



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۸، دوره ۲، شماره ۲، پیاپی ۶

پهنه‌بندی و تحلیل خشکسالی در استان لرستان با استفاده از شاخص‌های خشکسالی

مصطفی فلاحی خوشحی^۱، محمدرضا منصوری^۲، رسول علی قادری^۳، حسین صالحی^۴

۱-دکتری تغییرات آب و هوایی، پژوهشگر جهاد دانشگاهی

۲-کارشناس ارشد شهرسازی، شهرداری کوهدشت

۳-کارشناس ارشد تاریخ ایران اسلامی، شهرداری کوهدشت

۴-دانشجو دکتری آبخیزداری، دانشگاه لرستان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۲

چکیده

پژوهش حاضر با هدف؛ پهنه‌بندی و تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی در استان لرستان صورت گرفته است، دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۵)، به عنوان دوره آماری مشترک در نظر گرفته شد. در ادامه با کمک نرم‌افزار *DIP* شاخص‌های *RAI*، *PNPI* و *SPI*، وضعیت خشک‌سالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و سپس برای پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی از روش‌های زمین‌آماري روش معین عکس فاصله، روش تخمین‌گر موضعی، تخمین‌گر عام و روش تابع شعاعی در محیط نرم افزار *Arc GIS ۱۰/۵*، استفاده شده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، پهنه بندی، لرستان

مقدمه

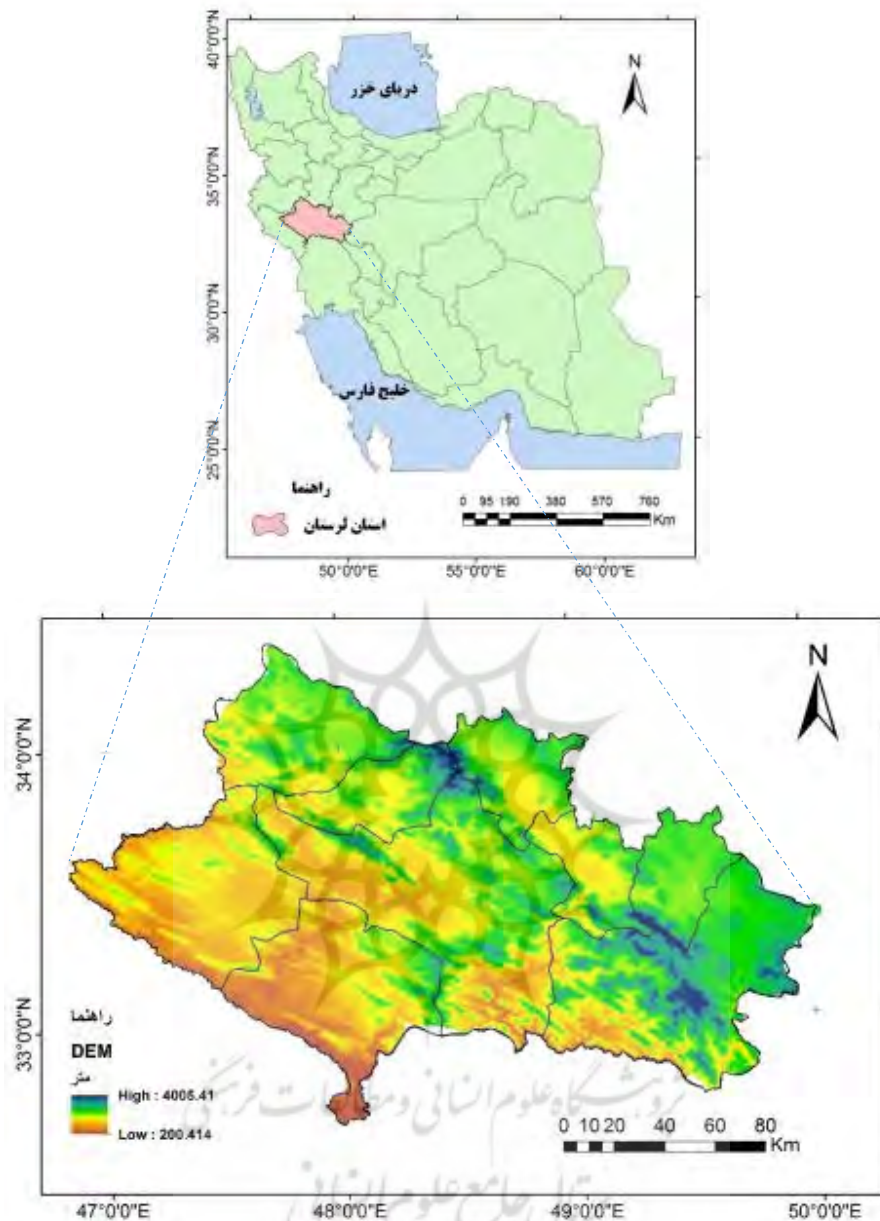
خشکسالی پدیده ای است اقلیمی که به صورت دوره ای در هر منطقه و با هر شرایط آب و هوایی رخ می دهد لذا شناسایی خشکسالی خود یافته ای ارزشمند برای مدیریت منابع آبی مناطقی چون ایران است که بخش اعظم آن را مناطق خشک و نیمه خشک تشکیل می دهد (شریفان و رحیمی، ۱۳۹۲). ایران کشور پهناوری است که به علت موقعیت خاص و ویژگی های توپوگرافیکی، از آب و هوای متفاوتی برخوردار است. میزان بارندگی متوسط سالانه آن حدود ۲۵۱ میلی متر می باشد. این میزان کمتر از متوسط بارندگی در سطح کره زمین می باشد (Krzanowski, 1987). به همین دلیل قسمت اعظم ایران در قلمرو آب و هوای خشک جهان قرار می گیرد. علاوه بر میزان کم بارش، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیات است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریان های سطحی و سفره آب های زیرزمینی و مصارف انسانی می شود. در نتیجه، وقوع خشکسالی در کشور امری اجتناب ناپذیر محسوب می شود (حمزه و همکاران، ۱۳۹۶). استان لرستان از جمله استان های کشور است که در سال های اخیر با خشکسالی مواجه شده است. در این تحقیق با استفاده از شاخص های خشکسالی RAI، PNPI و SPI روند خشکسالی در ایستگاه های منتخب مورد و در سطح استان مورد بررسی قرار گرفت.

مطالعات زیادی در زمینه خشکسالی انجام شده است که نقطه مشترک همه مطالعات در زمینه ی خشکسالی آن است که برای پایش یا کمی سازی این پدیده از نمایه هایی استفاده می کنند. عناصر موجود در نمایه ها، عوامل آب و هوایی مؤثر در شکل گیری خشکسالی هستند (رضیعی و همکاران، ۱۳۸۶). حیدری و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در دو شهرستان ارومیه و خوی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که در شهرستان ارومیه خشکسالی هیدرولوژیکی با تاخیر زمانی یک ماهه و در خوی با تاخیر زمانی ۲ ماهه نسبت به خشکسالی هواشناسی بروز کرده است. پایداری خشکسالی هیدرولوژیکی نیز به ترتیب تا سه ماه و پنج ماه پس از وقوع آن تعیین گردید. لوکاس و واسلیلیاد، بویان و کوگان، گیدینگز و همکاران، هونگ و همکاران برای پایش خشکسالی از شاخص SPI در نقاط مختلف دنیا استفاده نمودند (لوکاس و واسلیلیادس، ۲۰۰۴؛ بویان، ۲۰۱۰؛ گیدینگز و همکاران، ۲۰۰۵؛ کنسلیر و همکاران، ۲۰۰۷؛ هونگ و همکاران، ۲۰۰۵). از جمله مطالعات انجام شده می توان به (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱؛ قانقرمه . روشن، ۱۳۹۴؛ حلبیان و محمدی نژاد، ۱۳۹۱؛ زانگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ ری و همکاران، ۲۰۱۰؛ روسوینتارتی و همکاران، ۲۰۱۰؛ کاکامو و همکاران، ۲۰۱۱) اشاره کرد.

مواد و روش‌ها

استان لرستان یکی از استان‌های کوهستانی در غرب ایران است. بیشتر مناطق این استان را کوه‌های زاگرس پوشانده‌است. آب و هوای این استان متنوع است و تنوع آب و هوا در آن از شمال شرق به جنوب غرب کاملاً مشهود است. لرستان از شمال با استان‌های همدان و مرکزی، از شرق با استان اصفهان، از جنوب با خوزستان و از غرب با استان‌های کرمانشاه و ایلام همسایه است. همچنین این استان از طریق باریکه‌ای در سمت جنوب شرقی دارای مرز بسیار کوتاهی با استان چهارمحال و بختیاری است. لرستان به لحاظ اقلیم و هواشناسی یک استان چهار فصل است و دارای آب و هوای متنوعی است، این تنوع از شمال به جنوب و از شرق به غرب کاملاً محسوس است. زمستان هنگامی که در شمال لرستان برف و کولاک ادامه دارد قسمت‌های جنوبی آن دارای هوایی مطبوع و بارانی است. اختلاف ثبت شده در شهرهای استان لرستان بین حداکثر و حداقل مطلق دما بیش از ۸۰ درجه سانتیگراد است. حداکثر دمای ثبت شده ۴/۴۷ و حداقل دمای مطلق ثبت شده ۳۵- است. استان لرستان با بارش میانگین سالانه ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر بعد از استانهای گیلان و مازندران سومین، استان از نظر بارندگی در کشور است.





شکل ۱- موقعیت استان لرستان در کشور

روش انجام پژوهش

در این پژوهش از آمار ایستگاه های سینوپتیک و بارانسنجی در استان لرستان و همچنین سایت داده های *ECMWF* استفاده شد. پس از انجام آزمون همگنی داده ها و شناسایی داده های پرت، دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۵)، به عنوان دوره آماری مشترک در نظر گرفته شد. در ادامه با کمک نرم افزار *DIP* شاخص های *RAI*، *PNPI* و *SPI*، وضعیت خشک سالی برای

ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه و سپس برای پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی از روش‌های زمین‌آماری روش معین عکس فاصله، روش تخمین‌گر موضعی، تخمین‌گر عام و روش تابع‌شعاعی در محیط نرم افزار Arc GIS ۱۰/۵، استفاده گردید و در نهایت بهترین روش پهنه‌بندی با استفاده از روش‌های آماری ریشه دوم مربعات خطا و میانگین خطای مطلق، انتخاب گردید. در ادامه به معرفی شاخص‌های مورد مطالعه پرداخته شده است.

شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

شاخص ناهنجاری بارش، بارندگی ماه یا سال معین را روی مقیاس خطی که از روی سری داده‌ها حاصل می‌شود ارزیابی می‌کند و اساس آن انحراف مقادیر بارندگی از نرمال می‌باشد. این شاخص مطابق با رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$RAI = \pm \left[\frac{(P - \bar{P})}{\bar{m} - \bar{p}} \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه، \bar{P} : میانگین بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه، P : مقدار بارندگی مورد نظر، \bar{m} : میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین و کوچکترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره زمانی مورد مطالعه می‌باشد. در حالتی که $P > \bar{P}$ از علامت مثبت و در حالتی که $P < \bar{P}$ از علامت منفی استفاده می‌شود. طبقات مختلف پایش خشک‌سالی بر اساس این شاخص در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- حالت‌های خشک‌سالی بر اساس شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

شاخص RAI	حالت خشک‌سالی
۰/۳ تا -۰/۳	بدون خشک‌سالی
-۱/۲ تا -۰/۳	خشک‌سالی ضعیف
-۲/۱ تا -۱/۲	خشک‌سالی متوسط
-۳ تا -۲/۱	خشک‌سالی شدید
کمتر از -۳	خیلی شدید

نمایه درصد از بارش ($PNPI$)

استفاده از شاخص $PNPI$ یکی از ساده ترین روش های ارزیابی شدت خشکسالی است. این شاخص از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ بدست می آید (قویدل رحیمی، ۱۳۸۶). در زیر معادله نمایه درصد از بارش درج شده است.

$$PNPI = \left(\frac{P_i}{\bar{P}} \right) \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

در معادله فوق P_i : بارش سال مفروض، \bar{P} : میانگین بلندمدت بارش، (میلی متر) ایستگاهها می باشند. مقیاس طبقه بندی این شاخص به شرح زیر می باشد.

جدول ۳- مقیاس طبقه بندی خشکسالی به روش $PNPI$

شاخص	خشکسالی	وضع نرمال	ترسالی
$PNPI$	کمتر از ۸۰	بین ۸۰ تا ۱۲۰ درصد	بیشتر از ۱۲۰ درصد

شاخص خشکسالی هواشناسی (SPI)

چنانچه سری های زمانی بارندگی ماهانه ایستگاه های منطقه بصورت P_{ij} معرفی شوند که در آن اندیس i سال هیدرولوژیکی و اندیس j ماه مربوط به سال هیدرولوژیکی را مشخص کند ($j=1$ مهر و $j=12$ شهریور)، سری های زمانی بارندگی با مدت های مختلف را می توان با استفاده از رابطه (۳)، بدست آورد.

$$R_{ik} = \sum_{j=1} P_{ij} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$i = 1, 2, \dots \quad j = 1, 2, \dots, 12 \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

شاخص بارش استاندارد (SPI) بر اساس ارتفاع بارش تجمعی (R_k)، برای دوره مبنای (k) مربوط به (i) سال هیدرولوژیکی به صورت رابطه (۴) بدست می آید.

$$SPI_{ik} = \frac{R_{ik} - \bar{R}_k}{S_k}$$

رابطه (۴)

Sk و \bar{R}_k به ترتیب میانگین ارتفاع بارش تجمعی و انحراف معیار ارتفاع بارش تجمعی برای دوره مبنای (K) می باشد. جدول (۴) طبقه بندی حالت های مختلف خشکسالی را در روش SPI نشان می دهد.

جدول ۴- طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص SPI (ادواردز و مک کی، ۱۹۹۷).

طبقه خشکسالی	مقادیر SPI
ترسالی بسیار شدید	۲ و بیشتر
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
ترسالی ملایم	۰ تا ۰/۹۹
خشکسالی ملایم	۰ تا -۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشکسالی بسیار شدید	-۲ و کمتر

روش های درون یابی مکانی مورد استفاده در تحقیق

روش وزن دهی عکس فاصله (IDW)

در روش وزن دهی عکس فاصله، برای هر یک از نقاط، وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه اندازه گیری شده تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می گیرد. نتایج این روش فقط تابع فاصله نقاط اندازه گیری شده (نمونه) است. وزندهی ها توسط توان وزندهی کنترل می شوند، به صورتی که توان های بزرگ تر تاثیر نقاط دورتر را از نقطه برآوردی کاهش داده و توان های کوچک تر وزنها را به طور یکنواختی بین نقاط همجوار توزیع می کند (Isaaks and Srivastava, 1989). البته این روش بدون توجه

به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد. یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه (۵)، محاسبه می‌گردد:

$$Y_i = \frac{D_i - a}{\sum_{i=1}^n D_i - a} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن، Y_i : وزن ایستگاه i ام، D_i : فاصله ایستگاه i ام تا ایستگاه مجهول، a : توان وزن دهی می‌باشد.

روش تخمین گر محلی (LP)

روشی سریع با دقتی کمتر و ایجادکننده سطحی صاف است. این روش نسبت به روش کریجینگ اتوماتیک تر عمل می‌کند و انعطاف پذیری کمی در ایجاد نقشه‌ها دارد. پیشنهاد می‌شود از این روش در مناطق کوچک که تغییرات و یا نقاط نمونه در آن کم است، استفاده شود (*Fan and Gibels, 1996*).

روش تخمین گر عام (GP)

این روش، یک سطح با روند تغییرات آرام و نظم پایین ایجاد می‌کند که برای بعضی از فرآیندهای فیزیکی مانند آلودگی و جهت حرکت باد، مناسب است. از روش تخمین گر عام پیشنهاد می‌شود در هنگامی که تغییرات از منطقه‌ای به منطقه‌ی دیگر به آرامی باشد، مانند بررسی آلودگی در یک منطقه صنعتی و یا بررسی‌هایی در یک منطقه وسیع و جهانی مانند روش‌هایی که برای بررسی‌های سطحی وسیع انجام می‌شود، استفاده گردد (*Yan, 2009*).

روش تابع شعاعی (RBF)

این روش در اصل نوعی خاص از روش *Spline* است که خود دارای پنج طرز کار می‌باشد. استفاده از هر کدام از این طرز کارها بسته به شکل خارجی زمین در محل انجام پروژه دارد و جواب‌های متفاوتی بدست می‌دهند.

معیارهای ارزیابی

برای ارزیابی دقت مدل‌های تدوین شده تخمین‌گرهای زمین‌آماری، از معیارهای آماری ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و میانگین خطای مطلق (MAE)، استفاده شده است.

ضریب تبیین (R^2):

ضریب تبیین نشان دهنده میزان همبستگی بین مقادیر برآورد شده توسط مدل و مقادیر واقعی می باشد.

جزر میانگین مربعات خطا ($RMSE$):

این معیار دقت مدل را بر اساس تفاضل بین مقادیر واقعی و مقادیر برآورد شده ارزیابی می کند و هرچه مقدار آن کمتر و به صفر نزدیک تر باشد نشان دهنده ی عملکرد بهتر مدل است. مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$RMSE = \sqrt{\frac{(Z^*(x_i) - Z(x_i))^2}{n}} \quad \text{رابطه (۷)}$$

میانگین خطای مطلق (MAE):

این معیار از رابطه زیر بدست می آید و هرچه مقدار آن به صفر نزدیک تر باشد، حاکی از عملکرد بهتر مدل است.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)| \quad \text{رابطه (۸)}$$

در روابط فوق، $Z^*(x_i)$: مقدار برآورد شده x_i ، $Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده x_i و n تعداد داده ها می باشد.

نتایج

ابتدا با استفاده از شاخص های RAI ، $PNPI$ و SPI وضعیت خشکسالی در ایستگاه های منطقه مورد مطالعه بررسی گردید که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

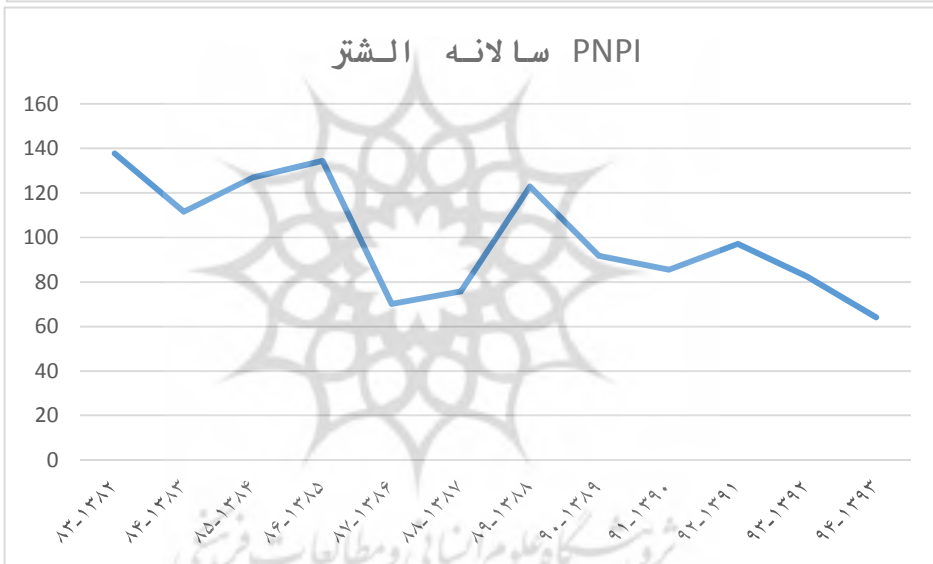
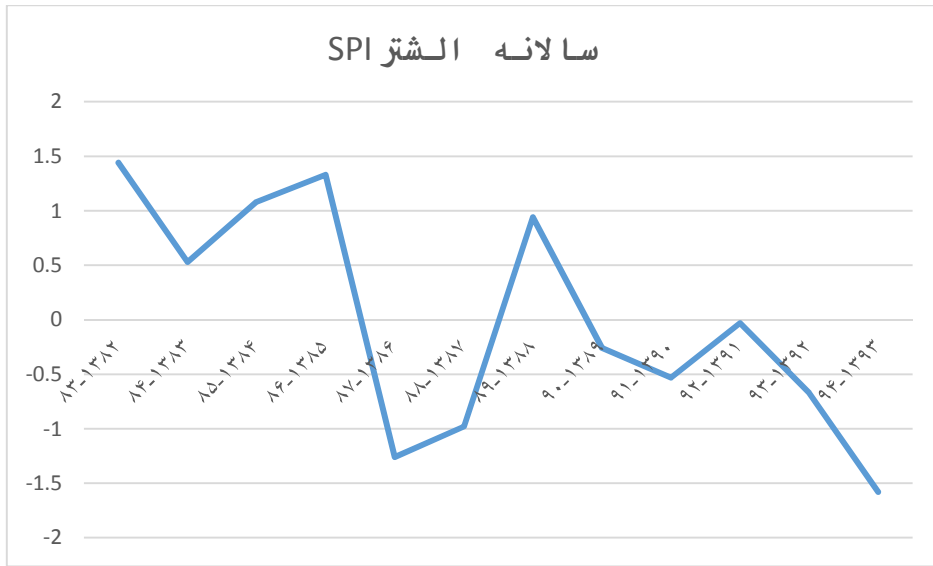
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

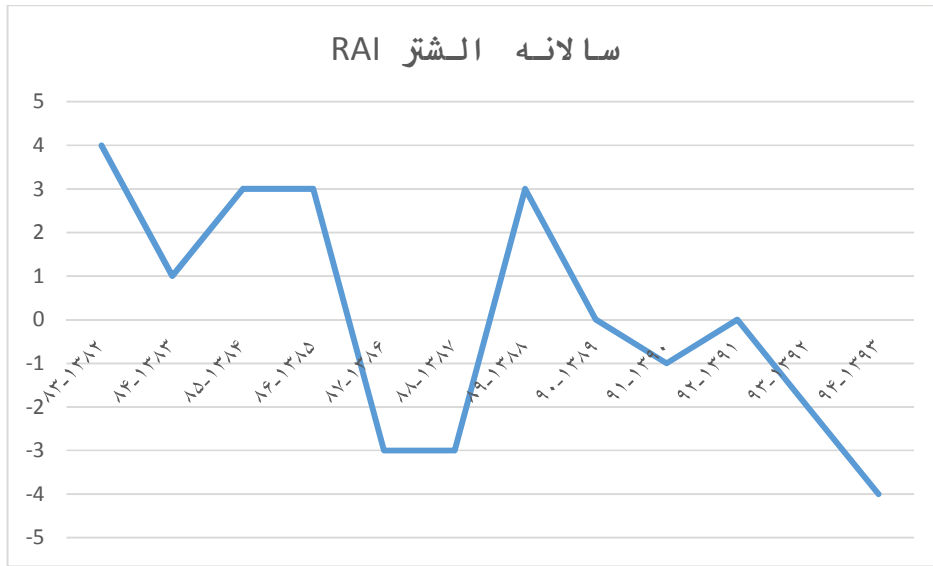
جدول ۵- مقادیر نمایه ها و تعیین شدت خشکسالی در ایستگاههای مورد مطالعه

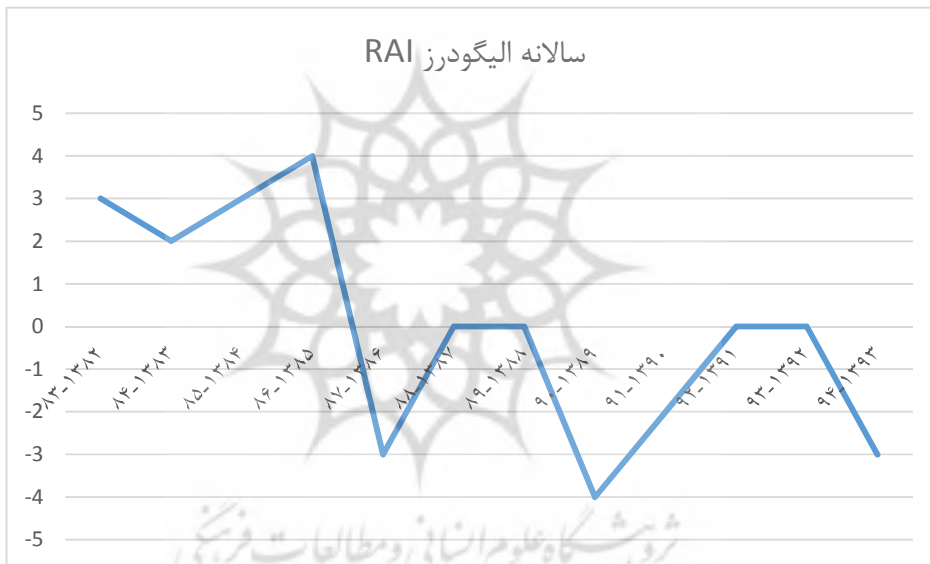
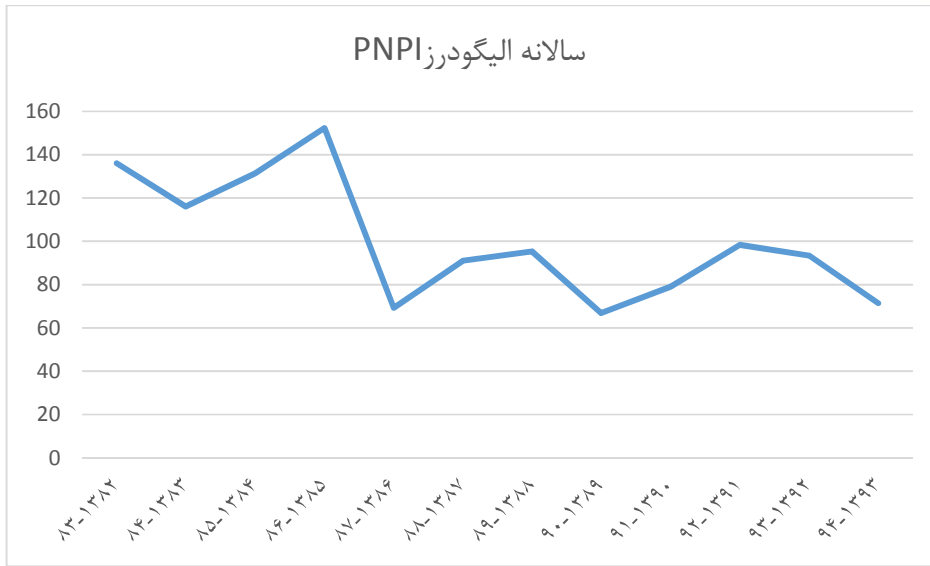
نورآباد			بروجرد			الشر			خرمآباد			
PNPI	SPI	RAI	PNPI	SPI	RAI	PNPI	SPI	RAI	PNPI	SPI	RAI	
۱۴۰.۱۷	۰.۹۸	۴	۱۱۳.۷۱	۰.۷۶	۲	۱۳۷	۱.۴۴	۴	۱۱۲.۳۲	۰.۵۶	۲	۱۳۸۲
۱۲۴.۶۵	۰.۶۸	۲	۱۱۹.۵۲	۱.۰۳	۳	۱۱۱	۰.۵۳	۱	۱۲۶.۶۷	۱.۰۷	۳	۱۳۸۳
۱۴۸.۲۶	۱.۱۳	۴	۹۹.۹۱	۰.۰۶	۰	۱۲۶	۱.۰۸	۳	۱۰۷.۶	۰.۳۸	۱	۱۳۸۴
۹۹.۵۵	۰.۱۳	۰	۱۳۶.۹۸	۱.۸۲	۴	۱۳۴	۱.۳۳	۳	۱۵۵.۱۶	۱.۹۹	۴	۱۳۸۵
۷۵.۱۸	-۰.۵	-۳	۷۲.۱۱	-۱.۵۸	-۴	۷۰	-۱.۲۶	-۳	۶۱.۶۳	-۱.۷۲	-۴	۱۳۸۶
۱۰۸.۲۷	۰.۳۳	۰	۸۰.۶۸	-۱.۰۳	-۳	۷۵	-۰.۹۸	-۳	۹۱.۸۷	-۰.۲۵	۰	۱۳۸۷
۹۹.۹۶	۰.۱۴	۰	۱۱۸.۷۸	۱	۳	۱۲۲	۰.۹۴	۳	۱۱۷.۶	۰.۷۵	۲	۱۳۸۸
۹۱.۴۲	-۰.۰۷	-۱	۹۸.۵۲	-۰.۰۲	۰	۹۱	-۰.۲۶	۰	۸۶.۵۴	-۰.۴۹	-۱	۱۳۸۹
۱۰۶.۵۳	۰.۲۹	۰	۸۴.۲۶	-۰.۸۲	-۲	۸۵	-۰.۵۳	-۱	۷۰.۳۷	-۱.۲۵	-۳	۱۳۹۰
۹۴.۹۲	۰.۰۲	-۱	۹۴.۸۱	-۰.۲۲	۰	۹۷	-۰.۰۳	۰	۸۷.۸۱	-۰.۴۳	-۱	۱۳۹۱
۹۲.۸۲	-۰.۰۳	-۱	۱۰۴.۳۳	۰.۲۹	۱	۸۲	-۰.۶۷	-۲	۱۰۴.۳۸	۰.۲۶	۱	۱۳۹۲
۱۸.۲۷	-۲.۹۸	-۴	۷۶.۳۹	-۱.۳	-۳	۶۴	-۱.۵۸	-۴	۷۸.۰۵	-۰.۸۸	-۲	۱۳۹۳

نمودارهای مربوط به هر کدام از شاخص‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۶ قابل مشاهده است.

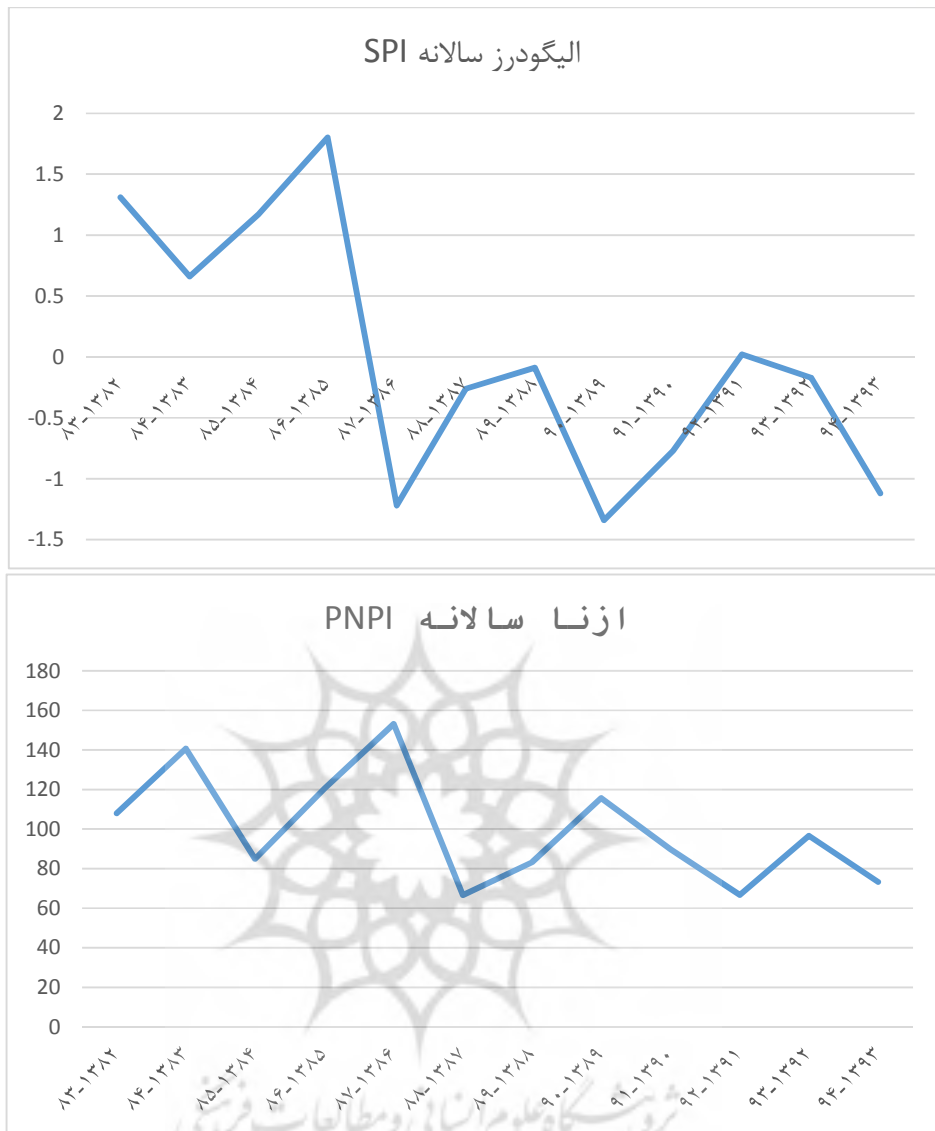
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

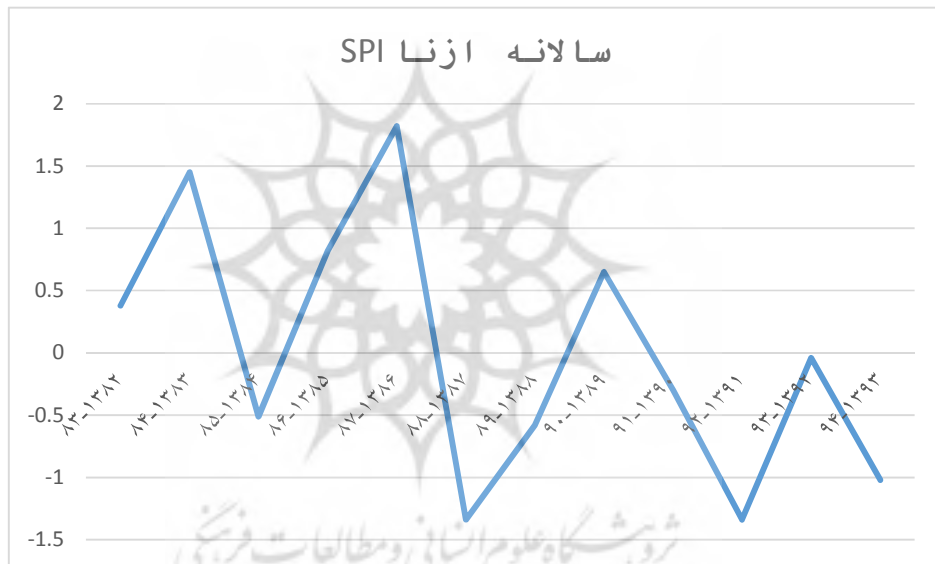
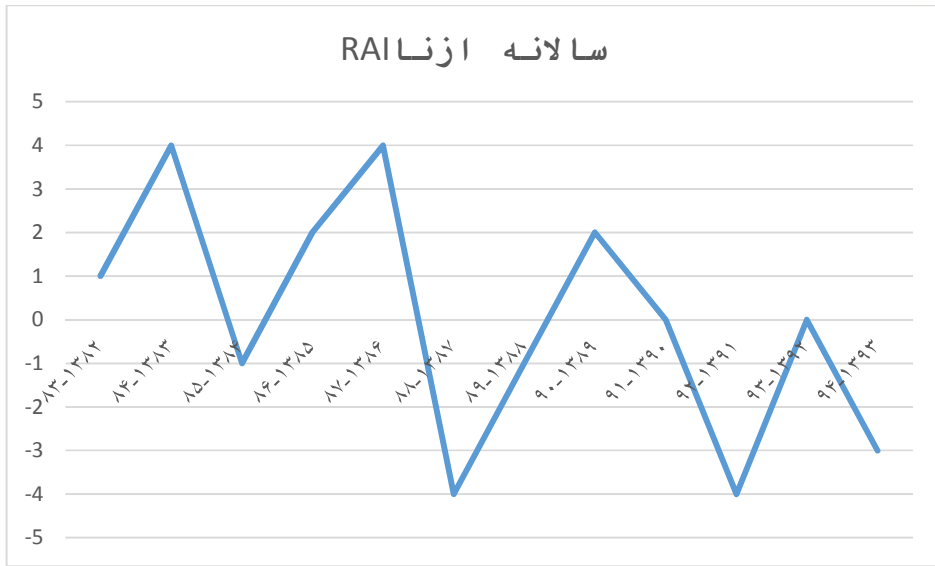




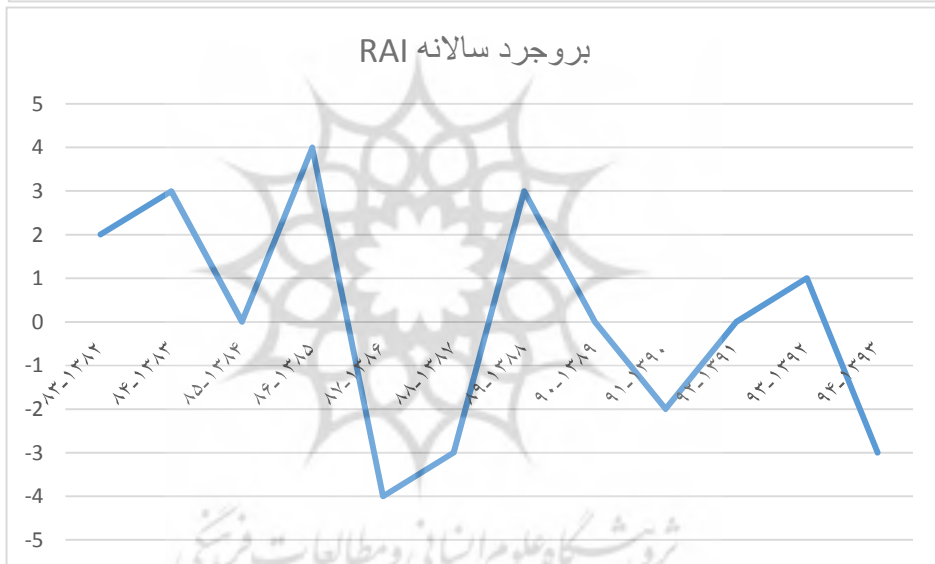
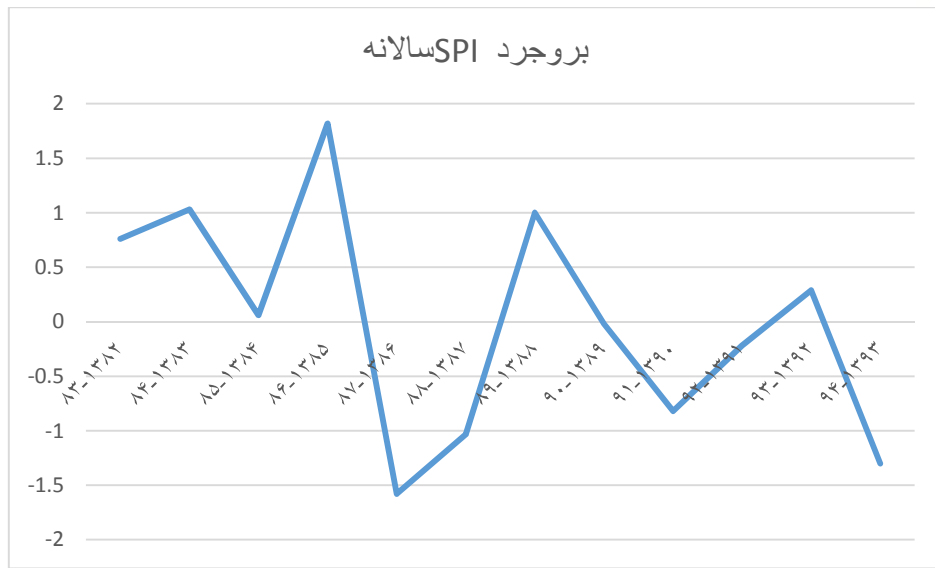


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 پرتال جامع علوم انسانی

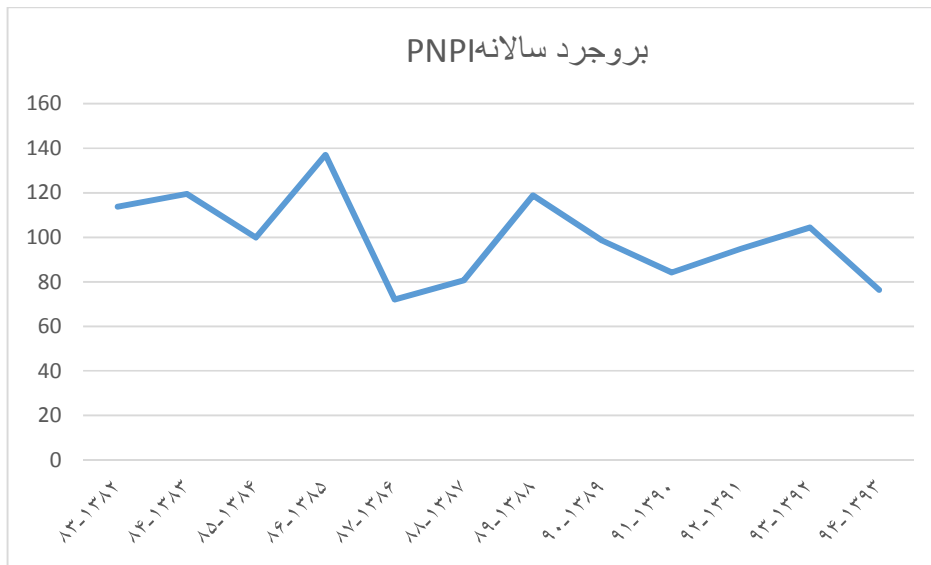




پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

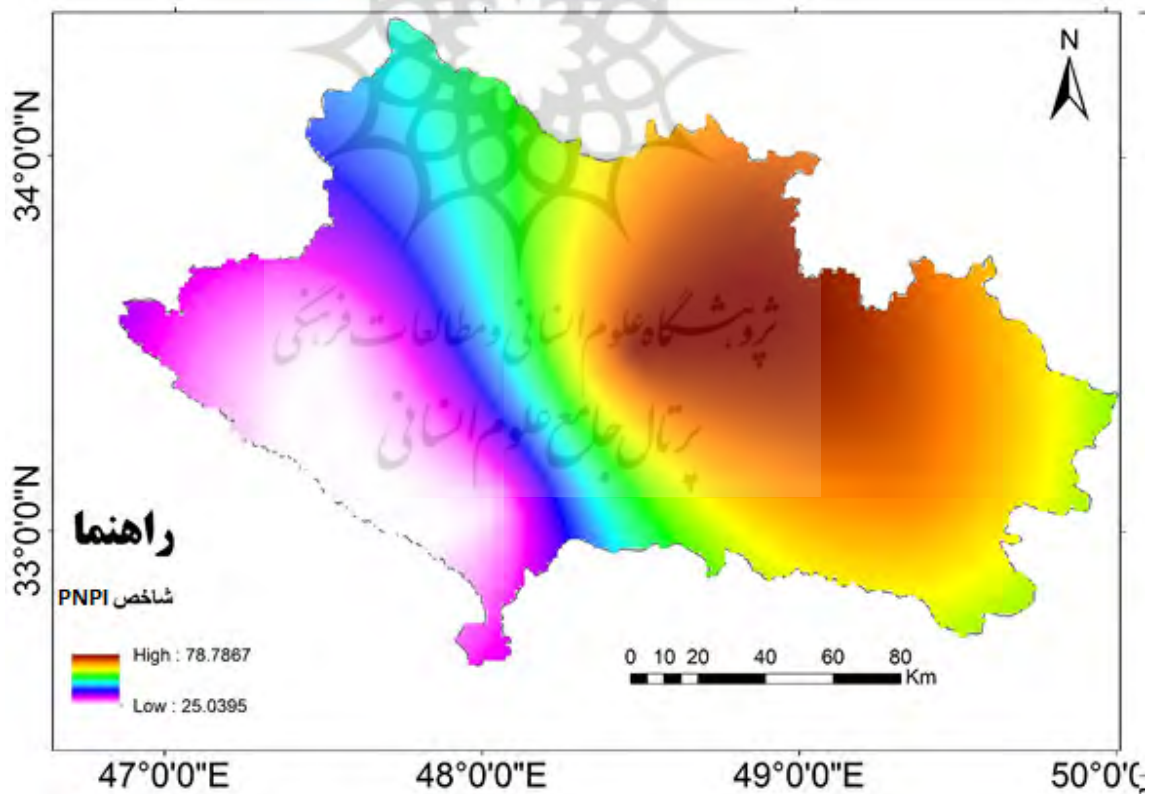


پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

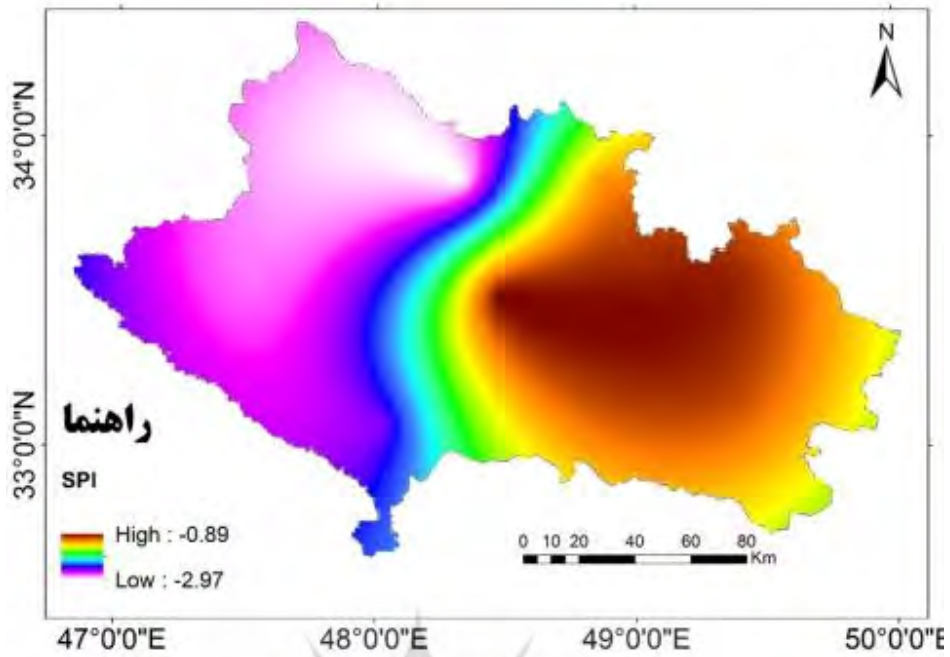


شکل ۲: نمودار شاخص های خشکسالی

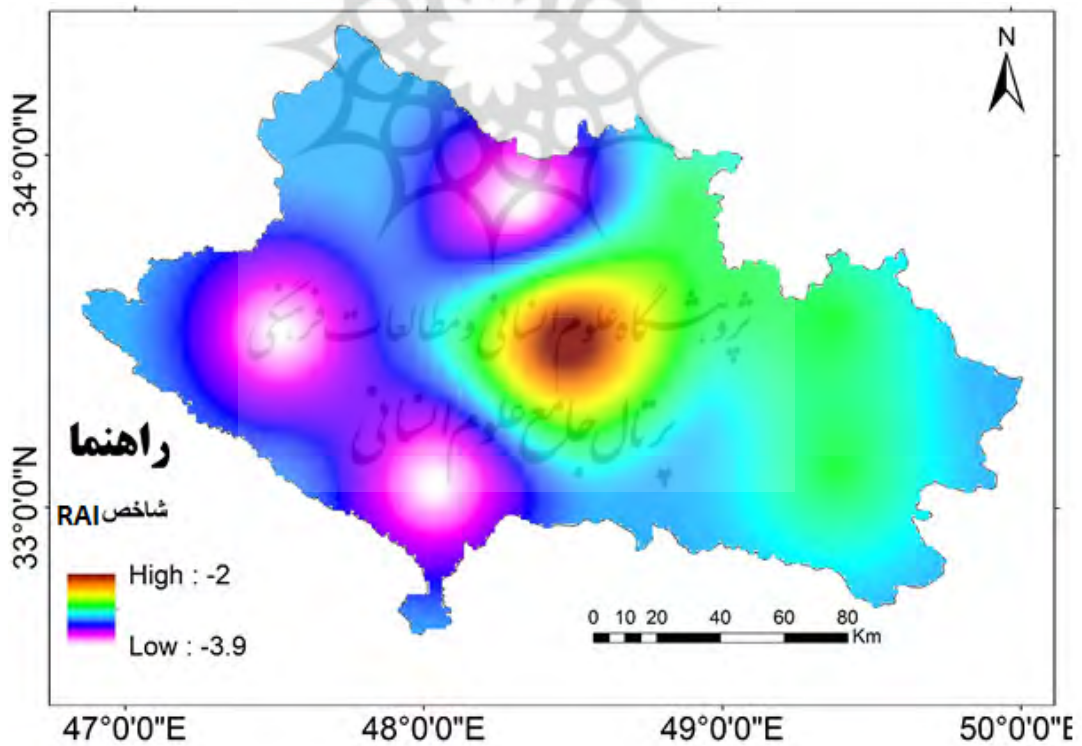
پهنه بندی شاخص های خشکسالی *PN*، *SPI* و *RAI* را شکل ۷، ۸ و ۹ قابل مشاهده است.



شکل ۳. شاخص خشکسالی *PNPI*



شکل ۴. شاخص خشکسالی *SPI*



شکل ۵: شاخص خشکسالی *RAI*

نتیجه گیری

در این پژوهش از آمار ایستگاه های سینوپتیک و باران سنجی در استان لرستان و داده های سایت *ECMWF* استفاده شد. پس از انجام آزمون همگنی داده ها و شناسایی داده های پرت، دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۵)، به عنوان دوره آماری مشترک در نظر گرفته شد. در ادامه با کمک نرم افزار *DIP* شاخص های *RAI*، *PNPI* و *SPI*، وضعیت خشکسالی برای ایستگاه های مورد مطالعه محاسبه و سپس برای پهنه بندی شدت خشکسالی از روش های زمین آماری روش معین عکس فاصله، روش تخمین گر موضعی، تخمین گر عام و روش تابع شعاعی در محیط نرم افزار *Arc GIS ۱۰/۵*، استفاده گردید. در نهایت بهترین روش پهنه بندی با استفاده از روش های آماری ریشه دوم مربعات خطا و میانگین خطای مطلق، انتخاب گردید. نتایج تحقیق نشان داد که در تمام ایستگاه ها مورد مطالعه، شاخص ها روندهای خشکسالی را نشان می دهند. سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ روند خشکسالی شدت بیشتری داشته است. تحلیل نقشه های پهنه بندی نشان می دهد که در شاخص *PNPI* تمام منطقه در خشکسالی قرار دارد و به سمت شمال و غرب بر شدت خشکسالی منطقه افزوده می شود. شاخص *RAY* نشان داد که تمام منطقه در خشکسالی بسیار شدید قرار دارد. شاخص *SPI* خشکسالی سراسری در استان را نشان می دهد. در این شاخص نیز شدت خشکسالی در غرب استان بیشتر از شرق آن است. نتایج این شاخص ها ضرورت توجه ویژه به منابع آب و راه های مقابله و سازگاری با خشکسالی که در نتیجه ی تغییر اقلیم اتفاق می افتد را بیش از پیش نمایان می کند.

منابع:

- رحیمی، لیلا، ۱۳۹۲، پایش خشکسالی براساس نمایه *SPI*، دهکها، و نرمال، اولین همایش ملی چالش های منابع آب و کشاورزی، اصفهان، انجمن ملی آبیاری و زهکشی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، https://www.civilica.com/Paper-CHWRA01-CHWRA01_066.html
- حلبیان، امیرحسین و جواد محمدی نژاد، ۱۳۹۱، بررسی پایش خشکسالی در استان لرستان براساس شاخص بارش استاندارد تحلیل نموداری ایستگاه بروجرد به عنوان نمونه، سومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب های کویری ایران، اراک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، https://www.civilica.com/Paper-DESERTWETLAND03-DESERTWETLAND03_202.html
- حمزه، سعید، فراهانی، زهرا، مهدوی، شهریار، چترآبگون، امید، غلام نیا، مهدوی، ۱۳۹۶، پایش زمانی و مکانی خشکسالی کشاورزی با استفاده از داده های سنجنش از دور مورد مطالعه: استان مرکزی ایران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی سال چهارم پاییز، شماره ۳.

- رضایی مقدم، محمد حسین، ولی زاده کامران، خلیل، رستم زاده، هاشم، رضایی، علی. (۱۳۹۱). ارزیابی کارایی داده‌های سنجنده‌ی MODIS در برآورد خشکسالی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز دریاچه ارومیه). (جغرافیا و پایداری محیط، ۲(۴)، ۳۷-۵۲.
- رضیئی، طیب، تقفیان، بهرام، شکوهی، علیرضا، (۱۳۸۲)، «پیش بینی شدت- تداوم- فراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سری‌های زمانی (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان)»، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۲، ۲۹۲-۳۱۰.
- قانقرمه، عبدالعظیم، روشن، غلامرضا، ۱۳۹۴، کاربرد شاخص TOPSIS در پایش خشکسالیها و ترسالیهای استان گلستان، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، صفحه ۵۴۷-۵.
- مجید، حیدری، فرخی، الهام، تنیان، سارا، حصاری، بهزاد، تحلیل خشکسالی های هواشناسی با استفاده از نرم افزار DIP و هیدرولوژیکی مطالعه موردی: ارومیه و خوی، ۱۳۸۸، همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی).
- Bhuiyan, C, Kogan, FN, (2010), «Monsoon variation and vegetative drought patterns in the Luni Basin in the rain-shadow zone». *Internationa Journal of Remote Sens*, 31(12):3223-3242 .
- Caccamo, G.; Chisholm, L. A.; Bradstock, R. A.; and Puotinen, M. L. 2011. Assessing the sensitivity of MODIS to monitor drought in high biomass ecosystems. *Remote Sensing of Environment*,
- Cancelliere, A, Mauro, B and Rossi, G, (2007), « Drought forecasting using the Standarized Precipitation», *Journal of Water Resource Management* . 21: 801-819pp.
- Giddings, L, Soto, M, Rutherford, B M and Maarouf, A, (2005), «Standardized precipitation index zones for Mexico» *Atmosfera*, (2) 26, 33-56PP.
- Hung, W U, Hayes, M J., Wilhite, D A and Svoboda, M D, (2005), « The effect of the length of record on the standardized precipitation index calculation», *International Journal of Climatol* 25, 505-520,pp
- Lukas, A and Vasililiades, L, (2004). «Probilistic analysis of drought spatio-temporal characteristics in Thessaly region, Greece», *National Hazard and Earth System Sciences*, 4, 719-731pp.
- Probilistic). «2004, (L, Vasililiades and A, Lukas- 16 in characteristics temporal-spatio drought of analysis Earth and Hazard National», Greece, region Thessaly .
- Roswintiarti, O.; Oarwati, S.; and Angraini, N. 2010. Potential drought monitoring over agriculture area in Java Island, Indonesia. *Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Progress Report of SAFE Prototype Year.*
- Zhang, A.; & and Jia, G. 2013. Monitoring meteorological drought in semiarid regions using multi-sensor microwave remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*,