



ISSN 2345 - 5012

Available online at: www.waterdevelop.com**IBWRD**

International Bulletin of Water Resources & Development

Vol. (III)– No. (03)- S.N. (11)- Winter 2015
2nd Article– P. 12-23

TCSN: 40981917

Meteorological Drought Zonation in Northwestern Iran by Using Rainfall Anomaly Index

Javanshir Azizi Mobaser^{1*}, Mahnsz Saber², Laila Irani³¹ Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran² M.Sc. Student of Applied Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (mahnaz.saber@yahoo.com)³ M.Sc. Student of Weather Hazards, Department of Physical Geography, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran (lailairani448@yahoo.com)

* Corresponding Author (javanshir22@yahoo.com)

Article History
Revised: May 05, 2015Received: Mar. 15, 2015
Accepted: May 15, 2015Reviewed: Apr. 09, 2015
Published: Dec. 16, 2015

Abstract

Drought is one of the natural disasters which happen in different parts of the earth every year and bring direct and indirect losses. This phenomenon occur more often in arid region of the world, like Iran, due to high variability of rainfall. In this study, for assessing of meteorological drought in northwestern Iran, the statistical data in 22 selected stations of this region were analysed during 26 years (1985-2010) as the base of this study. To achieve this objective, the rainfall anomaly index (RAI) with respect to its capabilities and benefits was selected for drought assessment. Also, monthly and annual drought zonation maps was prepared using inverse distance weighting interpolation (IDW) and Arc GIS software. Then, extent, intensity, spread and spatial dispersion of droughts was analysed in the study area. The annual map showed that the effect of fluctuations due to very large and very small data and the resulting values of them will be decreased in long term, so that the most stations had a poor drought according to average annual values of statistical period. Moreover results showed that under normal conditions except summer season, the southern regions were more vulnerable to drought in the rest seasons, but in the time of drought, all regions of the study area severely affected by this phenomenon with different intensity.

Keywords: Drought Zonation, RAI, Northwestern Iran

پهنه‌بندی خشکسالی هواشناسی در شمال غرب ایران با استفاده از شاخص ناهنجاری بارندگی

جوانشیر عزیزی مبصر^۱، مهناز صابر^۲، لایلا ایرانی^۳^۱ استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، نگارنده رابط (javanshir22@yahoo.com)^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (mahnaz.saber@yahoo.com)^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات آب و هوایی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (dailairani448@yahoo.com)

تاریخ داورى: ۱۳۹۴/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴

تاریخچه انتشار مقاله

تاریخ انتشار: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۵

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۴/۰۲/۱۵

چکیده

خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله در بخش‌های مختلف کره زمین به وقوع می‌پیوندد و خسارات مستقیم و غیر مستقیمی را به بار می‌آورد. این پدیده در مناطق خشک جهان مثل ایران به دلیل تغییرپذیری زیاد بارش، بیشتر رخ می‌دهد. در این پژوهش، برای ارزیابی وضعیت خشکسالی هواشناسی شمال غرب ایران، داده آماری ۲۲ ایستگاه منتخب منطقه در یک دوره ۲۶ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۰) به‌عنوان پایه پژوهش تحلیل شد. برای دستیابی به این هدف، شاخص ناهنجاری بارندگی با توجه به توانایی‌ها و مزایای آن، برای ارزیابی خشکسالی منطقه مورد نظر انتخاب شد. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی ماهانه و سالانه خشکسالی با روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) و نرم‌افزار Arc GIS تهیه شدند. سپس وسعت، شدت، گسترش و پراکندگی مکانی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه تحلیل شد. نقشه سالانه نشان داد که تأثیر نوسانات ناشی از داده‌های خیلی بزرگ و خیلی

کوچک و مقادیر منتج از آن‌ها در بلندمدت کاهش می‌یابد، به گونه‌ای که بر اساس مقادیر متوسط سالانه دوره آماری، اکثر ایستگاه‌ها خشکسالی ضعیفی داشتند. علاوه بر این نتایج نشان داد که در شرایط عادی به جز فصل تابستان در بقیه فصل‌ها، مناطق جنوبی بیشتر در معرض خشکسالی بوده‌اند؛ اما در زمان وقوع خشکسالی، تمامی منطقه با شدت متفاوت تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خشکسالی، RAI، شمال غرب ایران

۱. مقدمه

خشکسالی از بلایای طبیعی است که به نوعی اکثر جوانب زندگی بشر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به دلیل متغیرهای مختلفی که چه به صورت مستقیم و چه غیر مستقیم در خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه مشکل است و به همین جهت هنوز تعریف جامع و قابل قبول از سوی همه محققین مطرح نشده است (فرج‌زاده، ۱۳۸۴). هر چند تاکنون تعریف دقیق و مشخصی از خشکسالی ارائه نشده است تا بتوان آن را به طور عموم و برای تمام نواحی به کار برد؛ اما متخصصان برای جنبه‌های مختلف آن تعاریف گوناگونی ذکر کرده‌اند. ناگارجان (۲۰۰۹) آب و هوا را یکی از عوامل جغرافیایی تشدیدکننده خشکی و وضعیت و چگونگی رخداد خشکسالی قلمداد کرده است. خشکسالی، انحراف کاهشی نسبت به شرایط متوسط یا عادی در زمینه بارش و نیز آب را بیان می‌کند. در مناطقی که شرایط خشکی حاکم است، پدیده خشکسالی به طور مکرر و زیاد اتفاق می‌افتد (کردوانی، ۱۳۸۶). خشکسالی ویژگی دائمی منطقه نیست و ممکن است در هر رژیم آب و هوایی مشاهده شود، حتی امکان دارد در مناطق مرطوب نیز رخ دهد (فرج‌زاده، ۱۳۸۴). انواع خشکسالی عبارت‌اند از خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیک، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی اقلیم‌شناسی، خشکسالی اقتصادی-اجتماعی، خشکسالی سبز و خشکسالی کاغذی (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۸۹).

تحقیقات متعددی در زمینه خشکسالی چه در ایران و چه در سطح جهان صورت گرفته است. قویدل رحیمی (۱۳۸۳) برای بررسی ترسالی و خشکسالی استان آذربایجان شرقی شاخص SPI^۱ را به کار برده است. نتیجه پژوهش وی، نشانگر وقوع خشکسالی در تمام ایستگاه‌ها البته با شدت و ضعف است.

لشنی زند و تلوری (۱۳۸۳)، از شاخص بارش استاندارد و نرم افزار GIS، Arc View و Ilwis برای پهنه‌بندی ماهانه خشکسالی غرب و شمال غرب ایران در دوره سی ساله استفاده و به پیش بینی ماهانه شاخص شدت متوسط خشکسالی در شش حوضه غرب و شمال غرب ایران اقدام کرده‌اند. نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد که مدل ARMA (p,q) مناسب‌ترین مدل برای پیش‌بینی خشکسالی‌های اقلیمی منطقه موردنظر است. عرفانیان و عزیززاده (۱۳۸۸)، وضعیت خشکسالی‌ها در استان خراسان رضوی را بر اساس شاخص SPI برای دوره یک ساله (۱۳۸۵) و دوساله (۸۵-۱۳۸۴) بررسی کردند. نقشه پهنه‌بندی به دست آمده نشان داد که بیش از نیمی از مساحت استان در ۳۲ تا ۴۰ درصد دوره آماری دچار خشکسالی بوده‌اند. بذرافشان و همکاران (۱۳۹۰)، خشکسالی استان گلستان را با استفاده از شاخص بارش استاندارد در طول دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۷۵ و در مقیاس زمانی ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه بررسی کردند. نقشه پهنه‌بندی نشان داد وسعت خشکسالی با افزایش مقیاس زمانی کاهش و شدت خشکسالی در استان از سمت غرب به شرق کاهش می‌یابد. خسروی و همکاران (۱۳۹۱) به منظور پهنه‌بندی خشکسالی ایران و ارزیابی مناطق بر اساس شدت خشکسالی‌ها، داده‌های بارش ۴۸ ایستگاه سینوپتیک را در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۶ با استفاده از شاخص‌های PNPI^۴، RAI^۲، SIAP^۳ و SPI^۱ بررسی و برای پهنه‌بندی از دو روش IDW^۵ و DEM^۶ استفاده کردند. نقشه‌های هم‌پوشانی، حساسیت بالای شاخص‌های RAI و PNI و دقت آن‌ها را در نمایش توزیع مکانی شدت خشکسالی نشان دادند. جمالی‌زاده و برنا (۱۳۹۱)، وضعیت خشکی‌های استان خوزستان در دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۸۶) را بر اساس شاخص SPI در

4. Standard Index of Annual Precipitation
5. Inverse Distance Weighted
6. Digital Elevation Model

1. Standardized Precipitation Index
2. Percent of Normal Precipitation Index
3. Rainfall Anomaly Index

پرداختند و با توجه به کمی بارش و بالا بودن دما در مقایسه با دمای متوسط نتیجه گرفتند که در سال ۲۰۰۳ بیشتر اروپا با خشکسالی شدید مواجه بوده است؛ برای نمونه با توجه به نقشه ماهانه در مارس ۲۰۰۳ بر غرب اروپا و در ماه می ۲۰۰۳ بر جنوب اروپا خشکسالی خیلی شدید حاکم بوده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۱) با هدف بررسی و پیش‌بینی منحنی و شدت و مدت استمرار، فراوانی و وسعت خشکسالی در استان فارس از شاخص SPI در ۵ مقیاس زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده کردند و انتخاب این شاخص را ظرفیت آن برای تسهیل کمک به آنالیز مکانی بین نواحی متنوع دانستند. نتیجه پهنه‌بندی با ArcGIS نشان داد خشکی در جنوب استان شدیدتر از مناطق دیگر و از نظر استمرار، طولانی‌تر بوده است.

به دلیل بروز خشکسالی در نقاط مختلف جهان، هر ساله خسارات زیادی به بخش کشاورزی و اقتصادی وارد می‌شود. بخش‌هایی از جهان از جمله ایران که در کمربند خشکی جهان واقع شده‌اند، بیشتر در معرض خشکسالی قرار دارند؛ زیرا خشکسالی بر اثر تکرار مداوم به خشکی تبدیل می‌شود (حجازی زاده و جوی زاده، ۱۳۸۹). استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، کردستان، همدان و زنجان از اقلیم نیمه خشک کوهستانی برخوردارند و از نظر تأمین غلات برای ایران حائز اهمیت هستند. به دلیل آسیب پذیر بودن بخش کشاورزی از پدیده خشکسالی، سالانه خسارت زیادی بر محصولات کشاورزی وارد می‌شود. پایش خشکسالی و شناخت روند آن گامی است مؤثر برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب تا خسارت ناشی از آن به خصوص در بخش کشاورزی کاهش یابد. با کنترل و مدیریت این پدیده می‌توان از استعداد منطقه در این بخش استفاده کرد و بازده محصولات را افزایش داد. با در نظر گرفتن نقش آب در بخش کشاورزی و تبعات منفی پدیده خشکسالی از طریق ایجاد نوسان آبی برای گیاهان و آسیب دیدگی زراعت دیم و آبی، در این پژوهش به بررسی خشکسالی در شمال غرب ایران پرداخته می‌شود. هدف از این پژوهش، بررسی

مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه بررسی و با نرم‌افزار Arc GIS و روش درون‌یابی IDW پهنه‌بندی کردند و نتیجه گرفتند که از نظر فراوانی، وقوع خشکسالی متوسط و خفیف در سطح استان بیش‌تر از فراوانی وقوع خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید است.

هایز و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی خشکسالی در سال ۱۹۹۶ در ایالت‌های مختلف آمریکا پرداختند. در نتیجه پژوهش آن‌ها مشخص شد که SPI زمان آغاز خشکسالی در مناطق دارای پتانسیل خشکسالی را یک ماه زودتر از زمان وقوع آن نشان می‌دهد. بوردی و همکاران (۲۰۰۱) با داده بارش طولانی‌مدت و SPI به ارزیابی خشکسالی در ناحیه مدیترانه‌ای پرداختند. در مقایسه مقدماتی نتیجه پژوهش آن‌ها با نتایج به دست آمده از داده بلندمدت بارش، هماهنگی خوبی بین تحلیل بلندمدت و مشاهدات محلی یافت شد. گیدینگز و همکاران (۲۰۰۵) به منطقه بندی مکزیک بر اساس شاخص SPI اقدام و مناطق حاصله را با نقشه نواحی اقلیمی قبلاً منتشر شده مقایسه کردند. در نتیجه پژوهش، زون‌های SPI تقریباً همگن تشخیص داده شدند. برازدیل و همکاران (۲۰۰۸) وضعیت خشکسالی جمهوری چک را از سال ۱۸۸۸ تا ۲۰۰۶ بر پایه شاخص‌های پالمر، Z و PDSI^۱ بررسی کردند. شاخص‌ها نشانگر تمایل به افزایش بسیار شدید خشکی در منطقه مورد مطالعه بود. برای نمونه خشکی که در نیمه ۱۹۳۰ تا آخر ۱۹۴۰، ۱۹۵۰ تا آخر ۱۹۸۰ و اوایل ۱۹۹۰ و اواخر ۲۰۰۰ رخ داد، بسیار شدید بود. این مطالعه معنی‌داری آماری افزایش خشکی شدید در منطقه را آشکار ساخت که به وسیله افزایش دما و کاهش بارندگی تحریک شده بود. پاشیاردیس و میشایدیس (۲۰۰۸) بر اساس داده متوسط بارش ماهانه کل جزیره قبرس با شاخص SPI و شاخص شناسایی خشکسالی به ارزیابی خشکسالی ناحیه‌ای آن پرداختند. برای ارزیابی شرایط خشکسالی و رخدادهای خشکسالی، هر دو شاخص مفید و مؤثر شناخته شدند. بیهاری و همکاران (۲۰۱۰) ضمن تهیه نقشه ماهانه وضعیت خشکسالی جنوب شرق اروپا، به تبیین شاخص SPI از نظر تنوری و تکنیک

2. Palmer Drought Severity Index

1. Z-Score Index

عرض جغرافیایی و منابع آبی و از طرف دیگر تحت تأثیر سیستم‌های جوی فرامنطقه‌ای است. نوع اقلیم ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب با استفاده از داده‌های اقلیمی متوسط ماهانه رطوبت نسبی، مجموع بارش ماهانه، حداقل و حداکثر دمای ماهانه در طول دوره آماری و با استفاده از نرم‌افزار تعیین اقلیم (EQLIM) تعیین شد و برای پرهیز از اطناب مطالب، به عنوان نمونه نوع اقلیم مراکز استان‌ها در جدول (۱) آورده شده است. به دلیل جدیدالتأسیس بودن برخی ایستگاه‌ها از بین ۳۵ ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه، ۲۲ ایستگاه که دارای دوره آماری مناسب بودند، برای بررسی خشکسالی منطقه انتخاب شدند (شکل ۲). مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها در جدول (۲)، آورده شده است.

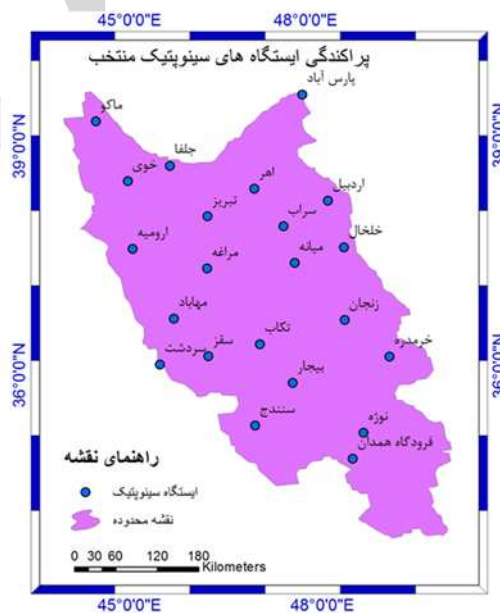
خشکسالی منطقه، پهنه‌بندی منطقه از نظر شدت و ضعف خشکسالی در ماه‌های مختلف، شناسایی نواحی در معرض تهدید خشکسالی و تعیین وجود یا عدم وجود ارتباط بین خشکسالی با ارتفاع است.

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان، کردستان و همدان حدود ۱۷۱۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد و حدود ۱۰ درصد از کل مساحت ایران را به خود اختصاص داده است (شکل ۱). از نظر توپوگرافی، بیشتر مساحت محدوده مورد مطالعه جز ناحیه کوهستانی و اقلیم آن نیز از یک طرف تحت تأثیر ارتفاع،



شکل ۱. نقشه موقعیت استان‌های منتخب در پژوهش حاضر.



شکل ۲. نقشه پراکنده ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب.

جدول ۱. نتیجه تعیین اقلیم مراکز استان‌های شمال غربی ایران با استفاده از نرم افزار EQLIM.

مركز استان روش	ارومیه	تبریز	اردبیل	سنندج	همدان	زنجان
هانسن	معتدله گرم	معتدله گرم	معتدله گرم	نیمه استوایی	معتدله گرم	معتدله گرم
ضریب اعتدال	فوق معتدل	فوق معتدل	بسیار معتدل	فوق معتدل	فوق معتدل	فوق معتدل
بلور	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک
دومارتن	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک
گورژنسیکی	بحری شدید با زمستان سرد و نیمه خشک	بحری با زمستان سرد و نیمه خشک تا خشک	بحری شدید با زمستان سرد و نیمه خشک تا خشک	بحری با زمستان نسبتاً سردنیمه خشک	بحری با زمستان سرد و نیم خشک	بحری شدید با زمستان سرد و نیمه خشک
سلیانینوف	نیمه خشک شدید	خشک	نیمه خشک شدید	خشک	خشک	خشک
ایوانف	استپ جنگلی	استپی	استپ جنگلی	استپی	استپ جنگلی	استپ جنگلی
دکتر کریمی	نیمه مرطوب با تابستان معتدل	نیمه مرطوب با تابستان معتدل و	نیمه مرطوب با تابستان معتدل و	نیمه مرطوب با تابستان معتدل و	نیمه مرطوب با تابستان معتدل و	نیمه مرطوب با تابستان معتدل و
خوش اخلاق	وزمستان بسیار سرد مرطوب	زمستان بسیار سرد نیمه مرطوب	زمستان بسیار سرد مرطوب	زمستان بسیار سرد نیمه مرطوب	زمستان بسیار سرد نیمه مرطوب	زمستان بسیار سرد نیمه مرطوب
آمرژه	نیمه خشک سرد	خشک و سرد	نیمه خشک خیلی سرد	خشک و سرد	خشک و خیلی سرد	خشک خیلی سرد

جدول ۲. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در پژوهش حاضر.

ایستگاه سینوپتیک	طول جغرافیایی دقیقه درجه	عرض جغرافیایی دقیقه درجه	ارتفاع به متر	ایستگاه سینوپتیک	طول جغرافیایی دقیقه درجه	عرض جغرافیایی دقیقه درجه	ارتفاع به متر
ماکو	۴۶ ۲۶	۳۹ ۲۰	۱۴۱۱/۳	میانه	۴۷ ۴۲	۳۷ ۲۷	۱۱۱۰
خوی	۴۴ ۵۵	۳۸ ۳۳	۱۱۰۳	پارس آباد	۴۷ ۵۵	۴۶ ۲۶	۳۱/۹
ارومیه	۴۵ ۳	۳۷ ۴۰	۱۳۲۸	اردبیل	۴۸ ۱۷	۳۸ ۱۵	۱۳۳۲
مهاباد	۴۵ ۴۳	۳۶ ۴۵	۱۳۵۱/۸	خلخال	۴۸ ۳۱	۳۷ ۳۸	۱۷۹۶
سردشت	۴۵ ۲۹	۳۶ ۹	۱۵۵۶/۸	زنجان	۴۸ ۲۹	۳۶ ۴۱	۱۶۶۳
تکاب	۴۷ ۶	۳۶ ۲۴	۱۸۱۷/۲	خرمدره	۴۹ ۱۱	۳۶ ۴۱	۱۵۷۵
جلفا	۴۵ ۴۰	۳۸ ۴۵	۷۳۶/۲	سنندج	۴۷	۳۵ ۲۰	۱۳۷۳/۴
تبریز	۴۶ ۱۷	۳۸ ۵	۱۳۶۱	بیجار	۴۷ ۳۷	۳۵ ۵۳	۱۸۸۳/۴
مراغه	۴۶ ۱۶	۳۷ ۲۴	۱۴۷۷/۷	سقز	۴۶ ۱۶	۳۶ ۱۵	۱۵۲۲/۸
اهر	۴۷ ۴	۳۸ ۲۶	۱۳۹۰/۵	نورژه	۴۸ ۴۳	۳۵ ۱۲	۱۶۷۹/۷
سراب	۴۷ ۳۲	۳۷ ۵۶	۱۶۸۲	فرودگاه همدان	۴۸ ۳۲	۳۴ ۵۲	۱۷۴۱/۵

نسبت‌ها از طریق انتخاب نزدیک‌ترین ایستگاه به عنوان ایستگاه مبنا و در محیط Excel بازسازی شد. داده بارش ماهانه و سالانه تکمیل شده تمامی ایستگاه‌ها، به صورت ماتریس‌هایی در آورده و در قالب پایگاه داده برای استفاده در مرحله بعدی ذخیره شد. برای اطمینان از صحت و همگنی داده‌های بارش ایستگاه‌های منتخب، آزمون Run Test روی آن‌ها انجام گرفت و تصادفی بودن داده‌ها تأیید شد. در جدول (۳) نمونه‌ای از نتیجه این آزمون برای ایستگاه اهر آمده است.

متناسب با اهداف پژوهش، داده اقلیمی ۲۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در ۶ استان از سایت سازمان هواشناسی چهارمحال و بختیاری اخذ و دوره ۲۶ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۵) به عنوان دوره مشترک انتخاب شد. همچنین داده‌های بارش و دما برای ترسیم نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش منطقه و ارتفاع ایستگاه‌ها نیز برای ترسیم نقشه‌های هم‌ارتفاع اخذ شد (شکل ۳). نقص داده‌های دما و بارش در برخی از ایستگاه‌ها به ترتیب با روش تفاضل و

جدول ۳. نتیجه آزمون همگنی داده‌ها برای ایستگاه اهر.

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
مقدار آماره	۱۶/۸۸	۱۸/۸۸	۳۲/۷۹	۴۴/۹۷	۴۸/۶۸	۲۴	۶/۵۵	۶/۵	۱۲/۸۱	۲۷/۴۹	۲۵/۹۹	۱۹/۸۷	۲۸۵/۴۲
تعداد مقادیر بزرگ‌تر از آستانه	۱۳	۱۴	۱۴	۱۳	۱۵	۱۴	۱۶	۱۹	۱۵	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴
تعداد مقادیر کوچک‌تر از آستانه	۱۳	۱۲	۱۲	۱۳	۱۱	۱۲	۱۰	۷	۱۱	۱۱	۱۲	۱۲	۱۲
تعداد موارد	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶
تعداد توالی‌ها	۱۳	۱۴	۱۰	۱۴	۱۴	۱۲	۱۱	۸	۱۲	۱۶	۱۵	۱۲	۱۴
مقدار Z	-۰/۲	۰	-۱/۳۷	۰	۰	-۰/۵۷	-۰/۷۶	-۱/۴	-۰/۴۸	۰/۷۴	۰/۲۳	۰/۵۷	۰
سطح معنی داری	۰/۸۴	۱	۰/۱۶	۱	۱	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۶۲	۰/۴۵	۰/۸۱	۰/۵۶	۱

۳. روش تحقیق

داده‌های بارش با میانگین داده درازمدت بارش مقایسه شود. در صورتی که بارش (P) مساوی یا بزرگ‌تر از میانگین داده درازمدت بارش دوره آماری باشد (ناهنجاری مثبت) از رابطه شماره (۱) و اگر این نسبت برعکس باشد (ناهنجاری منفی) از رابطه شماره (۲) استفاده می‌شود (Van Rooy, 1965). در جدول (۴) طبقه‌بندی آستانه‌های شاخص RAI آورده شده است.

$$RAI = 3 \times \left[\frac{P - \bar{P}}{m - P} \right] \quad (1)$$

$$RAI = -3 \times \left[\frac{P - \bar{P}}{X - P} \right] \quad (2)$$

در پژوهش پیش رو برای تعیین وسعت، شدت و گسترش وضعیت خشکسالی منطقه در مقیاس ماهانه و سالانه از شاخص ناهنجاری بارندگی (RAI) استفاده شده است. برای محاسبه این شاخص، نرم افزار DIC^۹ به کار گرفته شد. شاخص ناهنجاری بارندگی را اولین بار ون روی در سال ۱۹۶۵ ارائه کرده است. این شاخص بر مبنای محاسبه انحراف میزان بارندگی از مقدار نرمال استوار است. برای محاسبه این شاخص باید ابتدا میانگین درازمدت بارندگی (\bar{P}) در ایستگاه‌های مورد نظر محاسبه شود؛ سپس میانگین ده مورد از بیشترین مقادیر بارش مشاهده شده در دوره آماری (m) و ده مورد از کمترین مقادیر بارش مشاهده شده در دوره آماری (X) تعیین و در نهایت

جدول ۴. طبقه‌بندی شاخص RAI (Van Rooy, 1965).

وضعیت خشکسالی	آستانه‌های نسبت داده شده به RAI
نزدیک نرمال	+۰/۳ تا -۰/۳
خشکسالی ضعیف	-۰/۳ تا -۱/۲
خشکسالی متوسط	-۱/۲ تا -۲/۱
خشکسالی شدید	-۲/۱ تا -۳
خشکسالی بسیار شدید	≤ -۳

نرم افزار Arc GIS10 استفاده شد. روش IDW زمانی که داده‌ها از یک ساختار مکانی خوب برخوردار نباشند، می‌تواند نسبت به سایر روش‌های درون‌یابی نتایج بهتری را به همراه داشته باشد (محمدی مطلق، ۱۳۹۱). در روش

در این پژوهش، برای تبدیل داده نقطه‌ای ایستگاه‌ها به داده سطحی، از روش درون‌یابی IDW و برای پهنه‌بندی شاخص‌های ارزیابی در مقیاس ماهانه و سالانه و مشخص کردن وسعت، شدت و نحوه گسترش خشکسالی از

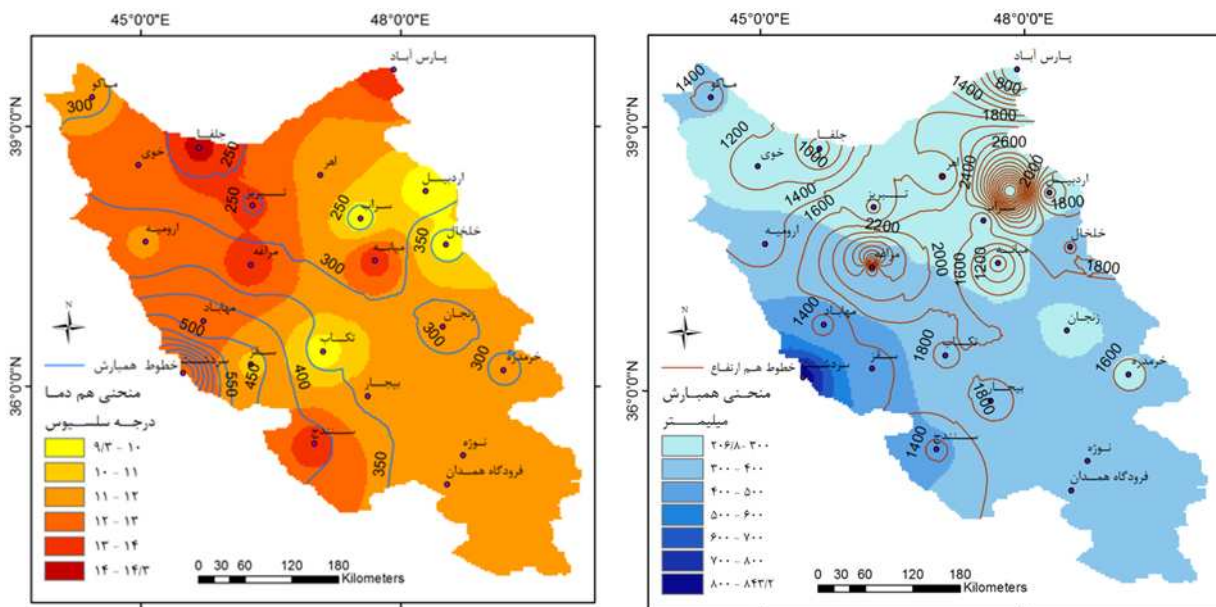
داشتن عرض جغرافیایی بالاتر، بیشترین دما را دارا بوده‌اند که هر دو در مقایسه با سایر ایستگاه‌های منتخب ارتفاع کمتری از سطح دریا دارند. نقش عامل جغرافیایی ارتفاع در توزیع دمای منطقه پررنگ‌تر از سایر عوامل است. مقایسه نقشه‌ها نشانگر تأثیر توده کوهستانی سبلان در کاهش دمای متوسط سالانه ایستگاه‌های پیرامونی اش است. در شکل (۴) نقشه‌های پهنه‌بندی متوسط ماهانه شدت و وسعت خشکسالی در منطقه بر اساس شاخص RAI آمده است.

با توجه به پهنه‌بندی انجام‌شده ملاحظه می‌شود که در ژانویه شمال غرب و شرق منطقه به جز ارومیه، خشکسالی ضعیف و بقیه ایستگاه‌ها، شرایط نزدیک به نرمال داشته‌اند. در فوریه سردشت و شرق منطقه به استثنای خلخال در شرایط نزدیک به نرمال و بقیه نواحی دارای خشکسالی ضعیف بوده‌اند. در مارس خوی، ماکو و مرکز منطقه به صورت نواری شکل در شرایط خشکسالی ضعیف قرار داشته‌اند. در آوریل، ایستگاه‌های نیمه شمالی و شرقی به غیر از جلفا و سراب شرایط نزدیک به نرمال و ایستگاه‌های جنوب شرق شرایط خشکسالی ضعیف داشته‌اند. در ماه می پارس آباد، اردبیل، تبریز، سقز و ماکو شرایط نزدیک به نرمال و سایر ایستگاه‌ها شرایط خشکسالی ضعیف را دارا بوده‌اند. در ژوئن به غیر از پارس آباد، جلفا و خوی، بقیه ایستگاه‌ها خشکسالی ضعیف داشته‌اند. در ماه آوریل نقش ارتفاعات در دریافت رطوبت اتمسفر بیشتر مشخص است؛ زیرا اغلب بارش فصل بهار در منطقه آذربایجان و کردستان ناشی از همرفت دامنه‌ای است. بیشترین بارش سالانه آذربایجان و کردستان در اوایل بهار می‌بارد. در واقع، به دلیل سرد بودن اتمسفر در اوایل بهار و وجود بادهای غربی در شمال غرب ایران، بیشترین میزان بارش در صورت فراهم بودن شرایط همرفت دامنه‌ای حاصل صعود همرفتی اتفاق می‌افتد (علیجانی، ۱۳۸۹)؛ بنابراین محدوده نزدیک به نرمال که در آوریل مشخص شده تقریباً با روزهای بارشی فصل بهار هماهنگ است (علیجانی، ۱۳۸۹).

درون یابی عکس فاصله (IDW)، مقادیر سلول‌های مجهول در یک سطح از طریق مقدار و فاصله نقاطی که در همسایگی آن‌ها و با مقدار معلوم قرار دارند، تخمین زده می‌شوند. این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری‌شده، وزنی بر اساس فاصله بین آن تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این اوزان توسط وزن دهی کنترل می‌شوند، به طوری که توان‌های بزرگ‌تر، اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند. باید این نکته را اضافه کرد که روش مزبور بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله را در نظر می‌گیرد؛ یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی نسبت به نقطه برآورد قرار دارند، دارای وزن یکسانی هستند. شایان ذکر است که نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی بر پایه داده متوسط بارش ماهانه و سالانه دوره آماری، بر اساس شاخص RAI و به منظور تعیین وضعیت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه ترسیم و تفسیر شدند.

۴. یافته‌ها و بحث

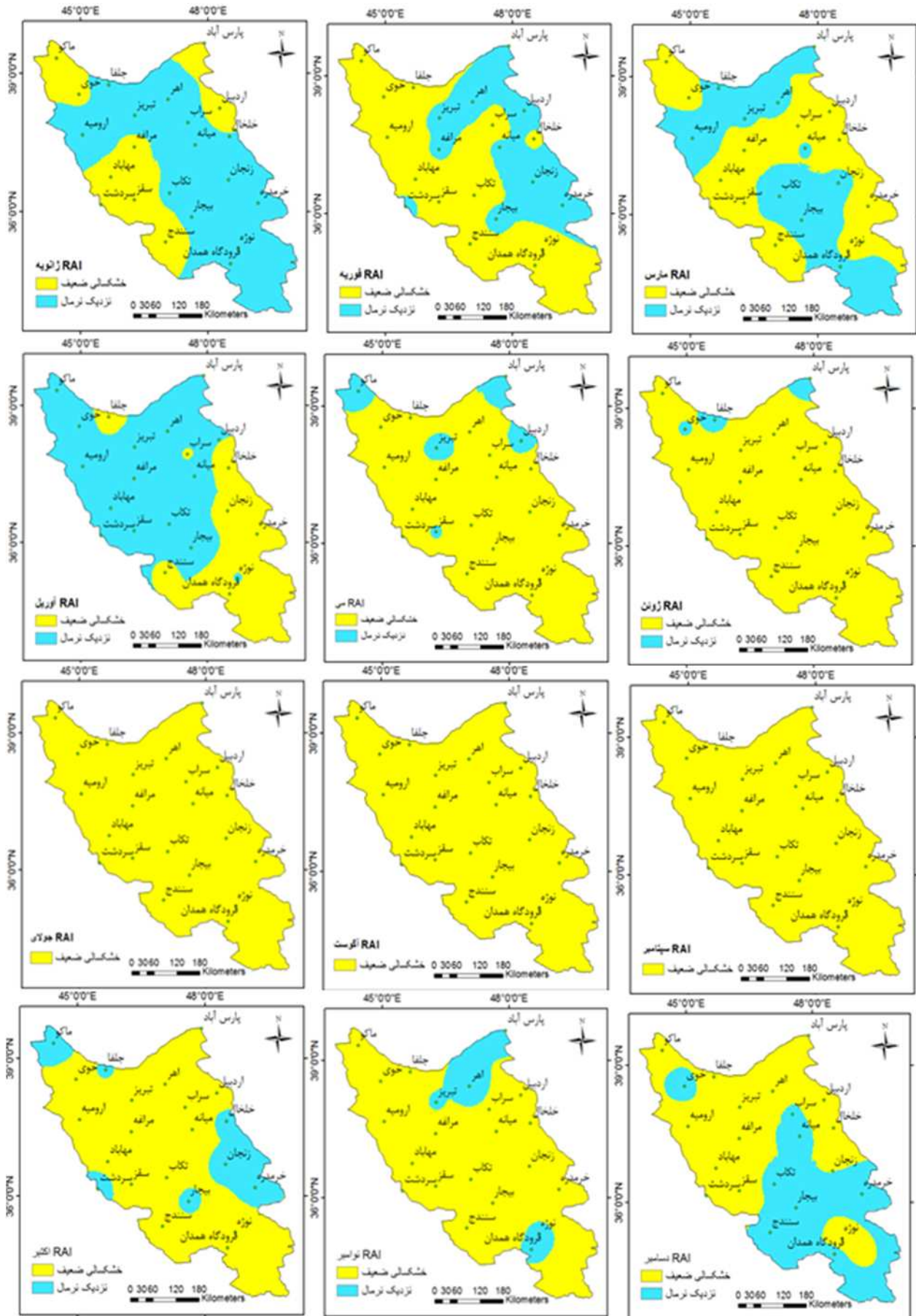
همان‌گونه که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، بر اساس میانگین داده‌های دما، بارش منطقه، متوسط بارش سالانه منطقه بین ۸۴۴ میلی‌متر در سردشت تا ۲۰۷ میلی‌متر در جلفا و متوسط درجه حرارت سالانه آن بین ۱۴/۶ درجه سلسیوس در جلفا و ۹/۱ درجه در سراب متغیر بود. هسته بارش بیشینه منطقه در نیمه غربی آن و در مسیر ورود هوای مرطوب قرار دارد. قرارگیری در مسیر توده هوای مرطوب وارده سبب می‌شود تا در صورت وجود عامل صعود که در این ناحیه بیشتر از نوع دینامیکی و همرفت دامنه‌ای است، بخش قابل توجهی از رطوبت توده هوا در غرب منطقه تخلیه شود. با افزایش فاصله، میزان رطوبت توده هوای مرطوب و همین‌طور مقدار متوسط بارندگی از غرب به شرق کاهش می‌یابد. بین ایستگاه‌های منتخب منطقه، ایستگاه‌های جلفا (با ارتفاع ۷۳۶/۲ متر از سطح دریا) و پارس آباد (با ۳۱/۹ متر از سطح دریا) با وجود



شکل ۳. نقشه‌های همبارش، هم‌دما و هم‌ارتفاع منطقه.

در نوامبر پارس آباد، اهر، تبریز، فرودگاه همدان و نوره نزدیک به نورمال و بقیه خشکسالی ضعیف و در دسامبر خوی و ایستگاه‌های نیمه جنوبی منطقه به جز نوره به دلیل گسترش بادهای غربی در عرض‌های پایین‌تر، نزدیک به نورمال بوده‌اند. از دلایل کاهش بارش آذربایجان در فصل پاییز، نفوذ توده‌های هوای سرد از منطقه قفقاز است (علیچانی، ۱۳۸۹). اواخر فصل پاییز همزمان با ورود بادهای غربی به ایران و در ابتدا شمال غرب ایران است از این رو در ماه دسامبر و فصل زمستان منطقه از نعمت بارندگی بهره‌مند است و در شرایط خوبی به سر می‌برد. ایستگاه‌های جنوبی منطقه با وجود داشتن بارش سالانه بیشتری نسبت به ایستگاه‌های شمالی‌تر، بیشتر از ایستگاه‌های شمالی در معرض خشکسالی قرار دارند، این می‌تواند به دلیل نوسان سالانه بارش در آن‌ها و عرض جغرافیایی نزدیک به مدار جنب حاره‌ای باشد. همان‌گونه که در نقشه‌ها مشخص است ایستگاه اهر شرایط مطلوب‌تری داشته که با نتیجه‌گیری (فرج زاده، ۱۳۸۳) هماهنگی نشان می‌دهد.

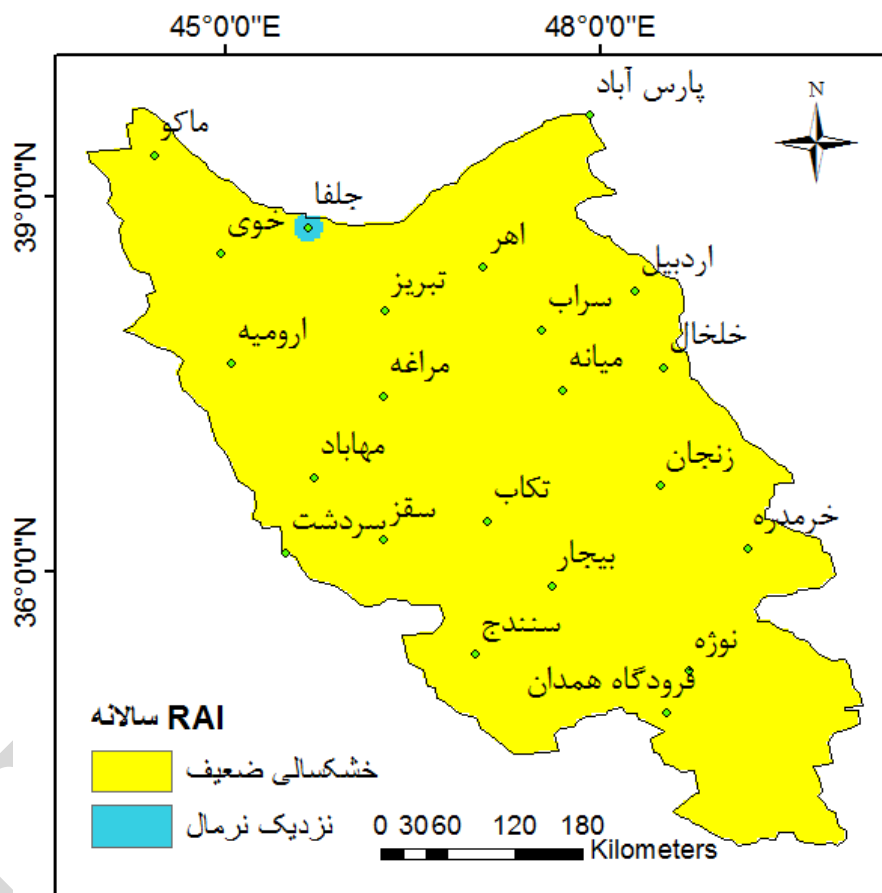
فصل تابستان در همه جای ایران به استثنای شمال کشور در بالای مدار ۳۶ درجه شمالی، فصلی کاملاً خشک است؛ علت اصلی این وضعیت، استقرار مداوم پرفشار جنب حاره‌ای آזור بر بالای ایران در این فصل است که به دلیل فرونشینی دینامیکی هوای صعود کرده از منطقه استوا در نواحی پرفشارهای جنب حاره، مانع هرگونه حرکت صعودی هوا در آن‌ها است. سهم فصل تابستان در آذربایجان و کردستان از بارش سالانه کمترین میزان (۳ درصد از کل بارش سالانه) است (علیچانی، ۱۳۸۹). از این رو در ژوئیه، آگوست و سپتامبر تمامی ایستگاه‌ها با خشکسالی ضعیف مواجه بوده‌اند. هر چند ارقام کران پایین این طبقه مربوط به ایستگاه‌های واقع در عرض جغرافیایی بالا و ارقام کران بالای طبقه مربوط به ایستگاه‌های جنوبی‌تر بوده است. این مسأله تأثیر عرض جغرافیایی و به احتمال زیاد استیلای پرفشار جنب حاره بر خشکسالی را نشان می‌دهد و به مطالعات بعدی برای بررسی بیشتر در این زمینه نیاز دارد. در اکتبر ماکو، جلفا، سردشت، بیجار، خلخال، زنجان و خرمدره نزدیک به نورمال،



شکل ۴. نقشه های پهنه بندی متوسط ماهانه شدت و وسعت خشکسالی در منطقه بر اساس شاخص RAI.

خشکسالی ضعیف را دارا بوده‌اند و در طول سال تنها جلفا شرایط نزدیک به نرمال داشته است (شکل ۵). اصولاً هر اندازه مقیاس زمانی طولانی‌تر باشد، تداوم خشکسالی بیشتر خواهد بود. همچنین در یک دوره بلندمدت، هر قدر مقیاس زمانی مورد مطالعه کوتاه‌تر باشد، شدت خشکسالی بیشتر و تداوم خشکسالی کمتر خواهد بود (بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۰).

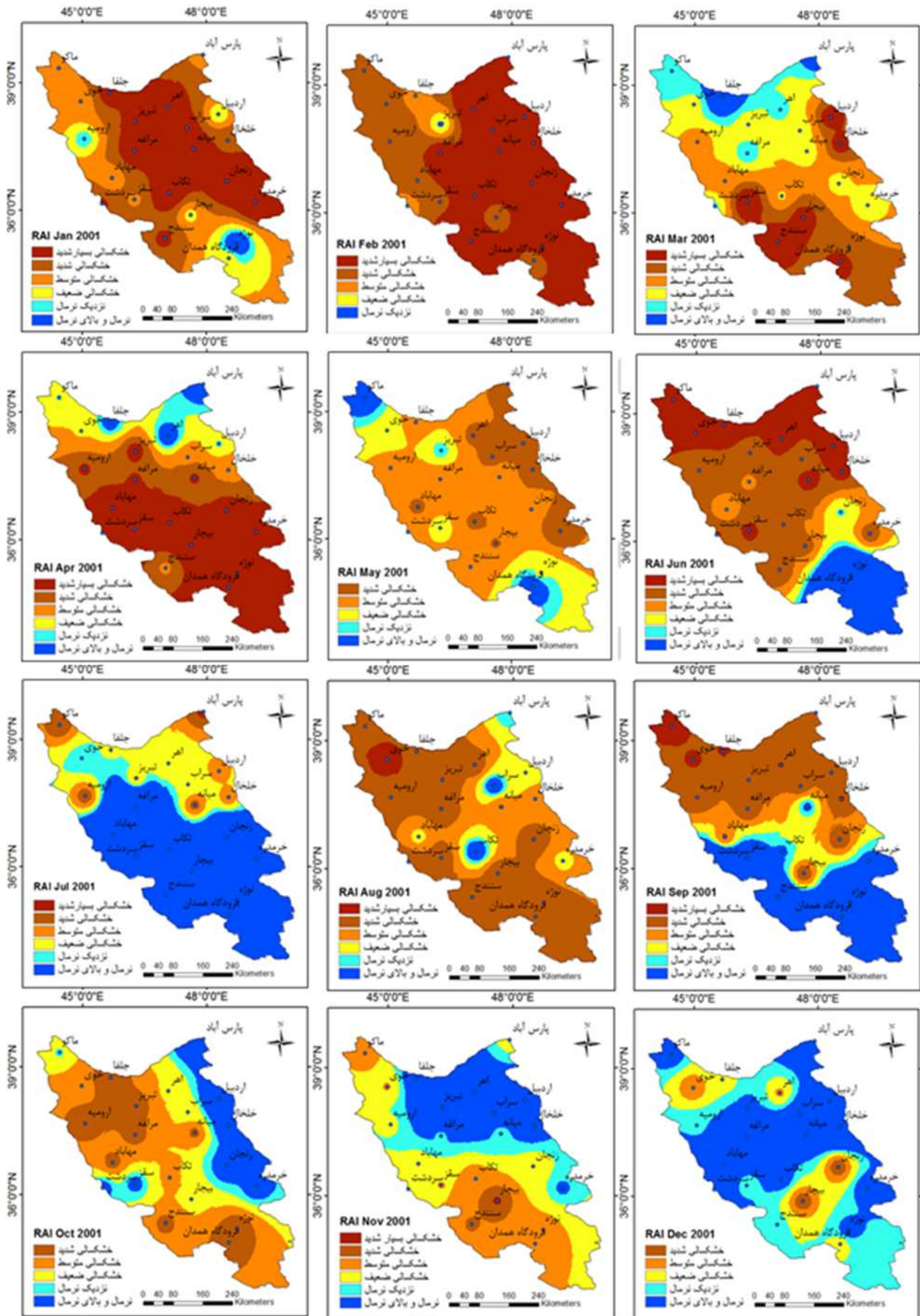
نقشه پهنه‌بندی خشکسالی منطقه با توجه به داده متوسط بارش سالانه ایستگاه‌ها طی دوره آماری مورد مطالعه و بر اساس شاخص RAI نشان می‌دهد که تأثیر نوسانات ناشی از داده‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک و مقادیر منتج از آن‌ها در بلندمدت کم‌رنگ‌تر می‌شود، به گونه‌ای که بر اساس مقادیر متوسط سالانه دوره آماری، اکثر ایستگاه‌ها



شکل ۵. نقشه متوسط سالانه شدت و وسعت خشکسالی در منطقه بر اساس شاخص RAI.

کشاورزی و به ویژه کشت دیم آسیب پذیرتر و نیازمند برنامه ریزی مناسب برای تقویم کشت هستند. به منظور کاهش خسارات ناشی از خشکسالی بر بخش کشاورزی منطقه و فشار بر منابع آبی، لازم است محصولاتی برای کشت دیم انتخاب شوند که دوره رویش، رشد و محصول دادن آن‌ها با شرایط محل، سازگاری بهتری داشته باشد. به طور کلی، در زمان بروز خشکسالی تمام منطقه با شدت‌های مختلف تحت تأثیر این پدیده خزنه قرار می‌گیرد.

نقشه گستره خشکسالی در منطقه برای سال ۲۰۰۱ (شکل ۶) نشان می‌دهد بدون در نظر گرفتن فصل تابستان - که در بیشتر نقاط خشکسالی و کمبود بارش و آب وجود دارد - در سایر مواقع سال، خشکسالی با شدت و ضعف متفاوت بر کل منطقه حاکم است و به ویژه در ماه‌هایی که از نظر کشاورزی و کشت دیم از اهمیت برخوردارند، ایستگاه‌های جنوبی بیشتر با خشکسالی مواجه و از نظر خشکسالی مستعدتر هستند و بیشتر در معرض تهدید خشکسالی قرار دارند. از این رو، این نواحی در بخش



شکل ۶. تغییرات مکانی ماهانه خشکسالی در سال ۲۰۰۱ بر اساس شاخص RAI.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر نوسانات ناشی از داده‌های خیلی بزرگ و خیلی کوچک و مقادیر منتج از آن‌ها در بلندمدت کم‌رنگ‌تر می‌شود، از این رو برای نتیجه‌بخش بودن تحقیقات ضروری است علاوه بر بررسی میانگین متغیرها به ویژه در مورد متغیر بارش، فراوانی وقوع داده‌ها نیز تحلیل شود. همچنین در زمان وقوع خشکسالی، علاوه بر تأثیرپذیری کل منطقه مشخص شد که ایستگاه‌های جنوبی بیشتر با خشکسالی مواجه و از نظر خشکسالی مستعدتر بوده‌اند. از این رو، این نواحی در بخش کشاورزی و به ویژه کشت دیم آسیب‌پذیرتر و نیازمند مدیریت بهینه منابع آبی و برنامه‌ریزی مناسب در بخش کشاورزی و به ویژه تعیین تقویم کشت و نوع محصول سازگار با محل هستند.

منابع

- بذرافشان، ا.، محسنی ساروی، م.، ملکیان، آ. و معینی، ا. (۱۳۹۰). بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۳)، ۳۹۵-۴۰۷.
- جمالی‌زاده، ن. و برنا، ر. (۱۳۹۱). بررسی فراوانی وضعیت خشکسالی‌های استان خوزستان با استفاده از شاخص SPI و استفاده از تکنیک GIS. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، ۲(۲)، ۱۵۷-۱۷۶.
- حجازی‌زاده، ز. و جوی‌زاده، س. (۱۳۸۹). مقدمه‌ای بر خشکسالی و شاخص‌های آن. چاپ اول، تهران، سمت.
- خسروی، م.، موقری، ع. ر. و منصور، دانشور، م. (۱۳۹۱). ارزیابی شاخص‌های SPI، RAI، PNI، SIP برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی ایران با مقایسه دو روش درون‌یابی IDW و مدل ارتفاعی رقومی DEM. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۵، ۵۳-۷۰.
- عرفانیان، م. و علیزاده، ا. (۱۳۸۸). بررسی وضعیت خشکسالی‌ها در استان خراسان رضوی. *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۷(۱۳)، ۱-۱۷.
- علیچانی، ب. (۱۳۸۹). آب و هوای ایران. چاپ دهم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.
- فرج‌زاده، ح. (۱۳۸۳). تحلیل و تعیین خشکسالی و ترسالی بر اساس نمایه SPI، DRI و روش نیچه در شمال غرب ایران (قسمت اول)، رشد آموزش جغرافیا.
- فرج‌زاده، م. (۱۳۸۴). خشکسالی از مفهوم تا راهکار، چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- قوبدل رحیمی، ی. (۱۳۸۳). کاربرد نمایه‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی)، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. ۱۷(۳)، ۴۷-۵۶.
- کردوانی، پ. (۱۳۸۶). خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران. چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- لشنی‌زند، م. و تلوری، ع. ا. (۱۳۸۳). بررسی خشکسالی اقلیمی و امکان پیش‌بینی آن در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۹(۱)، ۸۶-۷۳.
- محمدی مطلق، ر. (۱۳۹۱). آموزش کاربردی Arc GIS10. چاپ اول، تهران، پرسون.
- Bihari, Z., Szentimrey, T., Lakatos, M., Gregoric, G. & Likso, T. (2010) Mapping of SPI drought index in south-eastern europe, theory and practice. *European Civil Aviation Conference (ECAC)*, 2010, 13-17, september, zurich, switzerland.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A. & Sufera, A. (2001) The Analysis of The Standardized Precipitation Index In The Mediterranean Area: Regional Patterns. *Annali di Geofisica*, 44(2), 979-993.
- Brazdil, R., Trnka, M., Dobrovolny, P., Chroma, K., Hlavinka, P. & Zalud, Z. (2008) Variability of droughts in the czech republic, 1881 2006. *Theoretical and Applied Climatology*, 97 (3-4), 297-315.
- Giddings, I., Soto, M., Rutherford, B. M., & Maarouf, A. (2005) Standardized precipitation index zones for mexico. *Atmosfera*. 18(1), 33-56.
- Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., & Vanyarkho, O. (1999) Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3), 429- 438.
- Moradi, H. R., Rajabi, M. & Faragzadeh, M. (2011) Investigation of meteorological drought characteristics in fars province, iran. *Catena*. 84(1-2), 35-46.
- Nagarajan, R. (2009) *Drought assessment. Center of studies in resources engineering indian institute of technology Bombay*. India, springer.
- Pashiardis, S. & Michaelides, S. (2008) Implementation of the standardized precipitation index (SPI) and the reconnaissance drought index (RDI) for regional drought assessment: a case study for Cyprus. *European Water*. 23/24, 57-65.
- Van Rooy, M. P. (1965) Arainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. *Notos*, 14, 43-48.