند و همچنین خیابان‌ها و معابری با حاشیه‌های از ردیف درختان و فضاهای سبز کوچک).

طبقه ۶) سطوح با رواناب کم: که شامل مناطقی که کمتر از ۵۰٪ آن با ساختمان‌ها و اسفالت پوشیده شده‌است(شامل مناطق ویلایی و مراکز درمانی و ورزشی و اداری که دارای فضای سبز با مساحت زیاد می‌باشند.مناطقی با ترکیب فضای سبز شهری و ساختمان‌ها.

طبقه ۷) اراضی بایر: شامل اراضی بایر واقع در داخل و خارج از محدوده شهری که عمدتاً بدون پوشش گیاهی می‌باشد.

طبقه ۸) سطوح صخره‌ای: شامل بخش‌هایی از منطقه که دارای برونزدگی‌های سنگی و دامنه‌های پرشیب می‌باشد.

در نهایت نقشه‌های پوشش و کاربری زمین مربوط به سه دوره زمانی به محیط Gisوارد شد و پس از انجام عملیات هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل فضایی به آشکارسازی تغییرات به وجود آمده در نوع پوشش و کاربری زمینی پرداخته شد که نتایج آن در جدول (۲) درج شده است.



شکل ۲: نقشه موقعیت نقاط کنترل زمینی حوضه دربند برای استخراج نقشه کاربری و پوشش زمین

روش SCS برای برآورد رواناب سطحی

از جمله روش‌های معمول در هیدرولوژی، روش پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا(SCS) است که محاسبه رواناب بر مبنای تعیین شماره منحنی می‌باشد و بر اساس مشاهدات متعدد در حوضه‌ها و اقلیم‌های مختلف در آمریکا ایجاد شده است. در این پژوهش جهت برآورد رواناب منطقه مورد مطالعه از روش SCSاستفاده گردید که در آن با استفاده از شماره منحنی امکان برآوردهای نزدیک به واقعیت، از رواناب حوضه آبخیز وجود دارد. ارتفاع رواناب در روش SCS توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۱)

Rارتفاع رواناب بر حسب میلیمترPارتفاعبارندگی بر حسب میلیمتر

Sمقدارذخیرهسطحیخاک که بر حسب میلیمتر می‌باشد است که مقدار آن برابر است با:

رابطه (۲):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

در این معادله CN ، شماره منحنی مربوط به مقدار نفوذ آب در حوضه می‌باشد.

آزمون من-کندال برای تشخیص روند در داده‌ها

به منظور تعیین روند داده‌های بارش و دبی از مدل من-کندال استفاده شده است. در آزمون من-کندال یا MK(Mann-Kendal)هر مقدار سری زمانی به صورت به هم پیوسته و پشت سر هم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

برای اجرای آزمون من‌کندال گام‌های زیر باید طی شود:

داده‌ها را به ترتیب وقوع ردیف کنید. فرض کنید تعداد آن‌هاn باشد.

اولین داده (X_1) را گرفته و به ترتیب آن‌ها را با سایر داده‌ها مقایسه کنید و تعیین کنید در چند مورد از دیگر داده‌ها بزرگ‌تر است و تعداد آن را P_{1ex} بنامید.

دومین داده (X_2) را گرفته و آن را با داده‌های بعد از خود مقایسه کنید و مشخص کنید در چند مورد از دیگر داده‌ها بزرگ‌تر است و تعداد آن را P_{2ex} بنامید.

عمل فوق را برای داده‌های دیگر ($x_3, x_4 \ldots \ldots \mathrm{x_n}$) آزمایش کرده و مقادیر $P_{nex} \ldots \ldots$ $\mathrm{P_{3ex}}, P_{4ex} \ldots \ldots$ را به دست آورید.

جمع مقادیر $P_{nex} \ldots \ldots$ $\mathrm{P_{1ex}}, P_{2ex} \ldots \ldots$ را به دست آورید و آنرا P بنامید.

رابطه(۳):

مقدار $E(P)$ را از فرمول زیر به دست آورید.

رابطه (۴):

ضریب کندال (τ) را از فرمول زیر محاسبه کنید:

رابطه (۵):

واریانس (τ) را از فرمول زیر محاسبه کنید.

رابطه (۶):

مقدار Z را از فرمول زیر به دست آورید.

رابطه (۷):

چنانچه Zبزرگ‌تر از ۱/۹۶ + و یا کوچکتر از ۱/۹۶ باشد خواهیم گفت داده‌ها دارای روند می‌باشد.

نمودار تابع هبستگی متقابل(CCF)[۱]

تابع همبستگی متقابل یا CCF، شاخص و معیار مناسبی بین سری‌های زمانی دو متغیر در تأخیرهای مختلف می‌باشد. در این پژوهش به منظور بررسی همبستگی متقابل و مستقل بودن داده‌های بارش و داده‌های دبی در مقیاس سالیانه از تابع همبستگی متقابل استفاده شده است.

رابطه (۸):

$$r_{qr}(k) = \frac{\sum_t^{n-k}(q_t-\bar{q})(R_t-R)}{\left(\sqrt{\sum_t^{N-k}(q_t-\bar{q})^2}\right)\left(\sqrt{\sum_t^{N-k}(R_t-\bar{R})^2}\right)}$$

$\bar{R},\bar{q}$ به ترتیب دبی متوسط و بارش متوسط:

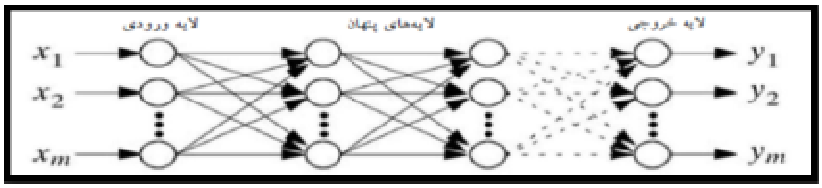
R_t, q_t به ترتیب دبی و بارش در زمان t

k شماره تأخیر یاLag می‌باشند.

به همان ترتیب که تابع خودهمبستگی برای شناسایی مدل تصادفی به کار می‌رود، ابزار تحلیل داده‌هایی که به برای شناسایی مدل‌های انتقال به کار گرفته می‌شود، تابع همبستگی متقابل بین ورودی و خروجی است(بزرگ‌نیا،۱۳۷۸). ا گر ستون‌ها از خط همبستگی متقابل عبور نکند حاکی از عدم وابستگی می‌باشد.

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی(ANN)

شبکه‌هایعصبیمصنوعیشاملمجموعه‌ایازنرون‌هاییبهمهممتصلمی‌باشندکهبههرمجموعهازاینرون‌هایک لایه گفتهمی‌شود.اینشبکه‌هاازیک لایهورودی،یکیاچندلایه پنهانویکلایهخروجیتشکیلشده‌اند.نحوهوشکلاتصال نرون‌هادرلایه-هایمختلف،باعثایجادساختارهایمختلفیدرشبکه‌هایعصبیمصنوعیشدهاست. چنانچهدریک شبکه عصبی،خروجیهرنرونتنهابهنرون‌هایلایه بعدوصلشود،بهآنشبکهعصبیپیش‌خور، گفتهمی‌شود که در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل۳: نمای کلی شبکه عصبی مصنوعی پیش خور چند لایه (کیم[۲]،۲۰۰۸)

ازنظرریاضی،مقدارخروجی شبکهپیش‌خورمی‌تواندبه صورت زیربیان گردد(کیم و والدر[۳]،۲۰۰۳).

---

۱. Cross Correlation Function

۲. Kim

۳. Valdes

رابطه(۹):

$$y_k = \emptyset_{out}\left[\sum_{i=1}^{m} w_{ig}.\emptyset_h\left(\sum_{j=1}^{n} w_{ji}\, x_i \; + \; b_{jh}\right) + b_o\right]$$

در این معادله، w_{ji}وزن اتصال دهنده Iامین نرون در لایه ورودی به Jامین نرون در لایه پنهان، b_{jh} بایاس مربوط به J امین نرون پنهان $\emptyset_h$تابع فعالیت نرون پنهان، w_{ig} وزن اتصال دهنده J امین نرون در لایه پنهان و K امین نرون در لایه خروجی، b_o بایاس مربوط بهK امین نرون خروجی می باشد. تعداد نرون‌های ورود متناظر باتعداد مشاهدات با وقفه برای کشف الگوی اصلی دریک سری زمانی به کارمی‌روند تا مقادیرآینده را پیش‌بینی نمایند. لایه پنهان ونرون‌های آن،نقش مهمی را درموفقیت شبکه عصبی ایفا می‌کنند. نرون‌های پنهان، داده‌های ورودی رادریاف تکرده ونگاشت غیرخطی وپیچیده‌ای را بین متغیرهای ورودی وخروجی اجرامی‌کنند. ازمتداولترین شبکه‌های عصبی پیش‌خور، پرسپترون چندلایه(MLP)می باشد که یک مدل پیش‌بینی کننده برای یک یا چند متغیر وابسته(هدف) بر اساس مقادیر متغیرهای پیش‌بینی کننده می‌باشد. در این مقاله از روش پرسپترون سهلایه استفاده شده است.

مدل‌سازی ماشین بردار پشتیبان (SVM)

به عنوان یکی از جوان‌ترین روش‌های آماری در اواسط ۱۹۹۰، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. این روش دارای پایه‌ای نظری قوی با توانایی بالایی تعمیم دارد و موفقیت‌های بزرگی در شناختی الگوی مناطق مختلف داشته است. (شیجین[۱] و همکاران،۲۰۱۲: ۱۳۷).

در مدل رگرسیونی SVMلازم است وابستگی تابعی متغیر وابسته yبه مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل x تخمین زده شود. فرض بر این است که مانند دیگر مسائل رگرسیونی، رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل توسط یک تابع معین fبه علاوه یک مقدار اضافی نویز۲ می‌باشد (یعنی داشته باشیم: $y = f(x) + noise$.بنابراین موضوع اصلی پیدا کردن فرم تابع fاست که بتواند به صورت صحیح موارد جدیدی را پیش‌بینی کند که SVMتاکنون تجربه نکرده است. این تابع به وسیله آموزش مدل SVMبر روی مجموعه‌ای از داده‌ها به عنوان مجموعه آموزش قابل دسترسشامل پروسه‌ای جهت بهینه‌سازی دائمی تابع خطا می‌باشد. بر مبنای تعریف این تابع خطا، دو نمونه از مدل‌های SVMشناخته شده که عبارتند از الف) مدل‌های رگرسیونی SVMنوع اول که به مدل-های SVM -vمشهورند، ب) مدل‌های رگرسیونی SVMنوع دوم که به مدل‌های SVM - ε مشهورند. در این مطالعه مدل- ε SVM به دلیل کاربرد گسترده آن در مسائل رگرسیونی استفاده گردیده است. برای این مدل تابع خطا به صورت زیر تعریف می-شود:

رابطه(۱۰):

$$\frac{1}{2}w^T w + C\sum_{i=1}^{N}\xi_i + C\sum_{i=1}^{N}\xi_i^{\bullet}$$

تابع خطای مذکور لازم است که با توجه به محدودیت‌های زیر کمینه گردد.

۱. Shijin

۲. Noise

رابطه شماره ۱۱

$$w^T \phi(x_i) + b - y_i \le \varepsilon + \xi_i^{\bullet}$$
$$y_i - w^T \phi(x_i) - b \le \varepsilon + \xi_i^{\bullet}$$
$$\xi_i, \xi_i^{\bullet} \ge 0 \quad , \quad i = 1, ..., N$$

در روابط بالا، Cثابت گنجایش۱، wبردار ضرایب، W^{t}ترانهاده بردار ضرایب، ξ_i و $\xi_i^{\bullet}$ ضرایب کمبود۲، bضریبی ثابت و Nالگوهای آموزش مدل و نهایتاً ϕ تابع کرنل می‌باشد. کرنل تابع پایه شعاعی۳(RBF) به عنوان بهترین انتخاب از بین دیگر توابع کرنل گزارش شده است (نوری،۲۰۰۹). بنابراین در این تحقیق تابع مذکور که توسط γ در معادله (۱۲) تعریف شده به کار گرفته شده است.

رابطه (۱۲):

$$K(x_i, x) = \exp\left(-\gamma \left| x_i - x \right|^2\right)$$

با توجه به معادلات (۱۰) تا (۱۲) لازم است برای پیش‌بینی دبی ماهانه توسط مدل SVMسه پارامتر γ , ε و C بهینه شوند.

۸.۲. ارزیابی خطا

به منظور ارزیابی دقت پیش بینی مدل‌ها از پنج آماره ضریب تعیین(R^2)[۴] میانگین قدرمطلق خطا(MAE)[۵] و جذر میانگین مربعات خطا(RMSE)[۶] و شاخص پراکندگی(SI)[۷] و ضریب نرمال(CE)[۸] که توضیحات بیشتر در ذیل آمده استفاده شده است.

روابط (۱۳ و ۱۴):

$$R^2 = \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}(Q_{io}-\overline{Q}_o)(Q_{iM}-\overline{Q}_M)\right)^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Q_{io}-\overline{Q}_o)^2 \sum_{i=1}^{n}(Q_{iM}-\overline{Q}_M)^2}}\right] \qquad CE = 1 - \frac{|Q_{io}-Q_{iM})|}{|(Q_{io}-\overline{Q}_o|}$$

روابط (۱۴و۱۵و۱۶):

1- Capacity constant
2- Slack variables
3- Radial Base Function (RBF)
4.Determination Coefficient
5. Mean Absolute Error
6. Root Mean Square Error
7. Scatter index
8. Coefficient normal

که در آن

Q_{io}= داده‌ی مشاهداتی دبی $\overline{Q}_M$ = میانگین مقادیر پیش‌بینی شده دبی

$\overline{Q}_o$=میانگین مقادیرمشاهدهشده دبی n = تعداد داده‌های دبی

هر چه مقادیرضریب تعیین R^2و CE به یک نزدیک باشد، نشاندهندهنزدیکی بیشترمقادیرپیش‌بینیشدهبهمقادیرواقعیخواهدبود. همچنین،مقدارکوچک هریک ازمعیارهای خطا درروابط۱۰و۱۱و ۱۲ بیان‌گردید بالای پیش‌بینی می‌باشد(شاه حسین دستجردی و همکاران،۱۳۹۱).

بحث و یافته‌ها

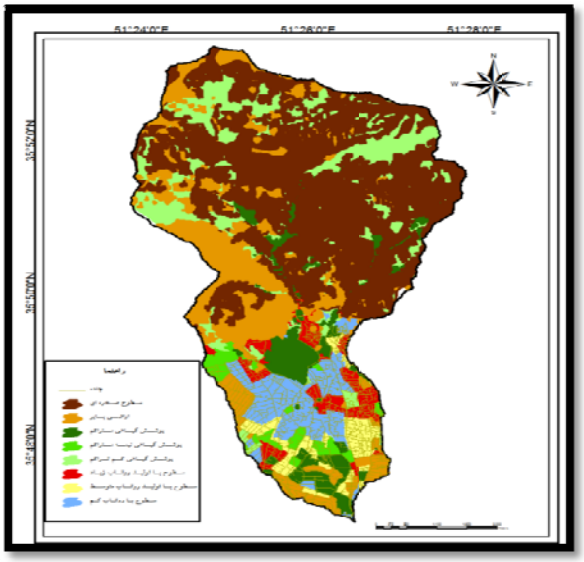
ارزیابی تغییرات پوشش و کاربری اراضی

پس ازبررسی‌های انجام شده،کاربری اراضی حوضه رودخانه دربنددرسال‌های۱۳۴۵، ۱۳۵۸، ۱۳۸۹به شرح زیرمی‌باشدکه درجدول۲تهیه‌گردیده است و میزان تغییرات کاربری در هر یک از دوره‌ها درتصاویر ۳،۴،۵ آمده است.

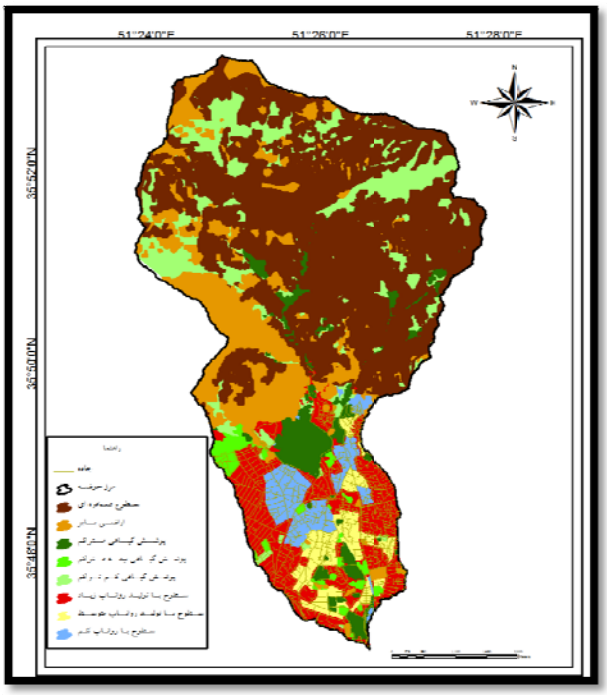
بر اساس جدول ۲، مساحت طبقه سطوح شهری با تولید رواناب کم (مانند منازل و مجتمع‌های ویلایی)، همانند طبقات پوشش گیاهی کم‌تراکم و نیمه متراکم و پرتراکم و اراضی بایر روند نزولی داشته است، ولی مساحت سطوح شهری با تولید رواناب متوسط در سال ۱۳۵۸در مقایسه با سال ۱۳۴۵ افزایش یافته است. اما در سال ۱۳۸۹ میزان آن کمی کاهش یافته است که نشان‌گر آن است که مناطقی با سطوح رواناب متوسط تبدیل به سطوح دارای رواناب زیاد شده که علت آن تبدیل شدن ساختمان‌های ویلایی در گذشته به آپارتمان‌ها، سطوح شیروانی و بزرگراه‌ها در دوره جدید بوده و نیز میزان مساحت اراضی بایر در سال ۱۳۴۵ در مقایسه با سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۸۹ بیشتر بوده و در دو دهه اخیر کاربری آن به بخش ساخت و سازشهری تبدیل شده است. در مجموع می‌توان عنوان کرد میزان کاربری شهری افزایش یافته است و همچنین مقدار CN از ۶۷/۴۴ در سال ۱۳۴۵ به ۷۰/۳۱ در سال ۱۳۵۸ و ۷۰/۸۰در سال۱۳۸۹ متغیر بوده است و این فاکتور نیز افزایش یافته است و به همین نسبت میزان ضریب نگهداشت سطحی که از۱۲۲/۶۶ در سال ۱۳۴۵ به۱۰۷/۲۶ در سال ۱۳۵۸ ۱۰۴/۷۶ در سال ۱۳۸۹ متغیر بوده و در واقع این ضریب کاهش یافته است. طبق روش SCS که به منظور برآورد ارتفاع رواناب استفاده شده است، ارتفاع رواناب در سال ۱۳۵۸ نسبت به ۱۳۴۵ افزایش یافته است اما در سال ۱۳۸۹به دلیل کاهش بارش در آن سال، کاهش پیدا کرده است (شکل ۷)

جدول۲: مقایسه میزان تغییرات پوشش و کاربری زمین و ضریب نگهداشت سطحی و ارتفاع رواناب در سال‌های ۱۳۴۵، ۱۳۵۸، ۱۳۸۹(بر اساس نقشه‌های ۴، ۵ و ۶)

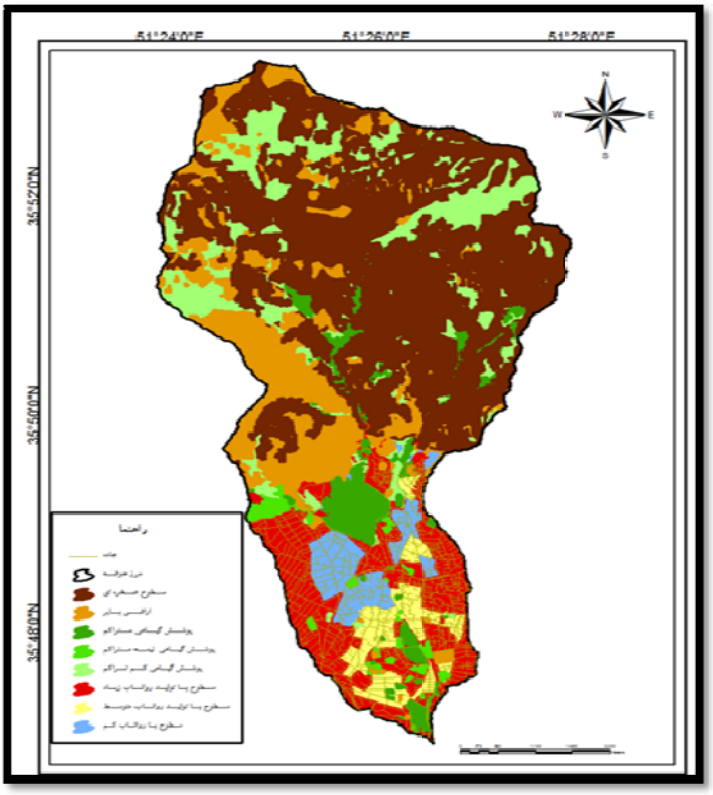
کاربری‌های زمین	سال ۱۳۴۵			سال ۱۳۵۸			سال ۱۳۸۹		
	مساحت (Km^2)	درصد مساحت	CN	مساحت (Km^2)	درصد مساحت	CN	مساحت (Km^2)	درصد مساحت	CN
اراضی بایر	۷/۷۷	۱۹/۴۸	۱۰/۱۱	۶/۶۵	۱۶/۶۷	۸/۲۳	۶/۶۱	۱۶/۵۸	۸/۱۴
سطوح صخرهای	۱۵/۹۹	۴۰/۰۹	۳۶/۴۸	۱۵/۹۹	۴۰/۰۷	۳۶/۴۸	۱۵/۹۹	۴۰/۰۹	۳۶/۴۸
پوشش گیاهی متراکم	۲/۴۷	۶/۲	۲/۰۱	۱/۹۹	۵	۱/۳۸	۱/۸۷	۴/۶۹	۱/۲۵
پوشش گیاهی نیمه‌متراکم	۰/۸۹	۲/۲۲	۰/۹۸	۰/۵۳	۱/۳۲	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۹۷	۰/۴۳
پوشش گیاهی کم‌تراکم	۶/۴۹	۱۶/۲۶	۵/۹۸	۶/۴۴	۱۶/۱۳	۵/۸۴	۶/۴۵	۱۶/۱۷	۵/۸۴
سطوح شهری با تولید رواناب زیاد	۱/۷۸	۴/۴۵	۴/۳۶	۴/۶۰	۱۱/۵۲	۱۱/۲۹	۵/۰۲	۱۲/۵۹	۱۲/۳۴
سطوح شهری با تولید رواناب متوسط	۱/۴۵	۳/۶۴	۲/۹۶	۱/۷۹	۴/۴۸	۳/۶۷	۱/۷۶	۴/۴۱	۳/۶۱
سطوح شهری با تولید رواناب کم	۳/۰۵	۷/۶۴	۴/۵۴	۱/۹۱	۴/۷۹	۲/۸۶	۱/۷۹	۴/۵	۲/۷۰
میانگین وزنی CN			۶۷/۴۴			۷۰/۳۱			۷۰/۸۰
ضریب نگهداشت سطحی			۱۲۲/۶۶			۱۰۷/۲۶			۱۰۴/۷
بارش سالیانه به میلی متر			۳۴۴/۳۵			۵۰۰/۶۹			۳۱۲/۵
ارتفاع رواناب با روش SCS(میلیمتر)			۲۳۱/۱۶			۳۹۱/۶۰			۲۱۴/۴



شکل ۴:نقشه پوشش و کاربری زمین حوضه دربند در سال ۱۳۴۵



شکل۵: نقشه پوشش وکاربری زمین حوضه دربنددر سال ۱۳۵۸

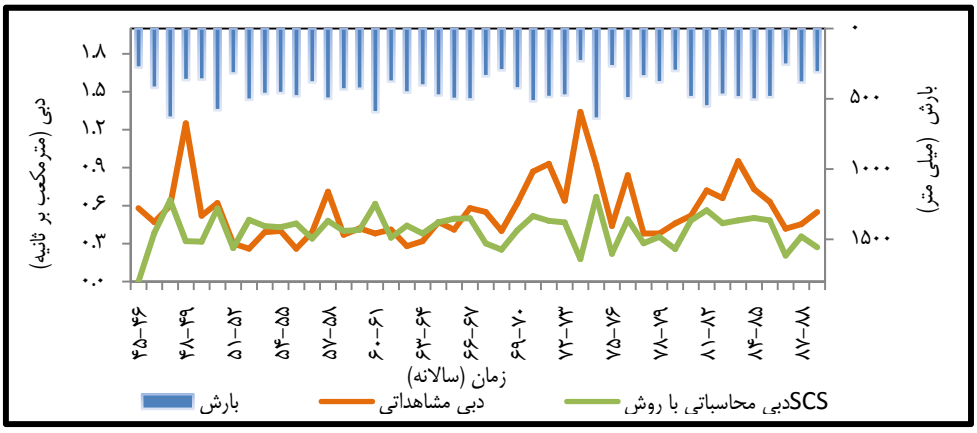


شکل۶: نقشه پوشش و کاربری اراضی حوضه دربند در سال ۱۳۸۹

با توجه به جدول شماره‌ی ۲ استنباط می‌شود:

- میزان اراضی بایر در سال ۱۳۴۵ در مقایسه با سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۸۹ بیشتر بوده است و در این سال‌ها کاربری آن به بخش شهری تبدیل شده و مساحت آن از ۱۹/۴۸٪ به ۱۶/۶۷٪ و ۱۶/۵۸٪ در سال ۱۳۵۸ و ۱۳۸۹ کاهش یافته است.
- پوشش گیاهی کم‌تراکم، نیمه‌متراکم و پرتراکم به مرور زمان کاهش یافته است و در سال ۱۳۴۵ در مقایسه با سال‌های دیگر مساحت بیشتری را شامل می‌شود.
- سطوح شهری با تولید رواناب زیاد در سال ۱۳۸۹ با دارا بودن مساحت ۵/۰۲ کیلومترمربع تفاوت چشمگیری (تقریباً سه برابر) در مقایسه با سال ۱۳۴۵ ایجاد شده که دارای مساحت ۱/۷۸ کیلومترمربع و نیز این مقدار در سال ۱۳۵۸ ، ۴/۶ کیلومترمربع بوده است. در خصوص سطوح شهری با تولید رواناب کم می‌توان گفت که همانند پوشش گیاهی کم‌تراکم و نیمه متراکم و پرتراکم و اراضی بایر روند نزولی داشته ، ولی مساحت سطوح شهری با تولید رواناب متوسط در سال سال ۱۳۵۸در مقایسه با سال ۱۳۴۵ افزایش یافته است. اما در سال ۱۳۸۹ میزان آن کمی کاهش یافته که نشان آن است که مناطقی با سطوح رواناب متوسط تبدیل به سطوحروانابزیاد شده است و ساختمان‌های ویلایی که در گذشته بوده تبدیل به آپارتمان‌ها و بزرگراه‌ها شده است.
- در مجموع می‌توان عنوان کرد میزان کاربری شهری افزایش یافته است.

در جدول (۲)، مقدارCN کاربری‌های شهری و فضای سبز و سایر کاربری‌ها (اراضی بایر و سطوح صخره‌ای) محاسبه شده است. مقدار CNاز ۶۷/۴۴ در سال ۱۳۴۵ به ۷۰/۳۱ در سال ۱۳۵۸ و ۷۰/۸۰در سال۱۳۸۹ متغییر بود که این فاکتور نیز افزایش یافته است و به همین موازات میزان ضریب نگهداشت سطحی که از ۱۲۲/۶۶در سال ۱۳۴۵ به ۱۰۷/۲۶ در سال ۱۳۵۸ و ۱۰۴/۷در سال ۱۳۸۹ متغیر بوده در واقع این ضریب کاهش یافته است.



شکل۷: هیدروگراف دبی مشاهداتی و مقایسه آن با دبی محاسباتی با روشSCS

بررسی روند آبدهی با استفاده از آماره من کندال

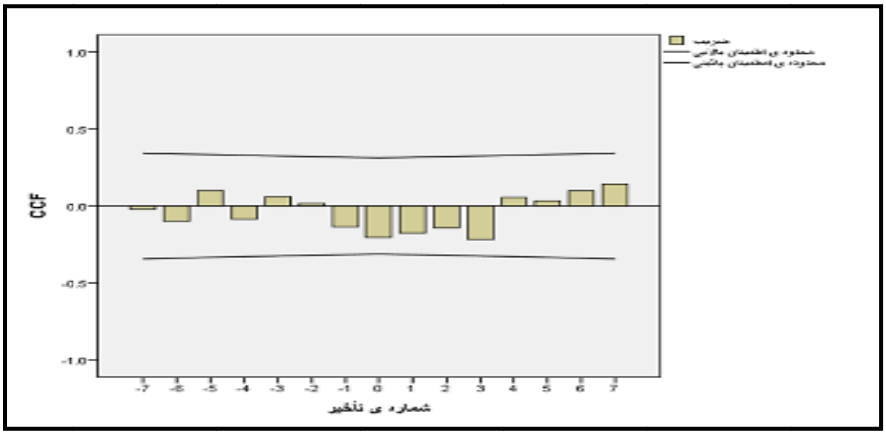
به منظور مقایسه روند دبی در ایستگاه پل‌تجریش در خروجی حوضه و داده‌های بارش ایستگاه شمال تهران از آماره من-کندال استفاده شده است. از آنجایی که ایستگاه شمال تهران از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۸ ناقص بوده است، بازسازی داده‌های ایستگاه مذکور با استفاده از روش رگرسیون به صورت گرفته است. ایستگاه مهراباد به عنوان ایستگاه مرجع انتخاب شده است به دلیل آنکه در طول دوره ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۹ دارای داده بوده است و دورهخشکسالی و ترسالی دو ایستگاه تقریباً همزمان بوده و نیز همبستگی (۰/۸۵) و ضریب تعیین (۰/۷۳) بین ایستگاه شمال تهران و ایستگاه پل‌تجریش بسیار بالا بوده است.

پس از بازسازی داده‌های بارش ایستگاه شمال تهران بررسی روند داده‌ها از طریق آماره من کندال انجام گرفته است که بر اساس جدول زیر با در نظر گرفتن الفای ۰۵ /۰ ، بارش ایستگاه شمال تجریش دارای روند خاصی نمی‌باشد اما داده‌های دبی ایستگاه پل تجریش روند رو به بالا داشته است.

جدول ۳: بررسی ایستگاه‌های پل‌تجریش و شمال‌تهران بر اساس آماره من‌کندال[نگارندگان]

ایستگاه	نوع ایستگاه	p-value فرضیه تحقیق (روند رو به بالا)	p-value فرضیه تحقیق (روند رو به پایین)	من-کندال محاسباتی	الفا	نوعروند
شمال تهران	سینوپتیک	۰/۳۵	۰/۶۴	۰/۳۸	۰/۰۵	بدون روند
پل تجریش	هیدرومتری	۰/۰۰۸	۰/۹۹	۲/۳۸	۰/۰۵	روند رو به بالا

به منظور بررسی استقلال داده‌ها از نمودار CCF استفاده شده است همانطور که در شکل ۸() آمده است، از آنجایی که مقادیر CCF به ازای تأخیرهای مختلف از خطوط مورد اعتماد در سطح معناداری ۹۵ درصد عبور نکرده است بنابراین در این سطح اعتماد، می‌توان استقلال داده‌ها را در نظر گرفت.



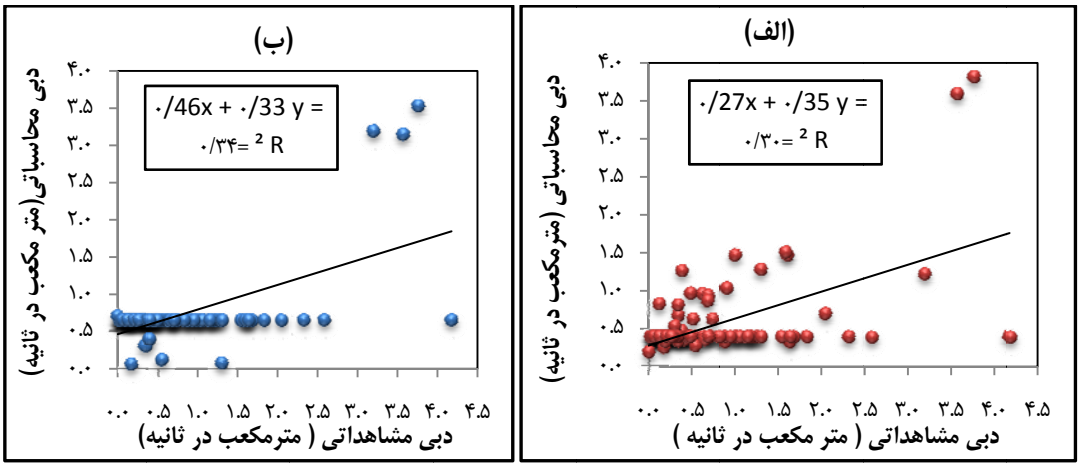
شکل ۸ : نمودارCCF[۱]

مدل‌سازی رواناب و بارش

با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون بردار پشتیبان به شبیه‌سازی روزانه رواناب و بارش از سال ۱۳۶۶تا ۱۳۸۹ پرداخته شده است که متغیر ورودی بارش و متغیر خروجی دبی بوده است. از آنجایی که داده‌های ایستگاه شمال تهران از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۹ بازسازی شده، داده‌های بارش و دبی نیز به صورت روزانه از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ موجود بوده است، مدل-سازی رواناب و بارش به صورت روزانه طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ صورت گرفته است. در بررسی بارش روزانه و دبی روزانه از بین ۱۱۴ داده،۸۵ داده به عنوان آموزش و ۲۹ داده به عنوان تست انتخاب شده است. در زمینه مدل‌سازی رواناب و بارش، مدل ماشین بردار پشتیبان زمانی بهترین نتیجه را می‌دهد که پارامترC، ۵۰ و ε، ۰/۰۰۰۱ و γ، ۵۰ بوده است. در خصوص مدل شبکه عصبی مصنوعی نرون ۶ و اپاک۷ و کارکرد اعتبار ۰/۲۱ بهترین نتیجه را می‌دهد.

جدول ۴ : نتایج مراحل آموزش و آزمون مدل ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی دبی و بارش رودخانه دربند

	آموزش					آزمون				
مدل		RMSE	MAE	SI	CE		RMSE	MAE	SI	CE
SVM	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۲۸	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۵۱
ANN	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۶۹	۰/۷۰	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۵۳



شکل۹: نمودار خط رگرسیون پیش بینی دبی روزانه رودخانه دربند طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۶: الف) با استفاده از مدل SVMب)با استفاده از مدل ANN

بر اساس جدول۴ و نیز شکل شماره ۹، کم بودن میزان ضریب تعیین حاکی از آن است که همبستگی پائینی بین بارش و رواناب در حوضه (۳۴/. در شبکه عصبی و ۰/۳۰ در ماشین بردار پشتیبان)مورد مطالعه وجود دارد که ناشی از آن است که تغییر پوشش و کاربری اراضی از طریق کاهش ضریب نگهداشت سطحی در این منطقه مؤثر بوده و در میزان دبی تأثیر گذاشته است.

نتیجه‌گیری

توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن شهرها و جوامع تأثیرات نامطلوبی بر عملکرد حوضه‌های آبخیز می‌گذارد و باعث افزایش و شدت رواناب وآلودگی، کاهش جریان پایه و کاهش تغذیه سفره‌های آب زیر زمینی می‌شود. از این رو مسئولان شهری را بر آن می‌دارد که به اثرات مخرب محیطی این روند شهرنشینی و افزایش ساخت و سازها بیشتر توجه نمایند. در این راستا توجه به اثر نوع پوشش و کاربری اراضی در رواناب شهری حائز اهمیت می‌باشد.

با توجه به هدف پژوهش که بررسی تأثیر تغییر پوشش و کاربری اراضی شمال تجریش بر رژیم آبدهی رودخانه دربند می‌باشد، از مدل هیدرولوژیکیSCSاستفاده شده استکه دلیل استفاده از این مدل، به کارگیری پارامتر کاربری اراضی برای تعیین شماره منحنی در این مدل هیدورولوژیکی بوده است.

برای تعیین پوشش و کاربری اراضی از عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۳۴۵ و ۱۳۵۸ استفاده گردیده است و همچنین برای تعیین وضعیت پوشش و کاربری اراضی در سال ۱۳۸۹ از تصاویر ماهواره ای ETM^+ و نیز تصاویر Ikonosمورد استفاده قرار گرفت. در این راستا ضمن استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده نتایج حاصله با استفاده از ضریب کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از استفاده از ابزارهای فوق، پوشش و کاربری منطقه مورد مطالعه تعیین شد که مبنای طبقه‌بندی پوشش گیاهی، میزان تراکم آن‌ها که به صورت پوشش گیاهی پرتراکم، نیمه متراکم و پر تراکم طبقه‌بندی شده است و اساس طبقه‌ندی حوضه شهری بر مبنای تولید رواناب بوده است که به صورت سطوح شهری با تولید رواناب کم، سطوح شهری با تولید رواناب متوسط و سطوح شهری با تولید رواناب زیاد دسته‌بندی شده است و در نهایت مشخص شد که سطح شهری با تولید رواناب کم در سال ۱۳۴۵ به سطوح با تولید رواناب متوسط یا زیاد (طبقه ۴ و ۵)شرح خصوصیات طبقات در صفحه۷ آمده است) در سال‌های ۱۳۵۸ و ۱۳۸۹ تغییر یافته و میزان تغییرات قابل توجه بوده است (۳/۰۵ کیلومتر در سال ۱۳۴۵ به ۱/۹۱ کیلومتر مربع در سال ۵۸ و ۱/۷۹ در سال ۱۳۸۹ تبدیل شده است) و همچنین پس از آن سطوح مربوط به اراضی بایر و پوشش گیاهی متراکم در طول دوره مورد مطالعه کاهش یافته و در عوض سطوح شهری با تولید رواناب زیاد و پوشش گیاهی نیمه‌متراکم و کم‌تراکم جایگزین آن شده است که آثار این تغییرات سبب افزایش شماره منحنی (از ۶۷/۴۴ در سال ۱۳۴۵ به ۷۰/۳۱ در سال ۱۳۵۸ و ۷۰/۸۰ در سال ۱۳۸۹) و کاهش میزان نگهداشت سطحی (۱۲۲/۶۶ در سال ۱۳۴۵به ۱۰۷/۲۶در سال ۱۳۵۸ و ۱۰۴/۷۶ در سال ۱۳۸۹) شده است.

بر اساس آزمون من‌کندال، متغیر دبی در بخش شهری (ایستگاه پل تجریش) روند رو به بالا را از خود نشان می‌دهد در حالیکه بارش عدم روند در مشاهدات را نشان می‌داد. مدلسازی بارش و رواناب بر اساس مدلهای ماشین بردار پشتیبان و شبکه‌ی عصبی مصنوعی نیز همبستگی پایین بین داده‌های بارش و دبی را نشان داد که بر درستی ادعای که به علت تغییر پوشش و کاربری اراضی، دبی کاملاً از بارش تبعیت نکرده است عبارت دیگر به تناسب تغییر بارش، تغییر دبی رخ نداده است، صحه می‌گذارد.

از آنجایی که در روشSCSبه عنوان یکی از روش‌های پرکاربرد در محاسبه ارتفاع رواناب در حوضه، از بارش تأثیر می‌پذیرد و از طرف دیگر همانطور که نتایج تحقیق نشان می‌دهد که رواناب سالیانه ایستگاه تجریش با مقادیر متناظر بارش ایستگاه شمال تهران همبستگی معناداری نداشته است، لذا می‌توان عدم کارایی روشSCS در محاسبه ارتفاع رواناب حوضه را اثبات کرد در نتیجه تفاوت مقادیر پیش‌بینی دبی از مقادیر مشاهداتی آن را به تغییر پوشش و کاربری اراضی این منطقه می‌توان نسبت داد.

منابع و مآخذ

- اصغری مقدم،محمدرضا، (۱۳۷۸)،جغرافیای طبیعی شهر(هیدرولوژی وسیلخ یزی شهر)،انتشارات مسعی،چاپ اول، ص۱۱۲
- براتی قهفرخی، سوسن، سعید سلطانی کوپایی وبهزاد رایگانی، (۱۳۹۰)، بررسی تأثیر تغیرات کاربری اراضی بر رفتار آب شناختی حوزه (مطالع موردی: زیرحوض قلعه شاهرخ سد زاینده رود)، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال پنجم، شماره۱۶، صص ۶۶-۶۳
- بزرگ‌نیا،ابوالقاسم، (۱۳۷۶). تجزیه وتحلیل سری زمانی وپیش‌بینی، انتشارات آستان قدس رضوی،ص ۱۲۳

– درفشی،خه‌بات (۱۳۹۰)، تغییرات فضایی سیلاب درکلانشهرتهران، منیژه قهرودی تالی و محمدرضا ثروتی، پایان‌نامه کارشناسی ارشدژئومورفولوژی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ص ۸۹.

– رنجبر،محسن، مژگان ندیری،(۱۳۸۶)، بررسی علل بروزسیل درمحدوده شرق استان گلستان (مطالعه موردی حوضه مادرسو ،فصلنامه چشم‌اندازجغرافیایی،سال دوم،شماره ۴، صص ۴۹-۳۷.

– سلمانی،ح،م. محسنی ساروی، ح. روحانیو ع. سلاجقه، (۱۳۹۱)،ارزیابی تغییرکاربری وتأثیرآن روی رژیم هیدرولوژیکی درحوزه آبخیزقزاقلی استان گلستان،پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیزسال سوم،شماره۶، صص ۶۰-۴۳.

– شاه‌حسین دستجردی، سمانه ، (۱۳۹۱)، کاربردالگوهای شبکه عصبی مصنوعی درشبیه‌سازی شدت خشکسالی (مطالعه موردی:ایستگاه تُرشَکلی استان گلستان)، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ۲۰و ۲۱ شهریور ۱۳۹۱، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ص ۱۶۷

– فرزادبهتاش، محمدرضا،محمدتقی آقابابایی، مروارید محمدامینی،(۱۳۸۹)، بررسی وضعیت رود دره فرحزاد قبل وبعداز سازماندهی)، مرکزمطالعات وبرنامه‌ریزی شهرتهران،دانش شهر،شماره ۱۵، ص ۲۰۹

– محسنی،بهرام، (۱۳۸۲)،بررسی بزرگی، گستره وفراوانی سیل درحوضهٔرودخانه تجریش، حسنعلی غیور، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان، ص ۱۳۵

- *DuJ.,Qian L., Rui H., Zuo T., Zheng D.,XuY.,Xu C-Y., (2012),**Assessing The Effects Of Urbanization On annual Runoff And Flood Events Using An Integrated Hydrological Modeling System For Qinhuai River Basin, China**, Hydrology, No. 464–465,pp 127–139.*

-*Mohseni, B., (2003),**Surveying Of Extent And Frequency Of Floods In Tajrish River Basin**, MA Dissertation, Ghayur Hassan Ail, Climatology ,University of Esfahan university.*

-*AsghariMoghaddam, M (1999). **The Physical Geography Of The City (Hydrology and Flooding)**, Mosya Publications, First Edition.*

-*BaratiGhahfarokhi, S., SoltaniKupayi, S, Rayegani, B., (2011),**Examine The Impact Of Changes In Land Use On The Behavior Of Water In Basin (Case Study Sub-Basin Of GhalehShahrokh Of Zayandehrud Dam**), Science and Engineering, Watershed, Iran (In Persian), Issue 16. pp 66-63.*

- *Bozorgnia, A. (1997). **Time series analysis and forecasting**, AstanghodsRazavi.*

- *Costa, M.H., Botta, A., Cardille, J.A, (2003),**Effects Of large-Scale Changes In Land Cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia**. Jornalof Hydrology l. 283, 206–217*

-*FarzadBehtash, MR; Aghababaei, MT, MA, Pearl (2010).**Investigate the situation of Farahzad River Valley (before and after the organization)**, Planning Center of Tehran, Knowledge City, No. 15. (In Persian)*

-*Gebremicael, T.G;Mohamed, Y.A; Betrie, G.D. ; van der Zaag, P. ; Teferi,E(2013). **Trend Analysis Of Runoff And Sediment Fluxes In The Upper Blue Nile Basin: A Cmbined Analysis of Statistical Tests, Physically-Based Models And Land Use Maps**, Hydrology, NO. 482,pp 57–68.*

- *Kim, H.K. (2008). **Multi-Scale Nonlinear Constitutive Models using Artificial Neural Networks.**Msc thesis of Civil & Environmental Engineering.Georgia Institute of Technology.*

- *Kim, T.W., and Valdes, J.B, (2003),**A Nonlinear Model For Drought Forecasting Based On Conjunction Of Wavelet Transforms And Neural Networks**, Hydrologic Engineering, NO 8(6), pp 319-328.*

-*Nie, Wenming, Yuan ,Y., Kepner ,W ,. Nash, M S, l JacksonM., Erickson,C (2011),**Assessing Impacts Of Land Use And Land Cover Changes On Hydrology For The Upper San Pedro Watershed**, Hydrology, NO 407, pp105–114.*

-*Ott, B., Uhlenbrook, S.(2004). **Quantifying The Impact Of Land-Use Changes At The Event And Seasonal Time Scale Using A Process-Oriented Catchment ModelHydrol**, Earth Syst. Science. 8 (1),pp 62–78.*

-*Ranjbar, M., Nadiri, M. (2007**). Investigate The Causes Of Flooding In The East Area Of Golestan Province (Basin Case Study:Ghazali Sub-Basin OfGolestan Province).** Geographical Perspective, The Second year, No. 4, pp. 49-37. 23.*

- *Peters S., N.E(2001),**Effects Of Urbanization On Streamflow In The Atlanta Area (Georgia, USA): A comparative Hydrological Approach,**Hydrol., Process. 15,pp 1441–1457.*

-*Salmani, H.; SaraviMohseni, M., Rouhani, H. Salajegheh, A. (2012). **Assessment Of Land Use Changes And Their Impact On The Hydrological Regime In The Watershed GhazaliGolestan Province**, Watershed Management In The Third year, No. 6, (In Persian), pp. 60-43.*

- *Shah Hussein Dastjerdi, S., et al, (2012),**Used Models Of Artificial Neural Network In Simulating Severe Drought) Case study: Station Torshakli Of Golestan Province)**, Third National Conference on Integrated Water Resources Management, 20, and 21 Persian date September 2012, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Surrey,(In Persian).*

- *Shang, J., and Wilson, P, (2009),**Watershed Urbanization And Changing Flood Behavior Across The Los Angeles Metropolitan Region**, Natural Hazard, NO 48, pp41-57.*

-*Shijin,I. Lingling,J. Yuelong, ZHU and Ping, B(2012) . **A hybrid Forecasting Model Of Discharges Based On Support Vector Machine**, Procedia Engineering, pp 136 – 141.*

-*Siriwardena, L., Finlayson, B.L, McMahon, T.A., (2006),**The Impact Of Land Use Change On Catchment Hydrology In Large Catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia**. Hydrology,NO. 326,pp 199–214.*

-*Wijesekara, G.N., Gupta , A.. Valeo, C.,. Hasbani, J.-G ,,. Qiao , Y., Delaney, P. ,Marceau, D.J(2012). **Assessing the Impact Of Future Land-Use Changes On Hydrological Processes In The Elbow River Watershed In Southern Alberta, Canada** , Hydrology, NO. 412–413 ,pp 220–232.*

- *Zhou Z., Xu Y., Chen Y., XuY.,GaoY., Du J.,(2013),**Hydrological Response To Urbanization At Different Spatio-Temporal Scales simulated By Coupling Of CLUE-S And The SWAT Model In The Yangtze River Delta Region,** Hydrology, NO. 485,pp 113–125.*

-*Noori, R., Karbassi, A., Farokhnia, A., and Dehghani, M., (2009),**Predicting The Longitudinal Dispersion Coefficient Using Support Vector Machine And Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Techniques**, Environmental Engineering Science, 26 (10),pp 1503-1510.*