مدل سازی روند بارش و پیش بینی خشکسا لی های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

دکتر سعید جهانبخش اصل*
یوسف قویدل رحیمی**

چکیده

در این تحقیق با استفاده از روش سری های زمانی، بارش در ایستگاه های منتخب حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل آماری بارش ایستگاه ها بیانگر وجود نوسان های شدید بارش سالانه طی دوره آماری ۳۹ ساله می باشند که از ویژگی های مهمّ اقلیمی حوضه و ایستگاه های آن محسوب می شوند. وجود خشکسالی نیز از دیگر واقعیّت های مهمّ ایستگاه های حوضه است که علت های اصلی آن نوسان های دوره ای اقلیم و نیز عدم عبور توده هواهای مرطوب و باران آور خصوصاً توده هوای مرطوب مدیترانه ای از منطقه است. به طور کلی از نظر شدّت وقوع خشکسالی، ایستگاه های مورد مطالعه خشکسالی های ضعیف تا متوسطی را نشان می دهند ولی خشکسالی شدید در آنها کمتر به وقوع می پیوند. در هیچ یک از ایستگاه ها نیز وقوع خشکسالی بسیار شدید در طول دوره آماری مشاهده نگردید. از بررسی روند بارش و محاسبات مربوط به پیش بینی بارش سال های آتی که با استفاده از سری های زمانی انجام گرفته است، در اکثر ایستگاه ها وقوع خشکسالی قابل پیش بینی است.

واژگان کلیدی: مدل سازی بارش سالانه، روند خطّی، روند پولی نومینال، خشکسالی، پیش بینی بارش، سری زمانی تجزیه، شاخص بارش استاندارد شدهٔ مک کال، حوضه آبریز دریاچه ارومیه

---

* دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز: s.jahan@tabrizu.ac.ir
** کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی: CyberClimate@Yahoo.Co.Uk
تاریخ وصول مقاله: ۸۲/٤/۲۷ ـ تاریخ تصویب مقاله: ۸۲/۱۰/۱۵

مقدمه

خشکسالی و سیل و اثرات منفی آنها مشکل چندین هزار ساله ایران و دیگر نقاط جهان، خصوصاً در ممالک آفریقایی، خاورمیانه، استرالیا و کشورهای آمریکای لاتین است. خشکسالی، هم از نظر فراوانی وقوع و هم از نظر میزان خساراتی که در ممالک مختلف جهان به بار می آورد، در صدر بلایای طبیعی قرار دارد و به این علت شناخت آن دارای اهمیتی وافر است.

در مطالعات مختلف از روش های متعددی برای تعیین و طبقه‌بندی خشکسالی ها و ترسالی ها استفاده شده است که از جمله آنها می‌توان به انواع روش های استوکستیک مانند روش زنجیرهٔ (وضعیت پنهان دو و سه حالتی) مارکف، مدل های مختلف سری های زمانی، شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی و همچنین شاخص‌هایی مثل شاخص پالمر، شاخص بالم ـ مولی، شاخص احیای خشکسالی، شاخص بارش قابل اعتماد، شاخص تأمین آب سطحی، شاخص نیچه، شاخص نمرات استاندارد شده، شاخص درصد از بارش میانگین، شاخص پالفی، شاخص SPI و غیره اشاره نمود.

نظر بر پیشینهٔ تاریخی خشکسالی و مسایل ناشی از آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مطالعات متعددی در خصوص آن انجام گرفته که هر یک از آنها با جنبه و هدفی خاص خشکسالی را مورد بررسی قرار داده‌اند. قویدل رحیمی (۱۳۸۱) بر اساس نمرات استاندارد شده بارش و مبنا قراردادن آن به عنوان شاخص تفکیک، اقدام به بررسی دوره های مرطوب و خشک آذربایجان شرقی و خصوصیات آنها در مقاطع فصلی، ماهانه و سالانه نموده و بر اساس نتایج حاصله یک تقسیم بندی از ایستگاه ها به عمل آورده است. جهانبخش اصل و قویدل رحیمی (۱۳۸۱) ماه های مرطوب و خشک آذربایجان شرقی را با استفاده ازنمایهٔ SPI مورد مطالعه قرار داده و بر اساس وضعیت ایستگاه ها از نظر فراوانی وقوع ماه های خشک و مرطوب یک پهنه بندی از منطقه به عمل آورده اند. زاهدی و قویدل رحیمی (۱۳۸۱) با استفاده از روش«هالت ـ وینتر»، اقدام به پیش بینی خشکسالی و ترسالی های حوضه آبریز دریاچه ارومیه نموده و نتیجه گرفته اند که در سال های آتی، بارش ایستگاه ها غالباً درحالت نرمال خواهند بود و خشکسالی یا ترسالی شدیدی را برای ایستگاه ها پیش بینی نکرده اند. قویدل رحیمی (۱۳۸۲) میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه های آذربایجان شرقی را محاسبه نموده و بر اساس آن اقدام به باز ساخت زمانی ـ مکانی خشکسالی ها و ترسالی ها نموده است. نتایج تحقیق محمد خورشیددوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۳) حاکی از روند کاهشی بارش زمستانی ایستگاه های آذربایجان شرقی

می باشد. نامبردگان اثر روند نزولی بارش زمستانی ایستگاه های آذربایجان شرقی را با استفاده از سری های زمانی در کاهش بارش زمستانی سال های مورد پیش بینی مدل سازی نموده اند. قویدل رحیمی (۱۳۸۳) کاربرد، محدودیت ها و مزایای انواع نمایه های مبتنی بر بارش را در تعیین و طبقه بندی خشکسالی ها و ترسالی های آذربایجان شرقی تشریح نموده است. در تحقیق قویدل رحیمی (۱۳۸۳ الف) انواع مدل های ارزیابی و پایش خشکسالی برای آذربایجان شرقی مورد آزمون قرار داده شده و پس از مقایسهٔ نتایج برآورد شده، روش SPI به علت داشتن مزایای بیشتر و معایب کمتر بهترین روش شناخته شده است. اخیراً قویدل رحیمی (۱۳۸۳ ب) بر مبنای محاسبه سنجهٔ میزان بارش قابل اعتماد، محدودیت های آگروکلیمایی و آبرسانی در آذربایجان شرقی را با رویکردی نوین به سمت کشت دیم و محدودیت های اسکان و گسترش شهرها (به ویژه در کلان شهر تبریز) مورد مطالعه قرار داده است. مطالعات انجام گرفته در خصوص علل خشکسالی در ایران بر اساس روش های جدیدتر، مبین نقش الگوهای پیوند از دور در وقوع خشکسالی ها و ترسالی های ایران است. در این زمینه ناظم السادات (Nazemossadat, 1999) با توجه به همبستگی معکوس بین پدیدهٔ «انسو» و بارش پاییزهٔ کل ایران، نتیجه گرفته است که در ایران وقوع فاز گرم (ال نینو) اغلب با افزایش بارش پاییزه و وقوع فاز سرد (لانینا) غالباً با خشکسالی پاییزی همراهی می شوند. محمد خورشید دوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۳) با استفاده از شاخص چند متغیرهٔ انسو نقش و تأثیر لانینا بر وقوع خشکسالی ها و نقش ال نینو بر وقوع ترسالی های آذربایجان شرقی را با سطح اطمینان بیشتری مورد تأیید قرار داده اند. همچنین قویدل رحیمی (۱۳۸۳ ج) با استفاده از شاخص های دمای سطح آب در مناطق نینو۲+۱، نینو۳، نینو۳و۴، و نینو۴ ثابت کرده است که ال نینو موجب تقویت و افزایش و لانینا موجب کاهش بارش و وقوع خشکسالی بهاری در آذربایجان شرقی می شوند. در آذربایجان شرقی عامل خشکسالی های زمستانی فاز مثبت الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی نوسانات اطلس شمالی و عامل ترسالی فاز منفی الگوی مذکور شناخته شده است (نیکجو و قویدل رحیمی، ۱۳۸۳). نتایج حاصل از شبیه سازی اثرات دو برابرشدن دی اکسید کربن جو بر اقلیم آتی تبریز (به عنوان ایستگاه نمونهٔ منطقهٔ شمال غرب) که با استفاده از مدل های گردش عمومی موسسهٔ تحقیقات فضایی «گودارد» و مدل گردش عمومی آزمایشگاه دینامیک سیالات ژئوفیزیکی، انجام گرفته است، بیانگر کاهش بارش زمستانه و بهاره و افزایش بارش پاییزی و تابستانی است. این شبیه سازی نشانگر افزایش قابل توجه دمای کل ماه ها به ویژه دمای دورهٔ سرد سال

است. پیش بینی شده است که عدم تناسب بین افزایش دما و کاهش بارش با تشدید تبخیر و تعرق موجب افزایش شدت خشکسالی ها خواهد گردید که مهم ترین اثر آن کمبود آب و نارسایی در تأمین آب برای مصارف گوناگون به ویژه آبرسانی شهری و کشاورزی خواهد بود (قویدل رحیمی، ۱۳۸۳د).

این مقاله با هدف تحلیل، طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی و ویژگی های آن در حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه انجام شده است .

داده ها و روش ها

داده های میانگین بارش سالانه شش ایستگاه حوضه آبریز دریاچه ارومیه شامل تبریز، مـراغه، سراب، میاندوآب و مهاباد (محدودهٔ جغرافیایی مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است) در یک دوره آماری ۴۳ ساله از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ برای مطالعه انتخاب گردید. به منظور تکمیل داده های مفقود و کنترل کیفی داده ها (تی تست، اف تست، کی دو و ران تست [آزمون توالی] برای سنـجش میزان صحـت و همگنی داده ها) از نرم افزار Digital Atmosphere 2000 و برای داده پردازی از نرم افزارتخصصی Instat $^{+}$ v3.12 (نرم افزار آماری برای هواشناسی و اقلیم شناسی) استفاده شده است.

برای پیش بینی، داده های بارش خام به داده های MCSPI تبدیل گردید و پس از پیش بینی با استفاده از مقیاس تعیین شدت خشکسالی (جدول۳) وضعیت بارش ۵ سال آتی هر ایستگاه تعیین گردید. برای تبدیل داده های خام بارش به داده های MCSPI از معادله زیر استفاده شده است :

$$MCSPI = (\frac{P_{ik} - \overline{P}_i}{\sigma_i} \times 10) + 50 \qquad (۱)$$

یا

$$10SPI + 50$$

در معادلات فوق :

MCSPI: بارش استاندارد شدهٔ مک کال، SPI: بارش استاندارد شده،Pik : مقادیر بارش i امین ایستگاه در k امین مشاهده به میلی متر، $\overline{P}_i$: میانگین بارش i امین ایستگاه به میلی متر، σ_i: انحراف معیار داده های بارش i امین ایستگاه، ۱۰ و ۵۰ ضرایب ثابت می‌باشند (Wilhite and Glantz, 2000).

شکل ۱ ـ محدودهٔ جغرافیایی حوضه آبریز دریاچهٔ ارومیه

برای محاسبه درصد تغییر از میانگین (درصد کسر یا اضافه) بارش ایستگاه ها، از معادله ۲ به شرح ذیل استفاده شده است :

$$\%P = (\times 100 \frac{Pi}{\overline{P}}) - 100 \qquad (۲)$$

در معادله بالا:

$\%P$: درصد تغییر از بـارش میانگین، Pi: بارش سال مورد نظر به میلی متر، $\overline{P}$: میانگین بارش بلند مدت ایستگاه مورد نظر به میلی متر می باشند(Bordi and Sutera, 2004).

در معادلهٔ ۲ عدد ۱۰۰ به منزله بارش متوسط بلند مدت محسوب می شود و چون کل ارقام مورد محاسبه از ۱۰۰ کم شده است، بنابر این عدد صفر نمایانگر بارش میانگین هر ایستگاه می باشد و مقادیر منفی درصد کسری بارش و درصدهای مثبت درصد اضافه بارش هر سال را (نسبت به میانگین) نشان می دهند. پس از محاسبه درصد تغییر بارش از میانگین هر ایستگاه، مدل های گرافیکی مربوطه که به آسانی مقادیر منفی کمتر از ۲۰- را به عنوان خشکسالی های هر ایستگاه معرفی می کنند، ترسیم گردیده اند.

پیش بینی خشکسالی ها و ترسالی های با استفاد از نرم افزار سری های زمانی انجام شده است. مدل سری زمانی مورد استفاده در این تحقیق، از روش های نقطه‌ای برای پیش‌بینی بلند مدت است. در این روش، سری زمانی به مؤلفه های روند، چرخه، تغییرات فصلی و تغییرات نامنظم تجزیه می شود (برای طولانی نشدن مطلب از ذکر جزییات محاسبه و نمودارهای مربوطه صرف نظر گردیده است) و پس از حذف تأثیر برخی از مؤلفه ها و با توجه به نوع داده ها، از طریق یکی از حالات جمعی یا ضربی (در این روش از حالت ضربی استفاده گردیده است) اقدام به پیش بینی مقـادیر آتی سری زمانی می شود. حالت ضربی روش تجزیه از معادله سری های زمانی به شرح معادلهٔ ۳ پیروی می‌کند :

$$Y_t = M \times T \times C \times S \times E \qquad (۳)$$

در معادله فوق:

Yt: سری زمانی پیش‌بینی شده، M: میانگین بارش بلند مدت، T: روند ، S: تغییرات فصلی، C: تغییر چرخه ای و E: نوسانات نامنـظم سری، در طـول دورهٔ آماری، می باشند (Schneider, 2003).

دقّت پیش بینی مدل، از طریق سه شاخص میانگین مطلق انحرافات، مجذور میانگین مطلق انحرافات و درصد میانگین مطلق خطاها، برای هر ایستگاه مورد محاسبه قرار گرفته است.

ویژگی های آماری بارش

داده های میانگین بارش سالانه ایستگاه ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار داده شده است که مهم ترین نتایج آن به همراه خصوصیات جغرافیایی ایستگاه ها در جدول ۱ ارائه شده است.

---

[1]. Time series

جدول۱ـ مشخصات ایستگاه های منتخب برای مطالعه در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	میانگین بارش	انحراف معیار	ضریب تغییرات
ارومیه	۴۵ ° /۵۰	۳۷ / ۳۲	۱۳۱۲	۳۴۱	۱۰۲	۳۰
تبریز	۴۶ /۱۵	۳۸ / ۸۰	۱۳۴۹	۲۹۲	۸۶/۵	۲۹/۶
میاندوآب	۴۶ /۰۶	۳۶ / ۵۸	۱۳۱۴	۲۷۳	۷۶	۲۹/۲
مراغه	۴۶ /۱۴	۳۷ / ۲۴	۱۴۱۹	۳۳۶	۸۸/۳	۲۶/۳
مهاباد	۴۵ / ۴۳	۳۶ / ۴۶	۱۵۰۰	۳۸۶	۱۴۸/۶	۳۸/۵
سراب	۴۷ / ۳۲	۳۷ / ۵۶	۱۶۵۱	۲۵۴/۵	۹۱/۶	۳۶
حوضه	–	–	۱۴۷۴	۳۱۳/۷	۹۸/۸	۳۱/۶

در جدول فوق میانگین بارش به میلی متر، ارتفاع به متر و ضریب تغییرات بارش به درصد بیان گردیده است.

مدل سازی و تحلیل روند بارش

برای تحلیل روند بارش ایستگاه های مورد مطالعه از دو روش رگرسیون خطی و پولی نومینال درجه ۵ استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا روند خطی سری در طول دورهٔ ۴۳ ساله مدل سازی شده و سپس با استفاده از روش رگرسیون پولی نومینال در ۵ گام، روند ۴۳ ساله بارش ایستگاه ها با نقاط عطف آنها (منظور از نقطهٔ عطف[1] نقطه ای است که از آن مرحلهٔ جدیدی از تغییر در روند بارش شروع می شود) مدل سازی شده است. با توجه به روند بارش خطی و پولی نومینال درجه ۵ ایستگاه ها می توان نتیجه گیری کرد که:

۱- از نظر روند کلی بارش در ۴۳ سال گذشته کل ایستگاه های مورد مطاله روند بارش نزولی دارند که این مسئله در ایستگاه های تبریز و سراب بسیار شدیدتر از دیگر ایستگاه ها است، ایستگاه های ارومیه و میاندوآب درحالت بینابین قرار دارند و روند نزول بارش ایستگاه های مراغه و سراب با شیب کمتری ادامه یافته است.

---

[1]. Changing point

۲- با توجه به روند ۵ جمله ای ایستگاه ها، در حال حاضر غیر از ایستگاه مراغه، کلیه ایستگاه ها روند رو به تزایدی را طی می نمایند که این وضع را می توان به عنوان نقطه عطفی برای تغییرات افزایشی بارش ایستگاه ها قلمداد نمود.

۳- منحنی روند پولی نومینال ایستگاه های مورد مطالعه تقریباً شبیه به هم می باشد. این امر می تواند دال بر یکنواختی تغییرات توزیع بارش و تغییرات زمانی ـ مکانی آن در حوضهٔ آبریز دریاچه ارومیه باشد.

۴- ضرایب تعیین (R^2) حاصل از رگرسیون پولی نومینال درجه ۵ نسبت به رگرسیون خطّی ساده، تغییرات روند بارش را با جزییات بیشتری نشان می دهند (به عنوان نمونه ضرایب تعیین خطی و پولی نومینال تبریز با هم مقایسه شود).

در شکل ۲ نمودار گام به گام تغییرات روند بارش ایستگاه ارومیه در ۵ جمله به همراه نقاط عطف آن و در شکل ۳ روند خطی و پولی نومینال درجه ۵ ایستگاه های تبریز، مراغه و میاندوآب به عنوان نمونه نشان داده شده است.

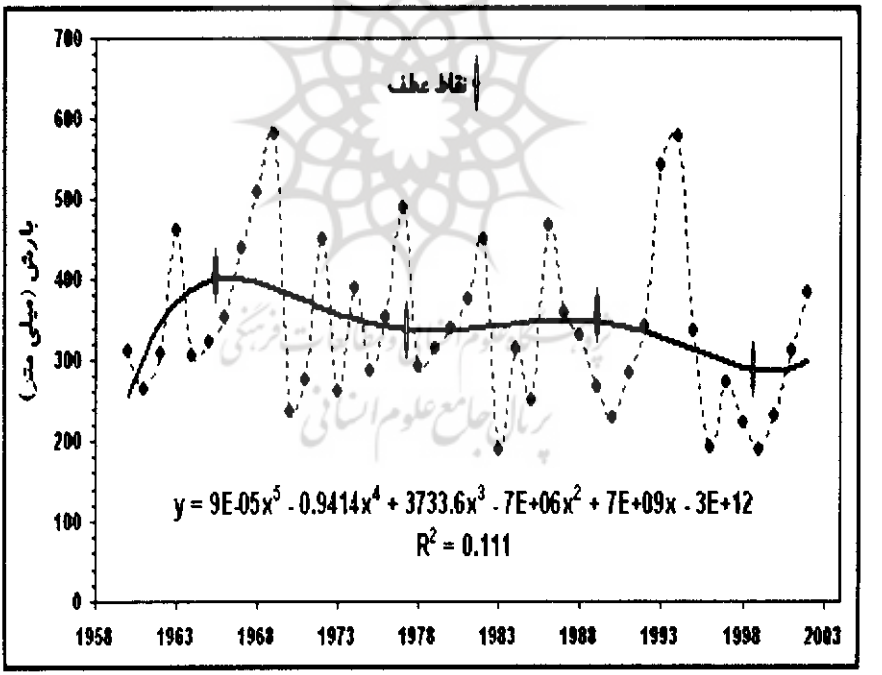
محاسبهٔ خشکسالی ها و ترسالی ها

برای محاسبهٔ خشکسالی ها و ترسالی های ایستگاه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه از روش درصد تغییر از میانگین بارش و به منظور تعیین و طبقه بندی شدت خشکسالی ها نیز از مقیاس طبقه بندی و تعیین شدّت مندرج در جدول ۲ استفاده گردیده است.

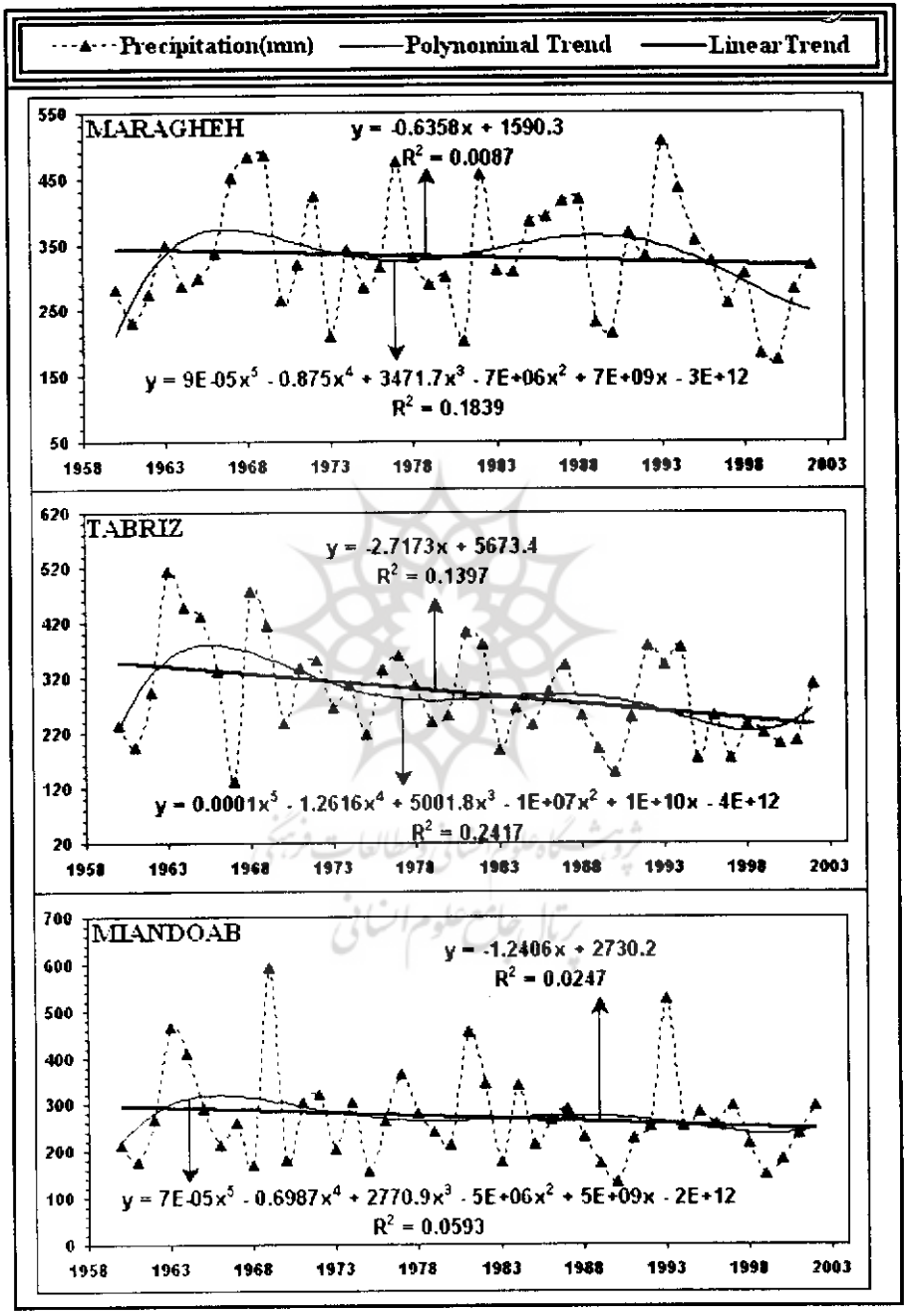
جدول۲ ـ مقیاس طبقه بندی شدّت خشکسالی به روش MCSPI و روش درصد از بارش میانگین

شدت	آستانهٔ خشکسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
درصد تغییر از میانگین	-۲۰	-۲۰ تا -۳۰	-۳۰ تا -۴۵	-۴۵ تا -۶۰	کمتر از -۶۰
MCSPI	۵۰	۴۰/۱ تا ۴۹/۹	۳۵/۱ تا ۴۰	۳۰/۱ تا ۳۵	کمتر از ۳۰
کد وضعیت		۱	۲	۳	۴

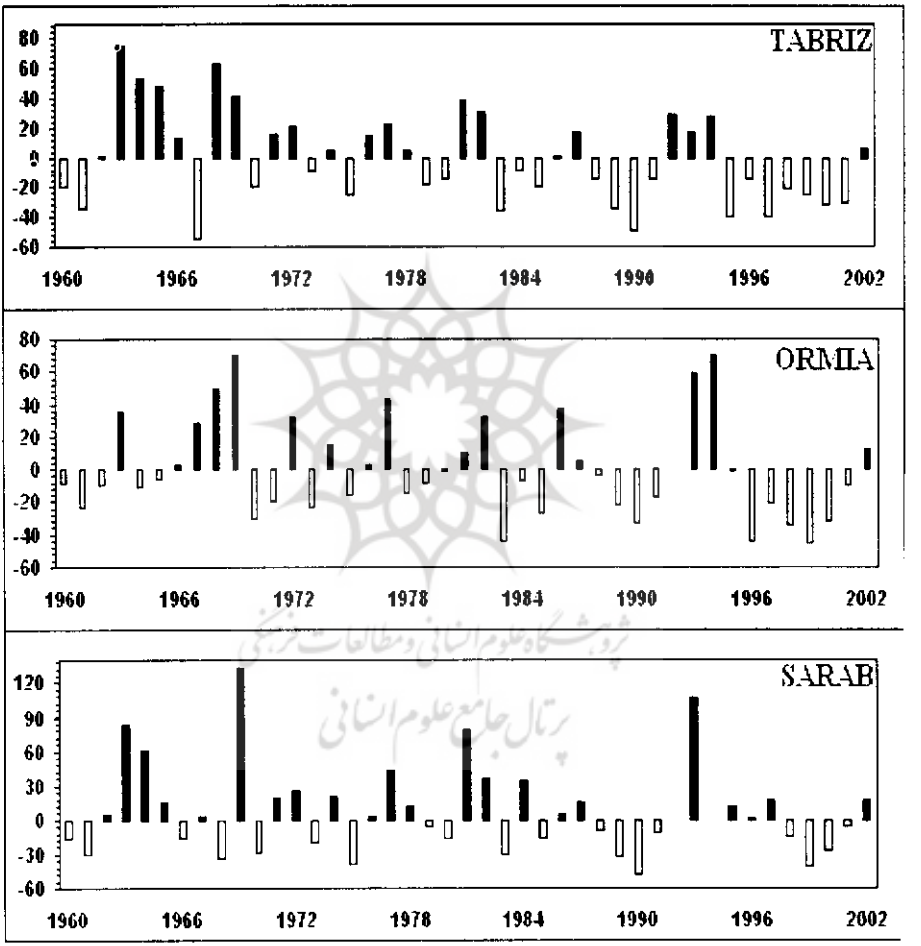
با استفاده از معادله ۳ مقادیر کسری یا اضافه بارش هر سال نسبت به میانگین بارش بلند مدت محاسبه گردید و سپس با استفاده از درصدهای به دست آمده نمودارهای خطی درصد از تغییرات بارش میانگین برای چند ایستگاه در شکل ۲ ترسیم گردیده است. با توجه به نمودارهای یاد شده و با در نظر گرفتن مقیاس طبقه بندی خشکسالی (جدول ۲) می توان به سهولت سال های خشک را (با ستون های سفید رنگ زیر صفر نشان داده شده اند) از سال های مرطوب (با ستون های سیاه رنگ و مثبت مشخص شده اند)، تمیز داد.



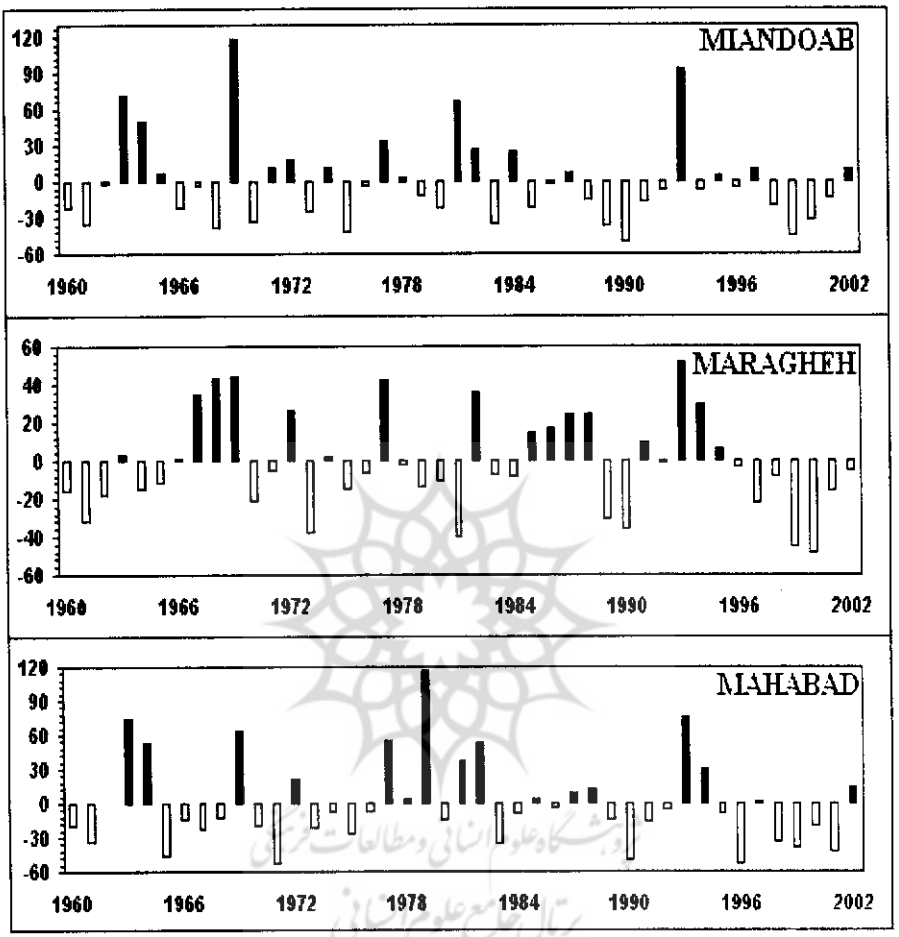
شکل ۲ ـ روند تغییرات پولی نومینال ۵ مرحله ای بارش ایستگاه ارومیه و نقاط عطف روند بارش



شکل۳ ـ روند خطی و پولی نومینال درجه ۵ بارش ۴۳ ساله ایستگاه های مراغه، تبریز و میاندواب



شکل ٤ ـ مدل های گرافیک درصد تغییرات نسبت به میانگین بارش بلند مدت



ادامه شکل ٤ ـ مدل های گرافیک درصد تغییرات نسبت به میانگین بارش بلند مدت

پیش بینی خشکسالی

پس از تبدیل داده های بارش خام به بارش استاندارد شده مک کال، با استفاده از نرم افزار Time Series اقدام به پیش بینی بارش ۵ سال آتی ایستگاه های مورد مطالعه شد و سپس با استفاده از مقیاس طبقه بندی (جدول ۲) خشکسالی های احتمالی پیش بینی شده از نظر شدّت طبقه بندی گردید.

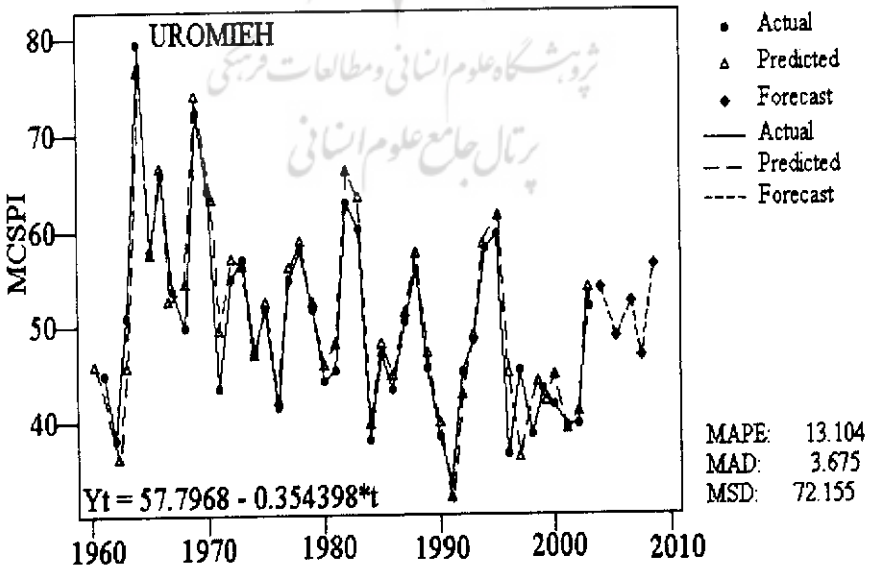
در جدول ۳ پیش بینی های بارش برای مدت ۵ سال و در شکل ۵ نمودارهای مربوط به پیش بینی خشکسالی به روش تجزیه برای ایستگاه های مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول ۳ ـ مقادیر بارش پیش بینی شده و وضعیت خشکسالی در ایستگاه های مورد مطالعه

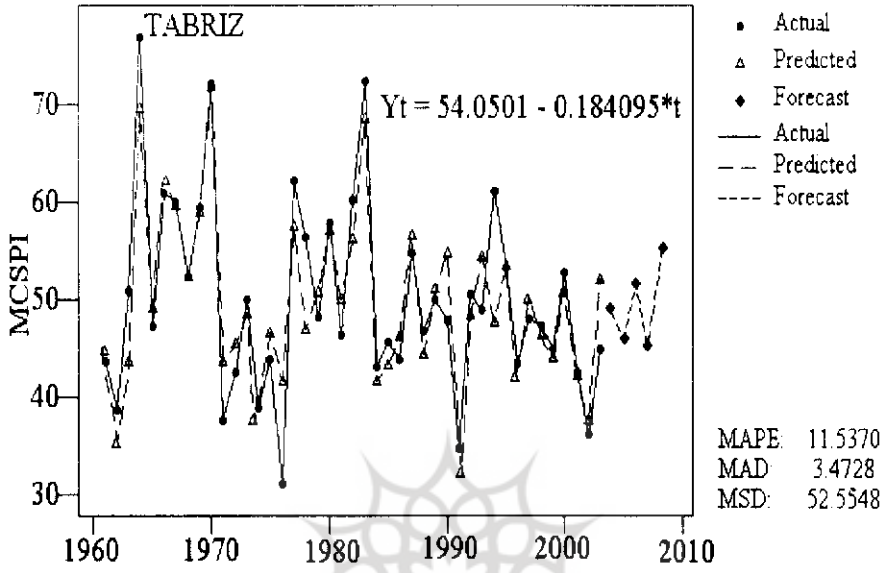
(خ :خشکسالی، ض: ضعیف)

سال	تبریز	وضعیت	ارومیه	وضعیت	مراغه	وضعیت	مهاباد	میاندوآب	وضعیت	سراب	وضعیت
۲۰۰۳	۵۲		۵۵		۵۲		۵۳	۵۳		۵۲	
۲۰۰۴	۴۸/۵	خ-ض	۵۰		۵۵		۵۱	۴۸	خ-ض	۵۶	
۲۰۰۵	۵۴/۵		۵۳/۵		۴۸	خ-ض	۴۸	۶۵		۴۸/۵	خ-ض
۲۰۰۶	۴۷	خ-ض	۴۸	خ-ض	۵۳/۵		۵۵/۵	۵۳		۵۱	
۲۰۰۷	۵۶		۵۶		۴۸	خ-ض	۴۹	۴۵	خ-ض	۵۵/۵	

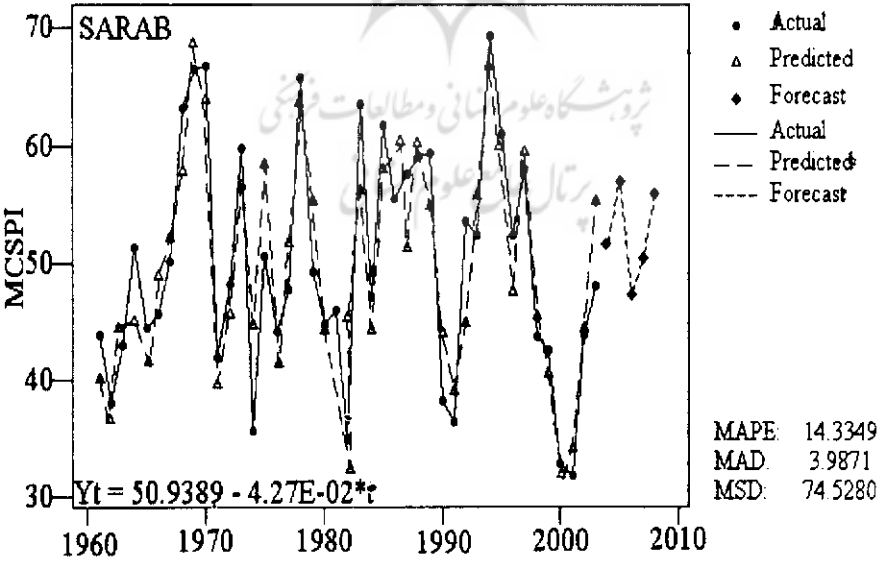
با توجه به جدول ۳ و نمودارهای شکل ۵ ، معلوم می شود که اکثر ایستگاه ها (غیر از مراغه) در سال های مورد پیش بینی با مشکل چندانی از نظر خشکسالی مواجه نخواهند شد. از نظر شدت نیز خشکسالی های پیش بینی شده همگی در مقیاس ضعیف قابل طبقه بندی بوده و هیچ خشکسالی شدیدی برای ۵ سال آینده پیش بینی نگردیده است.



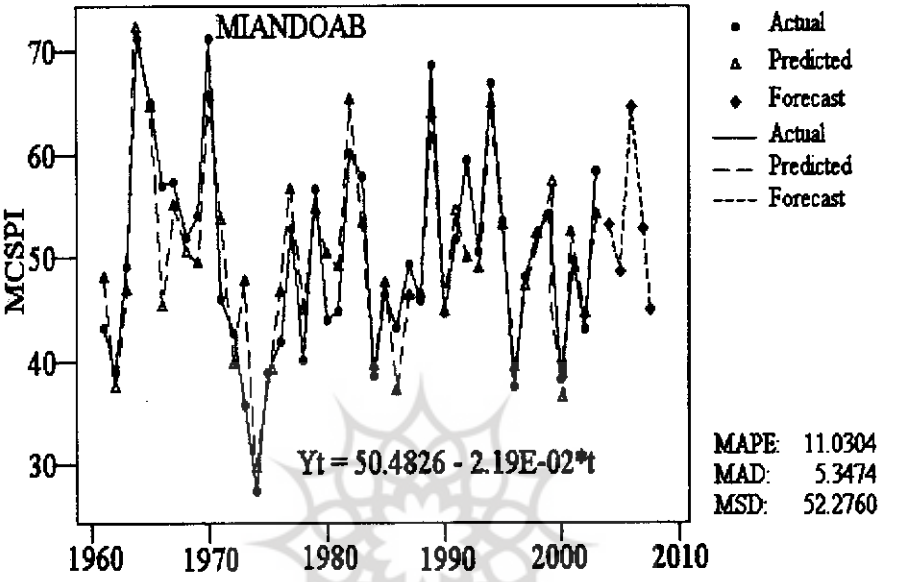
شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه



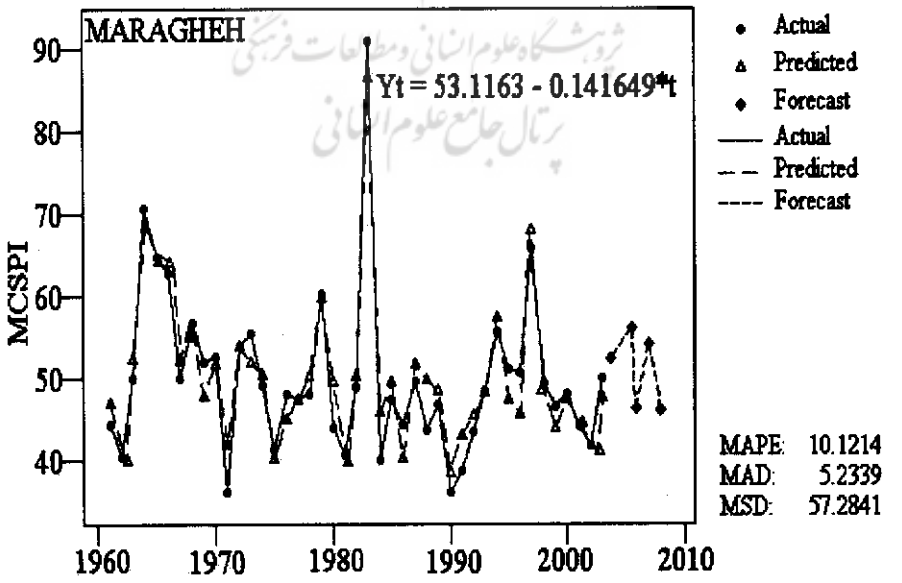
ادامه شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه



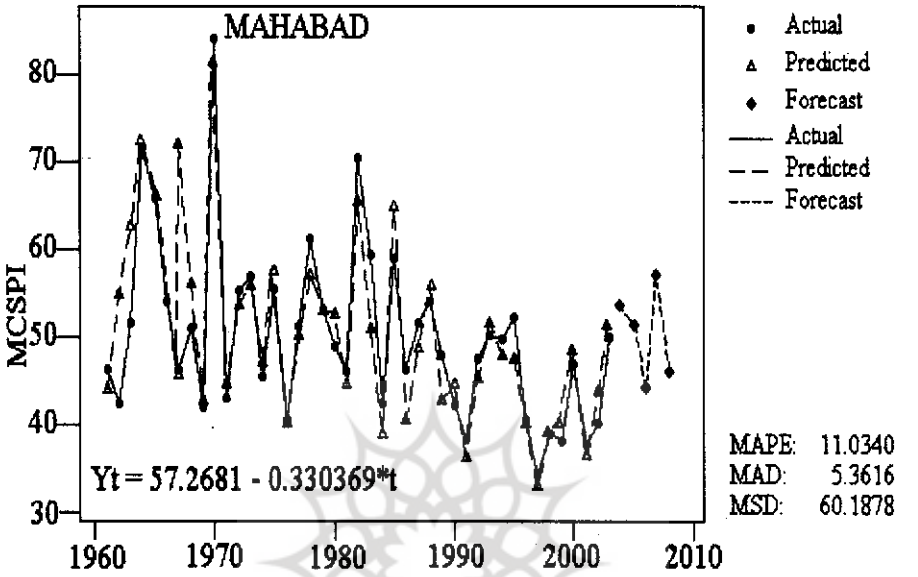
ادامه شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه



ادامه شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه



ادامه شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه



ادامه شکل ۵ ـ نمودارهای پیش بینی خشکسالی ایستگاه ها به روش سری زمانی تجزیه

نتیجه گیری

نوسان بارش و وجود خشکسالی های متناوب و متوالی که غالباً فراگیر نیز هستند، از واقعیت های اقلیمی ایستگاه های حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه می باشد. چنین شناختی دارای جنبه های کاربردی بوده و می تواند راهکارهای مناسبی را بـرای بهره برداری بهینه از منابع آبی موجود ارائه دهد. با توجه به پیش بینی های به عمل آمده و با در نظر گرفتن روند بـارش سال های گذشته، وقوع خشکسالی در سال های آتی در اغلب ایستگاه های حوضه اجتناب ناپذیر است. لذا حتی با وقوع کم تعداد و ضعیف بودن خشکسالی های احتمالی آتی، کمبود آب از مهم ترین مشکلات حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در سال های آتی تلقی می شود، بنابر این حداکثر استفاده از بارش های موجود به منظور عبور از مرحله بحران و تعدیل شرایط دشوار دسترسی به آب، و نیز برنامه ریزی در زمینهٔ مدیریت خشکسالی بر اساس شرایط بیلان آبی هر منطقه و پیش بینی هایی که در مورد وضعیت

بارش و احتمال وقوع خشکسالی در سال های آتی صورت می گیرند، از موارد قابل توصیه است.

ذکر این نکته نیز ضروری است که با توجه به تنوع عوامل اقلیمی مؤثر در وقوع یا تشدید خشکسالی ها، استفاده از روش های جدید و پیشرفته مانند روش های چند متغیرهٔ آمیخته با شبکه های عصبی، شبکه های عصبی فازی، هوش محاسباتی آمیخته با روش پیوند از دور و غیره به منظور شناخت همه جانبهٔ پدیده خشکسالی بسیار مفید خواهد بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

الف ـ منابع فارسی

- جهانبخش اصل، سعید و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۱)؛ «تحلیل توزیع فضایی ماه ـ های مرطوب و خشک در ایستگاه های استان آذربایجان شرقی»، **فضای جغرافیایی**، شماره ۵: ۳ ـ ۳۹.
- خورشید دوست، علی محمد و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۳)؛ «ارزیابی اثر پدیدهٔ انسو بر تغییرپذیری بارش های فصلی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص چند متغیرهٔ انسو»، **مجلهٔ پژوهش های جغرافیایی**، دانشگاه تهران، ۱۰ صفحه .
- خورشیددوست، علی محمد و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۳)؛ «مطالعه نوسانات بارش و پیش بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه استان آذربایجان شرقی»، **فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی**، شمارهٔ ۷۲.
- زاهدی، مجید و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۱)؛ «شناخت، طبقه بندی و پیش بینی خشکسالی با استفاده از روش سری های زمانی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه»، **فضای جغرافیایی** ۶: ۱۹ ـ ۴ .
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۱)؛ «**تجزیه و تحلیل نوسانات بارش و محاسبه دوره های مرطوب و خشک در آذربایجان شرقی**»، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز .
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۲)؛ « بازساخت زمانی ـ فضایی خشکسالی ها و ترسالی های استان آذربایجان شرقی با استفاده از نمایهٔ بارش قابل اعتماد»، **نشریهٔ دانشکدهٔ علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز (ویژه نامهٔ جغرافیا)**، سال دهم، شماره (۳) ۱۳: ۱۳۳– ۱۵۰.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳)؛ « کاربرد نمایه های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی ها و ترسالی ها (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی)»، **مجلهٔ پژوهش و سازندگی**.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳ الف)؛ «آزمون مدل های ارزیابی خشکسالی و ترسالی **برای** ایستگاه های آذربایجان شرقی»، **مجلهٔ منابع طبیعی ایران**، شمارهٔ ۵۸، جلد ۴.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳ب)؛ « تعیین آستانهٔ خشکسالی و محاسبهٔ میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه»، **مجلهٔ پژوهش های جغرافیایی**، دانشگاه تهران.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۳ج)؛ «اثر الگوی بزرگ مقیاس گردش جوی ـ اقیانوسی انسو بر تغییرپذیری فصلی اقلیم در ایران (مطالعه موردی: اثرات ال نینو و لانینا بر تغییرپذیری بارش های بهاری در آذربایجان شرقی» ، **نشریهٔ علوم انسانی مدرس**.

قویدل رحیمی ، یوسف (۱۳۸۳ د) «کاربست مدل های گردش عمومی در شبیه سازی اثرات دو برابر شدن دی اکسید کربن جو بر تغییرات دما و بارش تبریز»، **نشریهٔ علوم انسانی مدرس**.

نیکجو، محمد رضا و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۳)؛ «اثر الگوهای بزرگ مقیاس گردش جوّی بر نوسانات بارش ایران؛ نمونهٔ مطالعاتی اثر نوسانات اطلس شمالی **بر** بارش های زمستانی آذربایجان شرقی»، **مجلهٔ دانش کشاورزی**، دانشگاه تبریز.

ب ـ منابع خارجی

Bordi, I. & A. Sutera (2004); "Drought Variability and its Climatic Implications", **Global and Planetary Change**, 40: 115 –127.

Hayes, M. (2000); "Revisiting the SPI؛ Clarifying the Process", **Drought Network News**, 12(1): 13 – 14.

Keneth, H. F. (1999); "Climate Variation, Drought and Desertification", **WMO Annual Report**, Geneva.

Schneider, J. (2003); **"Climatic Time Series"**, London: Black Rose Publications.

- Wilhite, D. & M. H. Glantz (2000); "Understanding the Drought Phenomenon: the Role of Definitions", **Water International**, 10(3): 111-120.
- Nazemosadat, M. J (1999). "ENSO's Impact on the Occurrence of Autumnal Drought in Iran", **Drought Network News**, 11(2): 15 – 18.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی