

## تحلیل اثر خشکسالی با روش درون یابی شاخص Z نرمال بارندگی در سامانه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه کاشان

آزاده اربابی سبزواری\*

استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر

### چکیده

خشکسالی یک مشکل مهم برای اغلب کشورهای مناطق خشک می باشد که ایران نیز یکی از این کشورها است. هدف این مقاله مطالعه الگوهای مکانی و زمانی وقایع خشکسالی در دشت کاشان می باشد. میانگین ارتفاع محدوده مورد مطالعه حدود ۱۹۸۷ متر از سطح دریا است. پوشش گیاهی تنک و پراکنده بر روی تپه های ماسه ای و اراضی شور و ویژگی عمومی منطقه را شامل می شود. داده های هواشناسی ایستگاه های ایبانه، اردستان، قم، کاشان، نطنز و اطلاعات پایه محیطی (هیپومتری، زمین شناسی و قابلیت اراضی) می باشد. الگوی مکانی و زمانی، خشکسالی هواشناسی با روش درون یابی شاخص Z نرمال بارندگی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعیین گردید. مطالعات اقلیمی منطقه مبتنی بر داده های هواشناسی ایستگاه های سینوپتیک در طول سال های (۲۰۰۴-۱۹۶۴) و با تاکید بر ایستگاه های کاشان و قم می باشد. به علت نوسانات شدید بارش و عناصر جوی در منطقه کاشان از یک سو و نیز به دلیل تاثیر پذیری شرایط طبیعی منطقه از وضعیت جوی حاکم از میانگین فصلی عناصر اقلیمی برای شاخص Z نرمال استفاده شده. با توجه به شکل شاخص Z نرمال بارش فصلی، مشاهده می شود که در برخی سال ها تنها یک وضعیت اقلیمی قابل تشخیص است (آوریل ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲) ولی وضعیت محیطی منطقه ترکیبی از پهنه های کویری و بیابانی بسیار گرم تا مناطق کوهستانی است که می تواند شرایط متفاوت آب و هوایی منطقه را در شرایط زمانی مشابه توجیه کند.

شاخص خشکسالی Z نرمال بارش دوره سه ماهه بهار را با شاخص مثبت نشان می دهند و در مجموع در سه سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ شرایط منفی و نامساعد بارشی مشاهده می شود که شدیدترین وضعیت بارش در دوره سه ماهه بهار سال ۲۰۰۰ ثبت شده است. در مقابل همچنان که گفته شد در سال ۲۰۰۲ میزان بارش گویای شرایط مرطوب و بقیه سال ها شرایط نرمال تا مثبت خفیف را نشان می دهد.

**واژگان کلیدی:** خشکسالی، منابع آب، شاخص Z نرمال، دشت کاشان.

### مقدمه

آب و هوای بیابانی و نیمه بیابانی بخش وسیعی از سرزمین های داخلی و کناره های جنوبی ایران را پوشش داده است. این نواحی بیابانی و صحراها حدود یک چهارم مساحت ایران را تشکیل می دهند. وسعت بیابان های ایران بالغ بر ۳۴ میلیون هکتار می باشد که ۱۲ میلیون هکتار آن را شنزارها و ماسه زارها تشکیل می دهند. پنج میلیون هکتار از این ماسه زارها فعال و روان هستند. از سوی دیگر نواحی صحرائی ایران،

دارای پوشش گیاهی غنی بوده، و نیز زیستگاه انواع جانوران نادر و کمیاب است. یکی از زیباترین مناطق کویری ایران، حاشیه غربی دشت کویر می باشد که مشرف به دریاچه نمک آران و بیدگل است. این ناحیه دارای طبیعت متنوع کویری و بیابانی است. در این ناحیه شوره زار، چه نمکیا شن زار و تپه های ماسه روان، در کنار باغ های فراوان گل محمدی و مزارع و شهرهای زیبایی مانند کاشان، قم، نطنز و ایبانه منطقه پر اهمیتی را شکل می دهد. این منطقه که در حاشیه بیابان های مرکزی ایران واقع شده است با وجود وابستگی شدید حیات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن به منابع آب حاصل از نزولات جوی با نوسانات شدید در عناصر جوی در بروز خشکسالی ها و سیلاب ها آسیب فراوانی به آن ها وارد می شود.

نوسان های آب و هوایی و وقوع خشکسالی ها و ترسالی های متناوب از موضوع های مهم در مطالعه پدیده های طبیعی و یکی از مباحثی که در آب و هواشناسی و سایر علوم محیطی توجه متخصصان را به خود جلب کرده می باشد. اگرچه اقلیم به وضعیت کلی و تقریباً پایدار هوا در یک منطقه اطلاق می شود، اما این پایداری نسبی بوده و ممکن است در سال های مختلف شرایط جوی کاملاً متفاوتی به صورت خشکسالی و ترسالی، آب و هوای منطقه را دستخوش تغییر نماید (علیجانی، ۱۳۷۵). وقوع پدیده خشکسالی در هر دو منطقه خشک و مرطوب امری اجتناب ناپذیر است، ولی با وضعیت اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران احتمال وقوع خشکسالی بیشتر می باشد.

خشکسالی جزء پدیده های طبیعی مرتبط با هواشناسی و هیدرولوژی است. در دامنه وسیعی بر پارامترهای محیطی و فعالیت های مرتبط با کشاورزی، پوشش گیاهی، زندگی انسان، حیات وحش و اقتصاد محلی و ملی اثر می گذارد و اغلب با فعالیت های کشاورزی، دامداری، صنعتی و غیره انسان تشدید می شود. بر این مبنا و بر اساس یک بررسی وسیع از تعریف خشکسالی به وسیله سازمان جهانی هواشناسی WMO، خشکسالی ها بر مبنای زیر قابل طبقه بندی می باشند: (۱) بارندگی، (۲) ترکیب بارندگی و دما و رطوبت و یا تبخیر، (۳) رطوبت خاک و پارامتر محصول، (۴) شاخص های اقلیمی و برآوردهای تبخیر و تعرق، و در نهایت (۵) تعاریف و گرایش های عمومی (Jeyaseelan, A.T. 2005).

خشکسالی از جمله خطرهای محیطی است که به راحتی قابل پیش بینی و ردیابی نیست. دلایل سختی تشخیص و ردیابی خشکسالی عبارتند از: (۱) به آرامی گسترش می یابد و شروع و انتهای آن نامعلوم است. (۲) تعریف آن دقیق نبوده و عمومیت ندارد (به دلیل متغیرهای مختلفی که به صورت مستقیم و غیر مستقیم در رخداد خشکسالی دخالت دارند، تعریف جامع و قابل قبولی برای محققان ارایه نگردیده است و تعاریف ارایه شده از دیدگاه محققان رشته های گوناگون جنبه تخصصی دارند). (۳) اثرات آن غیر ساختاری و اغلب در ناحیه وسیعی گسترش می یابد (Hisdal, H, & Tallaksen, L.M. 2000).

آب و هوای بیابانی و نیمه بیابانی بخش وسیعی از سرزمین های داخلی و کناره های جنوبی ایران را پوشش داده است. این نواحی بیابانی و صحراها حدود یک چهارم مساحت ایران را تشکیل می دهد و منطقه کاشان که در حاشیه بیابان های مرکزی ایران واقع شده است با وجود وابستگی شدید حیات زیست محیطی،

اقتصادی و اجتماعی آن به منابع آب حاصل از نزولات جوی با نوسانات شدید در عناصر جوی در بروز خشکسالی ها و سیلاب ها آسیب فراوانی به آن ها وارد می شود. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شاخص های خشکسالی و شرایط دمایی در منطقه مذکور کویری بررسی خواهد شد و در این پژوهش روش های خشکسالی و تعیین الگوهای مکانی و زمانی خشکسالی در منطقه کاشان با استفاده از داده های هواشناسی مشخص شده است.

با توجه به این که این حوضه از خشک ترین نواحی داخلی ایران بوده و فاقد آب ها و رودخانه های دائمی است. میزان بارندگی در این حوضه اندک بوده که علت آن تلفیق دو عامل دوری از دریا (منشاء رطوبت) و دیگری پایین بودن ارتفاع است. چرا که توده های شمالی و غربی که وارد کشور می شوند در برخورد با ارتفاعات بلند البرز و زاگرس قسمت اعظم رطوبت خود را از دست داده و پس از رسیدن به مناطق مرکزی ایران فاقد توان بارانزایی می باشد. رژیم بارندگی عمدتاً از نوع مدیترانه ای و زمان نزول آن در فاصله ماه های بهمن تا فروردین صورت می گیرد. همچنین آب و هوای حوضه در اغلب قسمت ها خشک و نیمه خشک در نواحی شمال شرقی حوضه آبریز، خشک بیابانی می باشد. از اختصاصات مهم حوضه آبخیز دریاچه نمک، غلبه اندک اکوسیستم دشتی بر کوهستانی است. به نحوی که افزون بر ۴۶/۳ درصد حوضه (۴۲۹۷۹ کیلومتر مربع) را مناطق کوهستانی تشکیل می دهند. نکته حائز توجه آن که در دو زیر حوضه اراک و کاشان هیچ رودخانه مهمی وجود ندارد. اما در عوض دو رودخانه دائمی کرج و جاجرود در یک زیر حوضه قرار داشته و همچنین رودخانه های قره چای، شور (خررود) و قم رود دیگر رودهای مهم منطقه را تشکیل می دهند (وفاخواه، ۱۳۷۷).

در این تحقیق مطالعات اقلیمی بر اساس داده های هواشناسی ایستگاه های سینوپتیک در طول سال های (۱۹۶۴-۲۰۰۴) و با تاکید بر دو ایستگاه کاشان و قم انجام گرفته است و از چند روش، دوره های خشک و تر منطقه مورد بررسی قرار گرفته است و به دلیل نوسانات شدید بارش و عناصر جوی و تاثیر پذیری منطقه از وضعیت جوی حاکم از روش Z نرمال دوره های خشک و تر منطقه مشخص شده است.

### ضرورت انجام تحقیق

با توجه به وضعیت کویری و خشکی منطقه کاشان و نیز هوای بسیار گرم و خشک آن در تابستان و سرد و خشک آن در زمستان و شغل کشاورزی که در این منطقه به عنوان شغل اصلی و محل معیشت مردم بوده است، نیاز شدید مردم را به آب نشان می دهد. در واقع نیازمندی شدید به آب در منطقه خشک و کویری و ضرورت آن به عنوان عامل اصلی معیشت و اشتغال، از زمینه های اساسی و فور مثل های مربوط به آب می باشد. منطقه کاشان در گذشته از مناطق بسیار پر آب و آباد بوده و به سبب وفور بسیار آب، خشکسالی به عنوان مسئله و مشکل خاصی تلقی نشده، در این نگرش، خصوصیات آب و خاک و مقتضیات اقلیمی منطقه کاشان به واسطه ی مجاورت با دریای مرکزی قدیم ایران و چشمه های متعدد سلیمانیه، قمصر و روستاهای مجاور و قنات های پر آب بسیار مساعد بوده است، اما سپس بر اثر پایین رفتن آب دریای مرکزی و خشک

شدن آن از یک سو، چشمه سارها و قنوات پرآب این جلگه مسکون رفته رفته کم شده و به اصطلاح آب پایین نشسته است، از سویی دیگر بادهای موسمی و طوفان های کویری به تدریج کشتزارهای سبز و خرم و آبادی های به هم پیوسته را یکی بعد از دیگری بایر و در زیر توده های ریگ روان مدفون ساخته است. از نظر جغرافیای طبیعی و انسانی به علت عوامل اقلیمی و در اثر بهره برداری های بی رویه و ایجاد دوره های خشک تر از نظر اقلیمی سطح ایستایی آب های زیرزمینی دشت کاشان به شدت افت کرده است به نحوی که در یک قرن گذشته در نواحی مختلف منطقه کاشان از جمله بادرود و آران و بیدگل در چند متر اولیه به آب می رسیدند، امروزه برای رسیدن به سفره های آب زیرزمینی، حفر چاه های عمیق و در برخی مناطق بیش از ۲۰۰ متر رسیده است. در این منطقه کشاورزی و باغداری از فعالیت های عمده اقتصادی بوده که به دلیل نبود یا کمبود آب های سطحی از منابع آب زیرزمینی جهت آبیاری استفاده می شود. این منطقه به دلیل شرایط خاص جغرافیایی و اقلیمی یعنی قرارگیری در محدوده سایه باران رشته کوه های زاگرس از غرب و البرز از شمال و در نتیجه عدم دسترسی به منابع رطوبتی، همجواری با دشت کویر از شرق، صافی هوا و بالا بودن میزان تابش خورشیدی، باعث حاکمیت شرایط حاد اقلیم گرم و خشک شده است. ارزیابی شدت، مدت و دوره زمانی و گسترش خشکسالی با استفاده از شاخص های میزه خشکسالی و پیش بینی دوره های خشکسالی و ترسالی با استفاده از روش های مختلف و با تاکید بر روش Z نرمال بارندگی و شاخص های خشکسالی دمایی در این منطقه ضرورت و اهمیت انجام تحقیق را می رساند.

### مواد و روش ها

مطالعه خشکسالی بر اساس آمار و داده های حاصل از اندازه گیری ایستگاه های سینوپتیک می باشد. داده های هواشناسی به صورت اعداد و ارقام ثبت شده و در نتیجه به راحتی قابل استفاده در مدل های آماری و ریاضی می باشد. همچنین پارامترهای هواشناسی به دلیل خصوصیت پویایی و دینامیکی آن در مدل های فیزیکی قابل بررسی می باشند. بارندگی مهمترین متغیر مورد مطالعه در مباحث اقلیمی و خشکسالی می باشد، در مطالعه موجود بارندگی متوسط سالانه و فصلی ایستگاه های مورد مطالعه در سال های (۱۹۸۶-۲۰۰۷)، در تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص Z نرمال مورد استفاده قرار گرفته است. در روش محاسبه شدت خشکسالی اقلیمی، شاخص Z نرمال انتخاب شد براساس آن بارش در مقیاس های سالانه و فصلی مورد محاسبه قرار گرفتند.

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{\delta}$$

که Z شاخص خشکسالی نرمال شده، x متغیر سال یا فصل مورد سنجش، x میانگین طولانی مدت متغیر اقلیمی و انحراف معیار است. شاخص Z استاندارد از ضرایب آماری است و یکی از شاخص های مهم نرمال

می باشد که به احتمال وقوع و عدم وقوع خشکسالی می پردازد. در شاخص Z ضرایب به شرح جدول (۴) تعیین می شود.

جدول ۱: شاخص بارندگی نرمال شده در محاسبه بارندگی ایستگاه کاشان (سازمان هواشناسی کشور)

سال	مارس	آوریل	می	مارس Z	آوریل Z	می Z	میانگین
1986	104.4	4.1	34.2	3.2	-0.6	1.2	1.3
1987	33.6	0.2	19.1	0.2	-0.7	0.2	-0.1
1988	12.1	20.9	0	-0.7	0.0	1.0	-0.5
1989	12.2	1	9.2	-0.7	-0.7	0.4	-0.6
1990	9.9	1	1.1	-0.8	-0.7	0.9	-0.8
1991	33	0	3	0.2	-0.7	0.8	-0.4
1992	53.8	21.7	61.3	1.1	0.1	2.9	1.4
1993	24.5	27.8	29.8	-0.2	0.3	0.9	0.4
1994	28.7	10.2	9	0.0	-0.4	0.4	-0.2
1995	19	25.7	24.5	-0.4	0.2	0.6	0.1
1996	54.2	26.2	34.8	1.1	0.2	1.2	0.9
1997	18	6.6	4.3	-0.4	-0.5	0.7	-0.5
1998	45.6	4.6	31	0.7	-0.6	1.0	0.4
1999	55.7	17.5	0	1.2	-0.1	1.0	0.0
2000	0.4	2.3	0	-1.2	-0.6	1.0	-0.9
2001	9	0	9.3	-0.8	-0.7	0.4	-0.6
2002	9.8	124.1	7.3	-0.8	3.9	0.5	0.9
2003	10.8	49.2	8.2	-0.7	1.1	0.5	0.0
2004	24	35	27	-0.2	0.6	0.7	0.4
2005	9.8	20.7	0.9	-0.8	0.0	0.9	-0.6
2006	33.6	27.4	16.1	0.2	0.3	0.0	0.2
2007	17.5	6.4	7.3	-0.5	-0.5	0.5	-0.5

همچنین از روش معیار بدون بعد جهت تعیین خشکسالی در ایستگاه های منتخب استفاده شده است. تقسیم بندی ترسالی با خشکسالی براساس این شاخص به صورت مقادیر منفی مبین خشکسالی، مقادیر مثبت مبین ترسالی ها می باشد. نسبت ها بر حسب درصد بیان شده اند.

مفهوم	حدود شاخص
بسیار خشک	کمتر از -۱۰۰
خشک	از -۱۰۰ الی ۵۰
نرمال	از ۵۰ الی ۵۰
مرطوب	از ۵۰ الی ۱۰۰
بسیار مرطوب	بیشتر از ۱۰۰

شاخص از رابطه زیر به دست می آید :

$$i = \frac{(p_i - \bar{P}) \times 100}{SD}$$

که در آن  $P_i$  مقادیر بارندگی در هر سال (به میلی متر)

$P$  متوسط بارندگی سالانه به میلی متر

$SD$  = انحراف معیار بارندگی سالانه ایستگاه نطنز

که نتایج آن مشابه به نتایج روش z نرمال بارندگی می باشد. در این تحقیق سه ایستگاه کليما تولوژی و دو ایستگاه سینوپتیک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مکان یابی گردیده است.

#### معرفی محدوده مورد مطالعه

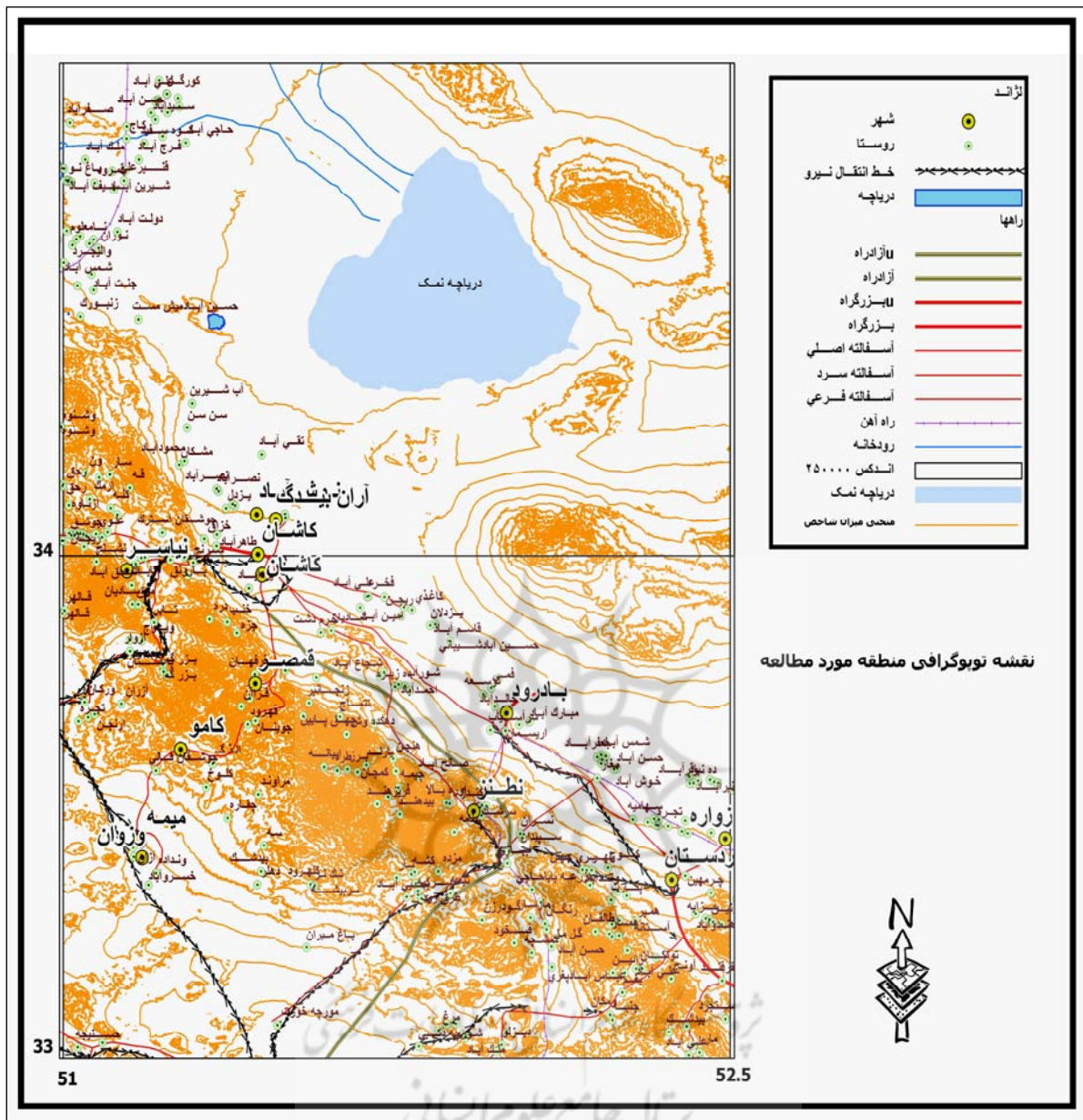
محدوده مورد مطالعه، منطقه ای با پستی بلندی متنوع در نیمه شمالی فلات مرکزی ایران بوده و با ترکیبی از ارتفاعات و دشت های میان کوهی در نیمه غربی و دشت های صاف و تل ماسه ها در نیمه شرقی مشخص می شود. رشته کوه های مرکزی ایران که جزء زون ایران مرکزی هستند با جهت گیری شمال غرب - جنوب شرق از میانه منطقه می گذرد و از جنوب به شمال از ارتفاع آن کاسته می شود. از مهمترین ارتفاعات جنوب غرب منطقه کوه های گرانیتهی کرکس می باشند. ارتفاعات و بخش های کوهستانی در جنوب و جنوب غرب قرار دارند که به سمت شرق و شمال مناطق پست و تپه ماهوری شکل عمومی منطقه می باشد و در قسمت شمالی به دریاچه نمک منتهی می شود. با توجه به شکل های توپوگرافی مرتفع ترین قله منطقه در رشته کوه های مرکزی در جنوب غرب کاشان برابر با ۳۸۴۰ متر که خشن ترین توپوگرافی را در سطح منطقه نمایان می کنند و حداقل ارتفاع در شمال آن برابر ۷۵۰ متر می باشد. میانگین ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۲۲۰۰ متر می باشد.

جهت شیب عمومی منطقه شمال و شمال شرقی است که آب های حاصل از باران و ذوب برف ارتفاعات جنوب و غرب را در مسیر شمال و شرق به دریاچه نمک سرازیر می کند. جهت شیب غالب در منطقه کوهستانی به دلیل وجود دامنه های مختلف کاملاً پیچیده است که به ویژه در محاسبه عناصر اقلیمی مانند دما، تابش دریافتی و رطوبت سطحی مشکل ایجاد می کند. میزان شیب غالب منطقه بین صفر تا سه درصد است که به جز در نوار کوهستانی جنوب غربی منطقه بقیه نواحی کاشان را پوشش می دهد.

آب و هوای بیابانی و نیمه بیابانی بخش وسیعی از سرزمین های داخلی و کناره های جنوبی ایران را پوشش داده است. این نواحی بیابانی و صحراها حدود یک چهارم مساحت ایران را تشکیل می دهد و منطقه کاشان که در حاشیه بیابان های مرکزی ایران واقع شده است با وجود وابستگی شدید حیات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن به منابع آب حاصل از نزولات جوی با نوسانات شدید در عناصر جوی در بروز خشکسالی ها و سیلاب ها آسیب فراوانی به آن ها وارد می شود. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شاخص های خشکسالی و شرایط دمایی در منطقه مذکور کویری بررسی خواهد شد و در این پژوهش روش های خشکسالی و تعیین الگوهای مکانی و زمانی خشکسالی در منطقه کاشان با استفاده از داده های هواشناسی مشخص شده است.

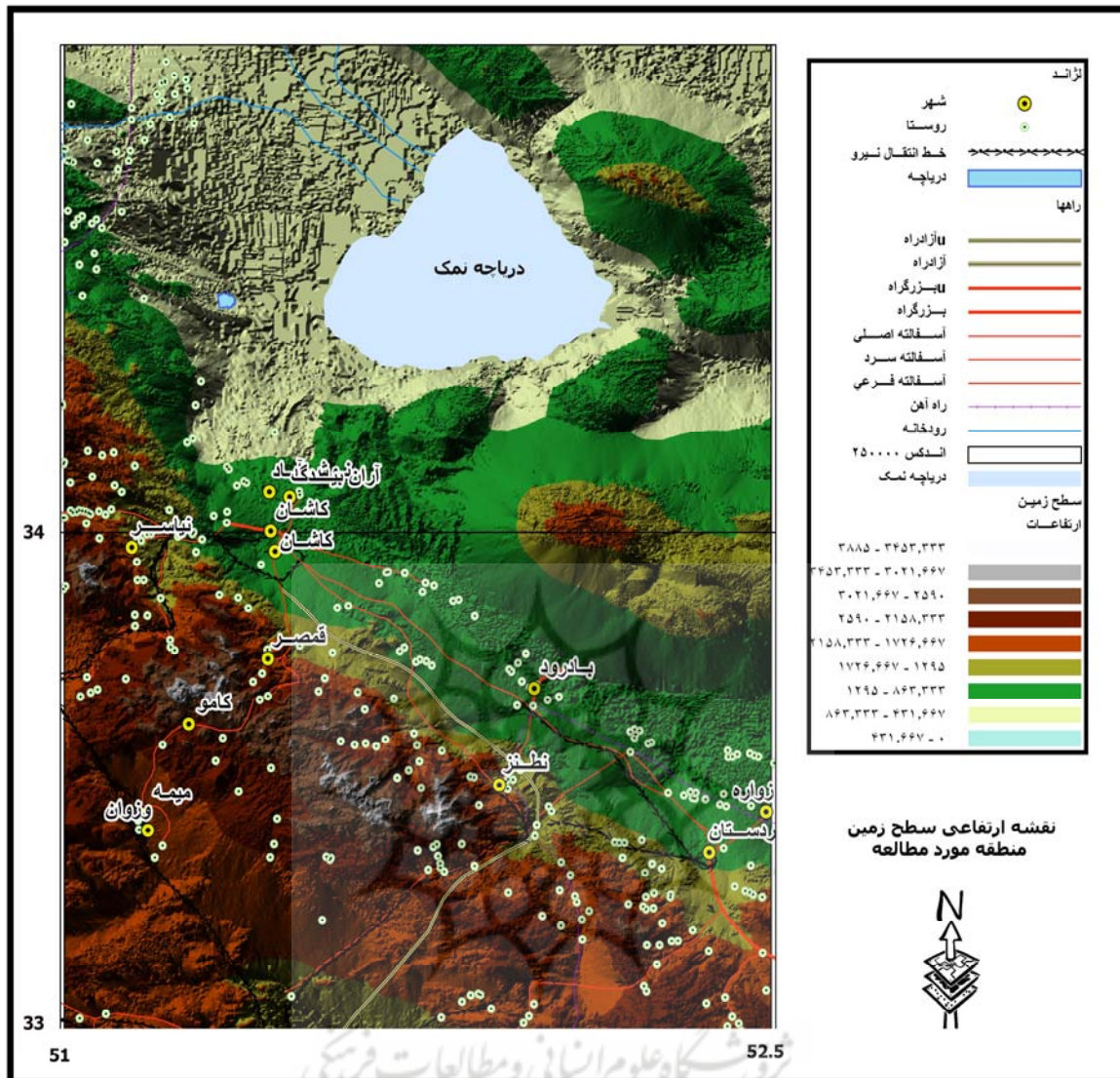






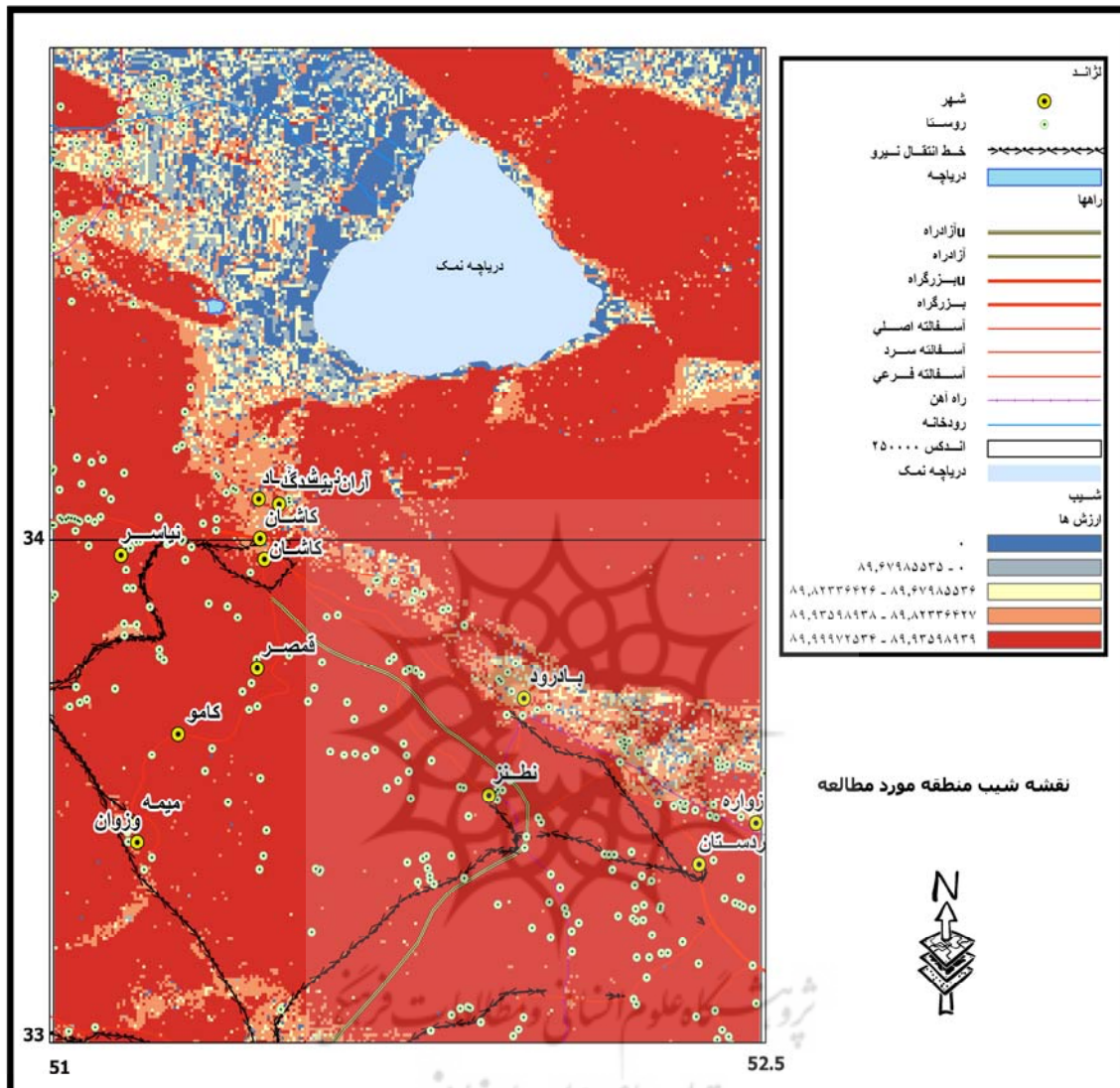
شکل ۱: توپوگرافی منطقه مورد مطالعه (اربابی، ۱۳۸۹)





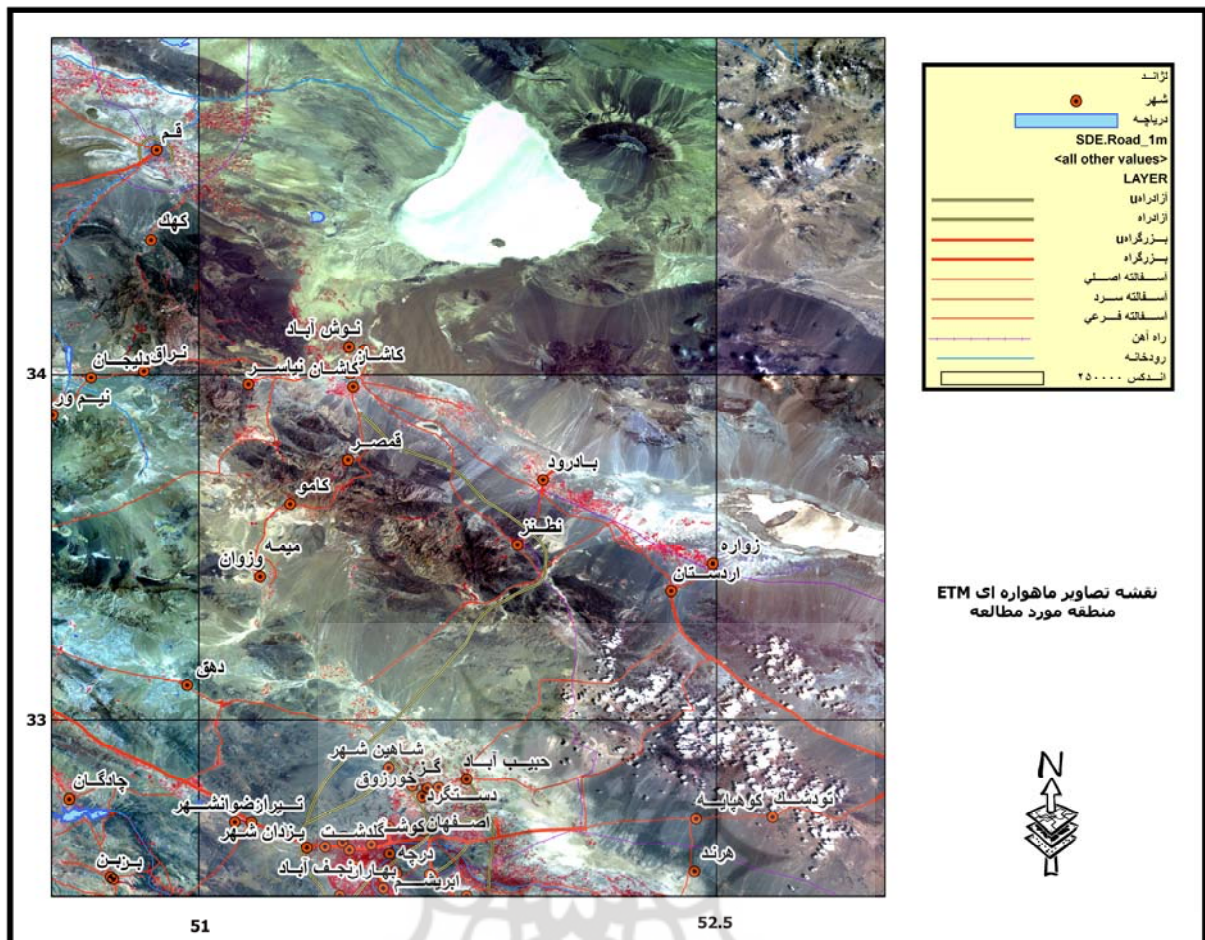
شکل ۲: ارتفاع سطح زمین منطقه مورد مطالعه (اربابی، ۱۳۸۹)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳: شیب منطقه مورد مطالعه (اربابی، ۱۳۸۹)





شکل ۴: تصاویر ماهواره ای ETM منطقه مورد مطالعه (اربابی، ۱۳۸۹)

آب و هوای بیابانی و نیمه بیابانی بخش وسیعی از سرزمین های داخلی و کناره های جنوبی ایران را پوشش داده است. این نواحی بیابانی و صحراها حدود یک چهارم مساحت ایران را تشکیل می دهد و منطقه کاشان که در حاشیه بیابان ای مرکز ایران واقع شده است با وجود وابستگی شدید حیات زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن به منابع آب حاصل از نزولات جوی با نوسانات شدید در عناصر جوی در بروز خشکسالی ها و سیلاب ها آسیب فراوانی به آن ها وارد می شود. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شاخص های خشکسالی و شرایط دمایی در منطقه مذکور کویری بررسی خواهد گردید و در این پژوهش روش های خشکسالی و تعیین الگوهای مکانی و زمانی خشکسالی در منطقه کاشان با استفاده از داده های هواشناسی مشخص شده است.

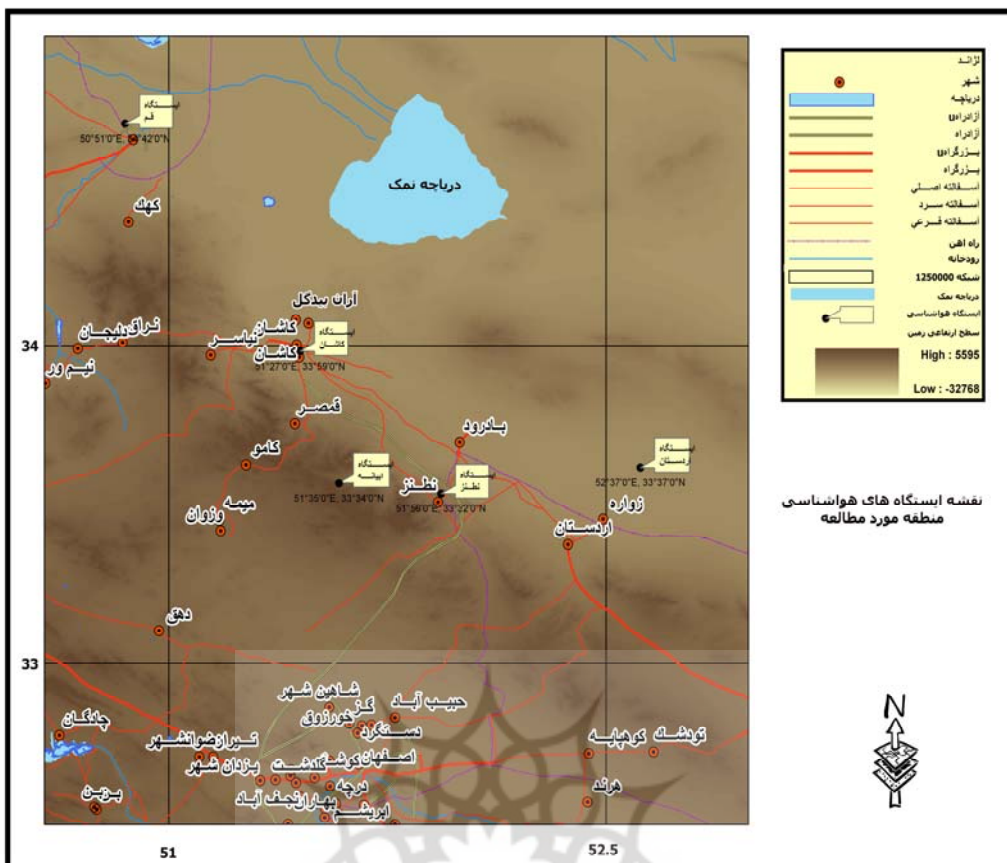
**داده های ایستگاه های هواشناسی**

داده های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه از مجموع پنج ایستگاه هواشناسی شامل دو ایستگاه سینوپتیک کاشان و قم و سه ایستگاه اقلیم شناسی (کلیماتولوژی) ایبانه، اردستان و نطنز در سراسر ناحیه مورد مطالعه به دست آمده است. داده های طولانی مدت ایستگاه های منطقه مورد مطالعه وضعیت عمومی و تعیین الگوهای غالب عناصر اقلیمی مورد استفاده قرار گرفت. در این قسمت از داده های بارش، دما و رطوبت نسبی در مقیاس فصلی و سالانه در محاسبه سال های وقوع خشکسالی و ترسالی و نیز طبقه بندی اقلیمی منطقه استفاده شد. از دیگر متغیرهای اقلیمی مورد بحث می توان به جهت و سرعت باد، میزان ابرناکی و ساعات آفتابی، فشار هوا، تعداد روزهای بارش و تبخیر و تعرق پتانسیل اشاره نمود.

سپس با پهنه بندی خشکسالی اقلیمی با شاخص Z نرمال بارش میزان خشکسالی اندازه گیری شد.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه های هواشناسی مورد مطالعه (سازمان هواشناسی کشور)

ایستگاه	نوع	طول دوره آماری	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر از سطح دریا)
ایبانه	کلیماتولوژی	۱۹۷۸-۲۰۰۳	۵۱° ۳۵'	۳۳° ۵۴'	۲۲۳۴/۰
اردستان	کلیماتولوژی	۱۹۶۴-۲۰۰۰	۵۲° ۳۷'	۳۳° ۳۷'	۱۳۸۱/۰
قم	سینوپتیک	۱۹۶۴-۲۰۰۴	۵۱° ۵۱'	۳۴° ۴۲'	۸۷۷/۴
کاشان	سینوپتیک	۱۹۵۱-۲۰۰۴	۵۱° ۲۷'	۳۳° ۵۹'	۹۸۲/۳
نطنز	کلیماتولوژی	۱۹۶۴-۲۰۰۰	۵۱° ۵۶'	۳۳° ۳۲'	۱۸۰۰/۰



شکل ۵: ایستگاه های هواشناسی منطقه مورد مطالعه (اربابی، ۱۳۸۹)

## بحث و نتیجه گیری

با استفاده از داده های ایستگاه های سینوپتیک و کلیماتولوژی منطقه دمای هوای منطقه از دو وضعیت زمستانه و تابستانه برخوردار است. به طور متوسط ۱۴ درجه سلسیوس اختلاف دمایی بین دو فصل سال است.

بر اساس جدول زیر از حداقل دمای متوسط ماهانه ۲ درجه سلسیوس در ماه دی ایستگاه ایبانه تا متوسط حداکثر دمای ۳۳ درجه سلسیوس در تیر ماه ایستگاه کاشان مشاهده می شود.

بر اساس جدول زیر میانگین دمای سالانه ایستگاه های منطقه به جزء ایستگاه ایبانه ارقام بالایی را نشان می دهند. در این میان سردترین ماه سال در تمام ایستگاه ها دی ماه است و نکته قابل توجه عدم وجود دمای متوسط زیر صفر حتی در دی ماه می باشد. اختلاف دمای بالای بین ماه های اسفند، فروردین و اردیبهشت از نکات قابل توجه است که افزایش سریع دمای هوا را همزمان با ورود و حاکمیت سامانه جنب حاره بر منطقه نشان می دهد.

جدول ۲: متوسط دمای ماهانه ایستگاه های مورد مطالعه ۲۰۰۴-۱۹۶۴ (سازمان هواشناسی کشور)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سال
ایبانه	۱۳/۲	۷/۱	۳/۲	۰/۶	۲	۵	۱۱/۳	۱۵/۷	۲۰/۶	۲۳	۲۲/۶	۱۸/۷	۱۱/۹
اردستان	۱۸/۶	۱۱/۷	۶/۱	۳/۸	۶	۱۱/۱	۱۸	۲۳/۱	۲۷/۹	۳۰	۲۹	۲۵/۱	۱۷/۵
قم	۱۸/۹	۱۲	۶/۵	۴/۲	۶/۷	۱۱/۵	۱۷/۹	۲۳/۸	۲۸/۹	۳۱/۵	۲۹/۹	۲۵/۲	۱۸/۱
کاشان	۱۹/۸	۱۲/۵	۶/۷	۴/۷	۷/۲	۱۲/۶	۱۹/۱۶	۲۴/۳۶	۲۹/۹	۳۲/۷	۳۱/۵	۲۶/۷	۱۹/۰
نطنز	۱۵/۷	۹/۵	۴/۸	۱/۸	۳/۶	۸/۴	۱۴/۴	۱۸/۹	۲۳/۹	۲۶/۱	۲۵/۷	۲۱/۹	۱۴/۵

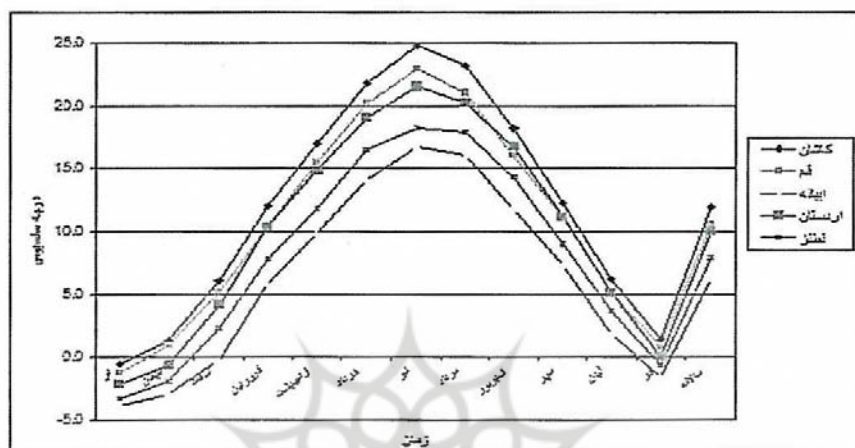
شیب دامنه متوسط دمای بیشینه و کمینه ایستگاه های منطقه ارقام نسبتا بالایی را نشان می دهند. در ماه های تابستان اختلاف بالای دمایی در مقابل ارقام نسبتا پایین فصل زمستان گویای شرایط دمایی متغیر و نوسانات شدید دمای شبانه روزی در ماه های تابستان می باشد. این وضعیت دمایی در فصل گرم نشان دهنده حاکمیت شرایط جوی قاره ای و شک بزم منطقه است، به طوری که در ایستگاه های خشک تر (قم و کاشان) میزان نوسان متوسط دمایی بالاتر است. همچنین شدت وقوع وارونگی دمایی را در هنگام شب نشان می دهد. تلاطم و ناپایداری متناوب هوا در دوره زمستان عامل کاهش دامنه نوسانات دمایی است.

جدول ۳: نوسانات دمای ماهانه ایستگاه های مورد مطالعه ۲۰۰۴-۱۹۶۴ (سازمان هواشناسی کشور)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سال
ایبانه	۱۱/۷	۱۰/۴	۹/۷	۹/۱	۱۰	۱۰/۴	۱۰/۸	۱۱/۵	۱۲/۹	۱۲/۷	۱۳/۱	۱۳/۴	۱۱/۳
اردستان	۱۴/۷	۱۳/۱	۱۲/۳	۱۱/۹	۱۳/۳	۱۳/۷	۱۵/۱	۱۶/۴	۱۷/۶	۱۷/۱	۱۶/۹	۱۶/۳	۱۴/۹
قم	۱۵/۸	۱۳/۸	۱۱/۵	۱۰/۶	۱۱/۷	۱۲/۸	۱۴/۷	۱۵/۹	۱۷/۶	۱۷/۳	۱۷/۹	۱۸/۱	۱۴/۸
کاشان	۱۵/۱	۱۲/۷	۱۰/۷	۱۰/۵	۱۱/۹	۱۲/۶	۱۴/۳۳	۱۴/۸۹	۱۶/۳	۱۶/۱	۱۶/۶	۱۷/۰۸	۱۴/۰
نطنز	۱۳/۵	۱۱/۵	۱۰/۶	۱۰/۱	۱۱	۱۲/۱	۱۳/۱	۱۴	۱۴/۸	۱۵/۶	۱۵/۴	۱۵/۱	۱۳/۱

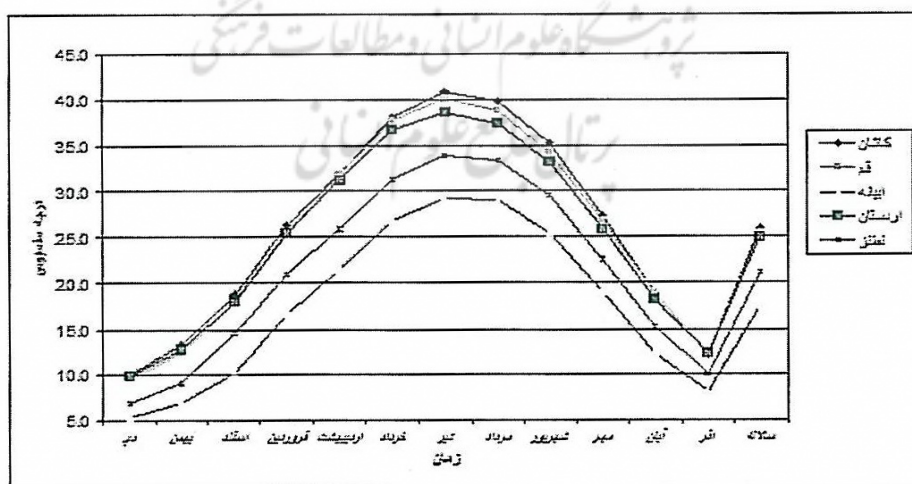


شکل زیر رژیم سالانه متوسط کمینه دمای ایستگاه های مورد مطالعه منطقه را نشان می دهد. دی ماه و ایستگاه ایبانه به ترتیب سردترین ماه و ایستگاه منطقه می باشد. در مقابل کاشان و تیر به ترتیب گرمترین ایستگاه و ماه منطقه می باشد. متوسط کمینه الانه در شکل ایستگاه ها در حدود ۱۰ درجه سلسیوس می باشد. متوسط بیشینه دمای ایستگاه های کاشان و ایبانه به ترتیب بالاترین و پایین ترین میزان را داشته و ماه های دی و تیرماه به ترتیب کمترین و بیشترین دمای ثبت شده را دارند.



شکل ۷: میانگین کمینه دمای ماهانه ایستگاه های منطقه کاشان و قم (۲۰۰۴-۱۹۶۴) (اربابی، ۱۳۸۹)

نکته قابل توجه شیب شدید دمایی در هر دو نیمه سال است. به طوری که از دی ماه تا تیر ماه به طور جهشی افزایش شدید و از شهریور تا آذرماه کاهش سریع دمایی مشاهده می شود.



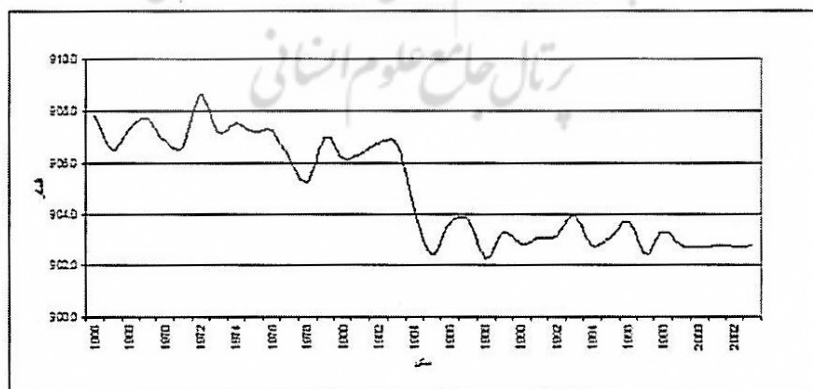
شکل ۸: میانگین بیشینه دما ماهانه ایستگاه های منطقه کاشان و قم (۲۰۰۴-۱۹۶۴) (اربابی، ۱۳۸۹)

بر اساس جدول زیر زمان خاتمه یخبندان فروردین ماه می باشد. بنابراین می توان گفت ماه اسفند شروع رویش پوشش گیاهی منطقه می باشد و در فروردین شرایط دمایی کمینه و یخبندان تهدیدی برای محصولات و مزارع نیست و با توجه به شیب بالای افزایش دمای منطقه از اوایل بهار و دوره کوتاه زندگی پوشش گیاهی منطقه، اردیبهشت و خرداد از مناسب ترین ماه های مطالعه وضعیت خشکسالی مبتنی بر شاخص های گیاهی به حساب می آید.

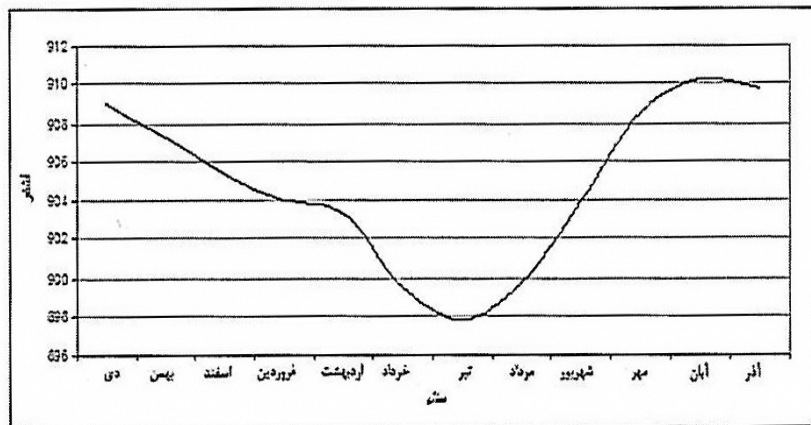
جدول ۴: متوسط روزهای یخبندان ماهانه ایستگاه های مورد مطالعه ۲۰۰۴-۱۹۶۴ (سازمان هواشناسی کشور)

ایستگاه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سال
ایبانه	۰۰	۸	۲۱	۲۶	۲۳	۱۶	۲	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۹۶
اردستان	۰۰	۴	۱۴	۲۱	۱۵	۶	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۶۰
قم	۰۰	۴	۱۳	۱۹	۱۲	۳	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۵۱
کاشان	۰۰	۲	۱۱	۱۸	۱۲	۲	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۴۵
نطنز	۰۰	۶	۱۷	۲۴	۱۹	۹	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۰۰	۷۶

با توجه به مباحث سینوپتیکی انجام شده قبلی مباحث خشکسالی و ترسالی به طور مستقیم تحت تاثیر الگوهای آرایش فشار ترازهای مختلف جو قرار دارد. بنابراین می توان با مقایسه فشار سال ها و ماه های مختلف کاهش و افزایش فشار سطحی را در ارتباط با سال های وقوع خشکسالی و ترسالی مورد آزمون قرار داد. با دقت در شکل زیر کاهش تدریجی میزان فشار ایستگاه کاشان قابل تامل است.



شکل ۹: میانگین سالانه فشار ایستگاه کاشان (۲۰۰۳-۱۹۶۴) (اربابی، ۱۳۸۹)



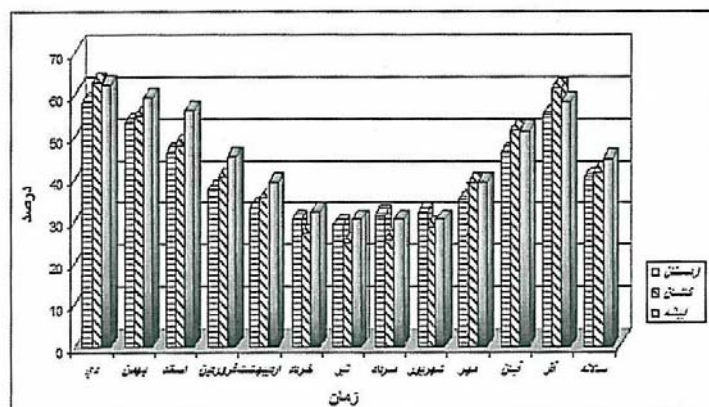
شکل ۱۰: میانگین ماهانه فشار ایستگاه کاشان (۱۹۶۶-۲۰۰۳) (اریایی، ۱۳۸۹)

با شروع فصل پاییز یک خیز فشار در منطقه رخ می دهد تا دی ماه ادامه داشته و از دی تا فروردین افت فشار مشاهده می شود.

جدول ۵: متوسط ماهانه جهات و سرعت عمده وزش باد در منطقه کاشان (۱۹۶۶-۲۰۰۳) (سازمان هواشناسی کشور)

پائیز		تابستان			بهار				زمستان			
آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	اسفند	بهمن	دی	
۴۵	۴۵	۳۶۰	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۳۶۰	۲۷۰	۲۷۰	۲۷۰	۳۶۰	جهت
۰/۳	۰/۴	۰/۷	۰/۷	۱/۵	۱/۴	۱/۵	۱/۹	۲	۱/۶	۱	۰/۴	سرعت
۳۳۸	۳۲۸	۳۳۳	۱۱	۴۸	۴۶	۱۳	۳۳۳	۳۰۸	۲۹۸	۳۰۶	۳۳۴	جهت باد اصلی
۴/۶	۵/۴	۵/۹	۵/۶	۶/۹	۷/۵	۷/۲	۷/۲	۱۰	۱۰/۶	۸/۳	۵/۱	سرعت غالب
۱/۱	۱/۳	۲/۲	۲/۸	۵/۳	۵/۶	۴/۳	۵/۱	۴/۴	۳/۹	۲/۶	۱/۴	درصد غالب
۹۵/۳	۹۲/۶	۸۹/۱	۸۷/۳	۷۹/۳	۷۹/۷	۸۰/۴	۷۵/۲	۷۴/۹	۸۰/۹	۸۶/۳	۹۲/۹	درصد باد ملایم
۱۸۳	۱۸۱	۱۸۷	۱۸۱	۱۸۷	۱۸۵	۱۸۰	۱۸۷	۱۷۸	۱۸۵	۱۶۷	۱۸۳	میزان باد مشاهده شده

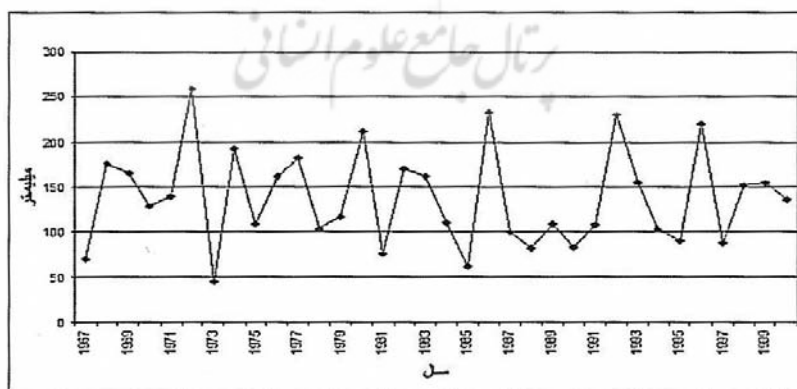
در منطقه کاشان میزان رطوبت نسبی در دی ماه به حدود ۶۲ درصد می رسد، که ناشی از ورود توده های بارانزای امواج غربی، برودت و ابرناکی هوا می باشد و کمترین آن در ماه های گرم تیر و مرداد می باشد. عوامل موثر بر آن گرمای شدید هوا، وزش بادهای خشک و گرم شرق و جنوب شرق و خشکی هوا می باشد. رطوبت نسبی همانند بارندگی و دما در محاسبه خشکسالی و سنجش شدت و ضعف آن اهمیت دارد.



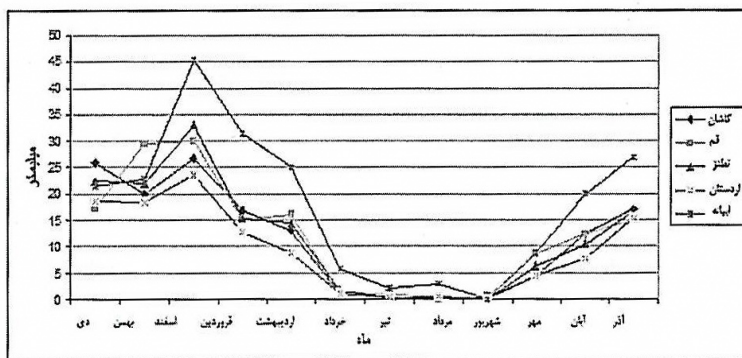
شکل ۱۱: میانگین ماهانه رطوبت نسبی ایستگاه های منطقه کاشان (۲۰۰۳-۱۹۶۸) (اربابی، ۱۳۸۹)

بارش نیز متغیرترین عنصر اقلیمی بوده و میزان آن از جایی به جای دیگر بر حسب شرایط جغرافیایی تغییر می کند. به طوری که هر محلی با داشتن اقلیم محلی خاص خود شرایط بارندگی مخصوص به خود دارد. علاوه بر تغییرات مکانی بارش نوسانات زمانی نیز در منطقه بسیار بالا است. بر طبق شکل زیر تغییرات سالانه بارش منطقه با کمینه ۵۰ میلیمتر و بیشینه بیش از ۲۶۰ میلیمتر نمایان است. همچنین تغییرات فصلی بارش نیز شرایط خاصی در منطقه دارد. با وجودی که دوره گرم کمتر از ۲ درصد از کل بارش سالانه را شامل می شود فصل زمستان با بیش از ۵۰ درصد بارش منطقه بالاترین سهم بارش را دارا می باشد. پرباران ترین ماه منطقه اسفند (۴۵ میلیمتر) است. ارتفاعات (ایستگاه ایبانه) و دوره سرد سال بیشترین بارندگی را نسبت به دشت ها و دوره گرم دارند.

تغذیه سفره های آب زیرزمینی دشت کاشان به طور غالب از ارتفاعات غرب منطقه که در ماه هایی از سال دارای پوشش برفی نیز هستند تامین می شود. میزان بارندگی، رطوبت نسبی و دما از مهمترین عناصر جوی هستند که در مطالعه خشکسالی ها بیشتر مورد توجه می باشد.



شکل ۱۲: میانگین سالانه بارش ایستگاه کاشان (۲۰۰۳-۱۹۶۶) (اربابی، ۱۳۸۹)



شکل ۱۴: میانگین ماهانه بارش ایستگاه‌های منطقه (۱۹۶۶-۲۰۰۳) (اربابی، ۱۳۸۹)

### راهکارها و پیشنهادها

۱. در زمینه راهنمایی و گشودن دیدگاه‌های جدید برای توجه و گسترش مطالعات و برداشت‌های میدانی به ویژه در گروه‌های جغرافیای طبیعی برنامه‌های کوتاه و بلندمدتی برگزار شود.
۲. به کارگیری دورسنجی در مطالعات برای افزایش سطح توانایی تحلیل و تفسیر داده‌ها.
۳. توسعه و فراگیر شدن روش‌های مطالعات جدید به عنوان علم و تکنیک جدید با توجه به مطالعات با اهمیتی مثل خشکسالی.
۴. افزایش تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه مورد نظر.
۵. آموزش و آگاهی مردم منطقه از روش صحیح استفاده از آبیاری و مصرف آب.
۶. استفاده از مولفه‌های محیطی رطوبت سطحی زمین در بررسی خشکسالی‌ها.
۷. توجه در مبانی و اطلاعات پایه محیطی در منطقه برای افزایش سطح توانایی تحلیل و تفسیر نتایج.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

### منابع

- ۱- اربابی آزاده، (۱۳۸۰): پایان نامه کارشناسی ارشد، تاثیر خشکسالی بر منابع آب‌های زیرزمینی دشت قزوین به راهنمایی دکتر قاسم عزیزی. دانشگاه تهران.
- ۲- خوش اخلاق، فرامرز. (۱۳۷۶): بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران، تحقیقات جغرافیایی، موسسه عاشورا، شماره ۴۵، مشهد.
- ۳- زهتابیان، لامرزا، علی اکبر موسوی، (۱۳۷۸): کاربرد همگن سازی عددی و غیر عددی در برآورد خشکسالی هیدرولوژیک، مطالعه موردی دریاچه نمک، کنفرانس تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی، تهران.
- ۴- عزیزی، قاسم، (۱۳۷۸): تاثیر الینو و شاخص نوسان جنوبی در نوسانات بارش ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، موسسه جغرافیا، تهران.



- ۵- عزیزی، قاسم، علی اکبر شمسی پور، (۱۳۸۵): بازیابی تغییرات اقلیمی نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل های آماری چند متغیره، پژوهش های جغرافیایی، موسسه جغرافیایی دانشگاه تهران.
- ۶- علیجانی، بهلول، (۱۳۷۵): تغییرات زمانی دمای تهران، اولین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران.
- ۷- علیجانی، بهلول، نبی اله رضانی، (۱۳۸۱): پیش بینی خشکسالی ها و تر سالی های استان مازندران با استفاده از مدل باکس- جنکینز، پژوهش های جغرافیایی، یادنامه دکتر احمد مستوفی، ۱۵۵-۱۷۰، تهران.
- ۸- علوی پناه، سید کاظم، (۱۳۸۵): سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول تهران.
- ۹- فرج زاده، منوچهر، (۱۳۷۵): خشکسالی و روش های مطالعه آن. جنگل و مرتع. انتشارات سازمان جنگل ها و مراتع کشور ۲۲-۲۹، تهران.
- ۱۰- محمدی، حسین، علی اکبر شمسی پور، (۱۳۸۴): بررسی اثرات خشکسالی بر منابع آب های زیرزمینی دشت های شمال همدان با استفاده از تحلیل های آماری چند متغیره و GIS سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، سال دوم، شماره هفتم، ۷۱-۷۹، تهران.
- ۱۱- موسوی، علی اکبر، علی اکبر داوودی راد، (۱۳۷۸): شناخت عوامل موثر در خشکسالی هیدرولوژیک با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی (حوزه آبخیز دریاچه نمک)، دومین کنفرانس تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، تهران.
- ۱۲- ناظم السادات، سید محمد جعفر، (۱۳۷۸): بررسی تاثیر پدیده ال نینو شاخص نوسانات جوی (ENSO) بر بارندگی پاییزه ایران. دومین کنفرانس تغییر اقلیم سازمان هواشناسی، تهران.
- ۱۳- وفا خواه، مهدی و محمد محمدی، (۱۳۷۸): ارزیابی مدل ریاضی جهت برآورد خشکسالی هیدرولوژیک در مناطق خشک مرکزی ایران، دومین کنفرانس تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی، تهران.

- 14- Hisdal, H & Tallaksen, Lt M (Editor). (2000): Drought Even Definitions. Technical Report, No 6.
- 15- Jeyaseelan, A, T. (2005): Droughts & Floods Assent and Monitoring using Remote Sensing and GIS Application in Agricultural Meteorology, Pp, 291-313.
- 16- Kogan, F, N (2001): Contribution of Remote Sensing to Drought Early Warning. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Environmental Satellite Peta and Information Services, U. S. A.
- 17- Jupp, D, L, B, Tian, G, Mcvicar, T, R, Qin, Y & Fugin L. (1998): Soil Moisture and Drought Monitoring Using Remote Sensing 1: Theoretical Background and Methods, CSIRO Australia. Pp. 96.
- 18- Ribsam, W. E, Changnon, S.A, & Karl, T, R (1990): Drought and Natural Resource Management in The United States: Impact and Implications of The 1987-1989 Drought. West view press, Boulder, Colorado, 100.