کارگاه فنی
اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب
۲۴ بهمن ماه ۱۳۸۶

تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی دمای هوای شهر مشهد

فاطمه زابل عباسی[۱]، مرتضی اثمری[۲]، شراره ملبوسی[۳]

چکیده:

درجه حرارت هوا، به عنوان یکی از اصلی‌ترین عناصر اقلیمی، از مهمترین شاخص‌های آب و هوایی هر ناحیه جغرافیایی محسوب می‌گردد. در سال‌های اخیر، مشهد شاهد نوسانات قابل ملاحظه به همراه افزایش معنی دار دمای هوا بوده است. هدف اصلی این مقاله، توصیف گرافیکی مشاهدات درجه حرارت مشهد از طریق استخراج نمایه‌های موجود در سری‌های زمانی می‌باشد. به همین منظور داده‌های ماهانه دما از سال ۱۹۶۱الی ۲۰۰۵ در ایستگاه سینوپتیک مشهد جمع‌آوری و پس از ایجاد سری‌های زمانی در مقیاس‌های فصلی و سالانه جهت بررسی تغییرات احتمالی مورد استناد قرار گرفتند. به منظور سازماندهی، پردازش و اعمال کلیه روش‌های گرافیکی و ریاضی از امکانات و توابع موجود در محیط نرم افزارهای Excel و Minitab بهره گرفته شد.

با هدف تحلیل مقدماتی سری‌های زمانی، در مرحله اول ،شاخص‌های اولیه نظیر: مشاهدات خام ،داده‌های اسموت شده، میانگین متحرک و درصد تغییر پذیری طراحی و نتایج از طریق مدل‌های گرافیکی نمایش داده شد. در مرحله دوم، مؤلفه‌های ثانویه نظیر روند چرخه‌ای فصلی و غیر منظم موجود در سری مشاهدات محاسبه و شبیه سازی گردید. در مرحله سوم، تکنیک منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده در جهت آشکار سازی تغییرات درجه حرارت هوا به کار گرفته شد. در مجموع نتایج حاصله مبین این واقعیت‌اند که اولاً میزان تغییرات و نوسانات موجود در سری مشاهدات به ازای کلیه مقیاس‌ها در دراز

۱- فاطمه زابل عباسی – کارشناس پژوهشکده ملی اقلیم شناسی – مشهد-کارشناس ارشد هواشناسی – عضو کارگروه پژوهشی تغییر اقلیم- ص.پ ۴۹۱-۹۱۷۳۵ -تلفن ۸-۳۸۲۲۳۰۶-۰۵۱۱ نمابر: ۳۸۲۲۳۱۰-۰۵۱۱ پست الکترونیکی abbasi 9999@yahoo.com

۲- مرتضی اثمری سعد آباد – رئیس پیش بینی اداره کل هواشناسی مشهد -کارشناس ارشد هواشناسی – عضو کارگروه پژوهشی بلایای جوی - ص.پ ۴۹۱ ۹۱۷۳۵ -تلفن ۸-۳۸۲۲۳۰۶-۰۵۱۱ نمابر: ۳۸۲۲۳۱۰-۰۵۱۱ پست الکترونیکی asmari9999@yahoo.com

۳- شراره ملبوسی –کارشناس کامپیوتر

مدت بسیار قابل ملاحظه است. ثانیاً روندی مثبت در سری مشاهدات درجه حرارت شهر مشهد، به ویژه در مقیاس سالانه کاملا مشهود است.
کلمات کلیدی: تحلیل سری‌های زمانی درجه حرارت شهر مشهد، شاخص‌های اولیه، مؤلفه‌های ثانویه، تغییرات و روند افزایش دما.

مقدمه:

واقعیت تغییر اقلیم از موضوعات جالب توجه محافل علمی وحتی عوام در چند دهه اخیر بوده، تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی را به خود اختصاص داده است. بررسی و مطالعه تغییرات اقلیمی از این نظر در مطالعات جغرافیایی حائز اهمیت است که جنبه‌های عمده از این تغییرات به نقش و عملکرد انسانی (شهر سازی، جنگل زدایی، توسعه و رشد صنعتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و....) نسبت داده می‌شود. از طرف دیگر تغییر اقلیم به دلیل جنبه‌های علمی و عملی آن و نیز به خاطر اثرات محیطی واقتصادی – اجتماعی آن از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد. درجه حرارت هوا از معدود عناصر اقلیمی است که استمرار زمانی دارد و این متغیر اقلیمی با سایر عناصر آب و هوایی، مانند وزش باد و بارندگی، تشعشع خورشید ورطوبت هوا در ارتباط مستقیم و یا غیر مستقیم می‌باشد.

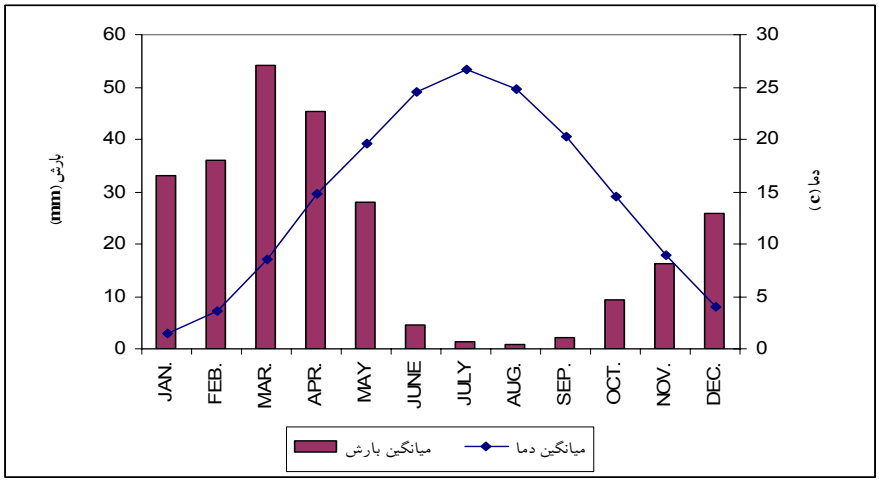
از اینرو، شناسایی تغییرات اقلیمی، به طور عام و دمایی به طور خاص، ازطریق تجزیه و تحلیل سری زمانی عنصر مربوط دارای اهمیت و مناسب خواهد بود.سری زمانی در واقع مجموعه‌ای از داده‌های غیر مستقل است که در فواصل زمانی مناسب شکل گرفته‌اند.

از مطالعات سری زمانی می‌توان به کارهای سلرز (۱۹۶۰)[۱]، جیمز و کاسکی (۱۹۶۳)[۲]، موهان و ویدال (۱۹۹۵)[۳]، پر سادسیینگ (۱۹۹۶)[۴]، لایت (۱۹۹۶)[۵]، واوداهی و جولیف (۱۹۹۸)[۶] اشاره نمود. در ادبیات اقلیمی ایران می‌توان مطالعه ترابی (۱۳۸۰) الگوبندی تغییرات دما وبارش ایران، پروین (۱۳۸۰) پیش‌بینی خشکسالی حوضه دریاچه ارومیه و جامعی (۱۳۸۱) برآورد دمای ایستگاه‌های منتخب غرب کشور عنوان نمود.

در این مطالعه سری‌های زمانی مربوط به دمای شهر مشهد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند تا نمایه‌های موجود در مشاهدات تحت عنوان شاخص‌های اولیه و مؤلفه‌های ثانویه استخراج گردد. از طریق این نمایه‌ها امکان آشکارسازی گرافیکی روند تغییرات و نوسانات احتمالی موجود در سری مشاهدات در مقیاس‌های سالانه و فصلی به آسانی میسر می‌گردد و با استخراج مؤلفه‌های ثانویه، ویژگی‌های دقیق‌تری از ماهیت مشاهدات مدل سازی می‌گردد.

موقعیت جغرافیایی و خصوصیات آب و هوایی

شهر مشهد در استان خراسان رضوی و با ارتفاع ۹۹۹/۲ متری و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۶۰ دقیقه شرقی قرارگرفته است. به طور کلی توده‌های جوی نظیر توده هوای مدیترانه‌ای، توده هوای دریای سیاه، توده هوای سرد سیبری از اهم سیستم‌های سینوپتیکی عمده‌ای هستند که در طول سال شهر مشهد را متاثر می‌سازند. شکل ۱، به عنوان اقلیم نمای ساده، ضمن نمایش تغییرات قابل توجه میانگین دما و بارش متوسط ماهانه، معرف نوعی اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشد.[۱]



شکل ۱- نمودار میانگین دما و بارش شهر مشهد دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ میلادی

داده‌ها و روش‌ها

در این مطالعه مقادیر درجه حرارت ماهانه شهر مشهد از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. کلیه محاسبات ریاضی و طراحی‌های گرافیکی مورد نیاز در محیط نرم افزارهای اکسل و مینی تب صورت گرفته است.

به منظور دستیابی به اهداف اصلی این تحقیق، روش‌های زیر بکار گرفته شد. در مرحله اول، جهت توصیف اولیه مشاهدات، نمایه‌های گرافیکی از سری‌های زمانی نظیر شاخص‌های خام، هموار شده،

1-William.D.Sellers
2-James.E and Caskey.JR
3-Mohan.S and Vedual.S
4- Prasad.K.D and S inge.S.V
5- Solange Medonca L eite
6-Shaffeqah Al-Awadli and Jan Jolliffe

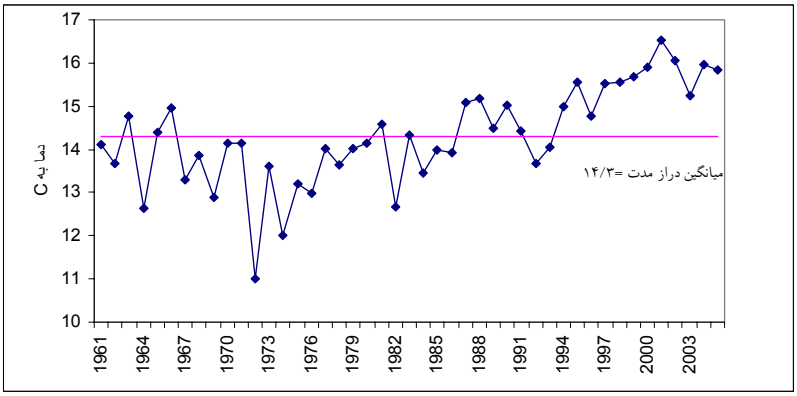
میانگین متحرک و تغییرپذیری طراحی گردید. سپس، نمایه‌های اصلی نظیر مؤلفه روند، مؤلفه چرخه‌ای، مؤلفه فصلی و تصادفی استخراج گردید. در مرحله آخر، تکنیک ریاضی –گرافیکی منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده در جهت آشکارسازی تغییرات احتمالی در سری مشاهدات بکار گرفته شد.

نتایج بحث:

الف:مؤلفه‌های اولیه:

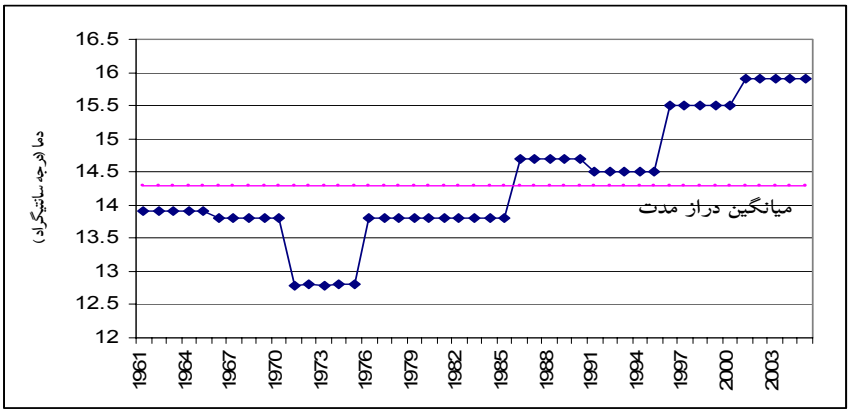
این شاخص‌ها با استفاده از شیوه‌های گرافیکی شاخص خام[۱]، اسموت شده[۲] (منعکس کننده تغییرات سیستماتیک موجود در مشاهدات)، میانگین متحرک[۳] (منعکس کننده تغییرات درازمدت) و تغییرپذیری[۴] (منعکس کننده تغییرات کوتاه مدت) استخراج گردید. ابتدا ،در جهت شناخت ویژگی‌های مشاهدات خام، دمای متوسط سالانه شهر مشهد در شکل ۲ نمایش داده شد. همانطوریکه در این شکل مشاهده می‌شود تغییرات سالانه دمای شهر مشهد نسبت به میانگین درازمدت قابل ملاحظه می‌باشد.[۱]

سپس با میانگین‌گیری‌های متوالی از سری مشاهدات ،نوسانات لحظه‌ای موجود حذف گردید. در واقع مؤلفه اسموت شده نوعی مرتب نمودن سیستماتیک داده‌های انبوه است. وجود روند تغییرات به طور مرحله‌ای در سری‌های زمانی توسط شکل ۳ نشان داده شده است .



شکل ۲- شاخص مشاهدات خام یا تغییرات میانگین درجه حرارت سالانه مشهد

1-Normalised Residual Mass Curves (NRMC)
2-Smooting
3- Moving Average
4-Fluctuating Componet



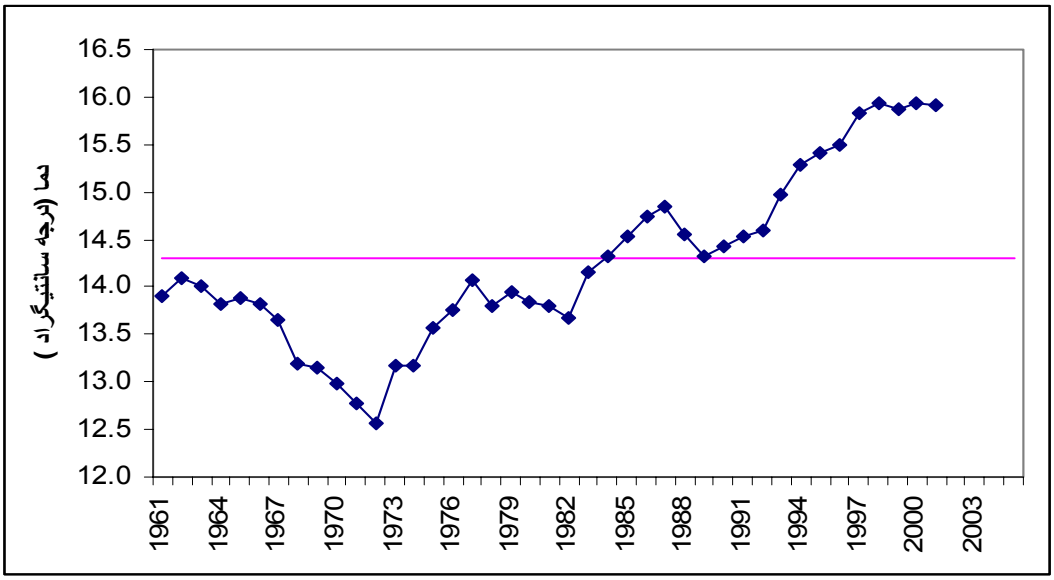
شکل ۳- شاخص اسموت شده درجه حرارت شهر مشهد

سومین مؤلفه (میانگین متحرک) در واقع منعکس کننده تغییرات درازمدت سری است. میانگین متحرک علاوه براین که روندهای مرحله‌ای سری زمانی دما ی مشهد را نشان می‌دهد ، تغییرات کلی سری را نیز نمایان می‌سازد. در واقع می‌توان گفت که میانگین متحرک، ترکیبی از مشاهدات خام و داده‌های اسموت شده است. میانگین متحرک ۵ ساله در شکل ۴ نشان داده شده است.

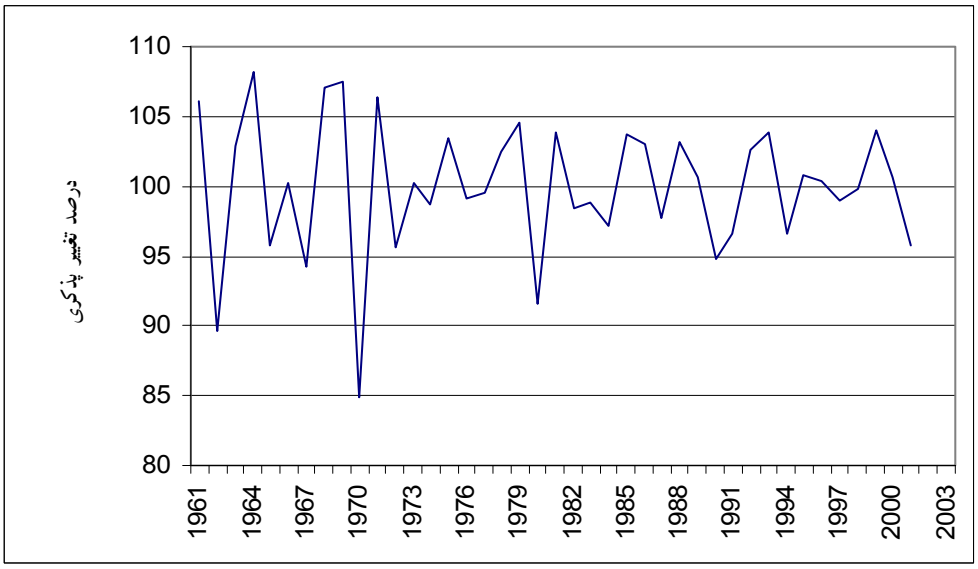
شاخص تغییر پذیری از دیگر نمایه‌های اولیه است که نشان دهنده الگوی تغییرات سال به سال در مشاهدات در جه حرارت مشهد می‌باشد. این شاخص، در واقع، نوعی توصیف کننده گرافیکی است که از تقسیم مشاهدات خام بر مقادیر میانگین متحرک در هر سال به دست می‌آید و به صورت درصد قابل بیان است. مقادیر تغییر پذیری درجه حرارت متوسط سالانه مشهد در جدول ۱ درج شده است. همچنین تغییرات سال به سال شاخص تغییر پذیری از طریق شکل ۵ بازسازی گردیده است.

جدول ۱- نحوه محاسبه مؤلفه‌های میانگین متحرک و تغییر پذیری درجه حرارت سالانه مشهد

سال‌های میلادی	میانگین دما سالانه (۱)	میانگین متحرک ۵ ساله دما (۲)	مؤلفه تغییرپذیری
1961	14.1		
1962	13.7		
1963	14.8	13.9	106.1
1964	12.6	14.1	89.6
1965	14.4	14.0	102.8
1966	15.0	13.8	108.2
1967	13.3	13.9	95.8
1968	13.9	13.8	100.2
1969	12.9	13.7	94.2
1970	14.1	13.2	107.1
... ...	... ...	.....	... ...
... ...	... ...	.....	... ...
2000	15.9	15.9	99.8
2001	16.5	15.9	104.0
2002	16.0	15.9	100.7
2003	15.3	15.9	95.8
2004	16.0		
2005	15.8		



شکل ۴– شاخص میانگین متحرک ۵ ساله دمای سالانه مشهد



شکل ۵ – شاخص تغییر پذیری میانگین دمای سالانه مشهد

مؤلفه‌های ثانویه:

این مؤلفه‌ها از طریق شاخص‌های اولیه و با استفاده از مدل‌های گرافیکی ماهیت تغییر پذیری و نوسانات مشاهدات دمای شهر مشهد نشان داده شد. به منظور تحلیل دقیق ترمشاهدات تلاش شد که مؤلفه‌های اصلی نظیر روند[۱]، چرخه‌ای[۲]، فصلی[۳] و غیر منظم[۴] از سری‌های زمانی نیز استخراج گردد. در این راستا، دو مدل ریاضی حاصل ضرب و حاصل جمع چهار مؤلفه را می‌توان مورد استناد قرار داد که در این مقاله مدل نوع اول انتخاب و بنابراین بر اساس معادله مربوطه خواهیم داشت:

$$Y_t=T \times C \times S \times I$$

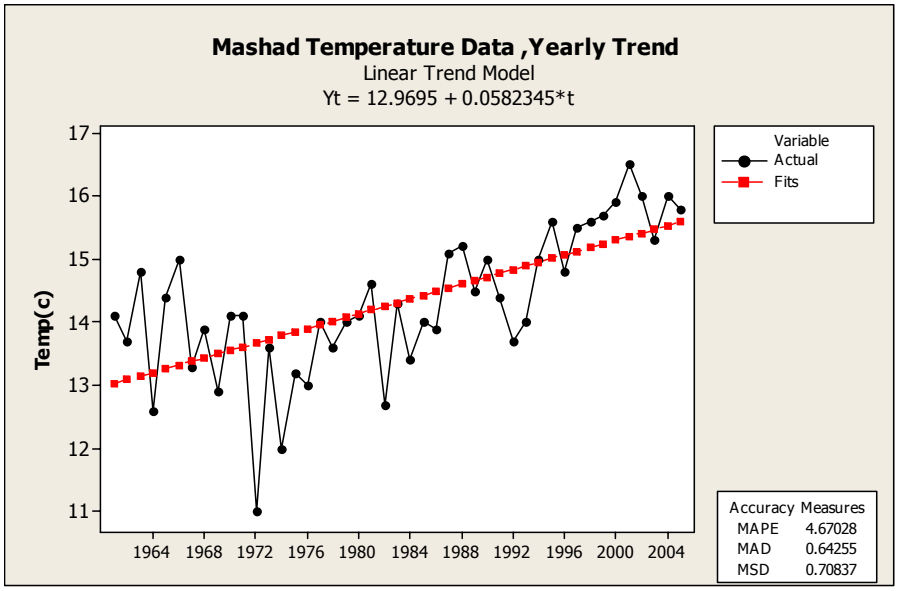
در معادله فوق Y_t معرف شاخص سری‌های زمانی و حروف S،C،T و I به ترتیب نشان دهنده مؤلفه‌های روند، چرخه‌ای، فصلی و غیر منظم موجود در سری‌های زمانی مربوط به درجه حرارت متوسط مشهد هستند. ابتدا، مؤلفه روند محاسبه گردید که می‌توان از آن به منظور نمایش تغییرات دراز مدت دما درایستگاه هواشناسی مشهد استفاده کرد. در واقع این مؤلفه نشان دهنده تاثیرات طولانی مدت فاکتور ویا عواملی است که برروی شهر مشهد تحمیل شده است. برای استخراج دقیق تر مقادیر روند، از روش حداقل مربعات[۵] بهره برده شد. نتایج برازش مشاهدات با خط روند در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر روند محاسبه شده را می‌توان توسط یک مدل گرا فیکی در محیط نرم افزار مینی تب شبیه سازی نمود. همچنانکه د ر شکل ۶ مشاهده می‌شود ،معادله خط روند افزایش مقادیر دمای متوسط سالانه شهر مشهد در ۴۵ سال گذشته نشان می‌دهد.

در مر حله بعدی، با بهره گیری از مؤلفه چرخه‌ای، ویژگی‌های نوسانی موجود در سری مشاهدات دمای متوسط شهر مشهد باز سازی شد. در واقع مؤلفه چرخه‌ای، توصیف کننده مقادیر متناوب افزایش و یا کاهش دما در سری زمانی بوده و دارای چرخه‌هایی متفاوت از نظر طول و شدت تغییرات می‌باشد مدل گرافیکی این مؤلفه نمایشگر دوره‌های اوج و حضیض در طول زمان است، که معمولا دارای نوسانات یکسان نبوده و با شدت‌های متفاوت و دامنه‌های نابرابر ظاهر می‌شود. به منظور استخراج مؤلفه چرخه‌ای مشاهداتی را باید مورد تحلیل قرار داد که دارای مؤلفه فصلی نباشند. در مشاهدات درجه حرارت سالانه کمتر اثری از مؤلفه فصلی را می‌توان یافت و بنابر این معادله کلی به صورت زیر قابل قبول خواهد بود.

1- Trend
2- Cyclical
3- Seasonal
4- Irregular
5- Least Squares

جدول ۲- نحوه محاسبه مؤلفه روند به روش حداقل مربعات سری مشاهدات دمای سالانه شهر مشهد

سال	رتبه مشاهدات X_i	دمای متوسط Yi	Xi^2	Yi^2	Xi Yi	مقادیرروند
1961	1	14.1	1	198.8	14.10	13.79
1962	2	13.7	4	187.0	27.35	13.77
1963	3	14.8	9	217.9	44.29	13.83
1964	4	12.6	16	159.5	50.51	13.71
1965	5	14.4	25	207.6	72.03	13.81
1966	6	15.0	36	223.89	89.78	13.84
1967	7	13.3	49	176.78	93.07	13.74
1968	8	13.9	64	192.04	110.86	13.78
1969	9	12.9	81	165.70	115.85	13.72
1970	10	14.1	100	199.78	141.34	13.79
…	…	…	…	…	…	….
…	…	….	…	…	….	….
…	…	….	….	…	….	….
2000	40	15.9	1600	253.18	636.46	13.89
2001	41	16.5	1681	272.74	677.11	13.92
2002	42	16.0	1764	257.60	674.09	13.90
2003	43	15.3	1849	232.68	655.91	13.85
2004	44	16.0	1936	254.71	702.23	13.89
2005	45	15.8	2025	250.78	712.62	13.89
n=45	∑ Xi =1035	∑Yi =643.9	∑ Xi² =31395	∑ Yi² =9269.4	∑ Xi Yi =15250.5	Y=a+bx b=n∑ Xi Yi-∑ Xi∑Yi/ n∑ Xi²-(∑ Xi)² $a = \overline{y} - b\,\overline{x}$



شکل ۶– مؤلفه روند دمای سالانه شهر مشهد در طول ۴۵ سال گذشته

$$Y_t=T\times C\times I$$

از معادله فوق می‌توان معادله روند را نیز حذف نمود. بنابر این از نظر ریاضی معادله زیر راخواهیم داشت.

$$C\times I=Y_t/T=T\times C\times I/T$$

در این صورت باقی مانده معادله همان حاصلضرب مؤلفه چرخه‌ای در مقادیر مؤلفه غیر منظم خواهد بود، که به صورت درصد قابل نمایش است. در عمل برای تفکیک مقدار مؤلفه چرخه‌ای طبق مراحل ذکر شده در جدول ۳ باید اقدام نمود. در این جدول مشاهدات مربوط به درجه حرارت متوسط سالانه مشهد مورد استناد قرار گرفته است. مدل‌های گرافیکی درصد تغییرات روند (حاصلضرب مؤلفه‌های نامنظم و چرخه‌ای)، مؤلفه چرخه‌ای و مؤلفه نامنظم جهت مقایسه بیشتر از طریق شکل ۷ (الف تا پ) ارایه شده است.

مؤلفه فصلی یکی دیگر از نمایه‌هایی است که در واقع بسیار منظم تر از مؤلفه چرخه‌ای ظاهر شده و مبین نقش عوامل موثری است که به صورت سیستماتیک بر روی متغیر دمای شهر مشهد عمل می‌نمایند. به همین دلیل مشاهدات مربوط به دما در فصول چهار گانه در طول سال‌های متمادی مورد نظر قرار گرفت. به منظور استخراج مقدار مؤلفه فصلی می‌توان از ضریب میانگین متحرک بهره برد. در این روش، در قدم اول، مشاهدات با استفاده از روش میانگین متحرک مرکزی اسموت گردید. نتیجه این کار انعکاس

حاصلضرب مؤلفه‌های روند و چرخه‌ای در سری‌های زمانی است. در قدم دوم، مقدار حاصلضرب مؤلفه‌های فصلی و نامنظم با استفاده از معادله زیر به دست آمد.

$$S\times I= Y_t/T\times C =T\times C\times S\times I/T\times C$$

جدول ۳- نحوه محاسبه مؤلفه چرخه‌ای و نامنظم سری مشاهدات دمای سالانه شهر مشهد

5	4	3	2	1	شماره ستون
I 100(3/4)	C	C*I 100(1/2)	T	yt	علامت مؤلفه
مؤلفه نامنظم به درصد	میانگین متحرک) ستون ۵ ساله از ۳) مؤلفه چرخه‌ای	حاصلضرب مؤلفه‌های چرخه‌ای و نامنظم مؤلفه روند به درصد	مقادیر روند	دمای متوسط	سال
		102.3	13.79	14.1	1961
		99.3	13.77	13.7	1962
105.75	100.97	106.8	13.83	14.8	1963
90.20	102.14	92.1	13.71	12.6	1964
102.68	101.62	104.3	13.81	14.4	1965
107.71	100.39	108.1	13.84	15.0	1966
96.04	100.72	96.7	13.74	13.3	1967
100.24	100.35	100.6	13.78	13.9	1968
95.34	98.41	93.8	13.72	12.9	1969
103.56	98.97	102.5	13.79	14.1	1970
…..	…..	….	….	…	….
…..	…..	….	….	…..	….
101.70	110.31	112.2	13.87	15.6	1995
96.39	110.76	106.8	13.83	14.8	1996
100.69	111.21	112.0	13.87	15.5	1997
100.42	111.68	112.1	13.87	15.6	1998
99.06	114.05	113.0	13.88	15.7	1999
99.82	114.75	114.5	13.89	15.9	2000
103.73	114.34	118.6	13.92	16.5	2001
100.66	114.72	115.5	13.90	16.0	2002
		110.1	13.85	15.3	2003
		114.9	13.89	16.0	2004
		114.0	13.89	15.8	2005

در قدم سوم، مقدار مؤلفه فصلی موجود در سری‌های زمانی (از طریق خارج نمودن تاثیرات مؤلفه نامنظم از معادله به روش میانگین گیری) قابل استخراج شد. برای درک موضوع، قسمتی از مشاهدات مربوط به دمای متوسط فصول از سال ۱۹۶۱ الی ۲۰۰۵ میلادی ارایه شده است.

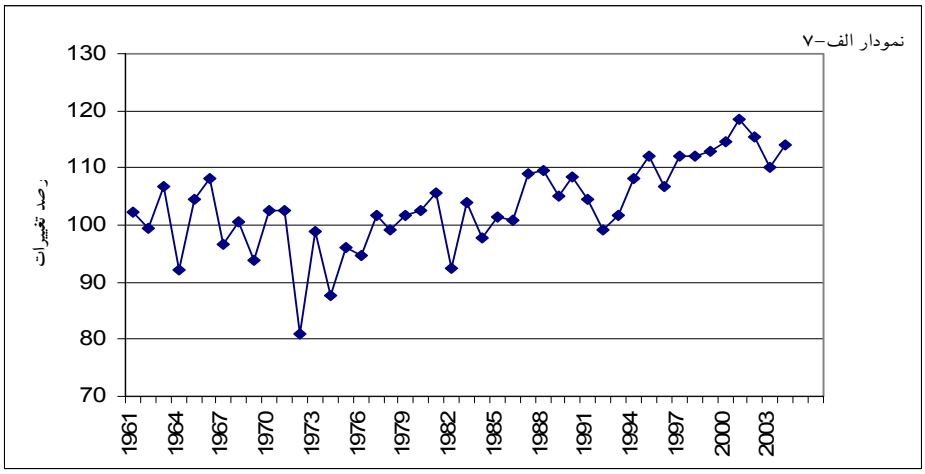
درستون دوم میانگین متحرک چارک‌ها، در ستون سوم میانگین متحرک مرکزی و در نهایت در ستون آخر نسبت حاصلضرب مؤلفه فصلی در مؤلفه نامنظم مشاهدات محاسبه گردیده است. در نهایت، در ستون آخر

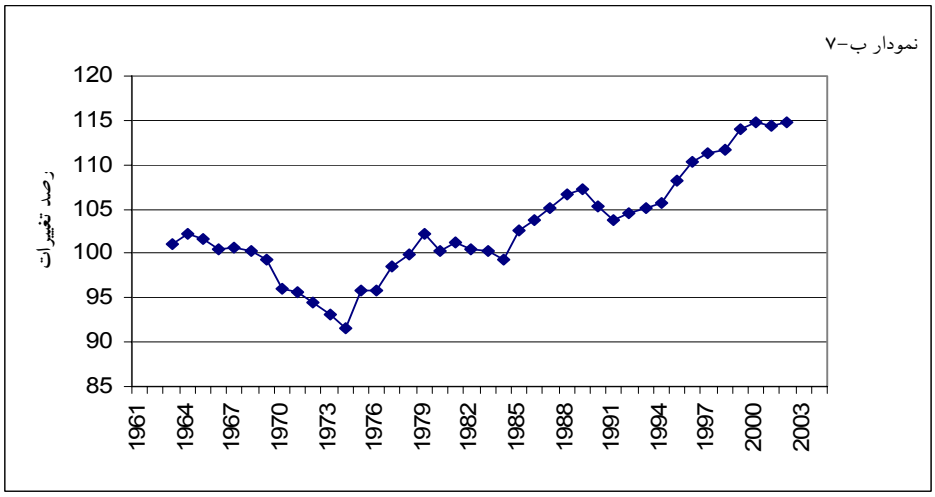
نسبت حاصلضرب مؤلفه فصلی در مؤلفه نامنظم مشاهدات محاسبه گردیده است. در نهایت، به منظور حذف سهم مؤلفه نامنظم، پارامترهای آماری میانگین و میانه مربوط به نسبت ضریب S×I در هر فصل استخراج و متوسط آنها به عنوان شاخص فصلی تغییرات منظور گردید (جدول ۵). درصد تغییرات فصلی دمای شهر مشهد در شکل ۸ نشان داده شده است.

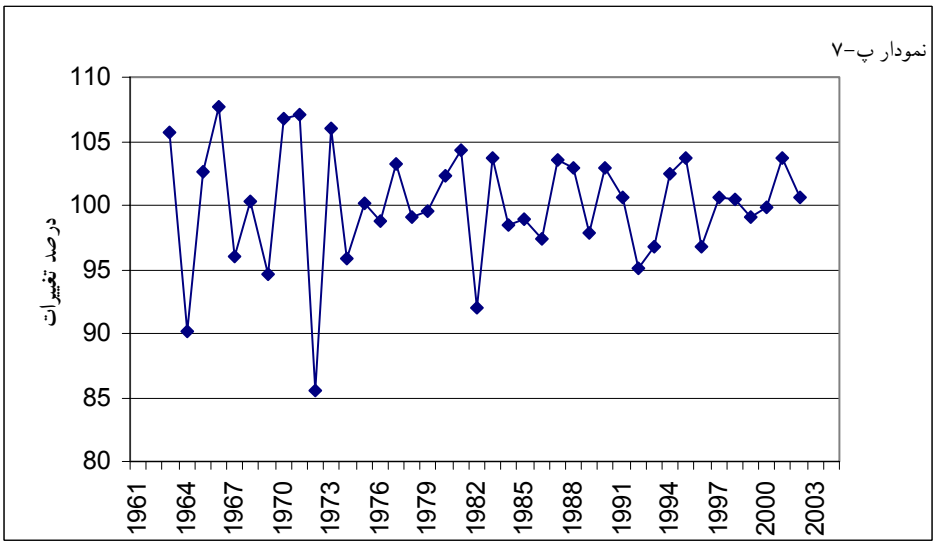
مؤلفه نامنظم آخرین مؤلفه‌ای است که بعد از حذف سهم سایر مؤلفه‌ها در مشاهدات باقی می‌ماند. این مؤلفه در واقع نوعی منعکس کننده تاثیرات سایر فاکتورهای غیر قابل پیش بینی و غیر معمول بر روی مشاهدات درجه حرارت شهر مشهد است. نحوه محاسبه سهم این مؤلفه در جدول ۳ ارایه و مدل گرافیکی مربوطه از طریق شکل۷- پ نمایش داده شده است.

جدول ۴- نحوه محاسبه حاصلضرب مؤلفه فصلی و مؤلفه نامنظم سری مشاهدات فصلی شهر مشهد

سال میلادی	میانگین دمای فصلی	میانگین متحرک چارک‌ها	میانگین متحرک مرکزی	نسبت ضریب S*I 100(1/3)
بهار ۱۹۶۱	19.3			
تابستان	23.8	14.0		
پاییز	8.8	13.7	13.9	63.4
زمستان	4.2	15.4	14.6	28.8
بهار ۱۹۶۲	18.08	12.1	13.8	131.3
تابستان	22.22	11.7	11.9	186.2
پاییز	7.34	14.8	13.3	55.3
زمستان	6.86	15.9	15.4	44.6
بهار ۱۹۶۳	19.61	13.2	14.5	134.8
تابستان	23.58	13.2	13.2	179.1
پاییز	8.43	14.7	13.9	60.5
زمستان	7.32	13.1	13.9	52.5
….	….	….	….	….
….	….	….	….	….
بهار ۲۰۰۴	20.07	18.5	18.5	108.6
تابستان	25.08	15.9	17.2	145.7
پاییز	10.30	16.8	16.4	62.9
زمستان	8.32	17.9	17.4	47.9
بهار ۲۰۰۵	20.25	15.1	16.5	122.6
تابستان	25.74	14.3	14.7	175.3
پاییز	10.88			
زمستان	6.18			



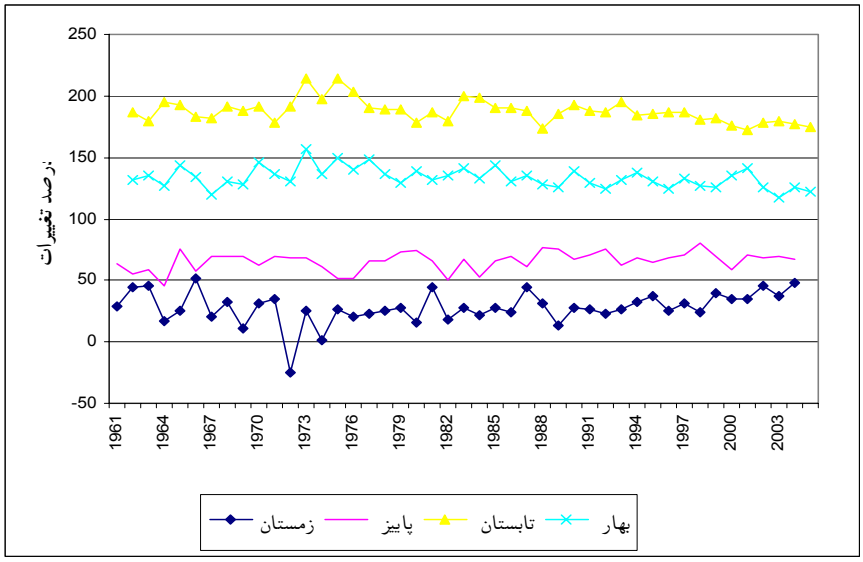




شکل ۷ – درصد تغییرات مؤلفه‌های روند، چرخه‌ای و نامنظم در مقادیر دمای متوسط سالانه مشهد

جدول ۵- مؤلفه‌های فصلی به ازای دمای فصول سال به همراه پارامترهای آماری شهر مشهد

سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
1961			63.4	28.8
1961			63.4	28.8
1962	131.3	186.2	55.3	44.6
1963	134.8	179.1	58.9	46.0
1964	127.2	195.0	45.6	16.9
....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....
2002	125.4	177.9	68.1	45.3
2003	117.4	179.1	70.0	36.7
2004	126.1	176.6	66.9	47.9
2005	122.6	175.3		
تعداد	45	45	45	45
جمع	884.7	1269.1	491.7	295.2
حداقل	117.4	175.3	45.6	16.9
حداکثر	134.8	195.0	70.0	47.9
دامنه	17.5	19.7	24.4	31.0
متوسط	126.4	181.3	61.5	36.9
میانه	126.1	179.1	63.4	40.7
شاخص فصلي	126.2	180.2	62.4	38.8



شکل ۸– تغییرات فصلی دمای شهر مشهد در فصول چهار گانه

مدل منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده

در جهت کنترل و تایید نتایج حاصل از تجزیه سری‌های زمانی به شاخص‌های اولیه و مؤلفه‌های ثانویه از تکنیک منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده نیز استفاده شد. از این روش به منظور آشکارسازی تغییرات معنی دار در روی مقادیر درجه حرارت در مقیاس سالانه می‌توان بهره برد. در واقع NRMC را می‌توان به عنوان اختلاف تراکمی بین مقادیر واقعی درجه حرارت در هر سال و متوسط مقادیر مشاهده شده در طول ۴۵ سال گذشته دانست، که برمیانگین مشاهدات تقسیم گشته است. به منظور درک دقیق تر موضوع برای محاسبه مقادیر NRMC با ازای سال‌های اول و دوم می‌توان معادلات زیر را منظور داشت.

$$NRMC_{Tr1}=Sum\ (T_i - T_m)/ T_m$$

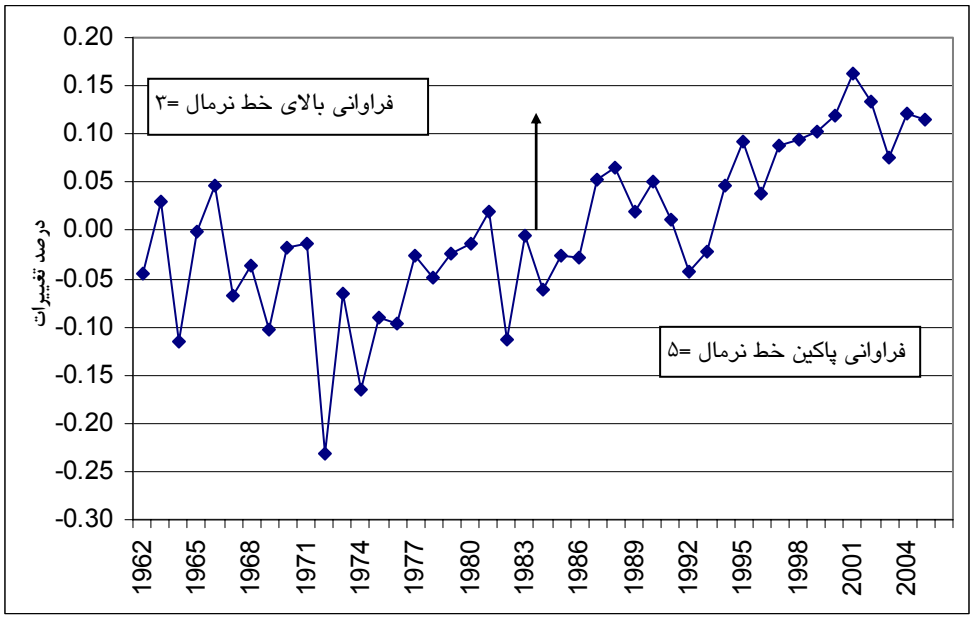
$$NRMC_{Tr2}= Sum[\ (\ NRMC_{Tr1} + (\ T_{i2} - T_m)]/ T_m$$

برای محاسبه مقادیر NRMC به ازای همه سال‌های آماری می‌توان به معادله زیر استناد نمود.

$$NRMC_{Trn}= Sum[\ (\ NRMC_{Trn-1} + (\ T_{in} - T_m)]/ T_m$$

در این معادلات T_m معرف میانگین درجه حرارت ۴۵ سال از مشاهدات است. T_{in} نشان دهنده مقدار مشاهدات در هر سال بوده و نمایه‌های T_i و T_{i2} به ترتیب معرف مقادیر درجه حرارت در سال‌های اول و دوم می‌باشند. بدین ترتیب $NRMC_{Tr1}$ نشان دهنده مقدار منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده در سال اول و در نهایت $NRMC_{Trn-1}$ نشان دهنده مقدارمنحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده در سال ما قبل آخر خواهد بود. در عمل به منظور محاسبه کلیه پارامترهای مورد نیاز می‌توان از محیط نرم افزار Ecelاستفاده نموده و با نوشتن چندین ماکرو ضرایب معادله را محاسبه و به طور اتوماتیک مقادیر NRMC را برای کلیه سال‌ها استخراج و مدل گرافیکی معادل را طراحی نمود.

با توجه به شکل۹ می‌توان دریافت که به ازای زمان تغییرات مدل NRMC شهر مشهد مبین یک نوع رفتار چرخه‌ای نسبت به خط نرمال (صفر) می‌باشد، که در آن روند افزایش در ضرایب مربوطه کاملا مشخص است. اگر سال۱۹۸۴ را به عنوان محور تقسیم مشاهدات در ۴۵ سال گذشته فرض نماییم. فراوانی تعداد دفعات حادث شده در بالای خط نرمال بین سال‌های ۱۹۶۱ الی۱۹۸۴، سه مورد در مقابل ۲۰ مورد پایین تر از خط مربوطه خواهد بود. اما در نیمه دوم سال‌های مشاهداتی ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵ وضعیتی معکوس حاکمیت داشته است. به عبارت دیگر می‌توان این رفتار سری زمانی را به نوعی گرم شدن هوا در شهر مشهد نسبت داد.



شکل ۹- منحنی تجمعی باقیمانده‌های نرمال شده دمای متوسط سالانه شهر مشهد

نتیجه‌گیری:

درجه حرارت هوا از محسوسترین عناصر اقلیمی است که ارتباط تنگاتنگی با سایر عناصر اقلیمی دارد و تغییرات آن باعث ایجاد یک سلسله واکنش‌های زنجیره‌ای زیست محیطی دامنه داری می‌گردد. در این مقاله سعی شد با استفاده از روش‌های ساده ریاضی و گرافیکی نمایه‌های موجود در دمای ثبت شده در طول ۴۵ سال گذشته شهر مشهد استخراج گردد. نتایج مبین این واقعیت اند که سری‌های زمانی در مقیاس‌های سالانه و فصلی دارای نوسانات و تغییرات بسیار چشمگیری به ازای زمان هستند. شاید از میان رفتن پوشش گیاهی، توسعه فیزیکی شهر و کاهش منابع آبهای سطحی از جمله عوامل اقلیمی باشند که باعث روند افزایشی قابل ملاحظه در عنصر دما گشته اند. در تحقیق جاری هدف اصلی آشکار سازی تغییر اقلیم دما و استخراج نمایه‌های اولیه و ثانویه موجود در سری درجه حرارت شهر مشهد بودو پیش بینی دما در سال‌های آینده صورت نگرفته است. اما این تحقیق زمینه‌ای را فراهم آورد که با آگاهی از خصوصیات نمایه‌های مربوط به سری‌های زمانی، از مدل‌هایی نظیر آریمای باکس و جنکینز[1] و.. بهره گرفته و وضعیت آینده را با شبیه سازی پیش بینی نمود.[2]

1- Box and Jenkins
2- Autoregresive Integrated Moving Average

منابع:

۱. مشکاتی، محمدرضا، ۱۳۷۱، مدل‌های استوکاسیک عوامل اقلیمی شهر تهران – مجله نیوار.

۲. رسولی، علی اکبر ۱۳۸۰، کارگاه آموزشی تحلیل سری‌های زمانی، مرکز ملی اقلیم شناسی، مشهد.

۳. رسولی، علی اکبر ۱۳۸۱، مدل سازی از عناصر اقلیمی شمال غرب کشور، پیش‌بینی مقادیر درجه حرارت ماهانه شهر تبریز به روش مدل آریما، دانشگاه تبریز، مجله دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، شماره۸.

۴. جامعی، جاوید۱۳۸۲، تحلیل و برآورد خشکسالی در غرب، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۱: ۱۵۱-۱۷۳.

۵. ترابی، سیما.۱۳۸۰، بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما وبارش در ایران، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی.

6. Box,G.E.P. and G.M.Jenkins,1976 ,Time Series Analysis:Forecasting and Control,rev.ed.,San Francisco , Holden-Day,USA.
7. Bureau of Meteorology ,1991,Climatic Survey, Sydney and NSW ,Australian Government Publishing Service ,Canberra.
8. PoleA.,M.West.and j.Harrison,1994,Applied Bayesian Forcasting and Time Series Analysis, Chapman &HALL,Melbourne,Australia .