

تحلیل و پیش بینی کل بارندگی ماهانه و سالانه مشهد

در سال ۲۰۰۵

سیدرضا هاشمی^۱، سید مهدی امیر جهانشاهی^۲

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۴/۳/۱۲)

در این مقاله میزان کل بارندگی ماهانه و سالانه در شهر مشهد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. اطلاعات مورد نیاز از سالنامه هواشناسی کل کشور اخذ گردیده و مربوط به ژانویه ۱۹۷۴ الی آگوست ۲۰۰۴ می باشد. مقاله از سه بخش تشکیل شده است. در بخش اول به تحلیل مقدار کل بارندگی ماهانه و در بخش دوم به تحلیل مقدار کل بارندگی سالانه پرداخته و برای تحلیل داده ها و انجام پیش بینی ها از روشهای هموارسازی نمایی^۳ و باکس و جنکینس^۴ استفاده شده است. همچنین برای انتخاب بهترین روش پیش بینی از شاخصهای ارزیابی خطای الگو استفاده شده که مدلهای هموارسازی نمایی مناسبتر تشخیص داده شده است و بر این اساس به پیش بینی کل بارندگی ۴ ماه آخر سال ۲۰۰۴ و شش ماه اول سال ۲۰۰۵، همچنین کل ریزش باران سالانه، سالهای ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ پرداخته شده است. در بخش سوم بوسیله روشهای رگرسیونی به تحلیل متوسط درجه حرارت سالانه و چگونگی تاثیر آن بر مقدار کل بارندگی سالانه پرداخته و نتیجه گرفته شده است که ارتباط معکوس و معنی داری بین متوسط درجه حرارت سالانه و مقدار کل بارندگی وجود دارد و بر اساس متوسط پیش بینی های انجام شده در مورد مقدار کل بارندگی، متوسط درجه حرارت سالهای ۲۰۰۵ الی ۲۰۰۷ پیش بینی شده است که دارای سیر صعودی خواهد بود.

چکیده

*

*

*

۱- گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۲- گروه آمار دانشگاه بیرجند

3. Exponential Smoothing Methods

4. Box & Jenkins Methods

کلمات کلیدی: پیش‌بینی، هموارسازی‌نمایی، باکس‌وجنکینس، معیارهای ارزیابی خطای الگو و رگرسیون.



مقدمه

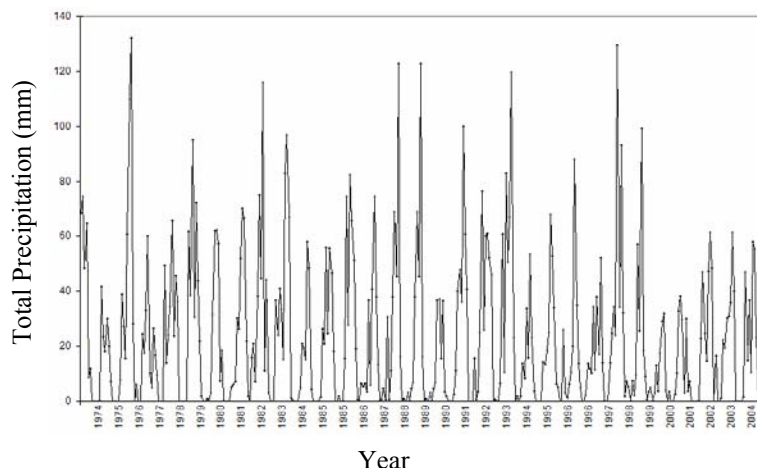
اطلاعات ثبت شده حداقل سی ساله از کل بارندگی ماهانه یک منطقه می‌تواند راهنمای کار مناسبی جهت پیش‌بینی‌های سیلاب^۱ منطقه و محاسبه ضریب رواناب و همچنین استفاده از مدل‌های مناسب بارندگی-رواناب جهت برآورد هیدروگراف واحد یک منطقه باشد. حال اگر اطلاعات به کمک روشهای مناسب آماری بکار گرفته شود می‌توان الگوریتم مناسبی جهت محاسبه و یا تخمین بارندگی در سالهای آتی بصورت کل بارندگی ماهانه و سالانه را بدست آورد. استفاده از این آمار بارندگی می‌تواند الگوی کشت مناسبی جهت برنامه ریزی سطح زیر کشت برای نیاز آبی گیاهان زراعی منطقه باشد. با توجه به مطلب فوق این امکان برای کشاورزان تهیدست پیش‌می‌آید که بتوانند با کشت دیم سرو سامانی به زندگی خویش بدهند و در سطح وسیع‌تر باعث افزایش برداشت محصول در آن سال بخصوص در سطح منطقه شده و در نتیجه نیازهای وارداتی کشور را در این مورد کاهش دهند. با توجه به ایده فوق و با استفاده از آمار بارندگی بصورت میانگین ماهانه^۲ هر منطقه و با استفاده از یک سیستم مناسب آماری می‌توان برای هر منطقه این پیش‌بینی را انجام داد و در نتیجه الگوی کشت مناسب برای آن منطقه انتخاب گردد. امید است که توانسته باشیم در راه رسیدن به این هدف از اشتباهات قابل قبول در پیشگویی کاسته تا آمار تخمین زده به واقعیت آتی نزدیک‌تر باشد.

بخش اول: تحلیل داده‌های ماهانه

تحلیل بوسیله روشهای هموارسازی‌نمایی

برای آشنایی مناسب با ماهیت داده‌ها [۲] ابتدا نمودار سری زمانی مشاهدات را رسم می‌نماییم. در شکل ۱ حالت فصلی کاملاً مشخص است بنابراین برای تحلیل باید از روشهای هموارسازی‌نمایی هلت وینترز^۳ استفاده کرد [۳].

1. Flood Forecasting
2. Monthly Average
3. Holt Winters Exponential Smoothing Methods



شکل ۱- سری زمانی کل ریزش ماهانه باران بر حسب میلیمتر در مشهد

پیش بینی با استفاده از مدل هلت وینترز فصلی جمعی

برای استفاده از روشهای هلت وینترز فصلی احتیاجی به حصول ایستایی مشاهدات نداریم، کفایت نوع فصل (ضربی یا جمعی) و اینکه هر چند مشاهده تشکیل یک فصل را می دهند مشخص کنیم که با توجه به شکل ۱، هر ۱۲ مشاهده تشکیل یک فصل را می دهند و ساختار فصلی جمعی نیز در نمودار مشخص است. مسئله مهم دیگری که باقی می ماند انتخاب مقادیر مناسب برای α ، β و γ (ضرایب مدل) می باشد. کفایت با انجام یک جستجوی شبکه ای^۱ مقادیر مختلفی را برای ضرایب در نظر بگیریم و بوسیله هر کدام به برازش الگو و پیش بینی مشاهدات اصلی پردازیم. مقادیر بهینه برای ضرایب آنهایی هستند که منجر به کوچکترین خطا شوند. نتیجه این جستجو را برای کوچکترین خطاهای ممکن در جدول ۱ ارایه کرده ایم.

مقادیر معیارهای ارزیابی خطا [۴] بر اساس مقادیر مختلف پارامترها بر اساس کل مشاهدات (مربوط به ژانویه ۱۹۷۴ الی آگوست ۲۰۰۴) محاسبه شده اند. که از بین آنها با توجه به مقادیر خطا الگوی شماره ۱۰ پیشنهاد می شود. بنابراین بهترین مدل هموارسازی خانواده هلت وینترز عبارتست از:

$$\begin{aligned} S_t &= .3(S_{t-1} + T_{t-1}) + .7(X_t - F_{t-12}) \\ T_t &= .05 T_{t-1} + .95(S_t - S_{t-1}) \\ F_t &= .001F_{t-12} + .999(X_t - S_t) \end{aligned} \quad (1)$$

جدول ۱- مقایسه معیارهای ارزیابی خطا برای الگوی فصلی جمعی با ضرایب مختلف در مقایسه با مشاهدات اصلی

MSE	MAD	مقادیر منتخب برای ضرایب	شماره الگو
523.73	17.85	$\alpha = \beta = \gamma = 0.3$	1
606.66	18.84	$\alpha = \beta = \gamma = 0.2$	2
511.60	16.37	$\alpha = \beta = \gamma = 0.1$	3
568.25	18.00	$\alpha = 0.1, \beta = 0.2, \gamma = 0.3$	4
510.47	12.17	$\alpha = 0.3, \beta = 0.2, \gamma = 0.1$	5
497.25	17.23	$\alpha = 0.2, \beta = 0.2, \gamma = 0.1$	6
491.11	16.69	$\alpha = 0.3, \beta = 0.2, \gamma = 0.05$	7
473.91	16.32	$\alpha = 0.3, \beta = 0.2, \gamma = 0.01$	8
845.58	21.14	$\alpha = 0.3, \beta = 0.2, \gamma = 0.001$	9
437.59	15.33	$\alpha = 0.3, \beta = 0.05, \gamma = 0.001$	10
446.04	15.69	$\alpha = 0.3, \beta = 0.1, \gamma = 0.001$	11
467.00	15.66	$\alpha = 0.3, \beta = 0.01, \gamma = 0.001$	12

که در آن X_t مشاهده لحظه t ام، S_t مقدار هموار شده و T_t مولفه روند و F_t مولفه فصلی در لحظه t را نشان می‌دهد. براین اساس مقادیر پیش بینی حاصل از الگوی فوق را برای ماههای باقیمانده سال ۲۰۰۴ و شش ماه اول سال ۲۰۰۵ در جدول ۲ ارایه می‌نماییم. همچنین نمودار سری زمانی و مقادیر پیش بینی‌ها در شکل ۲ ارایه شده‌است.

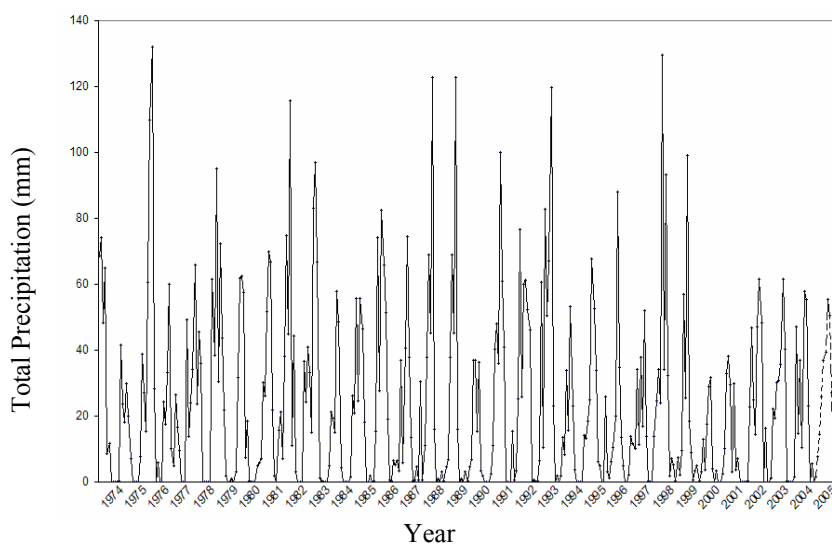
تحلیل به کمک روشهای باکس و جنکینس

برای تشخیص بوسیله روشهای باکس و جنکینس [۳] ابتدا باید ایستایی حاصل شود و بر اساس سری ایستا به تشخیص مرتبه فرایند پرداخت. با توجه به شکل ۱ که در آن مولفه فصلی کاملاً مشخص است ابتدا یک تفاضل فصلی روی داده‌ها اعمال می‌کنیم که در نتیجه سری زمانی ایستا می‌شود. حال بر اساس مشاهدات ایستا نمودارهای تشخیصی 1ACF و 2PACF را رسم می‌کنیم.

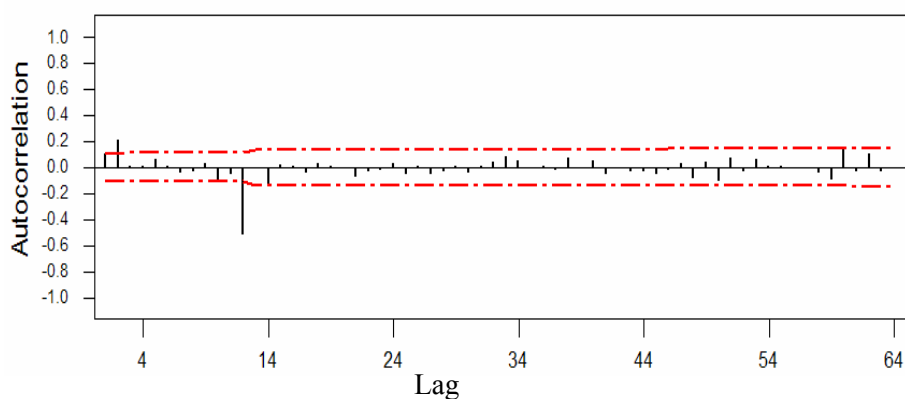
1. Autocorrelation Function
2. Partial Autocorrelation Function

جدول ۲- ارایه مقادیر پیش بینی شده ریزش باران طی ماه‌های آخر سال ۲۰۰۴ و شش ماه اول سال ۲۰۰۵ در مشهد بر حسب میلیمتر و ارایه فاصله اطمینان ۹۵٪ برای پیش‌بینی‌ها (پیش‌بینی‌های منفی مساوی صفر قرار داده شده‌اند)

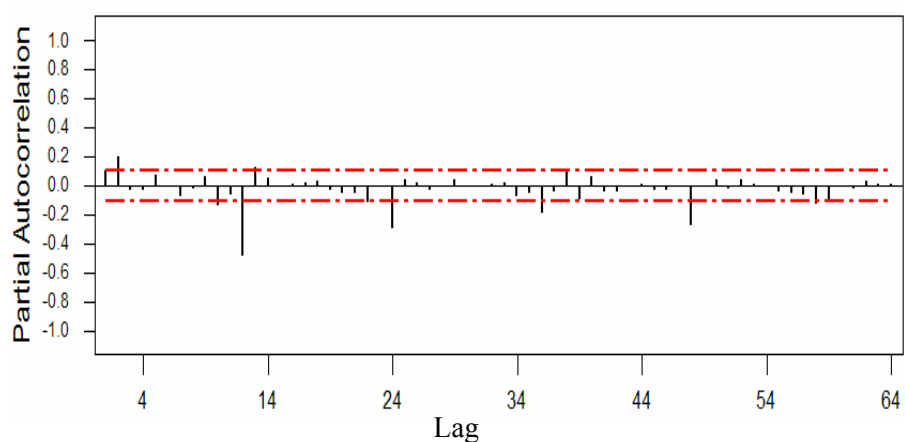
ماهها	حد پایین پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	حد بالای پیش‌بینی	مقادیر واقعی
شهریور (Sep. 2004)	0	1.41	38.96	4.0
مهر (Oct. 2004)	0	7.60	46.94	4.6
آبان (Nov. 2004)	0	14.35	55.64	13.6
آذر (Dec. 2004)	0	25.73	69.13	37.7
دی (Jan. 2005)	0	37.08	82.71	40.1
بهمن (Feb. 2005)	0	39.50	87.48	23.1
اسفند (Mar. 2005)	0	55.31	105.72	34.8
فروردین (Apr. 2005)	0	50.38	103.32	30.0
اردیبهشت (May 2005)	0	27.06	82.59	?
خرداد (Jun. 2005)	0	4.54	62.73	?



شکل ۲- کل ریزش ماهانه باران از سال ۱۹۷۴ الی ۲۰۰۴ و ارایه پیش‌بینی‌های ۶ ماه اول سال ۲۰۰۵ بر حسب میلیمتر به روش هموارسازی نمایی هلت وینترز



شکل ۳- خود همبستگی تفاضل فصلی مرتبه اول میزان ریزش ماهانه باران در مشهد



شکل ۴- خود همبستگی جزئی تفاضل فصلی مرتبه اول میزان ریزش ماهانه باران در مشهد

با توجه به شکل‌های ۳، ۴ و بررسی ضرایب معنی دار در آنها به نظر می‌رسد الگوی فصلی الگوی زیر را خواهیم داشت [۱].

$$X_t = X_{t-12} - Z_t - 0.11Z_{t-1} + 0.187Z_{t-2} + 0.869Z_{t-12} + 0.095Z_{t-13} + 0.163Z_{t-14} \quad (2)$$

که در آن X_t مقدار کل ریزش باران در لحظه t ام می‌باشد و Z_t مقدار خطا در همان لحظه می‌باشد.

برای حصول اطمینان از رسیدن به بهترین الگو و اطمینان از دسترسی به بالاترین دقت برای پیش بینی، چندین الگوی دیگر که آنها نیز مناسب بنظر می رسد، برآزش می دهیم و بوسیله معیارهای ارزیابی خطا به بررسی دقت این الگوها می پردازیم. نتایج در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳- محاسبه معیارهای ارزیابی خطا برای تعدادی از بهترین الگوهای منتخب بوسیله روشهای باکس و جنکینس

شماره الگو	الگوها	¹ AIC	² SBC	RMSE
1	ARIMA (0,0,2)(0,1,1) ₁₂	3181/83	3193/45	21/02
2	ARIMA (3,0,2)(4,1,2) ₁₂	3195/28	3237/90	21/19
3	ARIMA (0,1,3)(0,1,1) ₁₂	3225/89	3241/36	22/62

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود الگوی شماره یک دارای کوچکترین معیارهای ارزیابی خطا برای مشاهدات اصلی سری زمانی می باشد. حال به مقایسه دقت پیش بینی سه الگوی مذکور بر اساس مقایسه پیش بینی ها با مقادیر واقعی می پردازیم.

جدول ۴- مقایسه معیارهای ارزیابی خطا برای الگوی فصلی باکس و جنکینس در مقایسه با مقادیر واقعی

شماره الگو	الگوها	MAPE	³ MAD	⁴ MSE
1	ARIMA (0,0,2)(0,1,1) ₁₂	3/32	1/83	3/92
2	ARIMA (3,0,2)(4,1,2) ₁₂	5/54	3/42	8/23
3	ARIMA (0,1,3)(0,1,1) ₁₂	7/36	5/21	10/78

با توجه به نتایج جدول ۴ الگوی شماره ۱ همانطور که انتظار داشتیم، دارای دقیقترین پیش بینی ها می باشد زیرا در هر سه شاخص ارزیابی خطا در بین الگوهای مختلف دارای کوچکترین خطا می باشد. بر این اساس مقادیر پیش بینی حاصل از الگوی شماره یک را برای ۴ ماه آخر سال ۲۰۰۴ و شش ماه اول سال ۲۰۰۵ در جدول ۵ ارایه می نمایم.

-
1. Akaike Information Criterion
 2. Shewhart Bayesian Criterion
 3. Mean Absolute Deviation
 4. Mean Square Error

جدول ۵- آرایه مقادیر پیش بینی شده ریزش باران به روش باکس و جنکینس طی ماههای آخر سال ۲۰۰۴ و ۶ ماه اول سال ۲۰۰۵ بر حسب میلیمتر و آرایه فاصله اطمینان ۹۵٪ برای آنها (پیش بینی های منفی مساوی صفر قرار داده شده اند)

ماهها	حد پایین پیش بینی	مقدار پیش بینی	حد بالای پیش بینی	مقادیر واقعی
شهریور (Sep. 2004)	0	2.99	44.21	0.4
مهر (Oct. 2004)	0	5.34	46.80	4.6
آبان (Nov. 2004)	0	19.66	61.83	13.6
آذر (Dec. 2004)	0	23.54	65.71	37.7
دی (Jan. 2005)	0	32.60	74.77	40.1
بهمن (Feb. 2005)	0	32.71	74.89	23.1
اسفند (Mar. 2005)	9.12	51.30	93.48	34.8
فروردین (Apr. 2005)	3.16	45.34	87.52	30.0
اردیبهشت (May 2005)	0	27.08	69.26	?
خرداد (Jun. 2005)	0	3.68	45.86	?

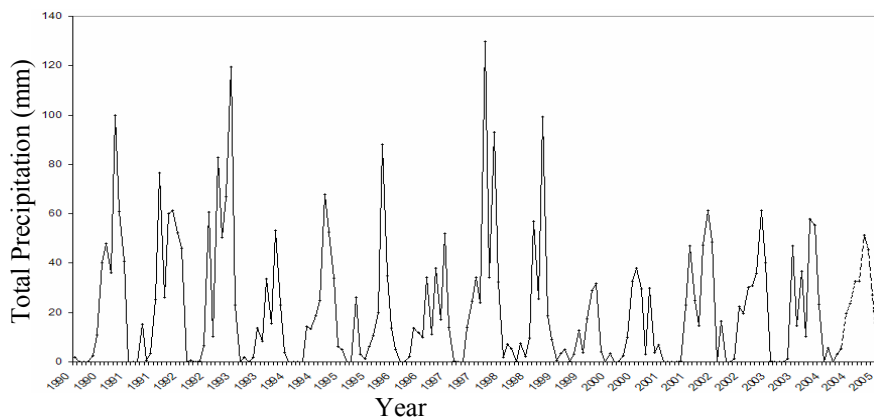
جمع بندی و انتخاب بهترین روش پیش بینی

با توجه به جداول ۱، ۳ و مقایسه معیارهای ارزیابی خطای بین این دو می توان نتیجه گرفت الگوی منتخب جدول ۱ پیش بینی های دقیقتری را نسبت به الگوی منتخب جدول ۳ آرایه نموده است. متوسط قدر مطلق درصد خطای نسبی (MAPE)^۱ الگوی روش هلت و وینترز تقریباً ۰/۷ و متوسط درصد خطای نسبی الگوی باکس و جنکینس تقریباً ۱/۱۳ می باشد. بنابراین پیش بینی روش هموارسازی نمایی هلت و وینترز از خطای کمتری برخوردار است، پس روش هموارسازی نمایی هلت و وینترز دارای دقت بالاتری برای پیش بینی میزان ریزش باران می باشد. در شکل ۵ کل بارش ماهانه از سال ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۴ آرایه و پیش بینی های شش ماه اول سال ۲۰۰۵ نیز به صورت نقطه چین نشان داده شده است.

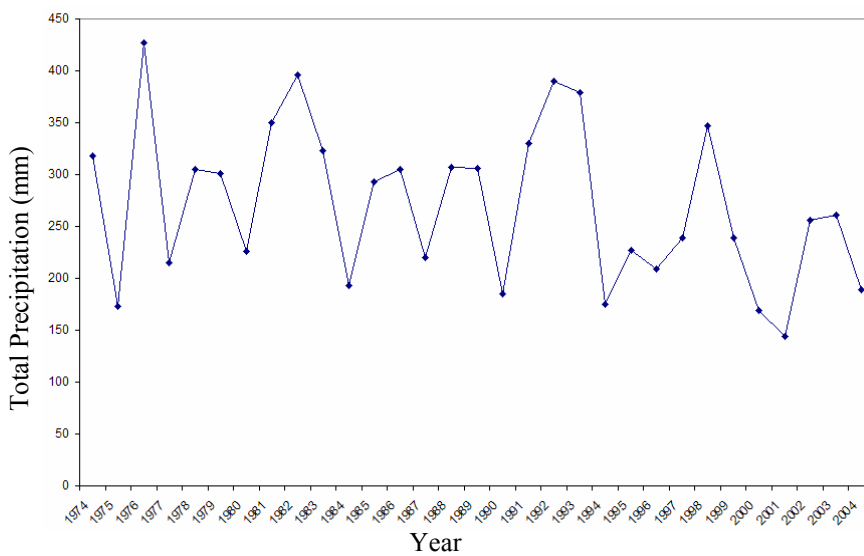
بخش دوم: تحلیل داده های سالانه

تمام بحثها و تحلیلهایی که تا این قسمت انجام شد بر اساس ریزش کل ماهانه باران بود حال برای کاملتر شدن بررسی می توانیم به تحلیل ریزش کل سالانه باران پردازیم. نمودار سری زمانی کل ریزش سالانه باران در شکل ۶ آرایه شده است.

1. Mean Absolute Percentage Error



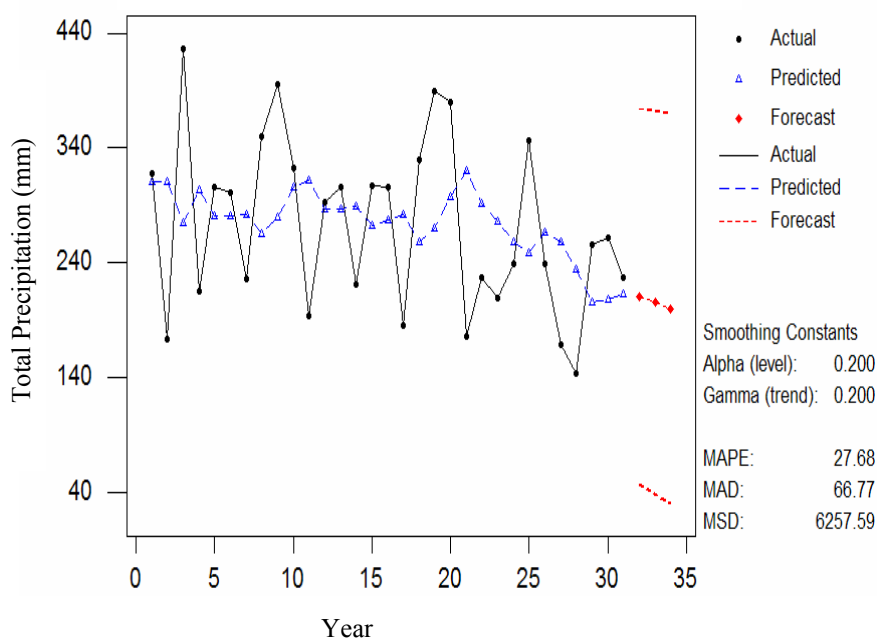
شکل ۵- کل ریزش ماهانه باران از سال ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۴ و ارایه پیش‌بینی‌های ۶ ماه اول سال ۲۰۰۵ بر حسب میلیمتر به روش باکس و جنکینس



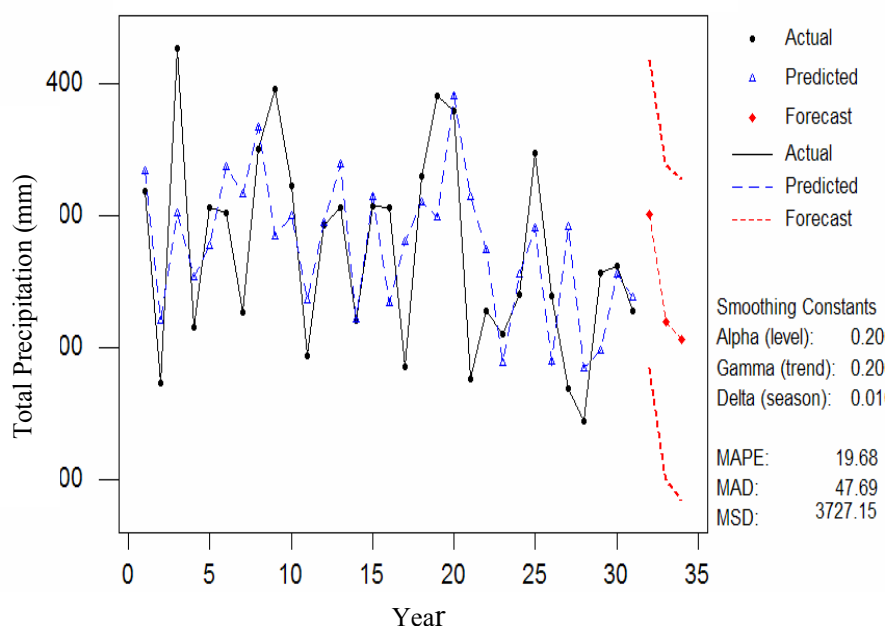
شکل ۶- سری زمانی کل ریزش سالانه باران در مشهد از سال ۱۹۷۴ الی ۲۰۰۴ بر حسب میلیمتر

تحلیل بوسیله روشهای هموارسازی نمایی

با توجه به سیر نزولی که در شکل ۶ مشاهده می شود می توانیم از روش هموارسازی نمایی مرتبه دوم برای پیش بینی کل ریزش باران استفاده کنیم. در شکل ۷ نتیجه استفاده از روش مذکور و پیش بینی کل ریزش باران سه سال آتی ارایه شده است. همچنین با توجه بیشتر به شکل ۶ دوره‌ای پنج ساله در نمودار بارش سالانه مشهود مشاهده می شود بنابراین برای بررسی دقیقتر از روشهای فصلی جمعی و ضربی هلت و وینترز نیز برای بررسی استفاده می کنیم. با انجام جستجوی شبکه‌ای [۷] مشابه آنچه که در جدول ۱ برای داده‌های ماهانه انجام دادیم ضرایب مدل‌های هلت و وینترز را مشخص می کنیم که در نتیجه ضرایب بهینه برای روش فصلی ضربی برابر $\alpha = 0.11$ ، $\beta = 0.01$ ، $\gamma = 0.01$ و ضرایب بهینه برای روش فصلی جمعی برابر $\alpha = 0.2$ ، $\beta = 0.2$ ، $\gamma = 0.01$ تعیین شدند و بر اساس روشهای مذکور پیش بینی مقدار کل بارش سه سال آتی نیز محاسبه شده است. نتایج در شکل‌های ۸ و ۹ ارایه شده‌اند.



شکل ۷- سری زمانی کل ریزش سالانه باران بعلاوه محاسبه پیش‌بینی‌ها به روش هموارسازی نمایی مرتبه دوم

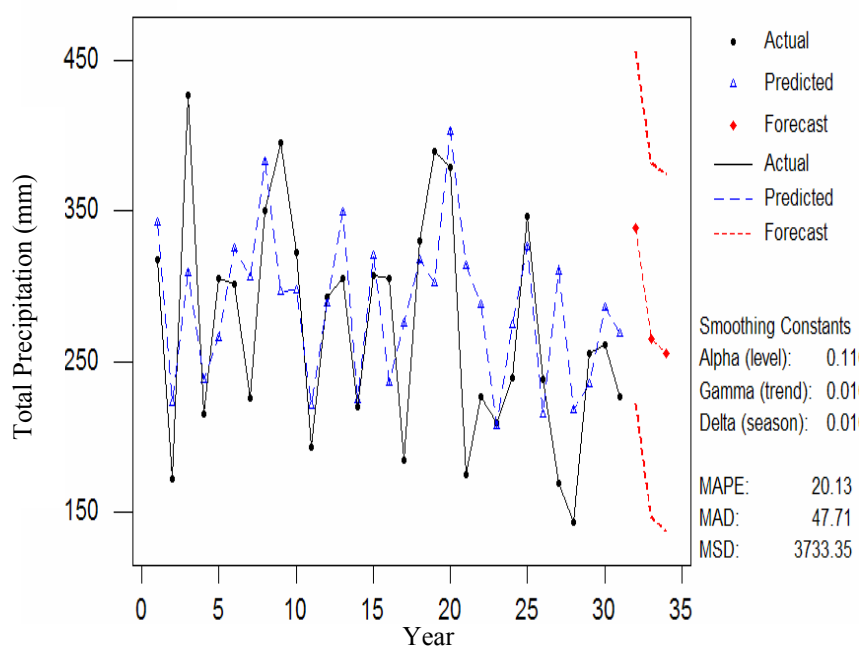


شکل ۸- سری زمانی کل ریزش سالانه باران بعلاوه محاسبه پیش‌بینی‌ها به روش هلت وینترز فصلی جمعی با سیکل ۵

با توجه به محاسبه شاخصهای ارزیابی خطا که در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ ارایه شده اند و بر اساس جدول ۶ نتیجه می‌گیریم روش هلت وینترز فصلی جمعی از دقت بالاتری در پیش‌بینی برخوردار است. زیرا در کلیه معیارهای ارزیابی خطای مدل دارای کوچکترین مقادیر می‌باشد. بنابراین پیش‌بینی ۳ سال آتی کل ریزش باران به روش هلت وینترز فصلی جمعی از سایر روشها دقیقتر خواهد بود. مقادیر پیش‌بینی‌های میزان کل ریزش باران به این سه روش نیز در جدول ۷ ارایه شده است.

جدول ۶- مقایسه معیارهای ارزیابی خطا برای روشهای هموارسازی نمایی

شماره الگو	الگوها	MAPE	MAD	MSE
1	هلت وینترز فصلی جمعی	19.68	47.69	3727.15
2	هلت وینترز فصلی ضربی	20.13	47.71	3733.35
3	هموارسازی نمایی مرتبه دوم	27.68	66.77	6257.59



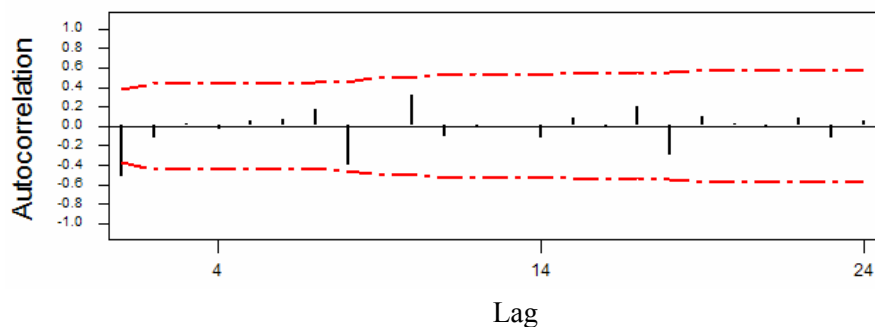
شکل ۹- سری زمانی کل ریزش سالانه باران بعلاوه محاسبه پیش بینی‌ها به روش هلت وینترز فصلی ضربی با سیکل ۵

جدول ۷- مقایسه مقادیر پیش بینی سه روش مورد استفاده برای کل بارندگی سالانه بر حسب میلیمتر

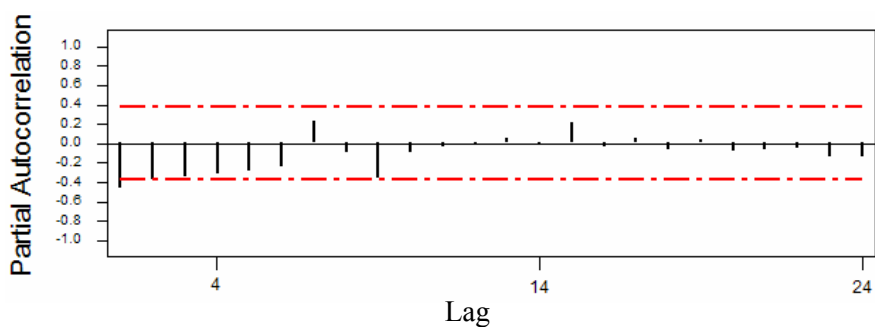
سال	روش هلت وینترز فصلی ضربی	روش هلت وینترز فصلی جمعی	روش هموارسازی نمایی مرتبه دوم
2005	339.167	301.10	224.85
2006	264.676	218.92	222.26
2007	255.733	205.26	219.67

تحلیل به کمک روشهای باکس و جنکینس

با توجه به شکل ۶ که نشان‌دهنده سیر نزولی در نمودار سری زمانی می باشد، ابتدا سری را بوسیله تفاضلی کردن ایستا کرده و سپس نمودارهای تشخیص مرتبه را رسم می‌کنیم.

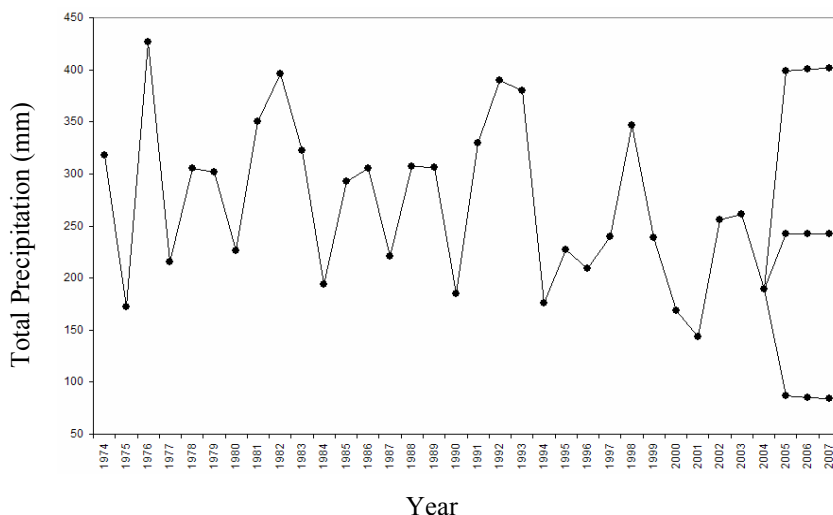


شکل ۱۰- تابع خودهمبستگی سری تفاضل مرتبه اول کل ریزش سالانه باران در مشهد



شکل ۱۱- تابع خودهمبستگی جزئی سری تفاضل مرتبه اول کل ریزش سالانه باران در مشهد

با توجه به شکل‌های ۱۰، ۱۱ و یک ضریب معنی‌دار در نمودار همبستگی نگار (ACF) و اینکه ضرایب خود همبستگی جزئی در نمودار همبستگی نگار جزئی (PACF) به سمت صفر میل می‌کنند، نتیجه می‌گیریم الگوی $ARIMA(0,1,1)$ برای پیش بینی کل ریزش سالانه باران مناسب خواهد بود [۵]. بنابراین به برازش الگوی مذکور پرداخته و بوسیله آن پیش بینی سه سال آتی کل ریزش باران را محاسبه می‌کنیم (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- سری زمانی کل ریزش سالانه باران در مشهد و پیش بینی سه سال آتی برحسب میلیمتر و رسم فواصل اطمینان ۹۵٪ برای پیش بینی‌ها

الگوی $ARIMA(0,1,1)$ که برای پیش‌بینی از آن می‌توان استفاده کرد عبارتست از:

$$X_t = X_{t-1} + Z_t - 0.878Z_{t-1} \quad (3)$$

که در آن X_t مقدار کل ریزش باران در لحظه t ام و Z_t مقدار خطا در لحظه t می‌باشد.

جمع‌بندی و انتخاب بهترین روش پیش‌بینی

برای انتخاب دقیقترین پیش‌بینی‌ها از بین روشهای هموارسازی نمایی و باکس و جنکینس از شاخص MAD^1 استفاده می‌کنیم. براین اساس، مقدار MAD روش هلت وینترز فصلی ضریبی و فصلی جمعی به ترتیب $47/71$ و $47/69$ و مقدار MAD مربوط به الگوی باکس و جنکینس برابر $74/62$ می‌باشد. بنابراین پیش‌بینی‌های حاصل از روش هلت وینترز فصلی جمعی دارای خطای کمتری است، در نتیجه روش هلت وینترز فصلی جمعی از دقت بالاتری برای پیش‌بینی میزان ریزش باران برخوردار خواهد بود. نتایج پیش‌بینی میزان کل ریزش باران طی سه سال آتی در جدول ۸ ارایه شده است.

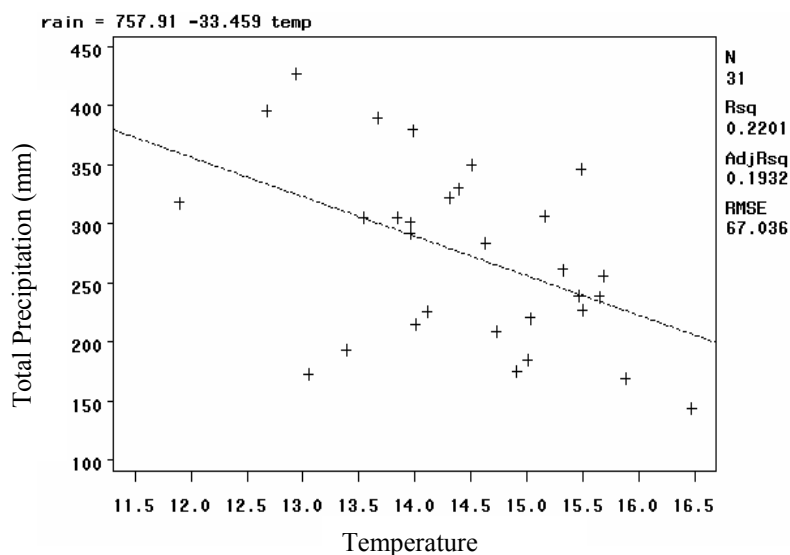
1. Mean Absolute Deviation

جدول ۸- ارایه مقادیر پیش‌بینی شده کل ریزش باران سه سال آتی برحسب میلیمتر و ارایه فاصله اطمینان ۹۵٪

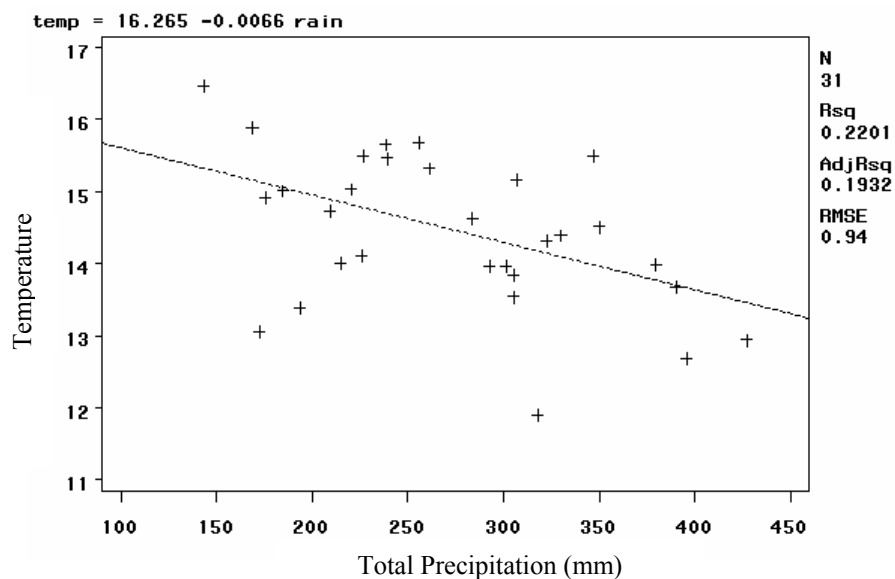
سالها	حد پایین پیش بینی	مقدار پیش بینی	حد بالای پیش بینی
2005	184.26	301.100	417.946
2006	99.64	218.919	338.198
2007	83.36	205.259	327.160

بخش سوم: بررسی نحوه ارتباط بین درجه حرارت و میزان بارندگی

در این بخش به بررسی چگونگی تاثیر متوسط ماهانه درجه حرارت بر میزان ریزش سالانه باران می‌پردازیم. ضریب همبستگی بین دو متغیر ۰/۴۶۹- می‌باشد که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. بنابراین ارتباط معکوس و معنی داری بین دو متغیر برقرار است. به کمک رگرسیون ارتباط بین دو متغیر را به شکل مدل ریاضی می‌توانیم بیان کنیم. برای این منظور نمودار پراکنش دو متغیر و خط رگرسیون بین آنها در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ ارایه شده‌اند.



شکل ۱۳- پراکنش و معادله خط رگرسیون بین متوسط درجه حرارت و بارندگی سالانه در مشهد (برحسب میلیمتر)



شکل ۱۴- نمودار پراکنش و معادله خط رگرسیون بین بارندگی سالانه و متوسط درجه حرارت در مشهد (بر حسب میلیمتر)

با توجه به شکل ۱۳ مدل رگرسیونی عبارتست از $\text{Rain} = 757.91 - 33.459 \text{ Temp}$ که بر اساس نتایج مدل رگرسیونی هر دو ضریب خط در سطح ۰/۰۰۱ معنی دار می‌باشند. بنابراین با منظور کردن مقدار متوسط دمای سالانه برای سالهای آتی و جایگذاری در مدل رگرسیونی می‌توانیم به پیش بینی مقدار کل بارندگی پردازیم و یا بالعکس با برآزش مدل معکوس که در شکل ۱۴ معرفی شده ($\text{Temp} = 16.265 - 0.0066 \text{ Rain}$) می‌توانیم بر اساس پیش‌بینی‌های انجام شده در جدول ۸ برای مقدار کل بارندگی در سه سال آتی به پیش‌بینی متوسط درجه حرارت سالانه طی همان سالها پرداخت. با جایگذاری پیش‌بینی مقدار بارندگی در مدل، متوسط درجه حرارت سه سال آتی را در جدول ۹ ارایه کرده‌ایم. با توجه به نتایج حاصله، روند صعودی افزایش متوسط درجه حرارت در سالهای آتی کاملاً مشهود می‌باشد [۶].

جدول ۹- ارایه مقادیر پیش‌بینی متوسط درجه حرارت طی سه سال آتی

سالها	پیش‌بینی مقدار کل بارندگی (mm)	پیش‌بینی متوسط درجه حرارت (°C)
2005	301.10	14.28
2006	218.92	14.82
2007	205.26	14.91

نتیجه گیری

با توجه به سیکل ۵ ساله‌ای که در بارندگی سالانه مشهد بر اساس شکل ۶ مشاهده می‌شود انتظار بر این است که در سال ۲۰۰۵ شاهد افزایش بارندگی‌ها نسبت به سال ۲۰۰۴ باشیم ولی با توجه به روند نزولی ۲۹ ساله موجود در منحنی شکل ۱۰ ریزشهای جوی مناسب سال ۲۰۰۵ را نمی‌توان ملاک مناسبی جهت افزایش نزولات در بلند مدت در نظر گرفت، لذا برنامه‌ریزی دقیقتر جهت بهره‌برداری مناسبتر از رواناب‌های موجود ضروری می‌باشد و انجام هر چه سریعتر طرحهای جمع آوری آبهای روان در دست اقدام توصیه می‌گردد.

منابع

- ۱- بزرگ نیا، ابوالقاسم، ۱۳۶۶، تجزیه و تحلیل سریهای زمانی و پیش بینی، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۲- سالنامه هواشناسی، آمار بارندگی در منطقه مشهد طی سالهای ۱۹۷۴ الی ۲۰۰۴.
- ۳- فاطمی قمی، محمد تقی، ۱۳۷۵، پیش بینی و تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، نشر دانش امروز.
- ۴- نیرومند، حسینعلی، ۱۳۷۶، تحلیل سریهای زمانی روشهای یک متغیری و چند متغیری، انتشارات دانشگاه فردوسی.
- ۵- نیرومند، حسینعلی، ۱۳۷۱، تجزیه و تحلیل سریهای زمانی، نوشته جاناتان. دی. کرایر، انتشارات دانشگاه فردوسی.
- ۶- نیرومند، حسینعلی، ابوالقاسم، بزرگ نیا، ۱۳۷۲، مقدمه ای بر تحلیل سریهای زمانی، انتشارات دانشگاه فردوسی.
7. Yafi, R., M., Macgee, 2000, Analysis of Time Series and Forecasting, US Academic Publishers.