

## تجزیه و تحلیل و پیش بینی برخی عناصر اقلیمی مشهد

محمود داودی<sup>1</sup>، حسینمراد محمدی<sup>2</sup>، ناصر بای<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران

2- عضو هیئت علمی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران

3- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد نجف آباد

### چکیده

در این مقاله با استفاده از نمودارها و روش های اقلیمی به تجزیه و تحلیل اقلیم مشهد پرداخته شده است و سپس با توجه به روندهای عناصر اقلیمی و نیز بررسی های دوره ای 18 ساله، این عناصر تا سال 2015 پیش بینی شده اند. برای انجام این کار از آمار سازمان هواشناسی در یک دوره آماری 55 ساله (1951-2005) استفاده شده است. مطالعه تغییرات و نحوه روند آنها به کمک مدل رگرسیون خطی و پردازش های آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS و EXCEL انجام شده است. باد نیز با استفاده از نرم افزار WRPLOT View مطالعه شده است. دما، بارش، رطوبت نسبی، یخبندان، باد، Z استاندارد دما و بارش، تبخیر و تعرق و طبقه بندی های اقلیمی از جمله مواردی هستند که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته اند. برخی نتایج حاصل از پردازش آمارهای مورد بررسی عبارتند از: دما با روند معنی داری قوی در حال افزایش است. بارش روند معنی داری ندارد و تقریباً ثابت است. رطوبت نسبی نیز در حال کاهش می باشد. بررسی آمار یخبندان ها روند کاهشی را نشان می دهد. بادهای جنوب شرقی باد غالب مشهد هستند و باد با سرعت 3-6 نات نیز از نظر سرعت غالب است. با بررسی Z استاندارد دما و بارش مشخص شد که در سال 1979 اقلیم مشهد تغییر کرده است. تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه مشهد 1509 میلیمتر و تبخیر و تعرق واقعی آن 255/2 میلیمتر محاسبه شد. اقلیم مشهد براساس روش دمارتن نیمه خشک، براساس روش آمبرژه نیمه خشک معتدل و براساس روش کوپن آب و هوای مدیترانه ای تعیین شد.

**کلمات کلیدی:** تغییرات آب و هوایی، روش های اقلیمی، تجزیه و تحلیل روندها، پیش بینی روندها، عناصر اقلیمی مشهد.

### مقدمه

منطقه خواهد داشت. بنابراین شناخت اقلیم و رفتارهای آن برای برنامه ریزی حال و آینده امری ضروری است. مشهد دومین شهر پرجمعیت ایران است، لذا لزوم شناخت تغییرات اقلیمی آن در جهت برنامه ریزی بهتر آینده اجتناب ناپذیر می باشد.

از جمله پژوهش هایی که در مورد اقلیم ایران و تغییرات آن انجام گرفته می توان به کار طاهری (1377)، هدایتی دزفولی (1381)، عساکره (1383)، جهانبخش و ترابی (1383)، خورشید دوست و قویدل (1383)، غیور (1374) و عزیزاده و کمالی (1381) اشاره کرد [9، 22، 11، 3، 6، 17 و 14].

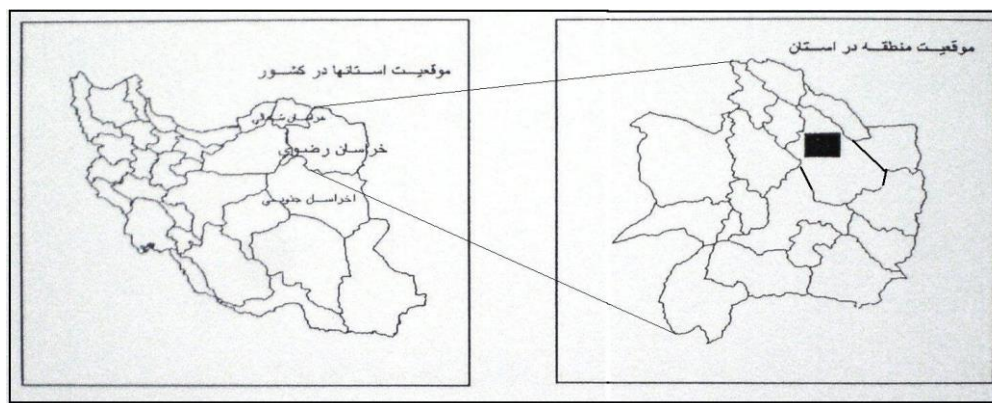
در این مقاله نقشه ها و نمودارهای اقلیمی فراوانی فراهم و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند که به دلیل فراوانی تعداد آنها فقط تعداد معدودی از آنها ارائه شده است.

شهر مشهد، با 2/430/000 هزار نفر جمعیت در سال 1385، دومین کلانشهر ایران می باشد. این شهر در شمال

توجه به اقلیم مناطق مختلف و شناخت آن امری ضروری است. شناخت اقلیم در بررسی فعالیت های مختلف انسان همچون کشاورزی، محیط زیست، شهرسازی، حمل و نقل، جهانگردی و ... ضروری ترین مرحله است [19]. آب و هوا را می توان هواشناسی بلندمدت دانست [13]. در این مقاله نیز به بررسی آمار بلندمدت اقلیم پرداخته شده است. با بحث گرمایش جهانی و تاثیر آن بر روی اقلیم و به تبع آن زندگی مردم، باید اقلیم و به خصوص روند تغییرات و نوع این روندها مطالعه شود تا بتوان اقلیم آینده را پیش بینی و برپایه آن برنامه ریزی کرد. نوسانات اقلیمی دما و بارش در نواحی مختلف کشور بررسی و تایید شده است، اما باید به شدت آن نیز توجه کرد [5]. برای مثال افزایش 2 درجه سلسیوس در دما و کاهش 10 درصدی بارش در منطقه کلرادو، قادر خواهد بود جریان رودخانه های این منطقه را 50% کاهش دهد [10]. این کاهش تبعات زیانباری برای

جغرافیایی واقع شده است. این شهر از جنوب به ارتفاعات بینالود، از شمال به کوه‌های هزار مسجد، از شرق به شهرستان سرخس و از غرب به شهرستان‌های نیشابور و چناران محدود می‌شود [4] (شکل 1).

شرقی ایران (در دشت مشهد)، در حد فاصل رشته کوه‌های کپه داغ در شمال و بینالود در جنوب قرار دارد. شهرستان مشهد بالغ بر 10329 کیلومتر مربع وسعت دارد. شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی است و در  $15^{\circ} 59'$  تا  $36^{\circ}$   $60'$  طول جغرافیایی و  $43^{\circ} 35'$  تا  $8^{\circ} 37'$  عرض



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه

متفاوتی هستند، در هنگام مقایسه این عناصر باید آنها را بی مقیاس کرد. در نتیجه با محاسبه Z استاندارد دما و بارش ابتدا آنها را بی مقیاس کرده و سپس به بررسی آنها پرداخته شده است. در واقع با محاسبه Z استاندارد بارش و دما و رسم منحنی و روند خطی آنها، می‌توان سالی را که دو روند خطی دما و بارش یکدیگر را قطع می‌کنند به عنوان سال تغییر اقلیم در نظر گرفت.

پس از مشخص کردن نوع و نحوه روندها، عناصر دارای روندهای معنی دار تا سال 2015 پیش بینی شدند. بدین منظور روندهای خطی معنی دار تا سال 2015 با استفاده از تابع Forecast در محیط Excel مشخص شدند. برای مطالعه باد و تحلیل‌های مربوط به آن نیز از نرم افزار WRPLOT View استفاده شد. در پردازش‌های آماری مشخص کننده‌های پراکندگی (انحراف معیار و ضریب تغییرات) بکار رفت. انحراف معیار جهت مقایسه پراکندگی دو صفت متغیر که واحدهای مختلفی دارند، کاربرد ندارد. بدین جهت از ضریب تغییرات (CV) استفاده شد که از صفت متغیر تبعیت نمی‌کند و به صورت کمیت مجرد یا

## مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش ابتدا داده‌های آماری ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه همدیدی مشهد در یک دوره آماری 55 ساله (1951-2005) از سازمان هواشناسی دریافت شد و مورد بررسی قرار گرفت [7]. جهت مطالعه تغییرپذیری عناصر اقلیمی مشهد از مدل رگرسیون خطی استفاده شد. با توجه به این که مجموع مجذور فاصله داده‌ها از خط رگرسیون حداقل است [20]، در نتیجه این روش تغییر پذیری و روند را به خوبی نشان می‌دهد. در واقع با ادامه روند خطی معنی دار و قوی در یک جهت می‌توان به تغییر تدریجی یک عنصر اقلیمی پی برد. البته برای مشخص شدن بهتر نوع روندها از بررسی‌های دوره‌ای نیز استفاده شد. بدین منظور کل دوره به 3 دوره 18 ساله تقسیم شد و مورد مطالعه قرار گرفت. دوره اول از سال 1952 تا 1969، دوره دوم از سال 1970 تا 1987 و دوره سوم از سال 1988 تا 2005 انتخاب شد. برای مشخص کردن زمان تغییر اقلیم از روندهای بارش و دما به صورت ترکیبی استفاده شد، اما چون عناصر آب و هوایی دارای مقیاس‌های

شرایط حرارت بیانگر مقدار انرژی موجود در محیط جهت تبدیل عناصر معدنی و رطوبت به بافت گیاهی است [1]. حداقل دمای رخ داده در ایستگاه مشهد 28- درجه سلسیوس (در فوریه) و حداکثر آن 43/8 درجه سلسیوس (در ژوئیه) بوده است که نوسان دمایی مطلق سالانه این ایستگاه 71/8 درجه سلسیوس می باشد. متوسط حداقل دمای سالانه 3/8- درجه سلسیوس (در ژانویه) و حداکثر آن 34 درجه سلسیوس (در ژوئیه) بوده است که نوسان متوسط سالانه 37/8 درجه سلسیوس می باشد. گرم ترین فصل سال تابستان و سردترین فصل سال زمستان است و گرم ترین ماه سال ژوئیه و سردترین ماه سال ژانویه می باشد (جدول 1).

مطلق بیان می شود. ضریب تغییرات طبق رابطه زیر، از تقسیم انحراف معیار بر میانگین محاسبه می گردد و به درصد بیان می شود [21].

$$CV = 100 \times \frac{S}{X} \quad (1)$$

طبقه بندی اقلیمی به کمک روش های دمارتن، آمبرژه و کوپن انجام شد.

## بحث و یافته های تحقیق دما

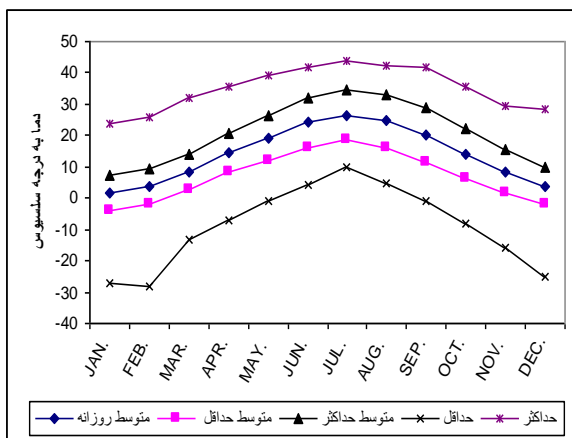
تغییرات سالانه درجه حرارت در مقایسه با تغییرات بارندگی به مراتب از نظم کمتری برخوردار است. اما ممکن است تغییرات عمده سالانه در مناطق مختلف تاثیر به سزایی داشته باشد و باعث ایجاد دو یا چند فصل زراعی شود.

جدول 1- تفاضل دمای حداقل- حداکثر متوسط و مطلق فصلی ایستگاه مشهد

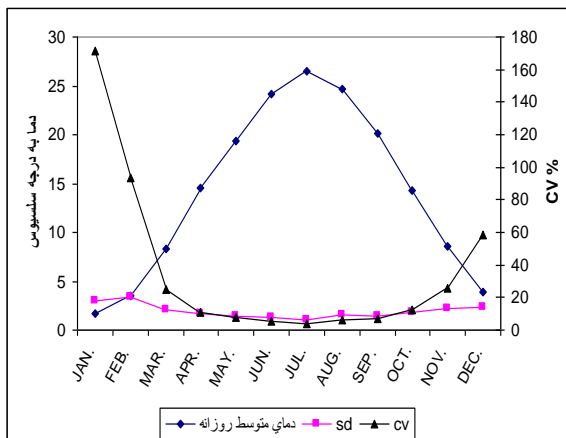
	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
دمای متوسط	11/2	14/3	17/1	13/6
دمای مطلق	50	47/6	40/3	37/6

کل می توان رابطه معکوسی بین دما و ضریب تغییرات پیدا کرد (شکل های 2 و 3).

با بررسی های آماری می توان مشاهده کرد که فصل تابستان دارای ضریب تغییرات کمتری است و بعد از آن به ترتیب بهار، پاییز و زمستان در رتبه های بعدی قرار دارند.



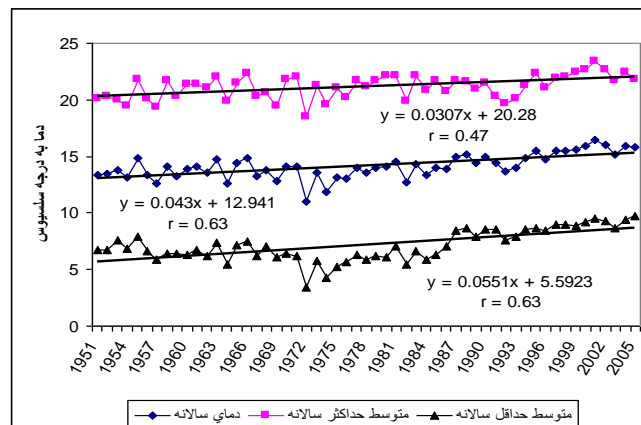
شکل 3- رژیم دمای ایستگاه مشهد



شکل 2- رژیم آماری دمای ایستگاه مشهد

ولی سایر فصول در سطح 0/001 معنی دار می باشند. در بررسی کلی می توان روند افزایشی مشخص دما را مشاهده کرد که در این میان زمستان با روند ضعیف تری نسبت به سایر فصول افزایش دما دارد. با توجه به روند معنی دار دما و روابط مربوطه دمای میانگین سال 2015 میلادی 15/7 درجه سلسیوس پیش بینی می شود (شکل 4 و جدول 2).

دمای متوسط سالانه و متوسط حداقل و حداکثر سالانه دارای روند افزایشی معنی داری در سطح 0/001 است. با بررسی فصلی روند دمای متوسط سالانه ایستگاه مشهد می توان دریافت که تمامی فصل ها دارای روند معنی دار افزایشی هستند که در این بین زمستان روند ضعیف تری نسبت به سایر فصول دارد و در سطح 0/1 معنی دار است



شکل 4- دمای متوسط، حداقل و حداکثر سالانه همراه با روندها

جدول 2- دما (بر حسب درجه سلسیوس) میانگین کل و دوره های 18 ساله ایستگاه مشهد

	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	میانگین
دوره اول (1952-1969)	4/6	18/6	23/3	8	13/7
دوره دوم (1970-1987)	3/6	19/3	23	8/6	13/6
دوره سوم (1988-2005)	5/3	20	26	10/3	15/2
میانگین کل دوره	4/6	19/6	24	9	14/1

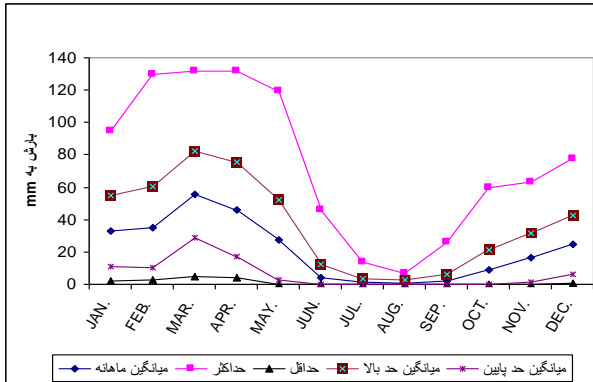
بین بارش و ضریب تغییرات پی برد، به طوری که تابستان و زمستان به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ضریب تغییرات هستند (شکل های 5 و 6). پس می توان نتیجه گرفت که از نظر دمایی تابستان و از لحاظ بارش زمستان مطمئن ترین فصل مشهد می باشد. مارس با 22٪ بیشترین سهم از بارش سالانه را به خود اختصاص داده است و ماه های ژوئیه و اوت کمترین بارش ماهانه را دارند (شکل های 7 و 8). بیشترین بارش خراسان در اسفند و فروردین (مارس و آوریل) رخ می دهد. ماه اسفند زمانی است که از طرفی بادهای غربی به

## بارش

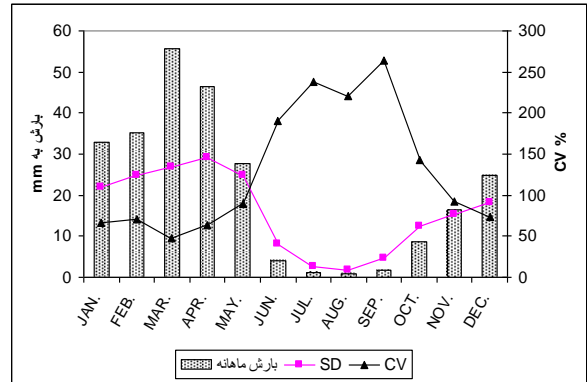
تغییرات زمانی و مکانی بارش از ویژگی های اصلی اقلیم ایران است [2]. پدیده بارندگی به دلیل تغییرپذیری بسیار زیاد زمانی و مکانی، به عنوان متغیرترین عامل جوی شناسایی شده است. ایستگاه مشهد دارای 255/2 میلیمتر بارش سالانه است که زمستان با 123 میلیمتر بیشترین بارش را به خود اختصاص داده است. پس از آن بهار با 78، پاییز با 50 و تابستان با 4 میلیمتر در رتبه های بعدی قرار دارند. در نمودار رژیم آماری بارش نیز می توان به یک رابطه معکوس

تقریباً عقب نشینی می کند [12]، بنابراین بیشترین بارش در این ماه رخ می دهد.

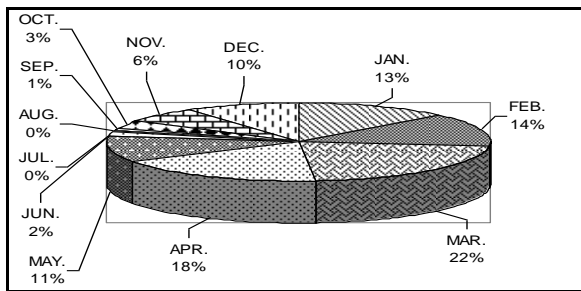
دلیل عرض جغرافیایی بالا در منطقه مستقرند و از طرف دیگر فرابار سیبری شدت اولیه خود را ندارد و از خراسان



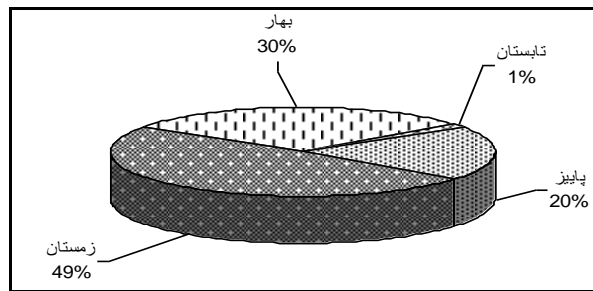
شکل 6- رژیم بارش



شکل 5- رژیم آماری بارش



شکل 8- درصد ماهانه بارش ایستگاه مشهد

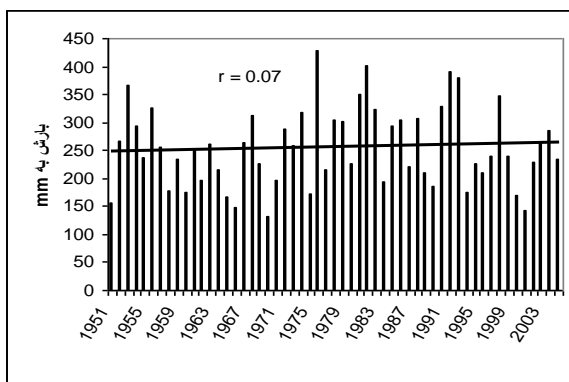


شکل 7- درصد فصلی بارش ایستگاه مشهد

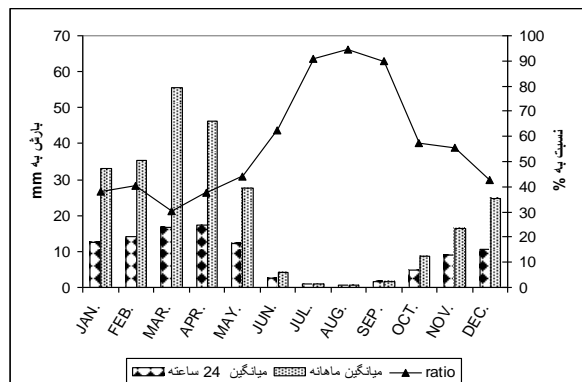
زمستان مرطوب است، این نسبت در تابستان زیاد و در زمستان کم می باشد (شکل 9).

در نمودارها و جداول دوره ای افزایش نسبت بارش 24 ساعته در فصل تابستان و کاهش آن در فصل زمستان و بهار قابل توجه است. فصل پاییز نیز نوسان منظمی را نشان نمی دهد (جدول 3).

با استفاده از نمودار نسبت بارش ماهانه به بارش حداکثر روزانه، سهم بارش 24 ساعته از بارش کل مشخص می شود. این سهم هر قدر کمتر باشد نشان دهنده اقلیم متعادل تر و هر قدر بیشتر باشد نشانه اقلیم نامتعادل تری است و خشک بودن اقلیم را نشان می دهد. معمولاً در ایران چون تابستان خشک و



شکل 10- بارش سالانه ایستگاه مشهد



شکل 9- نسبت بارش 24 ساعته به بارش ماهانه

جدول 3- نسبت بارش 24 ساعته به بارش کل ایستگاه مشهد

	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
دوره اول (1969-1952)	40/3	54/8	82/97	52/02
دوره دوم (1970-1987)	35/45	47/69	92/8	49/28
دوره سوم (1988-2005)	33/34	45/06	93/74	52/9
میانگین کل دوره	36/2	48	91	51/7

10 میلیمتر می توان مشاهده کرد. همچنین روند کاهشی ضعیف در تعداد روزهای همراه با بارش 1 میلیمتر نیز مشاهده می شود. این روندها هر چند ضعیف هستند، اما می توانند تمایل بارش ها به رگباری شدن را نشان دهند.

روند بارش مشهد افزایشی ضعیف است ولی معنی دار نیست و نمی توان با تکیه بر آن پیش بینی دقیقی ارائه داد (شکل 10 و جدول 4). در بررسی تعداد روزهای همراه با بارش 1، 5 و 10 میلیمتر باز هم روند بی معنی است، اما روند افزایشی ضعیف را در تعداد روزهای همراه با بارش

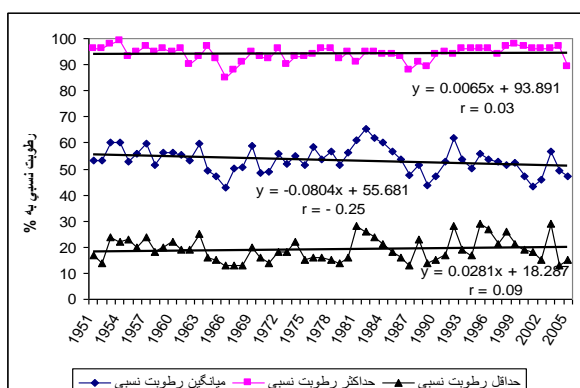
جدول 4- بارش (برحسب میلیمتر) میانگین کل و دوره های 18 ساله ایستگاه مشهد

	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	مجموع
دوره اول (1969-1952)	109	84	2/5	47	242
دوره دوم (1970-1987)	75	75	4	58	275
دوره سوم (1988-2005)	77	77	6	45	254
میانگین کل دوره	123	78	4	50	256

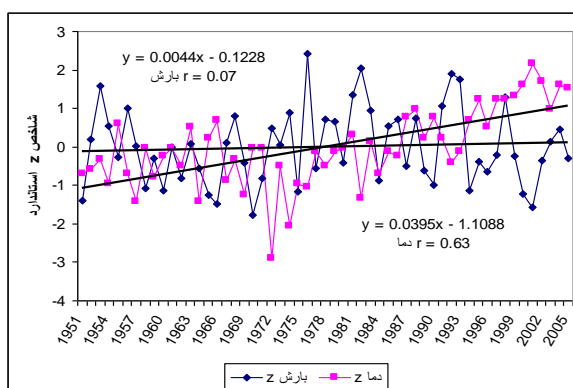
نمودار برای حالات فصلی مشخص شد که از سال 1979، فصل پاییز نیز اقلیم نیمه خشک گرم را تجربه کرده است. در زمستان روندهای بارش و دما در همان سال یکدیگر را قطع کرده اند ولی روندها چشمگیر نیستند. در فصل بهار روند کاهشی بارش و افزایشی دما مشاهده می شود و اقلیم در حال گرم و خشک شدن است. در فصل تابستان بارش و دما هر دو روند افزایشی معنی داری دارند. روندهای بارش و دمای این فصل در سال 1986 یکدیگر را قطع می کنند. با این که روند افزایشی تابستان معنی دار است اما نمی توان گفت اقلیم منطقه تابستان در حال گرم و مرطوب شدن است. زیرا بارش کم تابستان سبب شده است تا افزایش چند میلیمتری بارش روند معنی داری را نشان دهد.

### نمودار Z استاندارد

چون عناصر آب و هوایی دارای مقیاس های متفاوت هستند، در هنگام مقایسه این عناصر باید آنها را بی مقیاس کرد. برای این منظور Z استاندارد آنها محاسبه و تحلیل ها با استفاده از آن انجام شد. با محاسبه Z استاندارد بارش و دما و رسم منحنی های مربوطه می توان به نوع روند آنها پی برد. سپس با رسم روند خطی سالی که دو روند خطی دما و بارش یکدیگر را قطع می کنند، به عنوان سال تغییر اقلیم در نظر گرفت [3]. همانطور که دیده می شود در سال 1979 در مشهد تغییر اقلیم رخ داده است. البته روند افزایشی دما باعث این تغییر اقلیم شده است (روند بارش تقریباً ثابت است). از سال 1979 اقلیم مشهد از نیمه خشک سرد به نیمه خشک گرم تغییر یافته است (شکل 11). با رسم و بررسی این



شکل 12- نمودار سالانه رطوبت نسبی متوسط، حداقل و



شکل 11-Z استاندارد دما و بارش میانگین مشهد

حداکثر مشهد

### رطوبت نسبی

رطوبت نسبی عبارت است از مقدار بخار آب موجود در هوا به مقدار بخار آبی که اگر در همان درجه حرارت می داشت به صورت اشباع می بود. این نسبت به صورت درصد بیان می شود. رطوبت نسبی با تغییر درجه حرارت رابطه معکوس دارد [11].

در مشهد فصل زمستان دارای رطوبت نسبی بالایی نسبت به سایر فصول است (73٪)، پاییز با 63٪، بهار با 50٪ و تابستان با 36٪ در رتبه های بعدی قرار دارند. می توان دلیل افزایش رطوبت نسبی فصل زمستان و پاییز را در برودت آنها و ورود بادهای غربی دانست. از نظر میزان بارش، بهار در مقایسه با پاییز از بارش بیشتری برخوردار است (همرفت های

دامنه ای در فصل بهار به دلیل وجود گرما زیاد بوده و بارش های خوبی را ایجاد می کنند) [12]. روندهای سالانه رطوبت نسبی مشهد دارای کاهشی معنی دار است، اما رطوبت نسبی حداقل و حداکثر با روند ضعیفی در حال افزایش هستند. فصل زمستان و بهار با روند معنی دار کاهشی همراه هستند. تابستان روند افزایشی مشخصی را نشان می دهد و پاییز نیز روند کاهشی ولی بی معنی را نشان می دهد. در کل می توان روند کاهشی رطوبت نسبی را در تمام فصول به غیر از تابستان مشاهده کرد (شکل 12 و جدول 5). با توجه به روندها و بررسی های دوره ای میانگین پیش بینی می شود که رطوبت نسبی در سال 2015 به 50/4٪ برسد.

جدول 5- میانگین رطوبت نسبی دوره ای و کل ایستگاه مشهد

	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	میانگین
دوره اول (1969-1952)	74/4	51/1	34/6	63	54
دوره دوم (1970-1987)	74/4	51/1	37/8	64/9	55/2
دوره سوم (1988-2005)	70/1	47/3	34/4	59/7	51
میانگین کل دوره	73	49/9	35/6	62/5	53/4

برسد. از نظر فیزیکی علت اصلی وقوع یخبندان، اختلاف دمای اجسام و موجودات یا گیاهان از یک طرف و هوای اطراف آنها از طرف دیگر است.

### رژیم یخبندان

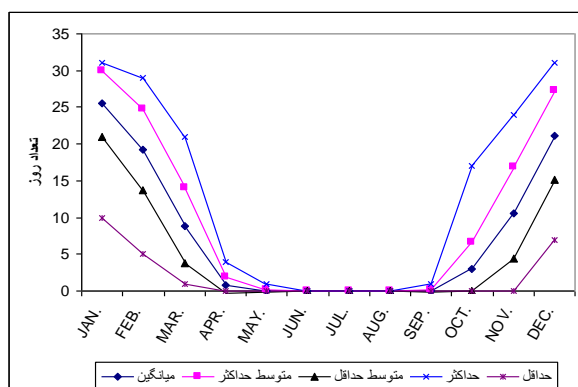
برودت هوا همان سرما است و یخبندان به حالتی گفته می شود که دمای هوا به پایین تر از صفر درجه سلسیوس

حداکثر، دسامبر نیز دارای 31 روز یخبندان است (شکل‌های 13 و 14). از بررسی‌های دوره‌ای 18 ساله می‌توان دریافت که تعداد روزهای یخبندان پاییز در حال کاهش است، در حالی که در بهار ثابت بوده و در زمستان نظم خاصی ندارد (جدول 6).

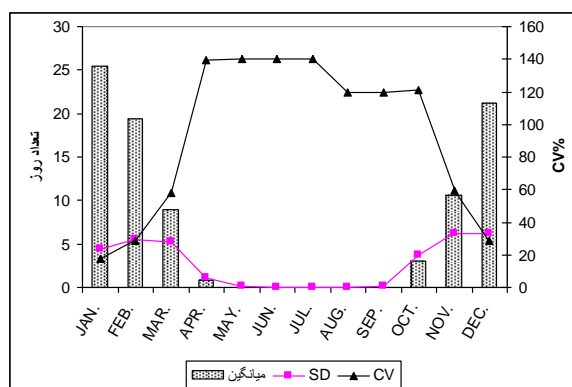
در مقیاس ماهانه ژانویه با 29 روز بیشترین تعداد روزهای یخبندان را دارد. از ماه می تا سپتامبر یخبندانی در ایستگاه مشهد مشاهده نمی‌شود (پنج ماه از سال یخبندان وجود ندارد، البته آوریل نیز با یک روز یخبندان همراه است که قابل اغماض می‌باشد). در ماه ژانویه حداکثر 31 روز و حداقل 10 روز یخبندان وجود دارد که از لحاظ

جدول 6- تعداد روزهای یخبندان ایستگاه مشهد

	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	مجموع
دوره اول (1969-1952)	52	1	0	42	95
دوره دوم (1970-1987)	62	1	0	42	105
دوره سوم (1988-2005)	45	1	0	22	68
میانگین کل دوره	54	1	0	35	90



شکل 14- رژیم تعداد روزهای یخبندان مشهد



شکل 13- رژیم آماری تعداد روزهای یخبندان مشهد

تعرق ماهانه را به همراه دارد ولی تبخیر و تعرق سالانه با این روش 853mm محاسبه شده است (جدول 7). برای محاسبه تبخیر و تعرق واقعی از روش تورک<sup>3</sup> نیز استفاده شده است [16]. با توجه به این که متوسط دمای سالانه مشهد 14/1 درجه سلسیوس و بارش آن 255/2mm است، تبخیر و تعرق واقعی سالانه مشهد طبق این روش 254 می‌باشد.

## باد

## تبخیر و تعرق

برای محاسبه تبخیر و تعرق فرمول‌های تجربی زیادی وجود دارد [15]. بلانی-کریدل<sup>1</sup> و ترنت وایت<sup>2</sup> دو روش معمول در ایران هستند. براساس روش بلانی-کریدل، ژوئیه با 201/28mm و ژانویه با 60mm به ترتیب بیشترین و کمترین تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه را دارند و تبخیر و تعرق سالانه نیز 1509 mm محاسبه شده است (جدول 7). روش ترنت وایت بر متوسط دمای ماهانه استوار است. مطابق این روش نیز ژانویه کمترین و ژوئیه بیشترین تبخیر و

1. Blaney-Criddle  
3. Tork

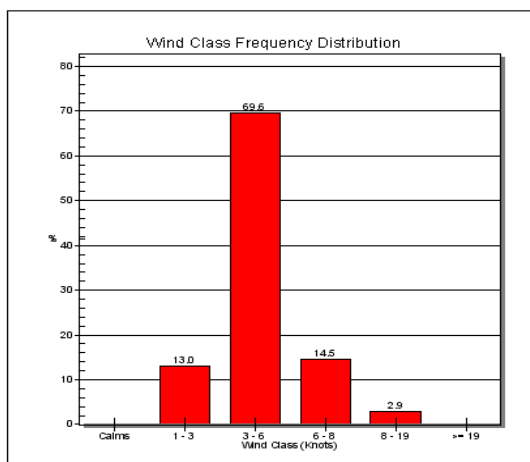
2. Thornthwaite



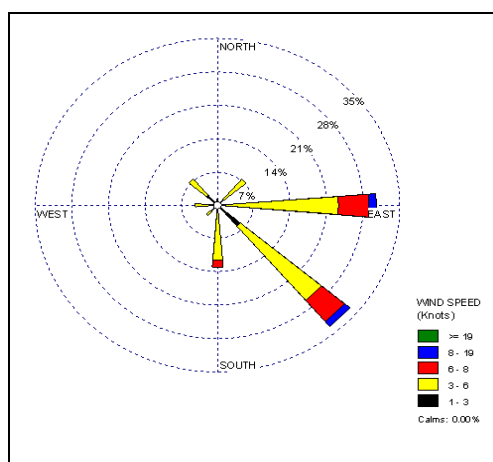
جدول 7- تبخیر و تعرق پتانسیل ایستگاه مشهد بر حسب میلیمتر

ماه	ترت وایت	بلای-کریدل
ژانویه	22	
فوریه	60/96	
مارس	108/73	
آوریل	162/16	
می	182/47	
ژوئن	147/16	
ژوئیه	93/63	
اوت	45/17	
سپتامبر	20/86	
اکتبر	1/32	
نوامبر	4/42	
دسامبر	5/08	
سالانه	853	

باد پدیده‌ای است پویا که از حرکت و جابجایی هوا حاصل می‌شود و معلول سلسله فرآیندهایی است که به تبع تابش خورشید پدید می‌آیند. باد دارای دو مولفه سمت و سرعت است. اطلاعات مربوط به سمت و سرعت باد در کاهش خسارات ناشی از وزش بادهای شدید بر محصولات، بهره‌گیری از امکانات طبیعی هر منطقه جهت استفاده از نیروی باد و نیز محاسبه نیاز آبی گیاهان کاربرد دارد [18]. بررسی سمت و سرعت باد نشان می‌دهد که باد غالب مشهد، جنوب شرقی است. پس از آن باد شرقی و جنوبی بیشترین فراوانی را دارد (جدول 8 و شکل 15). با محاسبه درصد فراوانی وقوع سرعت باد مشاهده می‌شود که بیشترین بادهای مشهد با سرعت 3-6 نات (هر نات معادل 1/852 کیلومتر بر ساعت است) می‌وزند. پس از آن بادهای با سرعت 6-8 نات بیشترین فراوانی را دارند (شکل 16).



شکل 16- نمودار فراوانی سرعت باد



شکل 15- گلباد ایستگاه مشهد

جدول 8- مشخصات بادهای براساس سمت و سرعت بر حسب درصد

سمت / سرعت				بیش از	مجموع
شمالی	!	!		!	
شمال شرقی	!		!	!	
شرقی					
جنوب شرقی					
جنوبی	!			!	
شمال غربی			!	!	

غربی			!	!	
جنوب غربی			!	!	
مجموع					

### روش آمبرژه

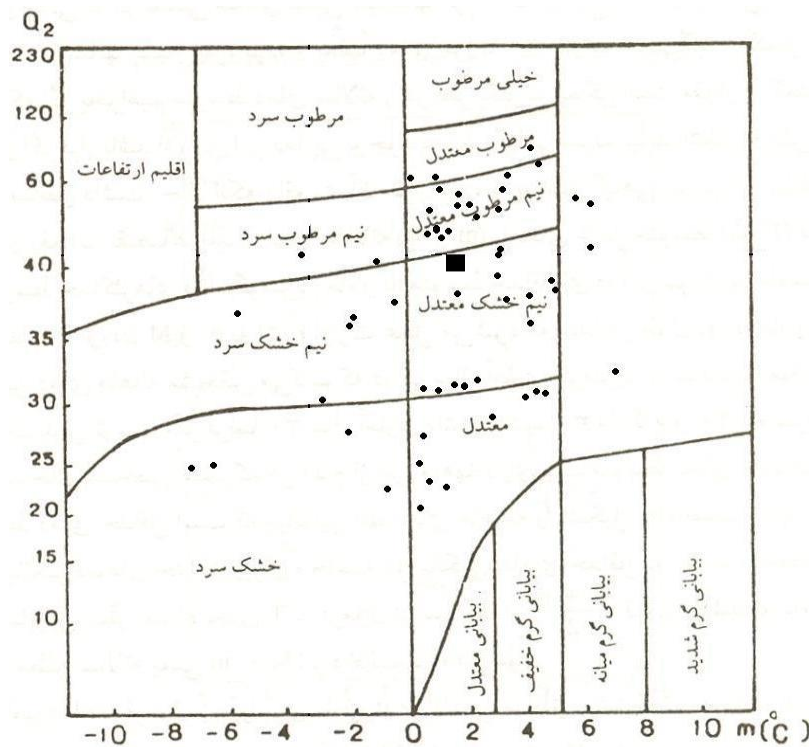
برای هر سال و میانگین دوره آماری مشهد نوع اقلیم براساس روش آمبرژه مشخص شده است. در حالت سالانه 14 سال اقلیم مشهد نیمه مرطوب معتدل، 14 سال نیمه خشک معتدل، 5 سال نیمه خشک سرد، 4 سال خشک سرد، 9 سال معتدل، 2 سال نیمه مرطوب سرد، 3 سال مرطوب معتدل و چند سال نیز در قسمت بیابانی قرار گرفته است. در حالت میانگین، کل دوره اقلیم مشهد نیمه خشک معتدل تعیین شده است (در شکل 17 با نقطه پررنگ نشان داده شده است) (شکل 17).

### طبقه بندی اقلیمی

طبقه بندی اقلیمی، توصیفی از وضعیت آب و هوای یک منطقه است. طبقه بندی اقلیمی در برخی از روش ها توسط فرمول و در برخی دیگر با نمودار مشخص می شود [16].

### روش دمارتن

در طبقه بندی دمارتن از دما و بارش برای طبقه بندی اقلیمی استفاده می شود [8]. با پلات کردن بارش و دمای سالانه مشخص شد که مشهد 26 سال دارای اقلیم خشک و 29 سال دارای اقلیم نیمه خشک بوده است (جدول 9).



شکل 17- اقلیم نمای آمبرژه ایستگاه مشهد

این فصل می باشد. در این فصل توده هوای CT بر منطقه حاکم است ولی در زمستان پرفشار جنب حاره عقب نشینی کرده و بادهای غربی بر منطقه حاکم شده و بارش های

### طبقه بندی کوپن

طبق طبقه بندی کوپن اقلیم مشهد به صورت CSa (آب و هوای مدیترانه ای) است (جدول 9). از خصوصیات این اقلیم استقرار پرفشار جنب حاره در تابستان و خشکی

زمستانه را ایجاد می‌کند. در این فصل توده هوای MP و CP وارد منطقه می‌شوند [12].

جدول 9- مقایسه روش‌های طبقه بندی اقلیمی

روش طبقه بندی	نوع اقلیم
روش کوپن	آب و هوای مدیترانه ای
روش آمبرژه	نیمه خشک معتدل
روش دمارتن	نیمه خشک

### نتیجه گیری

(شکل 16). اگر مجموع سمت و سرعت باد را در نظر بگیریم باد شرقی با سرعت 3-6 نات باد غالب خواهد بود. نمودار Z استاندارد نشان می‌دهد که اقلیم مشهد از سال 1979 تغییر کرده و از اقلیم نیمه خشک سرد به نیمه خشک گرم در حال تغییر است (شکل 11). براساس روش بلانی-کریدل میزان تبخیر و تعرق مشهد 1059 میلیمتر و براساس روش ترنت وایت 853 میلیمتر است. میزان تبخیر و تعرق واقعی مشهد نیز 255/2 میلیمتر است. اقلیم مشهد در حالت میانگین کل دوره، نیمه خشک معتدل (شکل 17) و براساس روش کوپن دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است (جدول 9). اقلیم مشهد به صورت نیمه بری می‌باشد.

دمای مشهد دارای روند معنادار افزایشی است (شکل 4). پیش بینی می‌شود دمای سال 2015 به 15/7 درجه سلسیوس برسد (جدول 10). بارش روند معناداری را نشان نمی‌دهد، ولی روند افزایشی ضعیفی دارد (شکل 9). بررسی بارش‌های حدی تمایل بارش‌ها را به صورت خیلی ضعیف به سمت رگباری شدن نشان می‌دهد. رطوبت نسبی دارای روند کاهشی معناداری است (شکل 12) و انتظار می‌رود در سال 2015 به 50/4 درصد کاهش یابد (جدول 10). ماه‌های می تا سپتامبر ماه‌های عاری از یخبندان هستند (شکل‌های 13 و 14).

باد غالب مشهد جنوب شرقی است (شکل 15) و بادهای با سرعت 3-6 نات فراوانی وقوع بیشتری را دارند

جدول 10- مشخصات برخی عناصر اقلیمی مشهد و پیش بینی آنها

سال 2015	میانگین (مجموع کل)	پاییز	تابستان	بهار	زمستان
*	256	50	4	78	123
15/7	14/1	9	24	19/6	4/6
50/4	53/4	62/5	35/6	49/9	73
*	90	35	0	1	54

(\* دارای روند معناداری نیستند، بنابراین پیش بینی انجام نشده است.)

### منابع

2- بابائی فینی، ا.، م.، فرج زاده، 1382، شاخص‌های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم (دانشگاه اصفهان)، ص 167.

1- آرخی، ع.، 1384، امکان‌سنجی اقلیمی کشت کلزا در استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، ص 124 و 128.

- 3- جهانبخش، س.، س.، ترابی، 1383، بررسی و پیش بینی دما و بارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مشهد، شماره 74، ص 104-126.
- 4- حسینی، س.ع.، 1387، بررسی گسترش افقی شهر مشهد در چند دهه اخیر و تاثیر آن بر منابع آب و خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، 45-48.
- 5- خسروی، م.ن.، جاودانی خلیفه، س.، محمدنیاقرائی، 1382، بررسی انطباق سری های زمانی دمای مشهد با تغییرات و نوسانات دمای کره زمین، سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم (دانشگاه اصفهان)، ص 463.
- 6- خورشیددوست، ع.ی.، قویدل رحیمی، 1383، مطالعه نوسانات بارش و پیش بینی و تعیین فصل مرطوب و خشک زمستانه استان آذربایجان شرقی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مشهد، شماره 72، ص 25-36.
- 7- سازمان هواشناسی کشور، آمار ایستگاه سینوپتیکی مشهد.
- 8- سیدان، س.ج.، ف.، محمدی، 1374، روش های طبقه بندی اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ص 74-109.
- 9- طاهری، م.، 1377، مدل بندی میزان دما و بارش در 11 ایستگاه هواشناسی در دوره آماری 1951-97 و پیش بینی تا سال 2000، سازمان هواشناسی ایران.
- 10- عزیزی، ق.، 1383، تغییر اقلیم، انتشارات قومس، ص 232.
- 11- عساکره، ح.، 1383، تحلیل آماری بر تغییرات میانگین سالانه دمای شهر زنجان، مجله نیوار، شماره 52، ص 30-39.
- 12- علیجانی، ب.، 1381، آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور، ص 136.
- 13- علیجانی، ب.، م.، کاویانی، 1380، مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت، ص 363-366.
- 14- علیزاده، ا.، غ.، کمالی، 1381، اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مشهد، شماره 65، ص 189-201.
- 15- علیزاده، ا.، 1383، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ص 240-242.
- 16- علیزاده، ا.، غ.، کمالی، ف.، موسوی، م.، موسوی بایگی، 1383، هوا و اقلیم شناسی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ص 336-346.
- 17- غیور، ح.، 1374، بررسی تغییرات بارش در چند ایستگاه ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مشهد، شماره 39، ص 55-71.
- 18- کرمی، م.، 1385، تعیین تقویم کشت گندم دیم در استان همدان با استفاده از داده های اقلیمی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، دانشکده دانشکده جغرافیا، ص 94-95.
- 19- محمدی، ح.، 1385، آب و هواشناسی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ص 5.
- 20- مهدوی، م.، م.، طاهرخانی، 1383، کاربرد آمار در اقلیم شناسی، انتشارات قومس، چاپ اول، ص 178.
- منصورفر، ک.، 1385، روش های آماری، انتشارات دانشگاه تهران، ص 44-45.
- 22- هدایتی دزفولی، ا.، 1381، برخی مشخصه های بارندگی تهران، مجله نیوار، شماره 46، ص 70-55.