

بررسی و تحلیل ارتباط زمانی و مکانی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در استان تهران

غلامرضا زهتابیان^۲

علی آذره^۴

حامد اسکندری دامنه^۱

حسن خسروی^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۸/۲۶

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۲/۰۹

چکیده

خشکسالی یک رخداد طبیعی تکرارشونده و موقتی است و منجر به وارد آمدن خسارت‌های زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود. در این تحقیق، از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص خشکسالی جریانات رودخانه‌ای (SDI) جهت ارزیابی خشکسالی‌ها استفاده شده است. برای این منظور از آمار ماهانه ۲۷ ایستگاه باران سنجی و ۲۴ ایستگاه هیدرومتری در استان تهران استفاده شد و شاخص‌های خشکسالی SPI و SDI نیز در نرم‌افزار MATLAB محاسبه گردید. در مرحله بعد نقشه پهنه‌بندی مربوط به آنها نیز در دوره‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد و در نهایت ارتباط بین دو شاخص خشکسالی نیز از طریق ضریب همبستگی پیرسون بدست آمد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، ارتباط معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد و روند خشکسالی تقریباً در مناطق مختلف استان با گذشت زمان افزایش یافته است، به طوری که روند تغییرات هر دو شاخص خشکسالی، از سمت شمال به جنوب دارای افزایش چشمگیری بوده است. بر اساس داده‌های بارش و دبی، وقوع خشکسالی هواشناسی به صورت کوتاه‌مدت یا با تأخیر یک ماهه بیش‌ترین تأثیر را در وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی دارد. همچنین بررسی نظم مکانی نیز نشان داد که، بیشترین همبستگی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در ایستگاه رودک وجود دارد که دلیل همبستگی بالای آن را می‌توان کوچک بودن حوضه بالادست آن به موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری آن مرتبط دانست.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی، همبستگی، استان تهران.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه تهران Hamed.eskandari69@gmail.com

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران ghzehtab@ut.ac.ir

۳- نویسنده مسئول و استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران hakhosravi@ut.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشگاه تهران ali.azareh@gmail.com

۱- مقدمه

نوع شاخص خشکسالی، تحقیقات متعددی در سطح جهانی و ملی انجام شده است که می‌توان موارد زیر را به عنوان نمونه ذکر کرد:

طبری و همکاران (۲۰۱۳: ۱-۲) اقدام به ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی (SDI^۶) در شمال غرب ایران کردند که نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که تقریباً تمام ایستگاه‌ها از خشکسالی شدید رنج می‌برند. نیکبخت و همکاران (۲۰۱۳: ۱-۲) به تجزیه و تحلیل شدت خشکسالی هیدرولوژیکی با درصد شاخص نرمال در شمال (PNI) غرب ایران پرداختند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شدیدترین خشکسالی هیدرولوژیکی در تمامی ایستگاه‌ها در سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۹۹ و ۲۰۰۲-۲۰۰۱ رخ داده است و شدت خشکسالی هیدرولوژیکی بر اساس PNI در طول ۳۴ سال گذشته افزایش یافته است.

تیرانداز و اسلامی (۲۰۱۲: ۱-۲) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی خشکسالی و روند رطوبت در شمال ایران (مطالعه موردی استان گیلان) پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که، شدیدترین خشکسالی بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۹ رخ داده است. زمانی و همکاران (۱۳۹۱: ص ۱-۲) در مقاله‌ای به بررسی کاربرد زمین آمار در پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی در استان فارس پرداختند که نتایج آن‌ها نشان داد، با توجه به نقشه‌های رسم شده بر اساس دو شاخص RAI و DPI به ترتیب ۶۰/۹۱ و ۵۱/۰۵ درصد از مساحت استان در سال ۱۳۸۹ درگیر خشکسالی بوده است.

سلطانی و مهرابی (۱۳۹۱: ۱-۲) به ارزیابی خشکسالی با استفاده از شاخص SDI و SPI در حوضه سد درودزن در استان فارس پرداختند که با مقایسه نتایج دو شاخص معلوم شد که در سال‌های ۶۸-۶۴ دوره کوتاه مدت خشکسالی وجود داشته و پس از آن خشکسالی در وضعیت نرمال بوده اما در سال‌های اخیر وضعیت تغییر کرده و خشکسالی در وضعیت شدیدتری قرار گرفته است. بذرافشان و همکاران

خشکسالی یک رخداد طبیعی است که ناشی از کاهش بارش نسبت به میانگین بلندمدت آن می‌باشد و می‌تواند در هر اقلیمی رخ دهد. این پدیده صدمات فراوانی را به بخش‌های مختلف از جمله بخش منابع آب وارد می‌سازد (تبورزاده، ۱۳۹۲: ص ۱-۲) که نمود عینی آن در سال‌های اخیر کمبود آب است (اسلامیان و همکاران، ۲۰۰۴: ۱-۲). از این رو باید مدیریت استراتژیک را در این زمینه اتخاذ کرد تا کمترین خسارت به این بخش وارد گردد. که این کار نیازمند تدوین یکسری شاخص‌ها در ارتباط با روند گذشته و کنونی و همچنین تدوین راهبردهایی برای مقابله با آثار سوء آن می‌باشد. بدین منظور برای پایش و ارزیابی خشکسالی شاخص‌های متعددی ارائه شده است که هر یک از این شاخص‌ها بر اساس به کارگیری متغیرهای ورودی برای محاسبه و روش محاسباتی آن، متفاوت می‌باشند (نالبانتیس و تساکیریس^۱، ۲۰۰۹: ۶-۲).

یکی از این شاخص‌های ارائه شده در سطح جهانی، شاخص SPI^۳ است که در آن امکان پایش خشکسالی در مقیاس‌های متفاوت زمانی میسر شده است (شهید و حضریخواه، ۲۰۱۰: ۲-۶). یکی دیگر از شاخص‌های خشکسالی، خشکسالی هیدرولوژیکی می‌باشد که ابتدا با کاهش میزان بارندگی شروع و به طور عادی با کاهش سطح دریاچه‌ها و منابع ذخیره‌ای مرتبط می‌شود (لیو^۴ و همکاران، ۲۰۱۲: ۴-۲). این شاخص توسط نالبانتیس (۲۰۰۸) ارائه گردید و سپس در سال ۲۰۰۹ توسط (نالبانتیس و تساکیریس) برای مشخص کردن خشکسالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد که کاهش جریان‌ات رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی از آشکارترین نشانه‌های این مرحله از خشکسالی هستند (هانو^۵ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱-۲) در رابطه با بررسی این دو

1- Nalbantis

2- Tsakiris

3- Standardized Precipitation Index

4- Liu

5- Hao

6- Streamflow Drought Index

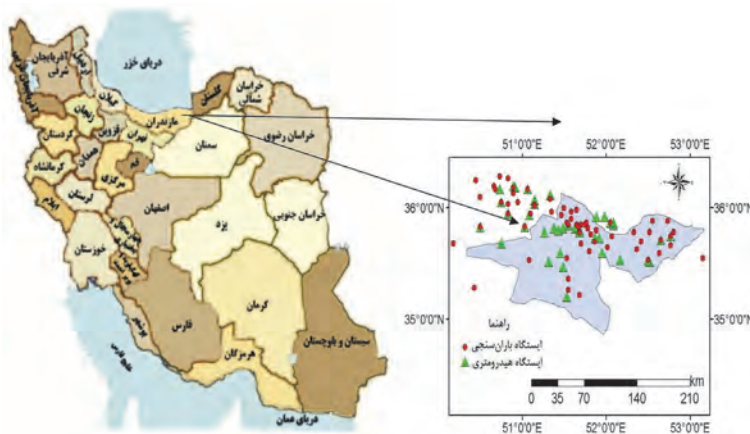
SDI در حوضه هلیل رود ایران پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد همبستگی بالایی بین شاخص بارش استاندارد به عنوان شاخص هواشناسی با شاخص هیدرولوژیکی وجود دارد. آذره و همکاران (۲۰۱۴: ۱-۲)، به بررسی رابطه خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه‌ی سد کرج پرداختند که نتایج حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که، رابطه‌ی زمانی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در سطح یک درصد قابل توجه است و این ارتباط در محدوده ۳ ماهه حداکثر است و همچنین خشکسالی هواشناسی با یک ماه تأخیر بروی خشکسالی هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد و بالاترین ارتباط مربوط به ایستگاه سیره بود که می‌توان آن را به موقعیت جغرافیایی آن در حوضه مورد مطالعه ربط داد.

تبوزاده و همکاران (۱۳۹۲: ۱-۲) به مطالعه تطبیقی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه آبریز بختگان پرداختند و نتایج بررسی این دو شاخص به وسیله آن‌ها نشان داد که، همه ایستگاه‌ها متحمل خشکسالی شدند و وقوع خشکسالی اثر خود را بصورت آنی یا با تأخیر یک ماهه بر منابع آب سطحی نشان می‌دهد. مرادی و همکاران (۲۰۰۹: ۱-۲) با استفاده از شاخص SPI و SDI در حوزه شهری خرم آباد به ارزیابی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری و مقایسه بین شاخص SPI و SDI نشان داد که حالت غالب در این حوزه تقریباً حالت نرمال است.

(۱۳۹۰: ۱-۲) به بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص (SPI) پرداختند که آنها در تحقیق خود از زمین آمار برای پهنه‌بندی و طبقه‌بندی خشکسالی استفاده کردند و نتایج آن نشان داد که وضعیت خشکسالی‌ها در پهنه مورد نظر از سمت غرب به شرق کاهش می‌یابد. عیوضی و مساعدی (۱۳۹۰: ۱-۲) به پایش و تحلیل خشکسالی استان گلستان با استفاده از روش‌های زمین آماری پرداختند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در مقیاس سالانه وسیع‌ترین خشکسالی در سال ۱۳۶۴-۱۳۶۳ و شدیدترین خشکسالی در مقیاس ماهانه در ماه آبان ۶۵-۱۳۶۴ رخ داده است.

تبریزی و همکاران (۲۰۱۰: ۱-۲) به استفاده از خشکسالی هواشناسی مبتنی بر زمان متعدد برای بررسی وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه حوضه سد درود زن در جنوب غرب ایران پرداختند که نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد بیشتر سری‌های زمانی SPI ارتباط معنی‌داری در سطح پنج درصد با شدت خشکسالی هیدرولوژیکی منطقه دارند. شبان (۲۰۰۹: ۱-۳) به بررسی شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی در لبنان پرداخت.

نتایج تحقیق نشان داد که، در مقیاس‌ها و جنبه‌های مختلف کاهش قابل توجه در مقدار آب رخ داده است. این کاهش از یک شاخص به شاخص دیگر متفاوت است اما کاهش در همه شاخص‌ها نشان‌دهنده هشدار در مقدار آب در لبنان می‌باشند. سلیمانی ساردو و بهره‌مند (۲۰۱۴: ۱-۲) به ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده شاخص



نگاره ۱: منطقه مورد مطالعه

۳-۱- شاخص خشکسالی هواشناسی (SPI)

این شاخص در سال ۱۹۹۵ مکی^۱ و همکارانش ارائه شد، این شاخص ساده و قابل استفاده برای تمام شرایط منابع آبی است و بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار بدست می‌آید.

$$SPI_{ik} = \frac{R_{ik} - \overline{R_k}}{S_k} \quad i = 1, 2, \dots, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

$\overline{R_k}$ و S_k به ترتیب میانگین ارتفاع بارش تجمعی و انحراف معیار ارتفاع بارش تجمعی برای دوره مبنای (k) می‌باشد. جدول (۱) طبقه‌بندی حالت‌های مختلف خشکسالی را به روش SPI نشان می‌دهد.

جدول ۱: طبقه‌بندی حالت‌های خشکسالی هواشناسی به روش شاخص SPI (مکی و همکاران، ۱۹۹۵)

وضعیت خشکسالی	محدوده	حالت
ترسالی حاد	$SPI \leq -2$	۰
ترسالی شدید	$-1.5 \leq SPI < -2$	۱
ترسالی متوسط	$1 \leq SPI < 1.5$	۲
نرمال	$-1 \leq SPI < +1$	۳
خشکسالی متوسط	$-1.5 \leq SPI < -1$	۴
خشکسالی شدید	$-2 \leq SPI < -1.5$	۵
خشکسالی حاد	$SPI < -2$	۶

۳-۲- شاخص خشکسالی جریان‌های رودخانه‌ای (SDI)

این شاخص توسط نالباتیس (۲۰۰۸) ارائه شد و سپس در سال ۲۰۰۹ توسط نالباتیس و همکاران برای مشخص کردن خشکسالی هیدرولوژیکی توسعه داده شد. در این روش فرض می‌شود که سری‌های زمانی حجم جریان‌های رودخانه‌ای ماهانه بصورت Q_{ij} موجود می‌باشد که در آن اندیس i سال هیدرولوژیکی و اندیس j ماه مربوط به سال هیدرولوژیکی می‌باشد.

$$SDI_{ik} = \frac{v_{ik} - v_k}{S_k} \quad i = 1, 2, \dots, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

با توجه به ضرورت‌های بیان شده و برای شناخت و آگاهی بهتر از وضعیت خشکسالی هیدرولوژیکی و هواشناسی، پژوهش‌های محلی و منطقه‌ای، با توجه به ویژگی‌های هر منطقه لازم می‌باشد. بر اساس ضرورت پژوهش حاضر در استان تهران و به منظور بررسی و مقایسه نتایج انواع خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی، در یک دوره ۳۲ ساله در مقیاس زمانی و مکانی مورد توجه قرار گرفته است. سپس ارتباط بین این دو نوع خشکسالی از طریق ضریب همبستگی پیرسون مشخص گردید.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان تهران بین 35° تا 36° عرض شمالی و 50° تا 53° طول شرقی قرار گرفته است، این استان از شمال به رشته کوه‌های البرز (استان مازندران)، و از جنوب به استان قم، از شرق به استان سمنان و از غرب به استان قزوین محدود می‌شود. رشته کوه‌های البرز با جهت شرقی همانند دیواری بلند این استان را از همسایگان شمالی آن یعنی مازندران جدا می‌کند. نگاره ۱، موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های هیدرومتری و ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳- روش تحقیق

در این پژوهش، از آمار و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری وزارت نیرو و سازمان آب منطقه‌ای ایران (تماب) استفاده گردید. برای محاسبه خشکسالی هواشناسی از شاخص SPI و برای خشکسالی هیدرولوژیکی از شاخص SDI برای تمامی ایستگاه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به منظور استخراج مقادیر خشکسالی SPI و SDI از نرم افزار MATLAB استفاده گردید. در مرحله بعد نقشه پهنه‌بندی مربوط به شاخص‌های SPI و SDI در دوره‌های مختلف با استفاده از نرم افزار ArcGIS تهیه شد و ارتباط بین دو شاخص خشکسالی نیز از طریق ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS بدست آمد.

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۱۱۷)

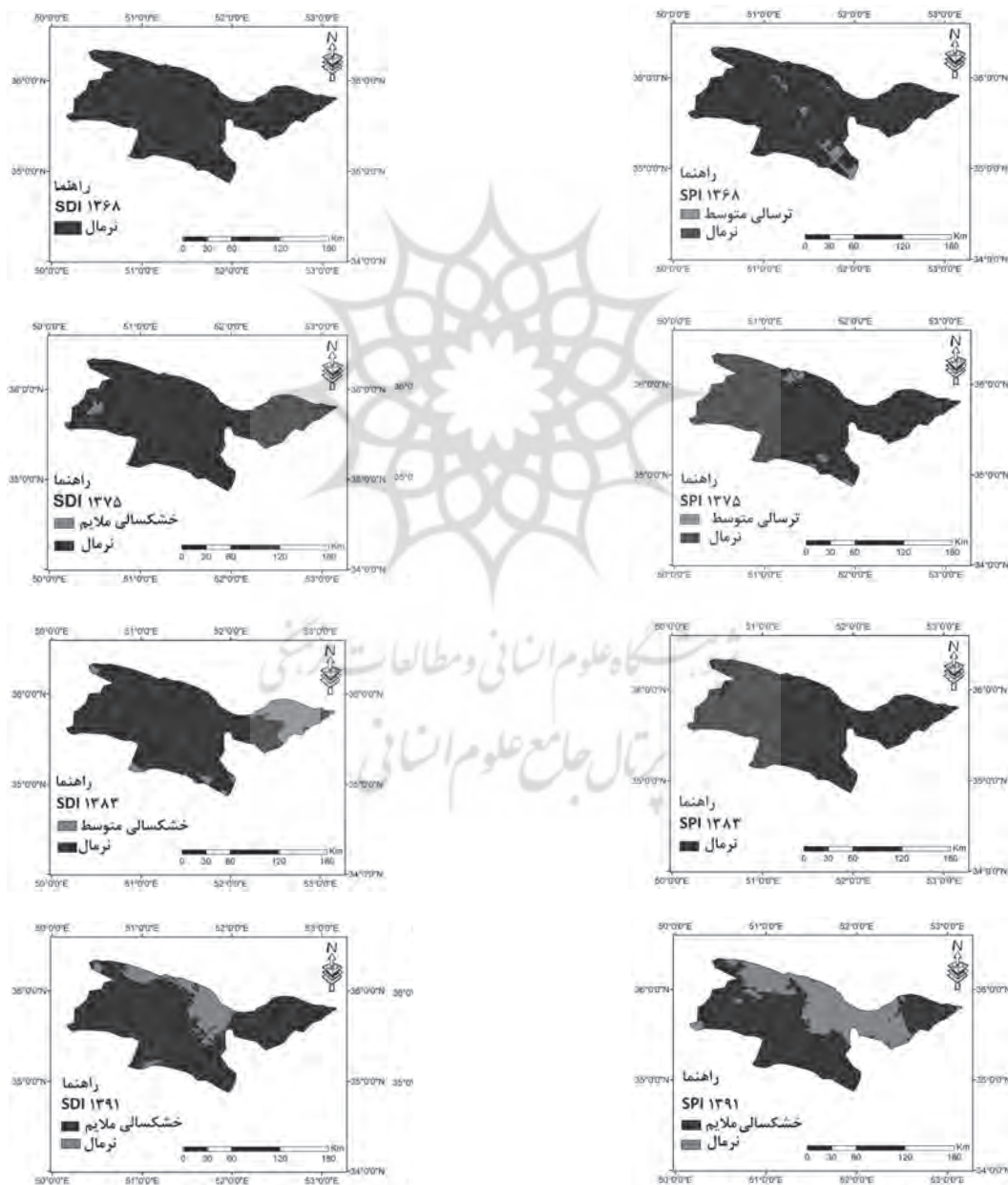
بررسی و تحلیل ارتباط زمانی و مکانی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی ... / ۱۱۷

و هیدرولوژیکی استان تهران بر اساس روش Cokriging، برای سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۵، ۱۳۸۳، ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. همچنین جهت بررسی اثر خشکسالی بر جریان‌های سطحی ابتدا به تأخیر زمانی در ایستگاه‌های هیدرومتری پرداخته شد. از این‌رو، در جدول ۳ نیز نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه بین

\bar{V}_k و S_k به ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم جریانات تجمعی برای دوره مبنای k می‌باشد. حجم تجمعی جریانات رودخانه‌ای (V_{ik}) برای دوره مبنای (k)

۴- نتایج

نگاره‌های ۲ و ۳ پهنه‌بندی گستره خشکسالی هواشناسی



نگاره ۳: نقشه پهنه‌بندی شاخص SDI منطقه مورد مطالعه

نگاره ۲: نقشه پهنه‌بندی شاخص SPI منطقه مورد مطالعه

جدول ۲: طبقه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیک

(نالبانتیس و تساکیر، ۲۰۰۹)

حالت	محدوده	وضعیت خشکسالی
۰	$0 \leq SDI$	فاقد خشکسالی
۱	$-1 \leq SDI < 0$	خشکسالی ملایم
۲	$-1.5 \leq SDI < -1$	خشکسالی متوسط
۳	$-2 \leq SDI < -1.5$	خشکسالی شدید
۴	$SDI \leq -2$	خشکسالی خیلی شدید

جدول ۴: ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص‌های SPI و SDI با یک ماه تأخیر

نام ایستگاه	یک ماه تأخیر	نام ایستگاه	یک ماه تأخیر
سیمین دشت	-۰/۴۹	فشنند	۰/۲۵۶
بیلقان	-۰/۰۸	فیروزکوه	-۰/۰۲
پلور	-۰/۰۵۳	گته ده	-۰/۰۲۱
جوستان	۰/۲۹۳	لتیان	۰/۰۴۲
ده صومعه	۰/۲۳۶	نارون	۰/۰۸۴
رودک	۰/۰۲۱	نجم آباد	۰/۰۹۵
سیرا	۰/۰۱۹	نمرود	۰/۰۰۸

* همبستگی در سطح ۹۵ درصد معنی دار است.

** همبستگی در سطح ۹۹ درصد معنی دار است.

جدول ۳: ضریب همبستگی پیرسون بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در ایستگاه‌های حوزه مورد مطالعه

نام ایستگاه	ضریب همبستگی	نام ایستگاه	ضریب همبستگی
سیمین دشت	۰/۴۴۵**	فشنند	۰/۷۲۵**
بیلقان	۰/۴۲۷*	فیروزکوه	۰/۴۹۷**
پلور	۰/۲۳۶	گته ده	۰/۷۰۳**
جوستان	۰/۶۹۷**	لتیان	۰/۴۲۶**
ده صومعه	۰/۴۷۹**	نارون	۰/۷۰۳**
رودک	۰/۷۸۵**	نجم آباد	۰/۳۵۱*
سیرا	۰/۶۲۶**	نمرود	۰/۴۸۶**

* همبستگی در سطح ۹۵ درصد معنی دار است.

** همبستگی در سطح ۹۹ درصد معنی دار است.

طوری که در سال ۱۳۶۸ از نظر خشکسالی اکثر منطقه نرمال و قسمتی از منطقه دارای ترسالی متوسط بوده است ولی در سال ۱۳۷۵ مساحت مربوط به ترسالی متوسط کاهش یافته و در سال ۱۳۸۳ تمام استان نرمال بوده است. اما در سال ۱۳۹۱ قسمت اعظمی از استان تحت تأثیر خشکسالی متوسط شده است. لیکن باز هم در این سال، طبقه‌بندی نرمال به صورت نوار باریکی از سمت شمال و شرق را دربرمی‌گیرد. نکته مهم در مورد خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی این است که روند خشکسالی در بازه آماری انتخاب شده در این منطقه به صورت صعودی در حال افزایش بوده است. همچنین از سمت جنوب به شمال استان نیز شاهد کاهش شدت خشکسالی بوده‌ایم که علت اصلی آن همجواری با استان‌های شمالی و رشته کوه البرز می‌باشد که دارای مناطق کوهستانی و با بارش بیشتر است اما هر چه به سمت جنوب استان برویم مناطق بیشتر به صورت دشت بوده و میزان بارش نیز متعاقباً کمتر می‌شود. به طور کلی نتایج پهنه‌بندی دو نوع خشکسالی نشان داد که در سال‌های اخیر گستره وسیعی از استان تهران را خشکسالی فراگرفته است. اما در نهایت با مقایسه ارتباط بین دو خشکسالی به این نتیجه می‌رسیم که ارتباط معنی‌داری بین آن‌ها وجود دارد به طوری که نقشه‌های ترسیمی تقریباً

خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی نشان داده شده است. در انتها به منظور بررسی نظم زمانی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در منطقه، ضریب همبستگی پیرسون با یک ماه تأخیر بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بدست آمد که نتایج آن، در جدول ۴ نشان داده شده است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج بدست آمده از نگاره‌های ۲ و ۳ که پهنه‌بندی گستره خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی استان تهران برای سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۵، ۱۳۸۳، ۱۳۹۱ را نشان داده می‌دهد. روند خشکسالی هواشناسی تقریباً در مناطق مختلف استان با گذشت زمان افزایش یافته است، به

و هیدرولوژیکی در ایستگاه رودک وجود دارد که دلیل همبستگی بالای بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی ایستگاه رودک را می‌توان مربوط به کوچک بودن حوزه بالا دست آن به موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری آن مرتبط دانست که با نتایج قاسمیان و همکاران (۱۳۸۱): ۱-۲ در استان خراسان شمالی و همچنین مفیدی پور و همکاران (۱۳۹۱: ۱-۲) در حوزه آبخیز اترک مطابقت دارد.

منابع و مأخذ

- ۱- بذرافشان، ا.ا. م. محسنی ساروی، م. ملکیان و ا. معینی؛ (۱۳۹۰)؛ بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، صص ۴۰۷-۳۹۵.
- ۲- تبوزاده، ش. ح. زارعی، ا.ا. بذرافشان و س. شکری کوچک، (۱۳۹۲)؛ مطالعه تطبیقی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوضه آبریز بختگان. سی‌ودومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، ۷ صفحه.
- ۳- زمانی، ع.م. ک. آخوندعلی، ف. سلیمانی، پ. انصاری و پ. بخشیان؛ (۱۳۹۱)؛ کاربرد زمین‌آمار در پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی (مطالعه موردی: استان فارس). پژوهشنامه مدیریت حوزه‌های آبخیز سال سوم، شماره ۶، صص ۲۹-۱۵.
- ۴- سلطانی، س.؛ و م. محرابی؛ (۱۳۹۱)؛ ارزیابی خشکسالی با استفاده از شاخص جریان‌ات رودخانه ای (SDI) و شاخص بارش استاندارد (SPI) (مطالعه موردی حوزه سد درودزن در استان فارس). اولین همایش ملی بیابان، تهران، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران، ۱۱ صفحه.
- ۵- عیوضی، م. و ا. مساعدی؛ (۱۳۹۰)؛ پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش‌های زمین‌آمار. نشریه مرتع آبخیزداری، مجله منابع طبیعی، دوره ۶۴، شماره ۱، صص ۶۵-۷۸.

با هم انطباق دارد و میزان خشکسالی هیدرولوژیکی و هواشناسی در قسمت‌های شمال و شرق منطقه نسبت به بقیه مناطق کمتر است و قسمت‌های جنوب و مرکز استان شاهد بیشترین میزان خشکسالی است. نقشه‌های وضعیت خشکسالی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند که هر چه از بالا دست حوضه که کوهستانی است به سمت پایین دست آن که ارتفاع کمتر است، پیشروی شود، بر شدت خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی افزوده می‌گردد. بر اساس جدول ۳، نتایج بررسی نشان داد که بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در منطقه مورد مطالعه، ارتباط معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد وجود دارد. به نحوی که وقوع خشکسالی هواشناسی سبب کاهش حجم آب‌های سطحی شده و خشکسالی هیدرولوژیکی را منجر می‌شود. بر اساس داده‌های بارش و دبی موجود در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، وقوع خشکسالی هواشناسی به صورت همزمان بیش‌ترین تأثیر را در وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی دارد؛ که با نتایج آذره و همکاران (۲۰۱۴: ۱-۲) در حوزه سد کرج، تبوزاده و همکاران (۱۳۹۲: ۱-۲) در حوضه آبریز دریاچه بختگان، مفیدی پور و همکاران (۱۳۹۱: ۱-۲) در حوزه آبخیز اترک و سلیمانی ساردو و بهرمند (۲۰۱۴: ۱-۲) در حوزه هلیل‌رود ایران مطابقت دارد. در واقع با زیاد شدن مقیاس زمانی از میزان همبستگی بین دو خشکسالی کاسته شده است که با نتایج ویکنت سرنو^۱ و لوپز مورانو^۲ (۲۰۰۵: ۱-۲) همخوانی دارد.

تأثیر همزمان وقوع خشکسالی هواشناسی بر خشکسالی هیدرولوژیکی منطقه بیانگر عکس‌العمل سریع هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه و زیرحوضه‌های آن می‌باشد که این شرایط شاید به دلیل وجود شرایط توپوگرافی و فیزیوگرافی منطقه (به عنوان مثال زمان تمرکز کوتاه آبراه‌ها) است. همچنین بر طبق جدول ۳، بررسی نظم مکانی نشان داد که بیشترین همبستگی پیرسون بین خشکسالی هواشناسی

1- Vicente-Serrano

2- López-Moreno

- SDI (Case study: watershed Khorramabad). Fifth National Conference on Science and Engineering Iranian Watershed. 117 pp.
- 14-Nalbantis, I. (2008). Evaluation of a hydrological drought index. *Eur Water*, 23(24), 67-77.
- 15-Nalbantis, I., and Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23(5), 881-897.
- 16-Nikbakht, J., Tabari, H., and Talae, P. H. (2013). Streamflow drought severity analysis by percent of normal index (PNI) in northwest Iran. *Theoretical and applied climatology*, 112(3-4), 565-573.
- 17-Shaban, A. (2009). Indicators and aspects of hydrological drought in Lebanon. *Water resources management*, 23(10), 1875-1891.
- 18- Shahid, S., and Hazarika, M. K. (2010). Groundwater drought in the northwestern districts of Bangladesh. *Water resources management*, 24(10), 1989-2006.
- 19-Soleimani-Sardouf., and Bahramand, A. (2014). Hydrological drought analysis using SDI index in Halilrud basin of Iran. *International Journal of Environmental Resources Research*, 1(3), 279-288.
- 20-Tabari, H., Nikbakht, J., and Talae, P. H. (2013). Hydrological drought assessment in Northwestern Iran based on streamflow drought index (SDI). *Water resources management*, 27(1), 137-151.
- 21-Tabrizi, A. A., Khalili, D., Kamgar-Haghighi, A. A., and Zand-Parsa, S. (2010). Utilization of time-based meteorological droughts to investigate occurrence of streamflow droughts. *Water resources management*, 24(15), 4287-4306.
- 22-Tirandaz, M., and Eslami, A. (2012). Zoning Droughts and Wetness Trends In North of Iran (case study: Guilan Province). *Texas Journal of Science*, 23(4).
- 23-Vicente-Serrano, S. M., and López-Moreno, J. I. (2005). Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9(5), 523-533.
- ۶- قاسمیان، د.، م. طارمی سمیرمی، ج. چزگی، و م. بروغنی؛ (۱۳۸۸)؛ بررسی ارتباط خشکسالی‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی استان خراسان شمالی با استفاده از شاخص SPI. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۵ صفحه.
- ۷- مفیدی پور، ن.، و. بردی‌شیخ، م. اوتق، و ا. سعدالدین؛ (۱۳۹۱)؛ بررسی رابطه خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز اترک. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، صص ۲۵-۱۶.
- 8-Azareh, A., Rahdari, M. R., Sardoi, E. R., and Moghadam, F. A. (2014). Investigate the relationship between hydrological and meteorological droughts in Karaj dam Basin. *European Journal of Experimental Biology*, 4(3), 102-107.
- 9- Eslamian, S., A. Zarei and A. Abrishamchi. 2004. Regional estimates of low flows in the river basin of Mazandaran. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 8(1): 37-27.
- 10- Hao, C., Zhang, J., and Yao, F. (2015). Combination of multi-sensor remote sensing data for drought monitoring over Southwest China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 35, 270-283.
- 11-Liu, L., Hong, Y., Bednarczyk, C. N., Yong, B., Shafer, M. A., Riley, R., et al. (2012). Hydro-climatological drought analyses and projections using meteorological and hydrological drought indices: a case study in Blue River Basin, Oklahoma. *Water resources management*, 26(10), 2761-2779.
- 12-McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. Paper presented at the Ninth Conference on Applied Climatology. American Meteorological Society, Boston.
- 13-Moradi, H., A. Sepahvand and M. Khazayi. 2009. Assessment of meteorological and hydrological drought by using the modified SPI index and