

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، تغییر کاربری اراضی، تراز آب زیرزمینی، لندست، قهاوند

مقدمه

در دهه‌های اخیر، گرمایش جهانی و نوسانات اقلیمی باعث وقوع خشکسالی‌های زیادی در نقاط مختلف اقلیمی ایران شده‌اند و با توجه به تقاضای آب برای مصارف کشاورزی، فشار مضاعفی بر روی منابع آب زیرزمینی وارد کرده است [۱۶ و ۱۹]. خشکسالی‌ها با تغییر مساحت و کیفیت کاربری‌های مختلف اراضی روی مصرف آب زیرزمینی اثرگذار هستند [۳ و ۴]. مطالعات نشان می‌دهد که کربن آلی خاک در اثر تغییر کاربری اراضی از چراگاه به زمین کشاورزی ۵۹ درصد کاهش و در اثر تبدیل اراضی زراعی به جنگل ۵۰ درصد افزایش می‌یابد [۱۰]. تغییرات شدید کاربری اراضی علاوه بر تغییر جریان سطحی بر جریان‌های زیرزمینی نیز تأثیر گذارند [۲۳]. نتایج تحقیقی در دشت یزد-اردکان نشان از روند نزولی تغییرات سطح آب زیرزمینی و افت متوسط آب حدود ۰/۵ متر دارد [۵]. در پژوهشی در دشت مرند با استفاده از شاخص سطح آب استاندارد شده اقدام به بررسی وضعیت آبخوان شد [۱۳]. در تحقیقی در ایالت تکزاس نشان دادند که سطح ایستابی از ۱۴ متر در دهه ۱۹۳۰ به ۳۶ متر در دهه ۲۰۰۰ رسیده است [۹]. شوکلا^۸ و همکاران، با استفاده از شاخص‌های استاندارد بارش و سطح آب استاندارد شده اقدام به بررسی وضعیت خشکسالی در هند نمودند. نتایج نشان داد که سطح ایستابی در منطقه کاهش معنی داری داشته است [۲۳]. در سال‌های اخیر از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای بررسی تغییر کاربری اراضی و پوشش گیاهی استفاده بیش‌تری شده است [۲۰ و ۲۱]. فرامرزی و همکاران [۱۱]، در پژوهشی در جنوب استان ایلام نشان دادند که افزایش سطح اراضی کشاورزی منجر به کاهش سطح ایستابی به میزان بیش از پنج متر در این منطقه گردیده است. باقید و همکاران به تحلیل خشکسالی‌های استان اصفهان پرداختند و نشان دادند که NDVI می‌تواند جایگزین مناسبی برای شاخص‌های اقلیمی در ارزیابی خشکسالی‌ها باشد [۵]. ها و هنگ^۹ به بررسی کاربری اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده ETM ماهواره لندست در آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد که مناطق آبی و جنگلی کاهش

بررسی تأثیر خشکسالی بر تغییر کاربری اراضی/پوشش و تراز آب زیرزمینی در دشت رزن - قهاوند

طاهره احمدی^۱، حمید نوری^۲، علیرضا ایلدرمی^۳
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۶

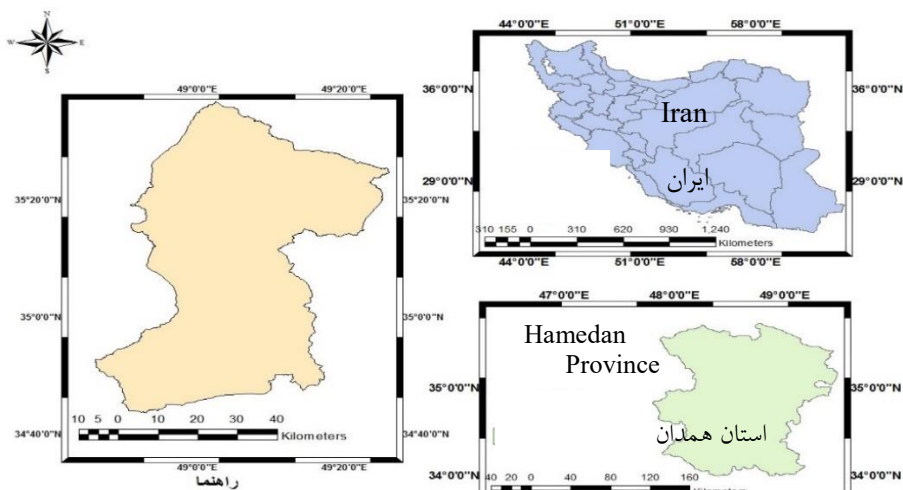
چکیده

خشکسالی‌ها با تأثیر بر پوشش گیاهی و منابع آب در مناطق کوهستانی غرب ایران بر مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی مؤثرند. هدف از انجام این پژوهش پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های زمینی و سنجش از دوری و تأثیر آن بر تغییرات کاربری اراضی/پوشش و سطح آب‌های زیرزمینی در حوزه آبخیز دشت رزن قهاوند است. روند تغییرات بارش و تراز سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش من‌کنندال معمولی و اصلاح‌شده بررسی و شاخص‌های استاندارد بارش^۴ و سطح آب استاندارد شده^۵ در سال‌های ۱۳۷۱-۱۳۹۴ محاسبه گردید. تغییرات کاربری اراضی/پوشش در این حوزه آبخیز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در سال‌های بین دو خشکسالی مهم و متوالی بررسی و همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی زمینی و شاخص‌های وضعیت دمایی^۶ و وضعیت پوشش گیاهی^۷ مطالعه شد. نتایج نشان داد که افت تراز آب زیرزمینی با تأخیر دوساله، همبستگی معنی داری با خشکسالی هواشناسی دارد و نیز شاخص وضعیت پوشش گیاهی نسبت به شاخص وضعیت دمایی و نیز مقیاس فصلی نسبت به مقیاس ماهانه و سالانه همبستگی قوی‌تری نشان می‌دهد. همچنین سطح اراضی کشاورزی، باغات و مراتع به ترتیب ۱۰/۹۶، ۱۳/۵۷ و ۰/۲۳ درصد کاهش و اراضی شور ۹/۵۱ درصد افزایش داشته است.

۱- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آبخیز، دانشگاه ملایر
۲- نویسنده مسئول و دانشیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه ملایر، پست الکترونیک: hamidwatershed@yahoo.com
۳- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه ملایر

4. SPI
5. SWI
6. TCI
7. VCI

8. Shukla
9. Ha and Hong



حوزه آبخیز دشت رزن- قهاوند Ghahavand Razan Plain Watershed

شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت رزن- قهاوند

Fig1. Geographic location of Razan-Nahavand plain

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در شرق استان همدان و در بین شهرستان رزن و همدان واقع شده است. این دشت با وسعت ۳۰۲۸ کیلومتر مربع در موقعیت ۴۸ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۴۹ درجه و بیست دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی قرار گرفته است و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۶۰ متر می باشد. محدوده مطالعاتی رزن- قهاوند یکی از دشت‌های حوزه آبخیز قره‌چای محسوب می‌گردد که در آن چهار رودخانه اصلی خمیگان، زه‌تران، قوری چای و شرا (قره‌چای) وجود دارد و عمدتاً جریان آب در آن‌ها فصلی است. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در (۱) نشان داده شده است. متوسط بارندگی در این محدوده ۲۵۳/۸ میلی‌متر، بیش‌ترین بارندگی ماهانه مربوط به ماه فروردین به میزان ۱۶ درصد بارش سالانه است. میزان متوسط دما در ایستگاه قهاوند ۱۱/۳ درجه سانتیگراد می‌باشد. اقلیم منطقه در روش آمبرژه خشک سرد و در روش دومارتن نیمه خشک می‌باشد.

روش این تحقیق به صورت دیاگرام در (۲) نشان داده شده است. داده‌های بارش در سال آبی ۷۱-۷۲ تا ۹۳-۹۴ از ایستگاه‌های آب‌باریک و زه‌تران تهیه شد و برای تحلیل روند و محاسبه شاخص استاندارد بارش مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). به منظور بررسی نوسانات سطح ایستابی از سطح تراز تعدادی از چاه‌های پیزومتری که در جدول (۱) آورده شده است، استفاده گردید.

P1 (همه‌کسی)، P2 (امامزاده)، P3 (غ-جیحون)، P4 (ج-جیحون)، P5 (ش-یکلر)، P6 (نظرآباد) چاه‌های پیزومتری منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۷۱-۷۲ تا ۹۳-۹۴ هستند. در این پژوهش

یافته و در مقابل اراضی مسکونی و کشاورزی و مراتع افزایش یافته است [۱۵]. پیاثو^۱ و همکاران نشان دادند که بین وضعیت گیاه و میزان بارش همیشه یک همبستگی وجود دارد که در فصل بارش، در صورت مناسب بودن دما وضعیت رویشی گیاه بهتر می‌شود [۲۱]. زنگ^۲ و همکاران در منطقه شمال چین، خشکسالی را با به کارگیری شاخص‌های VCI, PSMCI, PTCI, SMTCI, MIDI17, MIDI16, SMCI16, TCI و PCI15 و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI مورد مطالعه قرار دادند [۲۵]. با وقوع گرمایش جهانی و اثرات آن بر کاهش بارش برف در مناطق کوهستانی که مهم‌ترین ذخیره‌گاه اکولوژی هستند، خشکسالی‌ها در آب و هوای نیمه‌خشک و به‌ویژه خشک، تأثیرات احتمالی بیش‌تری بر اکوسیستم‌ها و منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه می‌گذارند. در این تحقیق در یک منطقه اقلیمی خشک از زاگرس که طی دو دهه اخیر به عنوان دشت ممنوعه مصرف آب زیرزمینی مطرح شده، نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دو سال خشکسالی متوالی تهیه و پایش اثر یک‌دوره کوتاه مدت شش‌ساله با استفاده از شاخص‌های استاندارد بارش و سطح آب استاندارد شده انجام گردید. یکی از اهداف این تحقیق تأثیر خشکسالی‌های مهم و متوالی بر اکوسیستم‌های حساس کوهستانی است. سپس تأثیر خشکسالی بر تغییر مساحت کاربری‌های مختلف اراضی/پوشش گیاهی و تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی، مطالعه و ارتباط شاخص‌های خشکسالی زمینی و سنجش از دوری در این اکوسیستم نیمه‌بیابانی در این دوره کوتاه مدت بررسی شد.

1. Piao
2. Zheng

جدول ۱- مشخصات چاه‌های پیزومتری دشت مورد مطالعه
Table 1. Piezometric well characteristics in study plain

UTM x	UTM y	سطح تراز (متر) Water level (m)	نام ایستگاه Name of station
325378	3877755	1616.76	P1
325378	3876228	1609.54	P2
325378	3869082	1657.87	P3
325378	3867650	1614.22	P4
325378	3861331	1617.19	P5
325378	3860443	1619.12	P6

DIP و DrinC^۱ استفاده شد.

این شاخص که تنش و نوسانات سفره آب زیرزمینی را بررسی می‌کند در سال ۲۰۰۴ توسط بویان ارائه شده است و در بررسی خشکسالی‌های هیدرولوژی ارائه شده با روش (۲) محاسبه می‌شود:

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی منطقه مورد مطالعه
Table 2. Characteristics of rain gauge stations in study area

ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude(m)	مختصات Coordinates		ایستگاه باران سنجی Rain gauge stationsoss
	عرض شمالی Northern Lat	طول شرقی Eastern Lon	
1759	35° 16' 11"	48° 56' 25"	آب باریک Abbaric
1786	35° 16' 43"	49° 08' 01"	زه‌تران Zahtaran

$$SWI = \frac{(Wij - Wim)}{\sigma} \quad (2)$$

Wij: سطح ایستابی فصلی چاه‌های پیزومتری i تا j

Wim: میانگین فصلی چاه‌های پیزومتری

σ: انحراف معیار

SWI، شاخصی است که به صورت غیر مستقیم کاهش آب سفره و تغذیه را اندازه می‌گیرد، این شاخص شدت خشکسالی را به پنج دسته تقسیم می‌کند که مقادیر مثبت شاخص نشان‌دهنده خشکسالی و مقادیر منفی آن نشان‌دهنده عدم خشکسالی یا شرایط نرمال است که در این تحقیق این شاخص با استفاده از داده‌های شش چاه پیزومتری در نرم‌افزار اکسل محاسبه شد.

برآورد تغییرات کاربری اراضی از طریق پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پردازش تصاویر ماهواره‌ای شامل پیش پردازش داده‌ها، تصحیح رادیومتریکی، تصحیح هندسی، تقلیل باندها و موزاییک کردن در

از تصاویر ماهواره لندست ۵ (سنجنده TM) و لندست ۸ (سنجنده OLI) استفاده شد (استخراج از سایت USGS). تاریخ تصویر ماهواره لندست ۵، روز ۱۲ ژوئن (خرداد) ۲۰۰۸ میلادی (۱۳۸۷) و تاریخ لندست ۸، روز ۱۰ ژوئن (خرداد) ۲۰۱۳ میلادی (۱۳۹۲) می‌باشد. از نقشه DEM همراه با باندهای تصویر سنجنده‌ها در فرآیند طبقه‌بندی استفاده شد تا دقت فرآیند طبقه‌بندی بالاتر باشد.

تحلیل روند و محاسبات شاخص خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژی

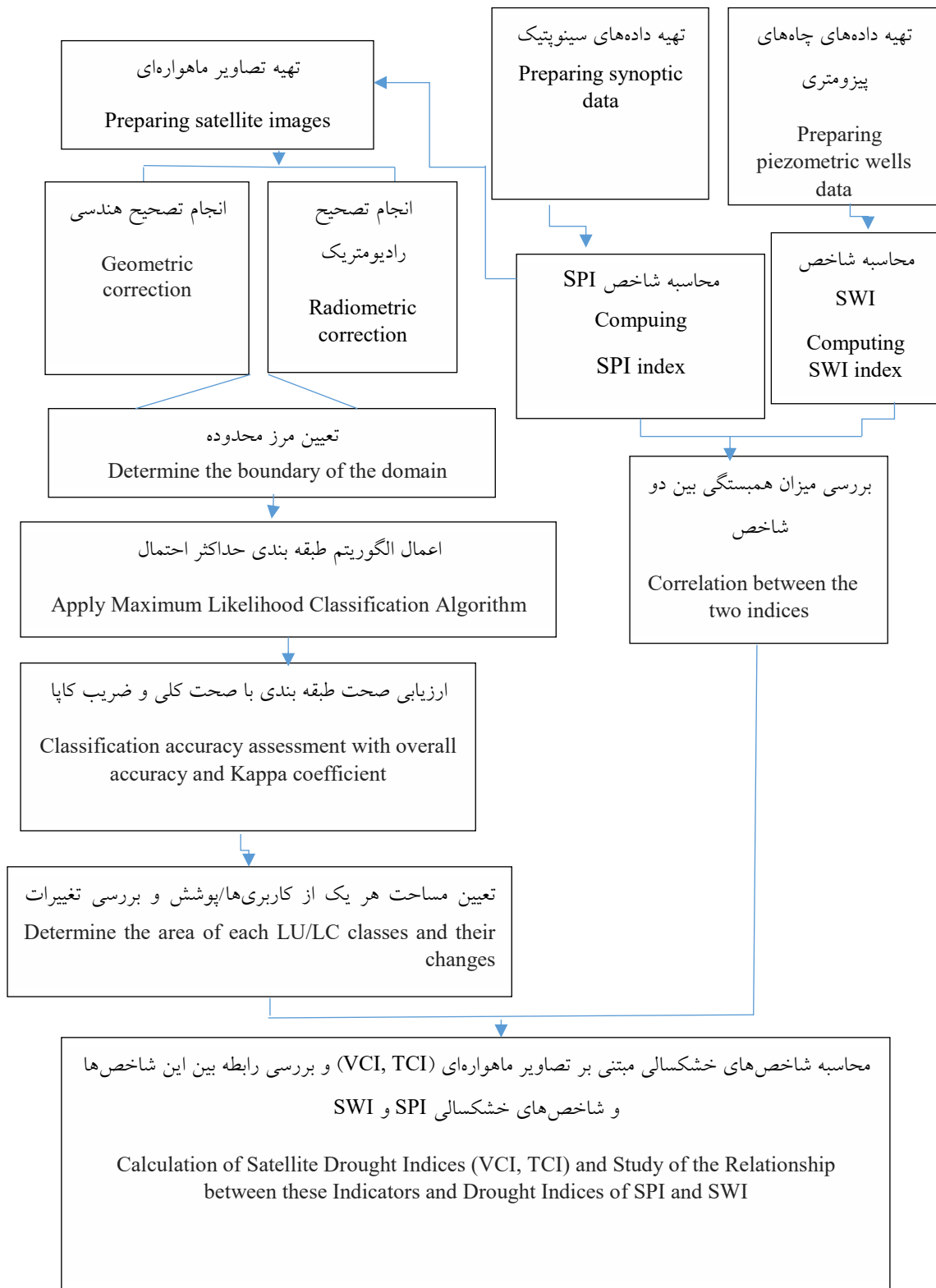
آنالیز روند بارش و تراز آب زیرزمینی (سطح آب استاندارد) با استفاده از شاخص‌های من کندال معمولی و شاخص‌های من کندال اصلاح شده شامل سه روش MK-VC و MK-HERISH و MK-SEAS بررسی شد.

این آزمون برای بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا برای بررسی صحت داده‌ها بر روی داده‌های بارش و سطح آب استاندارد، آزمون‌های استقلال و همگنی انجام شد. فرض صفر در آزمون، مستقل بودن دو متغیر و فرض یک، عدم استقلال دو متغیر است [۲۳]. شاخص استاندارد شده بارش در تحلیل منطقه‌ای خشکسالی و مطالعات تطبیقی و مقایسه‌ای میان مناطق مختلف متداول‌تر و پر کاربردتر است [۸]. این شاخص خشکسالی به عنوان شاخص توصیه شده توسط سازمان هواشناسی جهانی در سال ۲۰۱۰ مطرح گردیده است [۲]. شاخص مذکور با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$SPI = \frac{Pi - P}{\sigma} \quad (1)$$

SPI نمایه بارش استاندارد شده، Pi بارندگی سال یا ماه مورد نظر i، P میانگین بارندگی بلند مدت و σ انحراف معیار بارش در طول دوره آماری می‌باشد [۲۱]. در این تحقیق به منظور طبقه‌بندی خشکسالی دوره (۱۳۹۴-۱۳۷۱) داده‌های بارش در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه برای هر ایستگاه‌های موجود در جدول (۲)، از نرم‌افزارهای

1. DrinC(Drought Indices Calculator)



شکل ۲ - دیاگرام مراحل انجام پژوهش
Fig 2. Diagram of research processes

محیط نرم افزار ENVI انجام شد [۱]. بعد از پردازش و آماده سازی تصاویر ماهواره لندست، مرز محدوده منطقه مورد مطالعه در محیط نرم افزار ENVI برش داده شد، سپس با توجه به نمونه های تعلیمی، باز دیده های میدانی و تصاویر Google earth کاربری ها در منطقه مشخص و هر کدام روی تصاویر تعیین شدند. پس از آماده سازی نمونه های تعلیمی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال^۱ تصاویر طبقه بندی شده و هر یک از کاربری ها مشخص شدند. در این بخش الگوریتم طبقه بندی مشخص و انتخاب خواهد شد، داده ها به طبقه بندی کننده معرفی می شوند و در نهایت پس از انجام عملیات لازم، طبقه بندی صورت می گیرد. متداول ترین روش برای ارزیابی کمی صحت طبقه بندی، انتخاب تعدادی پیکسل از پیکسل های نمونه معلوم و مقایسه کلاس آن ها با نتایج طبقه بندی می باشد. معمولاً نتایج ارزیابی صحت به صورت خطا ارائه می گردند که در این صورت انواع پارامترها و مقادیری که بیانگر صحت یا نوعی خطا در نتایج هستند از این ماتریس استخراج می شوند [۱۴]. ارزیابی خطا و برآورد صحت طبقه بندی معمولاً بر اساس پارامترهای آماری است که از ماتریس خطا استخراج می شوند. ماتریس خطا که ماتریس ابهام نیز نامیده می شود حاصل مقایسه پیکسل به پیکسل، پیکسل های معلوم (در واقعیت زمینی) با پیکسل های متناظر در نتایج طبقه بندی است. صحت کلی، میانگینی از صحت طبقه بندی است که با همه کلاس ها به طور یکسان برخورد می کند و بنابر این تفاوت هایی را که میان کلاس ها وجود دارد در نظر گرفته نمی شود [۱۵]. ضریب کاپا صحت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می کند. یکی از معروف ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا است [۱۴]. به منظور برآورد خشک سالی از شاخص های سنجش از دوری وضعیت دمایی (TCI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) در سال های بررسی تغییرات کاربری/پوشش گیاهی استفاده شد. برای محاسبه شاخص وضعیت پوشش گیاهی، شاخص NDVI و برای محاسبه NDVI، متغیرهای Pred و Pnir که به ترتیب باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک هستند در طول یک ماه محاسبه می شود. تحلیل رگرسیون فضایی یکی از ابزارهای مهم آماری است که ارتباط بین متغیرها را که هر یک به صورت یک فایل رستری هستند، نشان می دهد. در این مدل رگرسیونی شاخص مبتنی بر داده های زمینی SPI به عنوان متغیر وابسته و شاخص های VCI و TCI به عنوان متغیرهای مستقل وارد معادله شده اند. شاخص وضعیت پوشش گیاهی، براساس نرمال نمودن NDVI در مقادیر بیشینه و کمینه است که با استفاده از فرمول (۳) محاسبه می شود [۱۷].

$$VCI_j = 100 \times \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

که در آن $NDVI_{min}$ و $NDVI_{max}$ حداکثر و حداقل مقادیر

1. Maximum Likelihood

NDVI است که برای ماه جاری با اندیس [نمایش داده می شود]. شرایط بهینه پوشش گیاهی برای VCI بیش از ۵۰ است. ارزش های پایین تر از ۵۰ در شرایط استرس خشکی، نشانگر دوره های خشک هست؛ اگر مقدار این شاخص برابر با ۱۰۰ باشد، این نشان می دهد بهترین شرایط برای پوشش گیاهی در دوره ثبت شده است. آستانه خشک سالی شدید حدود ۳۵ است. شاخص وضعیت دمایی (TCI) بر اساس فرمول (۴) محاسبه می شود [۲۴]:

$$TCI_i = 100 \times \frac{\max LST - LST_{cur}}{\max LST - \min LST} \quad (4)$$

که در آن LST_{cur} دمای روشنایی یا دمای سطحی زمین (LST) در دوره مورد نظر و $\max LST$ و $\min LST$ بیشینه و کمینه مقادیر دمای سطحی زمین می باشد. رابطه بین شاخص های خشک سالی زمینی (شاخص خشک سالی هواشناسی و خشک سالی هیدرولوژی) و شاخص های خشک سالی مبتنی بر کشاورزی و پوشش گیاهی سنجش از دوری (شاخص پوشش گیاهی و شاخص وضعیت دمایی) محاسبه شد.

نتایج

تحلیل روند و بررسی شاخص خشک سالی هواشناسی و هیدرولوژی

نتایج تحلیل روند بارش و تراز آب زیرزمینی با استفاده از روش های من کندانال معمولی و اصلاح شده در جدول (۳) ارائه شده است. در این جدول (T)، یا ضریب خود همبستگی در ستون اول آورده شده است. مقادیر خود همبستگی مرتبه اول برای بارش در ایستگاه اول هواشناسی و برای تراز سطح آب زیرزمینی در ایستگاه پنج پیژومتری معنی دار می باشد. به طور کلی تغییرات روند بارش در ایستگاه هواشناسی اول و دوم افزایشی و در چاه های پیژومتری کاهش می باشد. روند بارش و تراز آب زیرزمینی در سطح ۱ درصد برای هر چهار روش مورد مطالعه معنی دار هستند. مقادیر p-value در روش SEAS از روش های دیگر کمتر بوده که نشان دهنده وضعیت بهتر نمایش روند در این روش است.

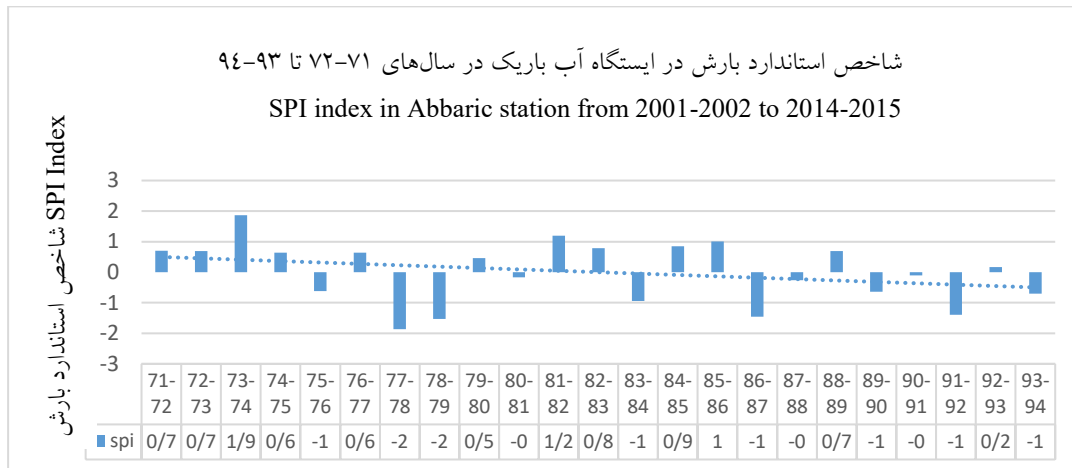
از روند تغییرات شاخص استاندارد بارش سالانه در طی دوره ۷۱-۷۲ تا ۹۳-۹۴ در ایستگاه اول هواشناسی می توان استنتاج کرد که روند وقوع خشک سالی در این ایستگاه رو به افزایش بوده است. در این دوره آماری، دهه دوم نسبت به دهه اول دارای فراوانی بیشتری در وقوع خشک سالی بوده است. نتایج، روند کاهش غیر معنی دار فصلی و معنی دار را در بارش سالانه این ایستگاه نشان می دهد.

همچنین روند تغییرات شاخص استاندارد بارش سالانه در طی این دوره آماری در ایستگاه دوم هواشناسی در شکل (۴) گزارش شده است. با توجه به علامت مثبت شیب خط برازش می توان استنتاج کرد که روند وقوع خشک سالی در این ایستگاه برخلاف ایستگاه اول رو به کاهش بوده است. فراوانی وقوع خشک سالی ها هم در دهه دوم تغییری نسبت به دهه اول نداشته است اما شدت خشک سالی ها کاهش یافته است.

جدول ۳- نتایج جدول روندیابی بارش (در ایستگاه‌های هواشناسی) و تراز آب (در چاه‌های پیزومتری)

Table 3-The results of Rainfall trend(M.S.) and water level(P.) trend

MK-VC		MK-HERISH		MK-SEAS		MK		r	ایستگاه Station
p	z	P	z	P	z	p	z		
0.08	1.15	0.07	1.31	0.06	1.75	0.08	1.23	0.57*	1. M.S
0.14	1.14	0.18	1.32	0.12	1.15	0.19	1.01	0.21	2. M.S
0.32	0.03	0.45	0.04	0.31	0.08	0.29	0.06	0.09	1.P.
0.09	0.15	0.17	0.19	0.17	0.15	0.25	0.11	-0.16	2.P.
0.41	1.46	0.65	1.76	0.51	1.79	0.53	1.98	-0.12	3.P.
0.62	1.30	0.79	1.31	0.58	1.45	0.93	1.24	-0.14	4.P.
0.05	1.76	0.09	2.01	0.04	2.15	0.07	2.24	-0.64*	5.P.
0.38	1.31	0.41	1.51	0.22	1.65	0.41	1.55	-0.05	6.P.



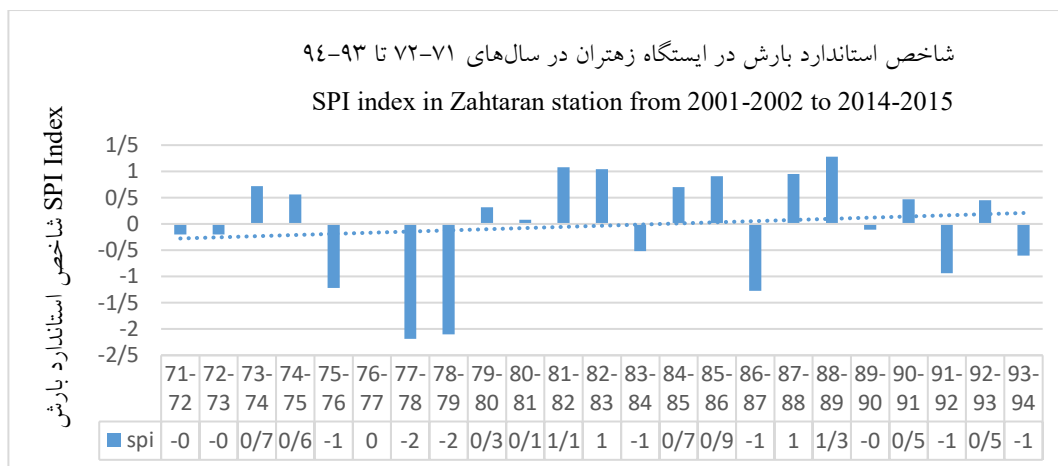
شکل ۳- نمودار SPI سالانه ایستگاه آب باریک

Fig 3. Annual SPI index chart in Abbaric station(M.S.1) SPI

که بیش‌ترین افت تراز آب زیرزمینی در چاه شماره ۴ دیده می‌شود. از سال آبی ۸۶-۸۷ تا سال آبی ۹۴-۹۳ برخی چاه‌های بهره‌برداری روند افزایشی داشته‌اند و تعداد چاه‌ها از ۱۴۲۷ به ۱۴۹۱ رسیده‌اند که با توجه به میزان برداشت آب از آن‌ها نقش مهمی در افت سطح ایستابی دشت داشته‌اند. با بررسی ماتریس همبستگی اسپیرمن بین شاخص استاندارد بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی در سال همان سال آبی و با نیز یک سال تأخیر و شاخص‌های سطح آب استاندارد شده در شش چاه پیزومتری مشخص گردید که هیچ‌گونه همبستگی مثبت یا منفی معنی‌داری بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی هیدرولوژی وجود نداشته است (جدول ۴). نشان داد که همبستگی معکوس معنی‌داری بین این دو شاخص با دو سال تأخیر در دو مورد در ایستگاه اول و یک مورد ایستگاه دوم هواشناسی در سطح پنج درصد مشاهده شده است. در تحلیل تأخیرهای ماهانه نیز، تأخیر ۲۶ ماهه نسبت به بقیه تأخیرهای ماهانه دارای همبستگی منفی قوی‌تری بوده است (جدول ۶). این رابطه معکوس بیانگر این موضوع بوده است که با کاهش شاخص استاندارد بارش و افزایش خشکسالی هواشناسی، میزان شاخص سطح آب استاندارد شده افزایش و خشکسالی هیدرولوژی بیش‌تر شده است.

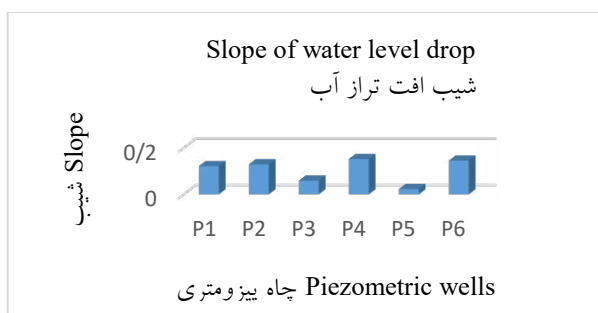
آزمون من کندال نشان‌دهنده روند افزایشی غیرمعنی‌دار در بارش فصلی و سالانه منطقه است. تحلیل ماهانه هر دو ایستگاه نشان می‌دهد که روند خشکی‌های ماه‌های بهمن و اسفند کاهشی و روند خشکی‌های ماه‌های مهر، آبان و آذر افزایشی بوده است. همچنین بیشترین فراوانی خشکسالی‌ها در فصل تابستان (۵۵ درصد) و کم‌ترین فراوانی در فصل زمستان (۱۵ درصد) روی می‌دهند. فصل تابستان علاوه بر دارا بودن بیش‌ترین فراوانی خشکسالی با شدیدترین خشکسالی نیز مواجه است. با توجه به گرمایش جهانی و شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر و نیز بهره‌برداری فراوان منابع آب زیرزمینی در دشت ممنوعه و مورد مطالعه، سال آبی ۸۶-۸۷ و سال ۹۱-۹۲ به عنوان یک دوره مهم در بین دوسال با خشکسالی متوسط در دهه گذشته در نظر گرفته شدند و مطالعه تغییرات کاربری اراضی و بررسی رابطه شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی در این دوره انجام گردید.

تحلیل تراز آب زیرزمینی چاه‌های پیزومتری در منطقه نشان می‌دهد که در انتهای سال‌های مورد مطالعه، چاه‌های پیزومتری شماره ۲، ۴ و ۶ در شرایط خشکسالی متوسط و چاه‌های شماره ۱، ۳ و ۵ در شرایط خشکسالی ملایم قرار داشتند. شیب افت تراز آب زیرزمینی در چاه‌های پیزومتری مختلف در شکل (۵) نشان می‌دهد



شکل ۴- نمودار SPI سالانه ایستگاه زهتران

Fig 4. Annual SPI index chart in Zahtaran station(M.S.2)



شکل ۵- شیب افت تراز آب زیرزمینی در چاه‌های پیزومتری

Fig 5. Slope of water level drop in piezometric well in study area

جدول ۵- همبستگی اسپیرمن بین شاخص SPI و SWI با دو سال تأخیر

Table 6. Spearman correlation between SPI and SWI indices in two-year delay

	P.1 SWI	SWI P.2	SWI P.3	P.4 SWI	P.5 SWI	P.6 SWI
M.S.1 SPI	0.106	-0.613*	-0.585*	0.142	0.149	0.146
M.S.2 SPI	0.341	-0.502*	0.211	0.304	0.321	0.078

جدول ۴- همبستگی اسپیرمن بین شاخص SPI و SWI

Table 4. Spearman correlation between SPI and SWI indices

	P.1 SWI	SWI P.2	SWI P.3	P.4 SWI	P.5 SWI	P.6 SWI
M.S.1 SPI	-0.23	-0.136	-0.356	-0.228	-0.177	-0.356
M.S.2 SPI	0.165	0.184	-0.028	0.17	0.247	-0.05

وجود این همبستگی بیانگر تأخیر اثر خشکسالی هواشناسی بر خشکسالی هیدرولوژی است. ادوسا^۱ در اتیوپی نشان می‌دهد که تأثیر خشکسالی هواشناسی با تأخیر هفت ماه اثر خود را بر خشکسالی هیدرولوژی نشان داده است [۱۰]. بررسی‌ها نشان دادند که بیشترین افت سطح ایستابی در چاه پیزومتری امامزاده به میزان ۲۳/۴۷ متر و کمترین میزان در چاه پیزومتری شیکلر به میزان ۳/۷۹ متر و به طور متوسط ۱۰/۳۹ متر بوده است. همچنین به طور متوسط در طول دوره مورد بررسی به میزان ۳۲۸۷۱۳۸۹۴ متر مکعب آب از آبخوان خارج گردیده است و در این مدت ۱۳۸۶۵۵۴۹۴ متر مکعب کسر تراز

جدول ۶- همبستگی اسپیرمن بین شاخص SPI و SWI با ۲۶ ماه تأخیر

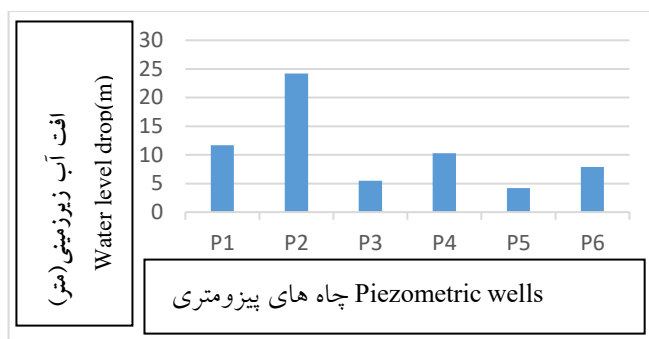
Table 6. Spearman correlation between SPI and SWI indices in a 26- month delay

	SWI P.1	SWI P.2	SWI P.3	P.4 SWI	P.5 SWI	P.6 SWI
M.S.1 SPI	0.143	-0.693*	-0.607*	0.151	0.139	0.165
M.S.2 SPI	0.351	-0.632*	0.413	0.306	0.401	0.178

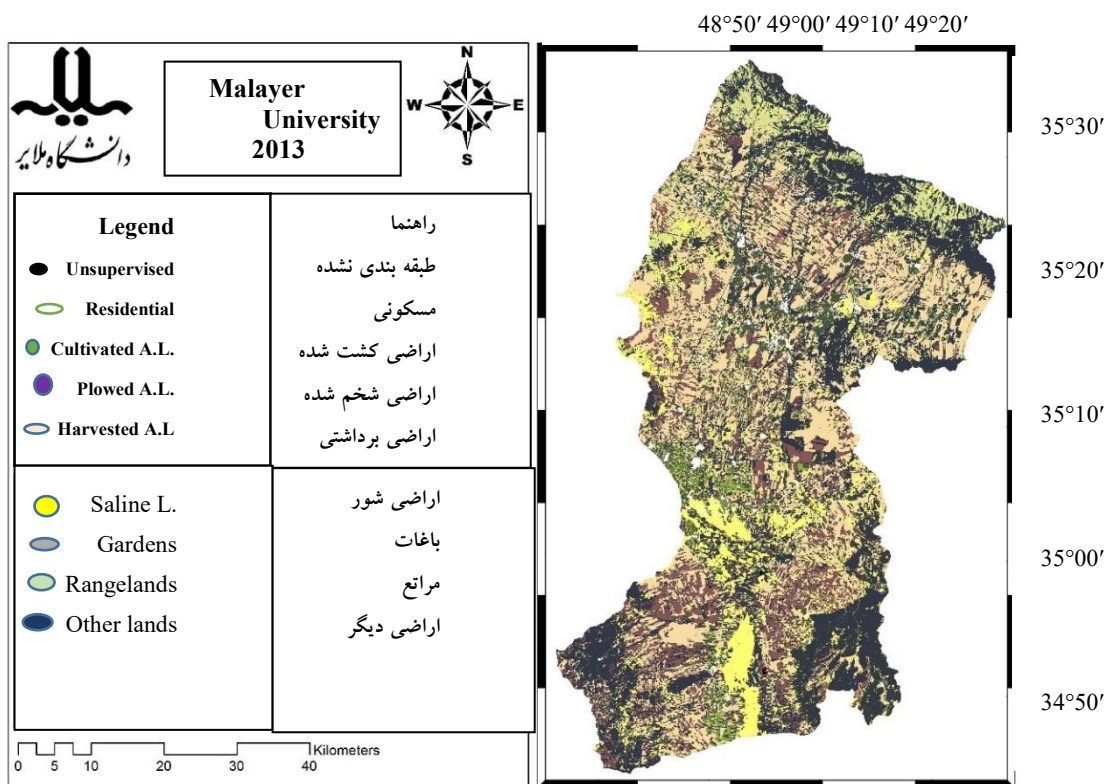
1. Edosa

افزایش خشکسالی هیدرولوژی و کاهش سطح ایستابی منجر به کاهش سطح اراضی زیر کشت گردیده است. جدول ۷ نشان می‌دهد که شاخص پوشش گیاهی همبستگی قوی‌تر و معنی‌دارتری نسبت به شاخص وضعیت دمایی و مقیاس فصلی نسبت به دیگر مقیاس‌ها دارد. مطابق شکل ۸ مساحت مجموع اراضی کشاورزی طی دوره ۶ ساله (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳) به میزان ۳۴۶۸۱/۵ هکتار، مساحت باغات ۷۴۶۷۳ هکتار و مساحت مراتع ۴۲۹۲۴/۴ هکتار کاهش داشته است اما مساحت اراضی شور ۱۰۳۵۰/۴۳ هکتار و سایر کاربری‌ها ۶۸۰۲۴/۱۵ هکتار افزایش داشته است.

وجود داشته است و این مقدار آب از آبخوان برداشته شده است (شکل ۶). به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی تصاویر ماهواره لندست ۵ سنجنده TM در سال ۲۰۰۸ و نقشه رقومی ارتفاع تهیه و پس از انجام مراحل پیش پردازش از آن‌ها استفاده شد. صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۹۱/۸ درصد و ۰/۹۰ می‌باشد. برای بررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز دشت رزن-قهاوند تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI در سال ۲۰۱۳ و نقشه رقومی ارتفاع تهیه و پس از انجام مراحل پیش پردازش از آن‌ها در تهیه نقشه کاربری (۷) استفاده شد. صحت کل و ضریب کاپا به ترتیب ۹۲/۱ درصد و ۰/۹۰ است.



شکل ۶- میزان افت سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری
Fig 6. Water level drop in piezometric wells

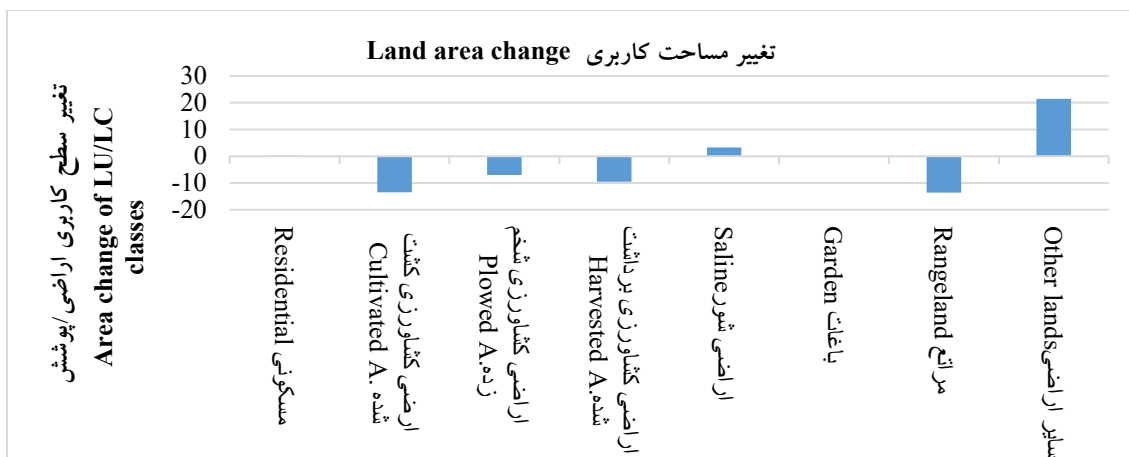


شکل ۸- نقشه کاربری/پوشش اراضی حوزه آبخیز دشت رزن-قهاوند در سال ۲۰۱۳
Fig 8. Lu/LC map in Ghahavand Razan Plain Watershed in 2013

جدول ۷- ضریب همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی ماهواره‌ای و زمینی در مقیاس‌های مختلف

Table 7. Correlation coefficient between terrestrial and remote sensing based drought indices in different scales

Drought Indices. شاخص‌های خشکالی	TCI index شاخص خشکسالی وضعیت دمایی			VCI index شاخص خشکسالی وضعیت پوشش		
	Month	Season	Year	Month	Season	Year
	ماه	فصل	سال	ماه	فصل	سال
SPI.S1	0.31	0.79**	0.56*	0.34	0.82**	0.66**
SPI.S2	0.35	0.75**	0.52*	0.41	0.83**	0.68**
SWI.P1	0.21	0.33	0.25	0.25	0.23	0.34
SWI.P2	0.28	0.27	0.20	0.26	0.21	0.30
SWI.P3	0.18	0.19	0.17	0.23	0.13	0.29
SWI.P4	0.39	0.42	0.33	0.42	0.33	0.42
SWI.P5	0.22	0.21	0.21	0.26	0.24	0.41
SWI.P6	0.16	0.15	0.18	0.18	0.14	0.22
SPI.S1_1 L.	0.35	0.65	0.36	0.12	0.43	0.55*
SPI.S2-1 L.	0.30	0.51	0.31	0.14	0.32	0.59*
SWI.P1-1 L.	0.21	0.39	0.26	0.09	0.23	0.31
SWI.P2-1 L.	0.18	0.44	0.07	0.22	0.24	0.38
SWI.P3-1 L.	0.16	0.27	0.15	0.18	0.19	0.38
SWI.P4-1 L.	0.32	0.68	0.28	0.37	0.36	0.49*
SWI.P5-1 L.	0.22	0.33	0.27	0.20	0.27	0.42
SWI.P6-1 L.	0.16	0.19	0.14	0.13	0.10	0.26



شکل ۸- درصد تغییرات مساحت کاربری‌ها/پوشش گیاهی در دشت رزن-قهاوند در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۹۲

Fig 9. Percentage changes of area in LU/LC classes in Ghahavand-Razan Plain during 2008-2013

روند شاخص‌های خشکسالی روش SEAS از روش‌های VC و HERISH و من‌کنند معمولی نتایج بهتری نشان می‌دهد. این یافته، نتایج برخی محققین را تأیید می‌کند [۲۳]. مقادیر سطح آب استاندارد شده تعدادی از چاه‌های پی‌زومتری در سال دوم با مقادیر شاخص استاندارد بارش ایستگاه باران‌سنجی همبستگی معنی‌دار داشتند. در تحقیقی گزارش گردید که میزان همبستگی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژی ضعیف بوده است و خشکسالی هیدرولوژی مستقل از خشکسالی هواشناسی و به صورت دوره‌ای رخ داده است [۸]. همچنین گزارش شد که هیچ‌گونه الگوی قابل مشاهده‌ای در کمبود بارش و تخلیه آب زیرزمینی وجود ندارد [۲۳]. نتایج این

بحث و نتیجه‌گیری

دشت رزن- قهاوند به علت قرار گرفتن در ناحیه آب و هوایی خشک زاگرس از میانگین بارش سالانه پایین و آب سطحی کمی برخوردار است. در این پژوهش اثر دوخشکسالی متوالی و مهم بر روی تغییر کاربری اراضی/پوشش گیاهی و تغییرات سطح ایستابی آبخوان این منطقه حساس اقلیمی در کوه‌های زاگرس بررسی شد. بدین منظور با استفاده از شاخص استاندارد بارش وضعیت خشکسالی هواشناسی در دوایستگاه باران‌سنجی منطقه مشخص گردید. فراوانی وقوع خشکسالی‌ها در دهه دوم مورد بررسی بیش از دهه اول و شدت خشکسالی‌ها در دهه اول بیش از دهه دوم است. در تحلیل

persion)

6. Bhuiyan, C. 2004. Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India. In: Proceedings of the 2th ISPRS Conference. Int. Soc. Photogramm. Remote Sensing., Istanbul. Bhuiyan.

7. Byun, H. R., and Wilhite, D. A. 1999. Objective quantification of drought severity and Durations, climate, 12: 2747-2756

8. Chaudhuri S. and Ale S. 2014. Long-term(1930–2010) trends in groundwater levels in Texas: Influences of soils, landcover and water use. Science of the Total Environment 490: 379-390.

9. Dawson J. and Smith P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use Management. Science of the Total Environment, 382, 165-190.

10. Edossa D. C., Babel. M. S., Gupta, A. D. 2009. Drought Analysis in the Awash River Basin, Ethiopia, Springer science + Business Media B. V, Water Resour Manage, 1441-1460.

11. Faramarzi, M., Yaghoobi, S., and Karimi, K. 2014. The Effect of Land Use Land Changes on Groundwater Loss(Case Study: Dehloran Plain, Ilam Province). Journal of water management in arid areas. 1(2): 55-64. (In persion)

12. Faridpour, M., Zeinali, B., Rezaei, A., and Maspi, S. 2014. Investigation of Geohydrologological Characteristics of Marand Plains Using SWI Index and GIS Approach, National Conference on Water Crisis Solutions in Iran and Middle East, Shiraz, Conference Center.

13. Fatemi, B., and Rezaei, J. 2012. Basics of Remote Sensing(Third Edition, Second Edition). Azadeh Publishing House, Tehran.P285. (In persion)

14. Fattahi, M., Nowroozi, A., Abkar, A., Khalkhali, A. 2007. Comparison of classification and land use map of arid areas using satellite imagery. Research and development in natural resources. 76, 129-135. (In persion)

15. Ha, M., and Hong, J. 2014. Land use change detection in the north central region using remote sensing data. International Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol.5. No. 01, pp:20-29.

پژوهش نشان داد که تأثیر خشکسالی هواشناسی به صورت مستقیم در خشکسالی هیدرولوژی پس از دو سال از وقوع آن مؤثر خواهد بود که با نتایج فریدپور و همکاران [۱۲] مطابقت دارد. بین دو خشکسالی متوالی، مجموع اراضی کشاورزی، مراتع دارای پوشش گیاهی مناسب و باغات به ترتیب به میزان ۱۰/۹۶، ۱۳/۵۷ و ۰/۲۳ درصد کاهش داشت اما در مقابل اراضی شور در مرکز دشت به میزان ۹/۵۱ درصد افزایش داشته‌اند. شاخص‌های مذکور قابلیت بارزسازی خشکسالی را داشته و نشان می‌دهد که اکوسیستم‌های سرد و خشک، تغییرات بیشتری را در دوره‌های حتی کوتاه اقلیمی تجربه می‌کنند. بویان [۶] گزارش کردند که از دلایل اصلی افت شدید سفره‌ی آب زیرزمینی افزایش تکرار خشکسالی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی بوده است که منطبق بر نتایج این پژوهش است اما فرامرزی و همکاران [۱۱]، گزارش کردند که افزایش سطح اراضی کشاورزی منجر به کاهش سطح ایستابی شده است که با نتیجه این تحقیق هماهنگی ندارد. از سوی دیگر کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی باعث افزایش شوری در منطقه شده است. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی قوی‌تری شاخص پوشش گیاهی نسبت به شاخص وضعیت دمایی و مقیاس فصلی نسبت به دیگر مقیاس‌ها دارد. این نتایج برخی یافته‌های محققین را تأیید می‌کند [۲۱].

منابع

1. Abdul Qadir A. Med-hut B. Jirjees T.2010. Monitoring and evaluation of soil salinity in term of spectral response using landsat images and GIS in Mesopotamian plain/Iraq.Journal of Iraqi Desert Studies Special Issue of 1st Scientific Conference2(2), 19-32.

2. Agnew, C. T. 2000. Using the SPI to Identify Drought, Drought Network news, 12(1), 5-12.

3. Ahmadi, R. 1995. The role of land use in creating and exacerbating forest mass movements. master thesis. faculty of Human Sciences. Tarbiat Modares University. (In persion)

4. Amirnezhad, h. 2013. Investigating Factors Affecting Farmers' Desire for Land Use Change in Mazandaran Province. Agricultural Economics Research, 5(4), 87-106. (In persion)

5. Baaghided M, Alijani, B., and Ziaian, p. 2011. Investigating the possibility of using NDVI vegetation index in drought analysis in Isfahan province. Journal of Geographical Studies in Dry Areas. 1(4):16-1. (In

1. Bhuiyan

22. Shi Y. Wang R. Fan L. Li J. and Yang D. 2010. Analysis on Land-use Change and Its Demographic Factors in the Original-stream Watershed of Tarim River Based on GIS and Statistic. International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference(ISEIS). pp175-184.
23. Shukla, S., Khire, M. V., & Gedam, S. S. 2017. Spatiotemporal Variations in the Precipitation Deficit and Groundwater Recharge Deficit of Mula–Mutha Watershed, Maharashtra, India. In Development of Water Resources in India(pp. 167-178). Springer
24. Soleimanpour, S., Sufi, M., and Ahmadi, h. 2008. Investigating the role of land use in erosion in Fars province. Journal of Watershed Management Sciences and Engineering. 2(3):31-48. (In persion)
25. Zheng X. Zhu J.J. Yan Q.L. and Song L.N. 2012. Effects of land use changes on the groundwater table and the decline of Pinus sylvestris var. mongolica plantations in southern Horqin Sandy Land, Northeast China. Agricultural Water Management 109: 94-106.
16. Kogan, F.N. 1997. Global drought watches from space. Bulletin of the American Meteorological Society, 78: 621-636.
17. Lerner D.N. and B Harris. 2009. The relationship between land use and groundwater resources and quality. Land Use Policy 26: 265-273.
18. Li Z., Li X., Wang Y., Ma A. and Wang J. 2004. Land-use change analysis in Yulin prefecture, northwestern China using remote sensing and GIS. International Journal of Remote Sense 51:23-55.
19. Mckee, T. Doesken, N. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Applied climatology. Pre- prints, Anaheim, CA, pp 179-184.
20. Onoz, B. and Bayazit, M. 2011. Block bootstrap for Mann-Kendall trend test of serially dependent data. Hydrological Processes.26:3552-3560
21. Piao, S., Fang, J., Zhou, L., Guo, Q., Henderson, M., Ji, W., Li, Y., Tao, S., 2003. Interannual variations of monthly and seasonal normalized difference vegetation index(NDVI) in China from 1982 to 1999. Journal of Geophysical Research: Atmospheres(1984–2012) 108.

Investigation on Impacts of Drought on Landuse/Landcover(LU/LC) and Groundwater Level Changes in Razan-Ghahavand Plain

T. Ahmadi¹, H. Nouri² and A. Ildromi³

Received: 23-05-2018 Accepted: 07-11-2018

Abstract

Droughts affects on agriculture and water consumption management through LU/LC and water resources changes in western mountainous areas of Iran. The aim of this study was to investigate terrestrial and remote sensing drought indices and their effects on LU/LC and ground water level in Razan-Ghahavand watershed. Precipitation trend in two stations and water level trend in six piezometric well were studied using Man Kendal and modified Man Kendal and also SPI and SWI drought indices were computed in month, season and year scale during 71-94. LU/LC changes and relationship among SPI, SWI, VCI and TCI drought indices were computed during 2008-2013(two main drought year). The results showed that water level drop(more than 10m) was relate to SPI index with two-year delay significantly. There is a significant correlation with SPI index for VCI index than TCI index and season scale than month and year scales. The finding indicted that agriculture area, gardens and rangelands were decreased 10.96 percent, 13.57 percent and 0.23 percent respectively and also, saline lands was increased 9.51percent during the 2008-2013.

Keywords: *Drought, Landuse, Groundwater level, Land sat, Ghahavand*

1.M.Sc. in Watershed Management, Malayer University.

2.Corresponding Author and Associate Prof., Malayer University, Email: hamidwatershed@yahoo.com

3.Associate Prof., Malayer University