

تحلیل منطقه‌ای شدت - مدت - دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز اترک)

کاظم نصرتی^۱ و حسین آذرنیوند^۲

۱، کارشناس ارشد بیابان‌زدایی^۲، عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ وصول ۸۰/۱۲/۵

چکیده

در مطالعه حاضر، به منظور بررسی خشکسالی‌های اقلیمی در حوزه آبریز اترک از داده‌های سالانه بارندگی مربوط به ۲۱ ایستگاه بارانسنجی طی یک دوره آماری ۲۹ ساله (۱۳۴۹-۱۳۷۷) استفاده گردید. سپس، مقادیر شدت خشکسالی با استفاده از شاخص درصد از نرمال بارش محاسبه و دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله آن در تمام نقاط شبکه استخراج گردید. بمنظور تعمیم تحلیل‌های نقطه‌ای در منطقه مورد بررسی ابتدا از روش همبستگی با ارتفاع استفاده گردید. بخاطر وجود همبستگی ناچیز بین ارتفاع و شدت خشکسالی در منطقه مطالعاتی عملاً از تکنیک پهنه‌بندی منطقه با استفاده از روابط رگرسیونی صرف‌نظر گردید. در مرحله بعد، روش کریجینگ مورد توجه قرار گرفت. با استفاده از این روش، پهنه‌بندی منطقه از نظر شدت خشکسالی با دوره بازگشت‌های مختلف انجام شد. در نهایت، بمنظور داشتن ایده‌ای کلی از سه ویژگی شدت، مدت و دوره بازگشت خشکسالی در منطقه، مقادیر شدت خشکسالی با هر دوره بازگشت برای تداوم‌های مختلف در کل ایستگاه‌های مطالعاتی استخراج گردید. آنالیز نقشه‌های هم‌شدت خشکسالی نشان داد که هر چه دوره بازگشت خشکسالی افزایش می‌یابد شدت خشکسالی نیز زیادتر می‌شود. همچنین، بررسی منحنی‌های شدت - مدت - دوره بازگشت خشکسالی نشان داد با افزایش تداوم، شدت خشکسالی با دوره بازگشت‌های مختلف به سمت یک عدد ثابت میل می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: شاخص درصد از نرمال بارش، پهنه‌بندی خشکسالی، منحنی شدت-مدت -

دوره بازگشت، حوضه اترک

مقدمه

شاخص‌های خشکسالی، مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به بارندگی، برف پشته، جریان آب رودخانه و ... را تحلیل نموده و تصویر قابل فهمی از وضعیت خشکسالی ارائه می‌دهند. مقدار یک شاخص خشکسالی نوعاً یک عدد می‌باشد که نسبت به داده‌های خام، از اهمیت بسزایی در تسهیل نمودن تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزان برخوردار می‌باشد. اساس شاخص‌های خشکسالی که صرفاً از داده‌های بارندگی استفاده می‌کنند، غالباً بر مبنای سنجش انحراف مقادیر بارندگی از میانگین دراز مدت در یک دوره زمانی معین استوار است. اگرچه هیچکدام از شاخص‌های خشکسالی بر دیگر شاخصها برتری ندارند، اما بعضی از شاخصها برای کاربردهای معینی بهتر از دیگر شاخصها عمل می‌نمایند. یوجویچ (۱۹۶۹) اظهار نمود که فقدان یک تعریف مختصر و مشخص از خشکسالی‌ها یکی از موانع اصلی بررسی مؤثر این پدیده است (۲۰). کاویانی و علیجانی (۱۳۷۱) خشکسالی را کاهش غیر منتظره بارش در مدتی معین، در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست دانسته‌اند (۵). طبق بررسیهای ویلهیت و گلانتز در اوایل دهه ۱۹۸۰ مشخص شد که بیش از ۱۵۰

تعریف در مورد خشکسالی در جهان وجود دارد (۱۹). سازمان هواشناسی جهانی (WMO)^۱ متغیرهای مورد استفاده در تعریف خشکسالی را (حسب اولویت) بصورت زیر بیان نموده است (۱۸):

(الف) بارش

(ب) بارش و میانگین درجه حرارت

(ج) رطوبت خاک و متغیرهای میزان محصول

(د) شاخص‌های آب و هوایی و برآوردهای

تبخیر و تعرق

(ه) تعاریف و اظهارات کلی

بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که بارش یکی از مهمترین و عمده‌ترین متغیرهایی است که از آن در تعریف شاخص خشکسالی استفاده می‌شود.

وجود نیازها و زمینه‌های کاری محققین مختلف موجب شده است که هر یک از آنها از دیدگاهی خاص مساله خشکسالی را مورد بررسی قرار دهند. خشکسالی‌ها در چهار طبقه عمده زیر ایجاد شده است که عبارتند از: خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی اقتصادی - اجتماعی که بطور کلی، در هر

1. World Meteorological organization

ب) مقادیر بارندگی جزء بی ثبات ترین متغیرهای آب و هوایی مخصوصاً در مناطق خشک محسوب می‌شود و از این جهت می‌تواند شاخص خوبی جهت مطالعه خشکسالی باشد.

ج) بارش‌های جوی در واقع مهمترین متغیری است که تغییرات آن بطور مستقیم در رطوبت خاک و جریانهای سطحی، مخازن زیرزمینی و ... منعکس شده و بنابراین اولین فاکتوری است که می‌تواند در مطالعه هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد (۷).

مواد و روشها

معرفی ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مطالعاتی

در بررسیهای اولیه، مبنای انتخاب ایستگاه‌های بارانسنجی، طول دوره آماری ملاک قرار گرفت. یعنی ایستگاههایی که دارای طول دوره آماری طولانی‌تری بودند، بعنوان ایستگاههای مورد مطالعه انتخاب گردیده‌اند. شکل (۱) تراکم شبکه ایستگاههای هواشناسی در منطقه تحت مطالعه را نشان می‌دهد. در این تحقیق یک دوره آماری ۲۹ ساله (۱۳۷۷-۱۳۴۹) برای بررسی خشکسالی استفاده گردید. همچنین، خلاءهای آماری با استفاده از روش همبستگی پرگردید.

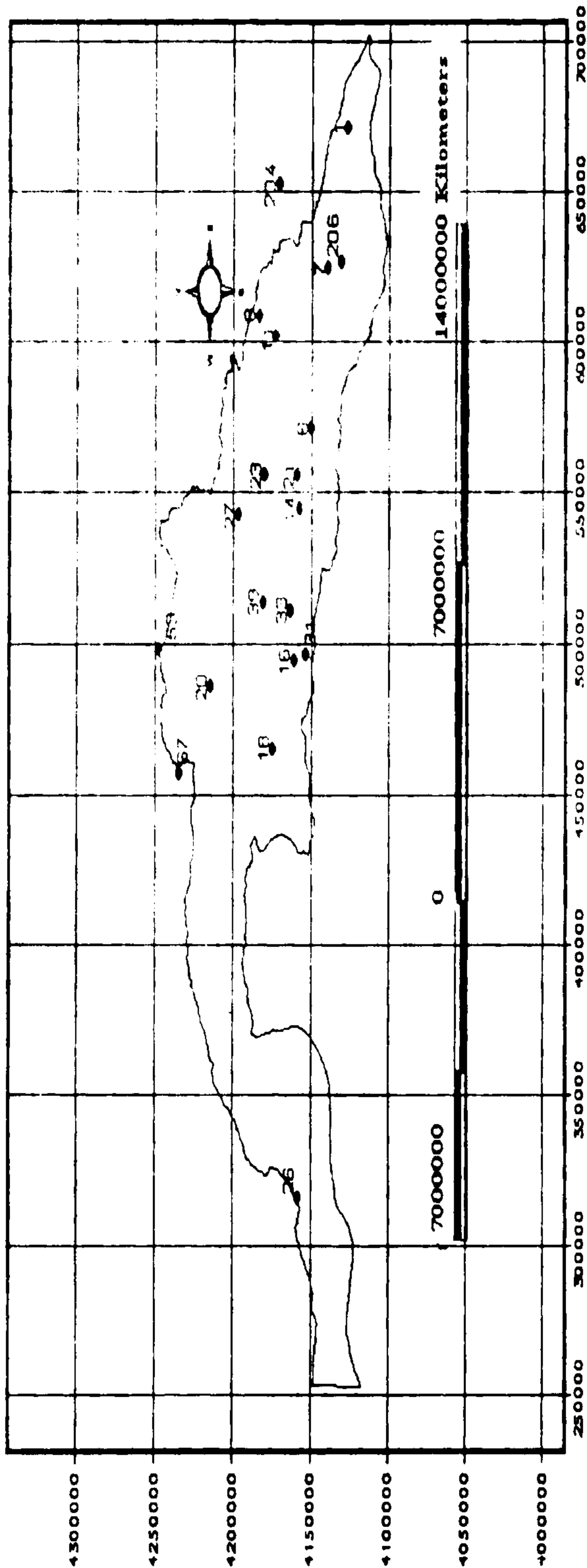
یک از این طبقات چهار ویژگی خشکسالی شامل تداوم، شدت، فراوانی و وسعت خشکسالی مورد توجه قرار می‌گیرد.

روشهای مطالعه خشکسالی

بطور کلی، روشهای مطالعه خشکسالی به پنج طبقه تقسیم می‌شوند که عبارتند از: روشهای مطالعه بیلان آبی، روشهای تحلیل جریان، روشهای تحلیل داده‌های بارندگی، روشهای تحلیل سینوپتیکی و روش استفاده از اطلاعات ژئومورفولوژیک و تاریخی. در این مطالعه از روش تحلیل داده‌های بارندگی استفاده شد. مطالعات زیادی با استفاده از داده‌های بارندگی انجام شده است (فرج‌زاده و همکاران (۶)، روی (۱۷)، بالم و مولی (به نقل از ۱۴)، اولاد پیدو (۱۶)، بوگاردی و همکاران (۱۰)، حسنی‌ها و صالحی (۳)، قطره سامانی (۸)، صوفی و همکاران (۴)، مقدم و همکاران (۹)، بیان و ویلیه‌ایت (۱۱) و (۱۲)، بذرافشان (۱)، مک کی و همکاران (۱۵)، گیس و ماهر (۱۳)) که دلایل آن عبارتست از:

الف) دسترسی به انواع داده‌های بارندگی در بخشهای مختلف کره خاکی راحت‌تر و آسانتر از سایر داده‌ها می‌باشد.

شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز اترک و پراکنش ایستگاههای انتخابی



نام و کد ایستگاههای انتخابی روی نقشه:

- ۱- تبرک آباد ۷- اترک ۸- علی محمد ۱۱- بارزو ۱۴- بربر قلعه ۱۶- رسالت ۱۸- اینچه علیا
- ۲۰- خرتوت ۲۱- بابامان ۲۳- قزلقان ۲۷- قتلش ۳۱- درکش ۳۳- شیرآباد ۳۵- دربند ۳۹- آغمراز
- ۴۷- مراوه تپه ۴۳- هوتن ۲۰۴- گرمخان ۲۰۶- فاروج

انتخاب شاخص خشکسالی

بر اساس مطالعات انجام شده بوسیله فرج زاده و همکاران (۶) مشخص شد که از بین چهار شاخص درصد از نرمال، انحراف استاندارد، توزیع استاندارد و دهکها، به چهار دلیل عمده شاخص درصد از نرمال بر دیگر شاخصها برتری دارد:

- ۱- سادگی و جامعیت شاخص درصد از نرمال نسبت به سایر شاخصها
- ۲- ضریب همبستگی بین این شاخص و شاخص توزیع استاندارد و دهکها به ترتیب ۰/۶۱۷۸ و ۰/۷۳۴۶ می باشد که بیانگر وجود ارتباط نزدیک بین آنهاست.

۳- این شاخص قابلیت نمایش انحرافات نسبت به میانگین را بخوبی داراست.

۴- در صورت نیاز به پیش بینی دوره‌های برگشت خشکسالی ارزشهای حاصل از آن می تواند در توزیعهای آماری جهت پیش بینی وارد شده و درصدهایی را که در آینده در هر ایستگاه احتمال رخداد آن می رود ارایه دهد.

با توجه به مطالب ذکر شده، در این بررسی شاخص درصد از نرمال بارش بعنوان شاخص مورد مطالعه انتخاب گردید. این شاخص از رابطه زیر بدست

$$PN(\%) = \frac{P_i}{P} \times 100$$

می آید:

که در رابطه فوق:

P_i : بارندگی سال i ام (حسب میلیمتر)

P : متوسط بارندگی منطقه در ایستگاه مورد نظر (بر حسب میلیمتر)

PN : درصد از نرمال بارش (بر حسب درصد)

در جدول (۱) طبقات مختلف شاخص درصد از نرمال بارندگی منعکس شده است.

به منظور آنالیز خشکسالی در حوضه مطالعاتی ابتدا محاسبات مربوط به خشکسالی با استفاده از شاخص درصد از نرمال برای تمام ایستگاههای تحت مطالعه انجام شد.

جدول ۱- طبقات مختلف شاخص درصد از نرمال بارندگی

طبقه بندی درصد از نرمال بارش	توصیف رخداد خشکسالی
۷۰ تا ۸۰ درصد	خشکسالی ضعیف
۵۵ تا ۷۰ درصد	خشکسالی متوسط
۴۰ تا ۵۵ درصد	خشکسالی شدید
کمتر از ۴۰ درصد	خشکسالی بسیار شدید

پهنه بندی حوضه مطالعاتی از نظر شدت خشکسالی

پس از محاسبه شاخص درصد از نرمال بارندگی برای تمامی ایستگاههای مطالعاتی بمنظور تحلیل منطقه‌ای خشکسالی، مقادیر شدت خشکسالی با دوره بازگشت‌های مختلف تعیین شد. برای این

برای هر دوره بازگشت از این قانون مندی تبعیت نمایند. برای این منظور، ابتدا درجه همبستگی ارتفاع و شدت‌های خشکسالی برای هر دوره بازگشت تعیین شد. بررسی‌های انجام شده نشان داد رابطه بسیار ضعیفی بین ارتفاع و شدت خشکسالی در منطقه وجود دارد.

بخاطر وجود همبستگی ناچیز بین ارتفاع و شدت خشکسالی عملاً از تکنیک پهنه‌بندی منطقه با استفاده از روابط ارتفاعی صرف‌نظر گردید.

۲- روش کریجینگ

سئوالهای مطرح شده، ریاضیدان فرانسوی ژرژ مادرون (۱۹۷۱) و کریج، مهندس معدن اهل آفریقای جنوبی را به ساخت روشهای درون یابی برای استفاده در صنعت معدن ترغیب کرد. بعلت کارآیی روش ابداع شده، اخیراً برای تهیه انواع نقشه‌های زمین، آبهای زیرزمینی و رشته‌های مربوط به آنها استفاده می‌شود (۲).

یکی از مهمترین ویژگیهای این روش که در تکنیکهای معمولی پهنه بندی موجود نیست، برآورد واریانس از پدیده در هر نقطه درون یابی شده می‌باشد. این واریانس‌ها یا خطاهای کریجینگ غالباً جهت تعریف حدود اعتماد تخمین‌ها بکار می‌روند.

منظور هفت دوره بازگشت شامل ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله انتخاب گردید.

برای استخراج شدت خشکسالی در هر دوره بازگشت، ابتدا مقادیر شاخص درصد از نرمال برای هر یک از ایستگاههای تحت مطالعه بصورت صعودی مرتب گردید. سپس با استفاده از رابطه ویبول، احتمالات تجربی هر یک از مقادیر محاسبه شد که این رابطه بصورت زیر تبیین شده است:

$$p = \frac{m}{n+1} \times 100$$

که در رابطه فوق، m : شماره ردیف و n :

تعداد سالهای آماری می‌باشد. با عکس نمودن احتمالات تجربی می‌توان دوره بازگشت را مطابق

$$T = \frac{1}{P}$$

رابطه زیر تعیین نمود:

در جدول ۲ دوره بازگشت شاخص درصد از نرمال بارندگی برای تمام ایستگاههای مطالعاتی حوضه‌اترک منعکس شده است. سپس به منظور تعمیم تحلیلهای نقطه‌ای روی منطقه مورد بررسی از دو روش استفاده گردید. این دو روش ذیلاً تشریح می‌شوند:

۱- تعیین روابط رگرسیونی ارتفاع و شدت‌های خشکسالی

بدلیل اینکه معمولاً بارندگی با ارتفاع رابطه مستقیم دارد فرض شد که شدت‌های استخراج شده

جدول ۲- دوره‌های بازگشت شاخص درصد از نرمال بارندگی ایستگاه‌های بارانسنجی حوضه‌اترک (با استفاده از آمار ۱۳۷۷-۱۳۴۹)

ایستگاه	دوره بازگشت						
	2	5	10	20	25	50	100
11-001	71.12	57.45	46.51	41.22	36.37	26.66	21.8
11-006	80.34	74.15	67.2	61.35	60.09	57.58	56.33
11-007	67.01	50.81	40.06	39.1	38.79	38.18	37.87
11-008	80.86	64.3	51.89	50.93	50.74	50.36	50.17
11-011	73.36	42.16	38.37	34.79	34.07	32.63	31.92
11-014	76.19	69.11	59.71	58.23	58.09	57.8	57.66
11-016	71.11	69.38	63.83	57.93	56.75	54.39	53.21
11-018	72.15	68.99	68.31	65.23	64.31	62.46	61.54
11-020	75.69	60.33	54.83	47.95	46.25	42.86	41.17
11-021	81.29	74	69.34	67.36	67.11	66.59	66.34
11-023	76.87	66.62	64.55	63.08	62.75	62.08	61.75
11-026	74.17	65.48	61.7	58.98	58.07	56.25	55.33
11-027	73.39	63.93	61.64	56.28	54.34	50.47	48.53
11-031	74.53	70.05	65.56	59.05	57.75	55.14	53.84
11-033	77.87	67.93	66.23	63.21	62.29	60.44	59.51
11-035	74.71	64.79	59.89	57.92	57.57	56.86	56.5
11-039	72.71	63.93	54.74	48.47	47.22	44.71	43.45
11-053	69.63	66.56	64.12	50.44	46.42	38.39	34.37
11-067	76.02	66.79	64.85	64.34	64.24	64.03	63.9
11-204	78.68	62.27	55.79	54.37	53.96	53.15	52.74
11-206	76.43	66.44	50.17	45.01	44.16	42.46	41.61

در این رابطه W_i مجموعه‌ای از وزن‌هاست که بنحوی انتخاب شده‌اند تا $Z(P_0)$ برآوردی ناریب با حداقل خطا از $Z(P_0)$ باشد. بیان ریاضی این دو شرط چنین است:

$$E\left(\sum_{i=1}^N W_i Z(P_i) - Z(P_0)\right)^2 = \text{Min}$$

$$E\left(\sum_{i=1}^N W_i Z(P_i) - Z(P_0)\right)^2 = 0$$

برآورد کریجینگ، ترکیب وزنی خطی از داده معلوم $Z(P_i)$ در موقعیت P_i به مختصات $(X_i$ و $Y_i)$ می‌باشد. اگر N داده از منطقه مورد نظر وجود داشته باشد برآورد نقطه‌ای کریجینگ بصورت زیر است:

$$Z(P_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(P_i)$$

افزار انجام گرفت. خروجی نقشه‌های هم شدت خشکسالی برای دوره بازگشت های مختلف در شکل ۲ تصویر شده است.

استخراج مقادیر شدت - مدت - دوره بازگشت در سر جمع ایستگاههای حوضه مطالعاتی

به منظور داشتن ایده‌ای کلی از سه ویژگی شدت، مدت و دوره بازگشت خشکسالی در منطقه مطالعاتی، مقادیر شدت با تداوم‌های مختلف (۱ تا ۸ ساله) در کل ایستگاههای مطالعاتی استخراج گردید. سپس با یک کاسه کردن مقادیر شدت - مدت استخراج شده، شدت خشکسالی با دوره بازگشتهای مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله) در سر جمع ایستگاهها استخراج گردید (جدول (۳)). سپس منحنی‌های شدت - مدت - دوره بازگشت در سر جمع ایستگاهها ترسیم شد (شکل (۳)).

برای حل این معادلات و محاسبه وزن‌ها از روش بهینه سازی لاکرانژ استفاده می‌شود. در نتیجه معادلات زیر بوجود می‌آید:

$$\sum_{i=1}^N W_i \gamma(h_{ij}) + \mu_0 = \gamma(h_{oj})$$

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1$$

$\gamma(h)$: تابعی بنام شبه واریانس

μ_0 : ضریب لاکرانژی

h_{ij} : فاصله بین نقاط مشاهده شده P_j, P_i

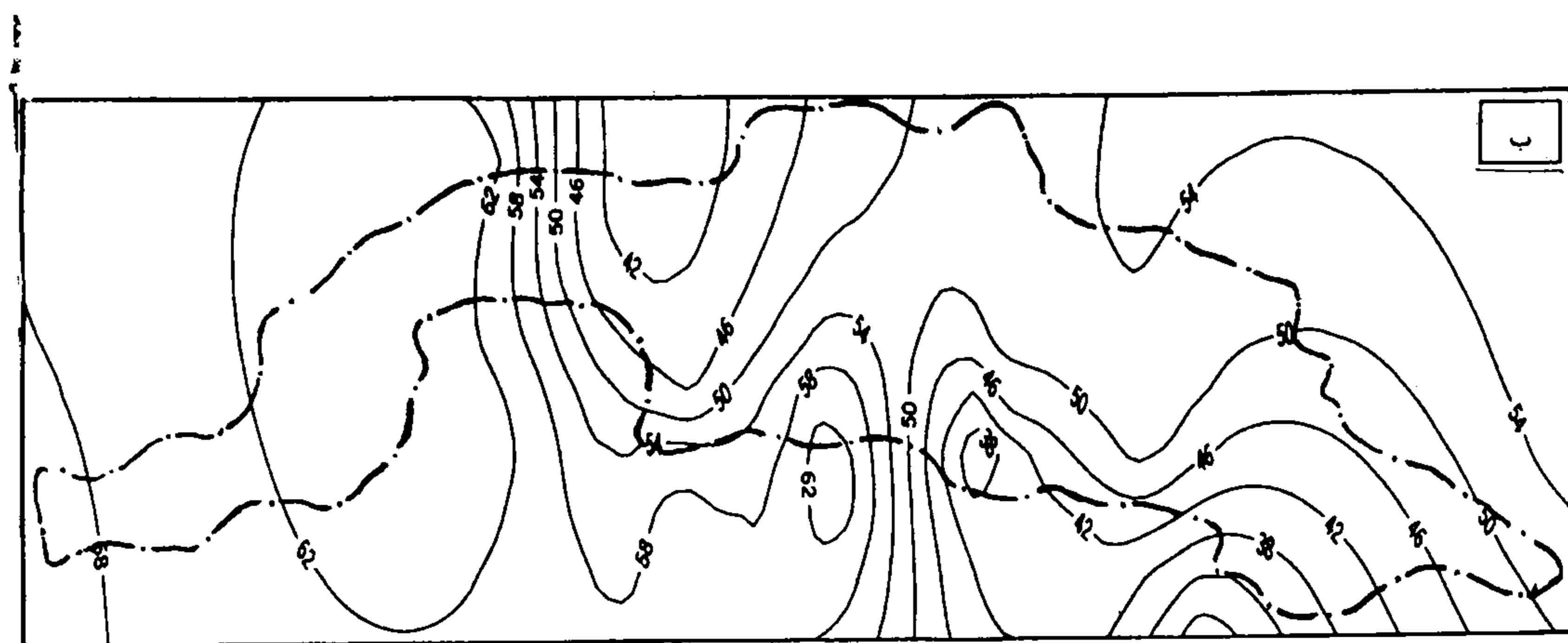
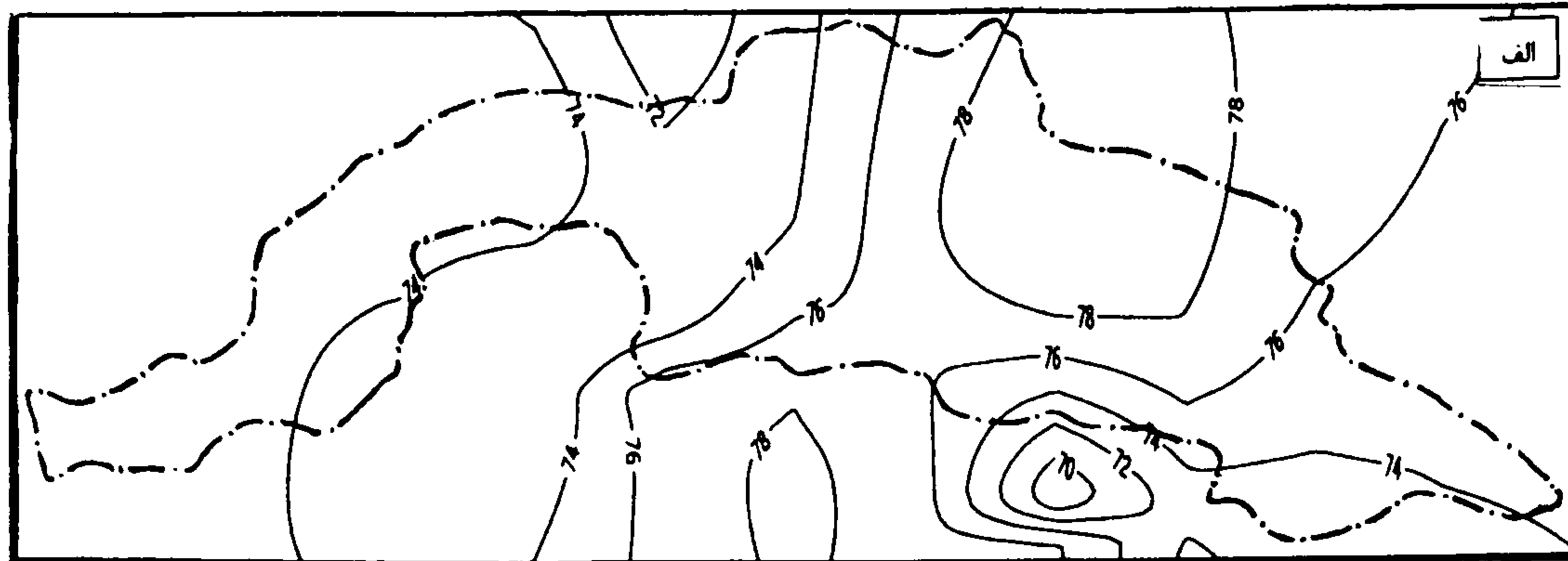
h_{oj} : فاصله بین نقاط P_0 که تخمین مقدار آن

از P_j موردنظر است.

برای عمل درونیابی به روش کریجینگ از نرم افزار Winsurf استفاده شد. ترسیم خطوط هم شدت خشکسالی برای هر دوره بازگشت با وارد کردن مختصات جغرافیایی نقطه (طول و عرض جغرافیایی) و مقدار شدت متناسب با آن نقطه در محیط این نرم

جدول ۳- استخراج مقادیر شدت-مدت-دوره بازگشت خشکسالی در سر جمع ایستگاههای منتخب حوضه اترک

دوره بازگشت	مدت (سال)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	60.00	60.00	64.95	67.50	65.00	59.10	57.85	58.15
5	36.00	42.00	51.98	54.50	54.40	53.98	55.70	56.30
10	28.00	36.00	47.62	48.50	52.20	52.79	53.55	55.65
20	24.00	33.00	45.40	46.50	50.20	52.20	52.47	55.30
25	23.20	32.40	45	46.20	49.76	52.00	52.26	55.26
50	21.60	31.20	45.20	45.60	48.88	51.80	51.83	55.13
100	20.80	30.60	43.70	45.30	48.44	51.70	51.60	55.06

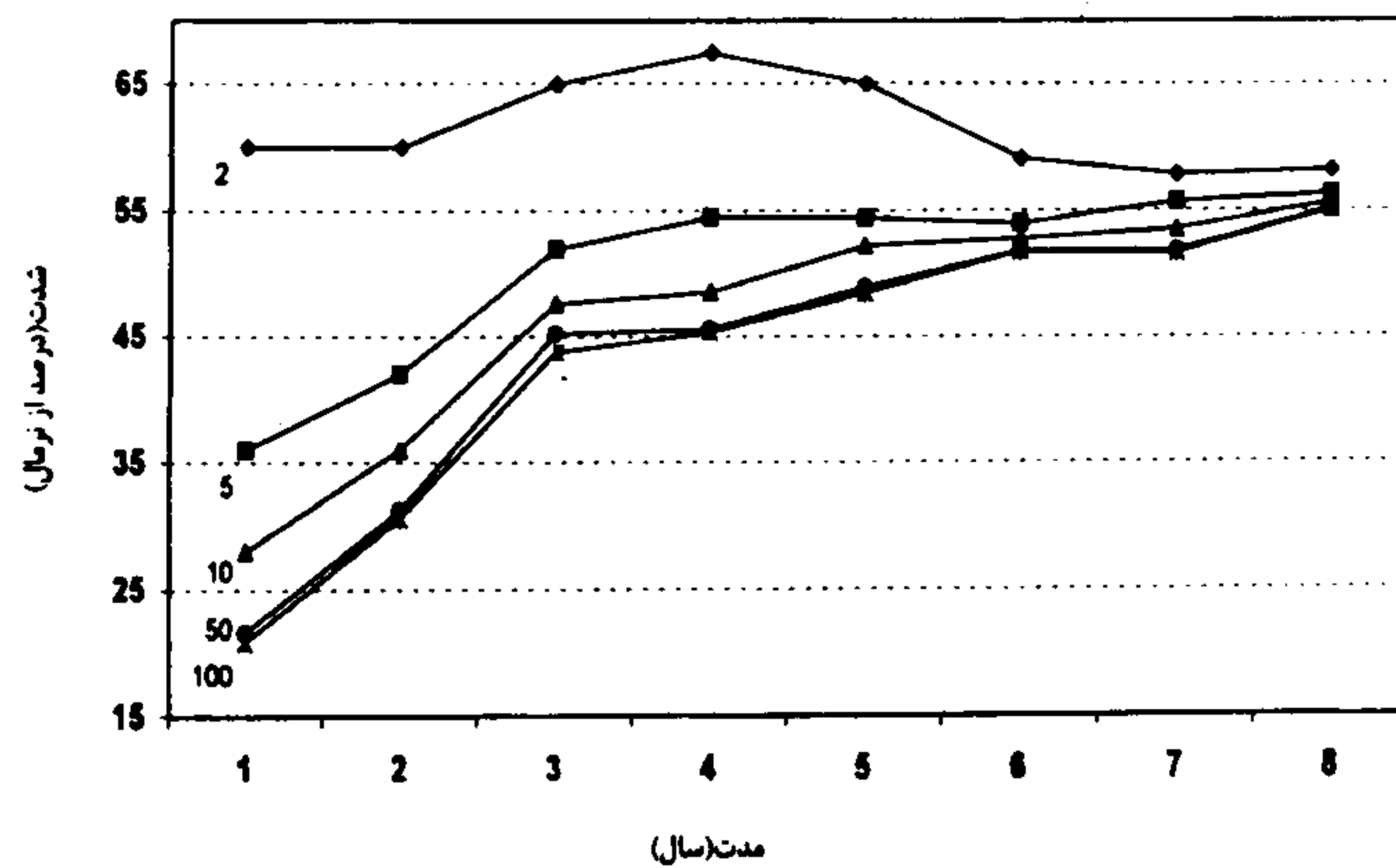


شکل ۲- خطوط هم شدت (Isoseverity) خشکسالی با دوره بازگشت‌های الف) ۲ ساله و ب) ۵۰ ساله در حوزه آبخیز اترک

نتایج و بحث

موقعیت و وسعت حوزه

حوزه آبخیز اترک در شمال شرق ایران، در محدوده طولهای 54° الی 59° و عرضهای $36^{\circ} 57'$ الی $38^{\circ} 17'$ قرار گرفته است. این حوزه در تقسیم‌بندی حوزه‌های آبخیز کل کشور، بخشی از حوزه دریای مازندران محسوب می‌شود. وسعت



شکل ۳- آنالیز شدت - مدت - دوره بازگشت در حوزه اترک

آنالیز منحنیهای شدت - مدت - دوره بازگشت سر جمع ایستگاهها

بر اساس شکل (۳) هر چه تداوم خشکسالی افزایش می‌یابد، شدت خشکسالی با دوره بازگشت‌های مختلف به سمت یک عدد ثابت میل می‌نماید یعنی با افزایش تداوم مقادیر شدت در دوره بازگشت مختلف یکسان می‌شوند. با توجه به این شکل، شدت خشکسالی با دوره بازگشت‌های متعدد در منطقه مورد بررسی، عملاً؛ با تداوم ۶ سال به سمت یک عدد ثابت گرایش پیدا می‌کند. نکته‌ای که در این شکل نهفته است اینست که در برنامه‌ریزیهای دراز مدت مثلاً ۵۰ سال و ۱۰۰ سال بایستی شدت‌های بیشتر خشکسالی را مد نظر قرار داد. ولی در برنامه‌ریزیهای کوتاه مدت منطقه‌ای بایستی روی شدت کمتر تأکید نمود. به نظر محقق همانطور که ساخت تأسیسات آبی همانند سد بر مبنای حداکثر بارندگیهای محتمل انجام می‌شود لازم است حداکثر شدت خشکسالی که با همان دوره بازگشت در منطقه اتفاق می‌افتد نیز در نظر گرفته شود، چه بسا وقوع یک خشکسالی شدید با یک دوره بازگشت معین ممکن است مانع از آبرگیری سدها شود.

این حوزه ۲۷۴۸۰۰۰ هکتار (در داخل ایران) می‌باشد. بخشی از حوزه که مربوط به شاخه سومبار می‌شود، در جمهوری ترکمنستان واقع شده است. مساحت این بخش نیز در حدود ۷۶۰ هزار هکتار می‌باشد.

آنالیز نقشه‌های هم شدت خشکسالی

بر اساس شکل ۲ هر چه دوره بازگشت خشکسالی افزایش می‌یابد، شدت خشکسالی نیز بیشتر می‌شود. در شکل شماره (۲، الف) مربوط به دوره بازگشت دوساله، خطوطی که از منطقه عبور نموده‌اند مقدار شدتی حدود ۷۴ تا ۷۸ درصد را نشان می‌دهند. با برونیایی خطوط هم مقدار یک هسته شدت خشکسالی با مقدار عددی ۷۰ درصد از گوشه جنوب شرقی، منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. در شکل شماره (۲، ب) مربوط به دوره بازگشت ۵۰ ساله، مقادیر خطوط هم شدتی که منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند بین ۴۲ تا ۶۲ درصد است و دو هسته خشکسالی از قسمت جنوبی (۶۲ و ۳۸ درصد) منطقه را در بر گرفته، بتدریج به سمت نواحی مرکزی حوزه گسترش می‌یابد. با افزایش دوره بازگشت خشکسالی تعداد هسته‌هایی که منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند بتدریج افزایش می‌یابد.

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

۱. بذرافشان، ج. ۱۳۷۹. بارش مؤثر: نگرش تازه بر روند روزانه شدت و تداوم خشکسالی‌ها. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی.
۲. برادران راد، ر. ۱۳۷۸. پهنه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از GIS مطالعه موردی شمال غرب ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
۳. حسینی‌ها، ح. و ز. صالحی. ۱۳۷۹. بررسی وضعیت خشکسالی بر اساس تعدادی از شاخص‌های آماری در استان زنجان. اولین کنفرانس علمی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی.
۴. صوفی، م. و ح. محسنی. ۱۳۷۹. مدل اولویت‌بندی اثرات اقتصادی خشکسالی ۱۳۷۹ در زیربخش‌های کشاورزی در استان فارس. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی.
۵. علیجانی، ب. و م. کاویانی. ۱۳۷۱. مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت.
۶. فرج زاده، م.، موحد دانش، ع. و ه. قائمی. ۱۳۷۴. خشکسالی در ایران (با استفاده از برخی شاخص‌های آماری). نشریه دانش کشاورزی، شماره ۱ و ۲ (جلد ۵). ص. ۵۱-۳۱.
۷. فرج زاده، م. ۱۳۷۵. خشکسالی و روش‌های مطالعه آن. نشریه جنگل و مرتع. شماره ۳۲. ص. ۲۲-۲۸.
۸. قطره‌سامانی، س. ۱۳۷۹. بررسی روند خشکسالی در استان چهارمهل و بختیاری. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی.
۹. مقدم، ح.، جوانمرد، س.، احمدیان، ج. و ح. عراقی. ۱۳۷۹. توسعه راهکارهای مدیریتی بیمه محصولات کشاورزی. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی.
10. Bogardi I., Matyasovszky, I., Bardossy, A., and Ducketein, L., 1994. A hydroclimatological model of areal drought. J. of hydrology, 153: 25 – 264.
11. Byun, H. R., 1997. Daily Quantification o drought severity and duratin, Proceedings of Conference, Reno, nevad.
12. Byun, H. R., and Wilhit, D. A., 1999. Objective qualification of drought severity and duration. Journal of Climate, Vol. 12, pp: 2747 – 2756
13. Gibbs, W. J., 1981. A drought watches system. W. M. O. /TD No. 193, WCP – 134.

14. Hayes, M., 1996. Drought indices. National Drought Mitigation Centet, University of Nebraska – Linwln, 7pp
15. Makee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. 9th conference on Hpp. Clim.,Jan. 15 – 20, 1995, Dallas, TX, 233-236.
16. Olapido, E. O., 1985, A comparative performance analysis of the meteorological drought indices, J. Climatology, 5, 655 – 664
17. Rooy, M. P. Van, 1965: A rainfall anomaly Index independent of time and space. Notos, 14, 43.
18. W. M. O., 1975: Drought and Agriculture, Technical Note No. 138., W. M. O. No. 392.
19. Wilhite, D. A., and M. H. Glantz. 1985. Understanding the drought phenomenon: The roles of definitions. Water Int., 10: 111 – 120.
20. Yevjevich, V. M., 1969. An Objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts, Hydrol. Pap. 23, Colo. State Un. Fort Collins.

**Regional Analysis of the Drought Severity-Duration-
Return Period Using Precipitation Data
A Case Study: Atrak Watershed**

K. NOSRATI¹ AND H. AZARNIVAND²

**1, 2, Former Graduate Student and Instructor, Faculty of Natural
Resources, University of Tehran, Karaj, Iran**

Received for Publication 24 Feb. 2002

ABSTRACT

In the present study, yearly climatic drought in Atrak watershed was investigated using yearly data of precipitation in 21 stations during twenty nine years period. Amounts of drought severity were estimated using percent normal index and extraction of return periods of 2, 5, 10, 20, 25, 50 and 100 years for all networks. At first, regional analysis was used through correlation with altitude. This method was eliminated due to a negligible correlation between altitude and drought severity. Kriging method was considered in next step. Regionalization of drought severity for different return periods was carried out by using this method. Finally, severity of drought for each return period was extracted for all stations. Analysis of drought isoseverity showed that greater return period was due to high drought severity. In addition, consideration of severity, duration and return period curves revealed that increment of drought duration, severity of drought for different periods tend to be constant.

Key words: Regional analysis, Drought severity, Duration, Return period, Precipitation, Atrak watershed

