

# پیش‌بینی کمینه و بیشینه دمای هوا در ایستگاه هواشناسی زاهدان با استفاده از مدل‌های ARIMA و روش ریز مقیاس نمایی آماری

رضامؤمنی - آزاده مجیری  
گروه آمار، دانشگاه زابل

## چکیده

پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی زمان‌های آینده یکی از مسائل مهمی است که نگاه هیدرولوژیست‌ها و آماردانان را به خود معطوف نموده است. روش‌های مختلفی بدین منظور ارائه داده شده است که در این مقاله یک روش آماری و همچنین از یک مدل گردش عمومی جو ECHO-G که به روش ریز مقیاس نمایی آماری توسط مدل LARS-WG انجام شده، استفاده گردیده است. منطقه مورد مطالعه ایستگاه سینوپتیک زاهدان بوده و پارامترهای دمای کمینه و بیشینه هوا جهت پیش‌بینی‌های مربوطه انتخاب شده است. نتایج نشان می‌دهد که، الگوهای ARIMA جهت پیش‌بینی‌های کوتاه مدت مناسب می‌باشد به طوری که این با تئوری این مدل‌ها سازگاری دارد. مقایسه این دو روش حاکی از اختلاف در روند تغییرات دمای کمینه بوده است. به طوری که با استفاده از نتایج ریز مقیاس شده برای مدل گردش عمومی جو ECHO-G شاهد کاهش ناچیز دمای کمینه سالانه هوا در کل دوره و از طرفی دیگر مدل‌های ARIMA نشان‌دهنده افزایش دمای کمینه می‌باشد. اما هر دو روش پیش‌بینی، حاکی از کاهش دمای بیشینه در طی ده سال اخیر بوده است. میزان این کاهش برای الگوهای ARIMA شدیدتر از نتایج ریز مقیاس شده برای مدل گردش عمومی جو ECHO-G می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی، مدل‌های ARIMA، مدل ECHO-G، دمای کمینه و بیشینه، روند، نمودارهای ACF و PACF.

## ۱ مقدمه

## ۲ روش بررسی

آلودگی دمایی و روند افزایشی درجه حرارت یکی از موضوعات مهم در دوره‌های آینده می‌باشد. برای بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی روشهای متفاوتی وجود دارد. یکی از این روشها استفاده از الگوهای ARIMA و روش دیگر استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو<sup>۱</sup> (ECHO-G) می‌باشد. اما دقت مکانی این مدل‌ها پایین است و لذا بایستی در مقیاس ایستگاهی، کوچک مقیاس گردند. روشهای مختلفی برای کوچک مقیاس کردن متغیرهای اقلیمی تحت تأثیر تغییر اقلیم وجود دارد. این روشها شامل روش‌های دینامیکی و روشهای آماری هستند [۸]. در این مقاله، مراحل کوچک مقیاس کردن آماری داده‌های ایستگاه هواشناسی زاهدان به روشی آماری به کمک مدل رگرسیون چندگانه خطی LARS-WG از یک سو و نیز از سویی دیگر تحت تأثیر تغییر اقلیم مورد مقایسه قرار می‌گیرد. از اینرو در این مقاله با استفاده از داده‌های روزانه هواشناسی که به صورت تاریخ میلادی در ایستگاه هواشناسی زاهدان ثبت گردیده، مطالعه مربوط به تغییر اقلیم و پیش‌بینی روزانه کمینه و بیشینه دمای هوا انجام شده است، اما با توجه به ماهیت تغییر اقلیم که نیز مربوط به تغییرات بلند مدت آب و هوایی می‌باشد نتایج تحلیل و پیش‌بینی به صورت تأثیرات بلند مدت در مقیاس ماهانه ارائه گردیده است به طوری که یک شیوه متداول در ارائه نتایج و پیش‌بینی هواشناسی در تحقیقات مشابه صمدی و همکاران [۹] و فرزانه و همکاران [۴] نیز می‌باشد.

در این بخش روش‌های پیش‌بینی مورد استفاده در مقاله را به همراه منطقه مورد مطالعه به اختصار معرفی می‌نماییم. مدل‌های ARIMA: اینگونه از مدلها برای توصیف رفتار بسیاری از سریهای زمانی همانند سری دما در هواشناسی مفید می‌باشند. برای این منظور ابتدا یک مدل آزمایشی  $ARIMA(p,d,q)$  از طریق تحلیل داده‌های تاریخی گذشته تعیین می‌شود و سپس پارامترهای نامعلوم مدل برآورد می‌شوند. در نهایت با استفاده از تحلیل باقیمانده های مدل برازش شده، نیکویی برازش آن بررسی می‌گردد. چنانچه مدل تشخیصی مورد تایید قرار گرفت می‌توان آنرا مبنای پیش بینی رفتار آینده سری قرار داد. حال اگر در رفتار یک سری پس از هر فاصله زمانی پایه  $(S)$ ، شباهتهایی وجود داشته باشد آنگاه سری دارای رفتار تناوبی با دوره تناوب  $S$  از خود نشان می‌دهد [۵]. در سریهای زمانی دما فاصله زمانی پایه یک ماه و نیز دوره تناوب برابر با ۱۲ ماه می‌باشد. در این مطالعه با توجه به وجود اثرات فصلی، از مدل فصلی میانگین متحرک هم انباشته اتورگرسیون SARIMA استفاده شده است [۶].

مدل گردش عمومی جو ECHO-G: مدلی اقلیمی است که به طور مشترک توسط موسسه هواشناسی دانشگاه بن آلمان و موسسه KMA کره جنوبی در سال ۲۰۰۱ تهیه شده است که نام آن از دو مدل اتمسفری ECHAM4 و اقیانوسی HOPE-G

$(ECHO-G = ECHAM4 + HOPE-G)$  گرفته شده است. در واقع مدل ECHO-G یک مدل گردش عمومی جو است اما با توجه به دقت مکانی خروجی این مدل‌ها، باید ریز مقیاس گردند تا بتوان از آن استفاده نمود لذا داده‌های ریز مقیاس شده نمایی، خروجی این مدل

<sup>۱</sup> Atmospheric Ocean General Circulation Model

بین داده‌های مدل گردش عمومی جو در گذشته و داده‌های واقعی مورد نیاز در زمان حال نیز هستند. پس از تبیین روابط حاکم بر مقادیر واقعی ایستگاه هواشناسی و خروجی مدل گردش عمومی جو (ECHO-G)، این روابط به خروجی مدل گردش عمومی در آینده نیز تعمیم داده می‌شود و انحراف معیار خروجی مدل‌های آماری به اندازه نسبتی از انحراف معیار داده‌های گردش عمومی جو در گذشته، به داده‌های واقعی نیز افزوده می‌گردد [۲]. بنابراین خروجی مدل‌های گردش عمومی جو به عنوان ورودی در روش ریز مقیاس نمایی استفاده می‌شود تا دقت این داده‌ها افزایش یابد و بتوان در منطقه مورد نظر از این داده‌ها جهت پیش بینی اقلیم استفاده نمود.

مدل **LARS-WG**: یکی از مدل‌های مرسوم ریز مقیاس نمایی آماری می‌باشد که در این مقاله نیز از این مدل جهت کوچک مقیاس نمودن داده‌ها استفاده شده است. این مدل یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضعیت آب و هوایی است که برای تولید مقادیر دمای کمینه و بیشینه روزانه هوا در یک ایستگاه هواشناسی تحت شرایط اقلیم پایه و نیز آینده استفاده می‌شود. در این مدل به کمک زنجیر مارکوف پارامترهای آب و هوایی جهت پیش بینی الگوسازی می‌شوند. مدل آماری **LARS-WG** توانایی مدلسازی دوره‌های گذشته و آینده را دارد اما برای هرگونه مدلسازی نیازمند یک طرح اقلیمی ویژه می‌باشد [۷]. از آنجا که هدف ما در این مقاله تاکید بر الگوسازی آینده می‌باشد در ابتدا می‌بایست مدل، آگاهی و شناخت کافی از رفتار آماری دوره دیدبانی را داشته باشد. این شناخت با اضافه کردن داده‌های روزانه دیدبانی به مدل در بخش تحلیل مدل صورت می‌گیرد که نهایتاً منجر به تولید خروجی می‌شود. مرحله بعدی در مدلسازی آینده انتخاب یک طرح اقلیمی ناشی از

مدل گردش عمومی جوی **ECHAM4** در موسسه مکس پلانک<sup>۲</sup> هامبورگ توسعه یافته است که یک سری از مدل‌های اولیه منتج یافته از مدل پیش‌بینی کننده آب و هوایی طیفی از مرکز اروپا برای پیش بینی متوسط آب و هوا می‌باشد. مدل اقیانوسی **HOPE-G** یک مدل گردش عمومی اقیانوسی براساس معادلات اولیه با نمایش فرآیندهای ترمودینامیک است. پیش‌بینی اقلیم این مدل‌ها دارای دقت فضایی و زمانی چندانی نیستند تا اقلیم دهه‌های آینده را در مقیاس محلی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد نظر، ارزیابی و پیش‌بینی نمایند به طوری که در داخل این شبکه‌های گسترده چندین ایستگاه هواشناسی قرار گرفته‌اند. ضعف این مدل‌ها برای پیش‌بینی در مقیاس زمانی و مکانی کوچکتر، به عدم وجود سامانه‌های سریع محاسبات عددی و همچنین، غیر اقتصادی و زمان بر بودن آنها می‌باشد. برای فائق آمدن بر این مشکل بایستی خروجی مدل‌های اقلیمی را به مقیاس کوچکتر تبدیل نموده تا بتوان اقلیم محلی و ایستگاهی را مورد پیش‌بینی و ارزیابی قرار داد، از اینرو از روشهای ریز مقیاس نمایی استفاده می‌گردد.

روش ریز مقیاس نمایی<sup>۳</sup>: دو روش مهم زیر مقیاس نمایی وجود دارد. روش اول استفاده از روشهای آماری است که یک رابطه تجربی بین دقت اقلیمی و نیز اقلیم محل مورد نظر برقرار می‌کند این مدل‌های ریز مقیاس شده دارای دقت فضایی مناسبی برای ارزیابی و پیش‌بینی‌های اقلیمی بوده و همچنین فرآیندهای ریز مقیاس جوی و اقلیمی در آنها گنجانده شده است [۱]. در این مدل‌ها علاوه بر داده‌های مدل گردش عمومی جو (ECHO-G)، داده‌های مشاهداتی نیز جهت کشف ارتباط آماری

<sup>۲</sup>Max Plank<sup>۳</sup>Exponential Downscaling Method

طرح انتشار یک ایستگاه مشخص و تجربی است. برای این کار برون داد مدل گردش عمومی جو (ECHO-G) با طرح انتشار مدنظر برگرفته از ایستگاهی مشخص (در اینجا ایستگاه هواشناسی مشهد) از بخش تولید کننده مدل انتخاب شده و سپس مدل برای دوره آینده اجرا می شود [۴].

ناحیه مورد مطالعه در شکل زیر حوزه هواشناسی منطقه دومک با کد ۴۶۲۷، یکی از زیر حوزه های محدوده شرق کشور و در محدوده شهر زاهدان می باشد.

برای این کار برون داد مدل گردش عمومی جو (ECHO-G) با طرح انتشار مدنظر برگرفته از ایستگاهی مشخص (در اینجا ایستگاه هواشناسی مشهد) از بخش تولید کننده مدل انتخاب شده و سپس مدل برای دوره آینده اجرا می شود [۴].

ناحیه مورد مطالعه در شکل زیر حوزه هواشناسی منطقه دومک با کد ۴۶۲۷، یکی از زیر حوزه های محدوده شرق کشور و در محدوده شهر زاهدان می باشد.

ارزیابی قرار داده ایم.

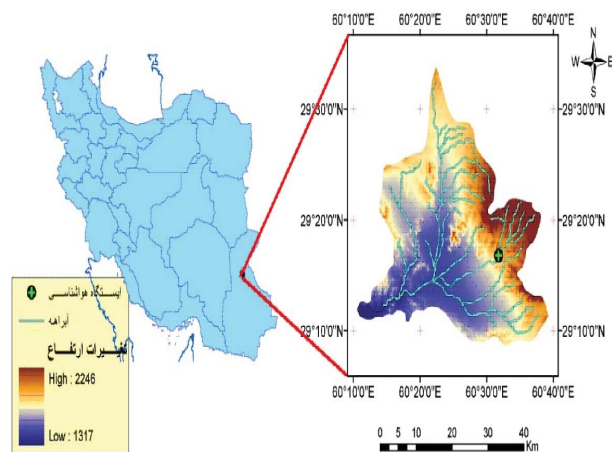
### ۳ پیش بینی کمینه و بیشینه دمای هوا

در این بخش با استفاده از دو روش پیش بینی ذکر شده در بخش قبل (مدلهای ARIMA و مدل ECHO-G) پیش بینی کمینه و بیشینه دمای روزانه هوا را انجام داده و به صورت میانگین ماهانه در ده سال آینده ارائه نموده و سپس دقت این روشها را با همدیگر مورد مقایسه قرار داده ایم.

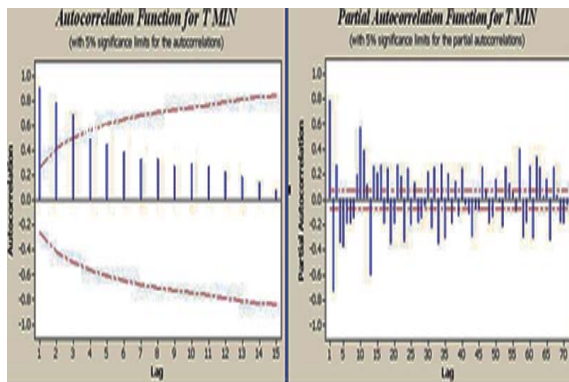
الف) پیش بینی با استفاده از مدل های ARIMA با توجه به اینکه در مطالعات اقلیم دو متغیر کمینه و بیشینه دمای هوا در تعیین آب و هوای منطقه نقش اساسی را در بر می گیرند لذا این دو متغیر را جهت پیش بینی و ارائه مدلی مناسب انتخاب نموده ایم. در مطالعه این بخش چهار گام مهم و ضروری را به ترتیب زیر می پیماییم:

گام اول، همان توصیف داده ها و بررسی رفتار آنها در دراز مدت می باشد که از طریق مشاهده رفتار هریک

پس از بررسی های صورت گرفته از بین ایستگاههای همدیدی، ایستگاه هواشناسی زاهدان درون مرز این حوزه قرار گرفته و داده های بلند مدت دمای کمینه و بیشینه روزانه هوا در طول یک دوره آماری ۳۰ ساله از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵ از سازمان هواشناسی کشور دریافت و بررسی های اولیه بر روی داده ها صورت گرفت. پس از آن، با استفاده از الگوهای ARIMA پارامترهای مذکور برای یک دوره ده ساله آینده پیش بینی گردید. در روش دوم نیز، با استفاده از مدل LARS-WG داده ها ریز مقیاس نمایی شده اند و به کمک خروجی مربوط به طرح انتشار



شکل ۱: حوزه هیدرولوژی ایستگاه هواشناسی زاهدان



شکل ۲: نمودارهای  $ACF$  و  $PACF$  سری دمای کمینه

گام سوم تحلیل، برآورد پارامترهای دو مدل تشخیصی  $ARIMA$  به روش حداکثر درستنمایی توسط نرم افزار آماری  $MINITAB$  محاسبه می‌شوند که با استفاده از  $p$ -value های نزدیک به صفر (به جزء  $p$ -مقدار جمله ثابت) فرض وجود ضرائب در هر دو مدل پذیرفته می‌شود ( $p$ -value  $< 0.05$ ) اما فرض وجود جمله ثابت در هر دو مدل رد می‌شود که این  $p$ -مقدار برای جملات ثابت هر دو مدل ( $p$ -value  $> 0.1$ ) می‌باشد. لذا مجدداً مدل‌های نهایی را با فرض عدم وجود جمله ثابت در مدل برآورد نموده، که با توجه به برآورد پارامترها، مدل نهایی برازش داده شده برای سری زمانی میانگین ماهیانه دمای کمینه به صورت زیر است:

$$(1 - 0.83B^{12})X_t = (1 + 0.14B^{12} + 0.091B^{24} + 0.052B^{36})Z_t,$$

و نیز مدل نهایی برای سری زمانی میانگین ماهیانه دمای بیشینه عبارتست از:

$$(1 - 0.90B^{12})X_t = (1 + 0.18B^{12} + 0.11B^{24} + 0.093B^{36} + 0.076B^{48})Z_t,$$

از سری‌های زمانی دمای کمینه و بیشینه روزانه هوا در درازمدت دریافتیم که هر دو سری در واریانس ایستا هستند چون پارامتر تبدیل توانی  $\lambda$  برابر یک شده است که به منزله ایستایی در واریانس هر دو سری کمینه و بیشینه دما می‌باشد. از طرفی هر دوی سریهای میانگین ماهیانه دمای کمینه و بیشینه هوا در میانگین فاقد روند و لذا ایستا بوده، اما دارای یک رفتار تناوبی دراز مدت ۱۲ ماهه می‌باشند از اینرو سری دمای کمینه و بیشینه دارای شاخص فصلی با دوره تناوب ۱۲ ماهه می‌باشند به طوری که با یک بار تفاضلگیری فصلی با طول دوره ۱۲، پدیده فصلی تا حدودی حذف شده است.

گام دوم در تحلیل، ترسیم نمودارهای  $ACF$  و  $PACF$  می‌باشد که در شکل ۲ برای سری میانگین ماهیانه دمای کمینه ترسیم شده است. همانطور که از روی شکل ۲ ملاحظه می‌شود، نمودار  $PACF$  مربوط به سری میانگین ماهیانه کمینه به ازای وقفه‌های بزرگ به صورت یک موج سینوسی میرا به سمت صفر بوده اما نمودار  $ACF$  قطع از مرتبه ۳ می‌باشد. همبستگی نگارهای سری بیشینه رفتاری مشابه با همبستگی نگارهای سری کمینه دارند با این تفاوت که نمودار  $ACF$  سری بیشینه قطع از مرتبه ۴ می‌باشد. لذا با استفاده از روشهای شناسایی مدل‌های باکس-جنکینز ( $ARIMA$ ) دریافتیم که سریهای میانگین ماهیانه دمای کمینه و بیشینه هوا به ترتیب دارای مدل‌های فصلی-میانگین متحرک  $SARIMA(0,1,3)_{12}$  و  $SARIMA(0,1,4)_{12}$  می‌باشند که به ترتیب به مدل‌های فصلی-ضربی با مؤلفه میانگین متحرک از مرتبه ۳ و هم انباشته از مرتبه یک و برای سری بیشینه نیز میانگین متحرک از مرتبه ۴ و هم انباشته از مرتبه یک معروف هستند [۱۰].

در نهایت تحلیل، می‌بایست پیش بینی را بر اساس دو مدل نهایی و مناسب انتخاب شده، انجام داد. پیش‌بینی‌ها به صورت دمای کمینه و بیشینه روزانه هوا انجام شده‌اند اما با توجه به حجیم بودن داده‌های پیش‌بینی روزانه، براساس ارائه نتایج مرسوم در تحقیقات و منابع مشابه میانگین‌های دمای کمینه و بیشینه پیش‌بینی شده را برای هر ماه در طول دوره ده ساله آینده محاسبه نموده‌ایم [۳]، [۴] و [۹].

بنابراین میانگین داده‌های هر ماه میلادی در طول دوره ده ساله آینده محاسبه و سپس پیش‌بینی براساس متوسط ماهانه در ده سال آینده به صورت جدول ۱ برای سری دمای کمینه ارائه شده است:

جدول ۱: مقادیر پیش‌بینی متوسط ماهانه کمینه دما در دوره ده ساله آینده.

ژوئن	۱۹/۲	۱۶/۲	۱۲/۵	۷/۸	۳/۵	۰/۸
ژوئن	۱۹/۲	۱۶/۲	۱۲/۵	۷/۸	۳/۵	۰/۸
دسامبر	۲/۴	۶/۳	۹/۸	۱۴/۷	۱۷/۶	۱۸/۴
دسامبر	۲/۴	۶/۳	۹/۸	۱۴/۷	۱۷/۶	۱۸/۴
ژانویه	۱۹/۲	۱۶/۲	۱۲/۵	۷/۸	۳/۵	۰/۸
ژانویه	۱۹/۲	۱۶/۲	۱۲/۵	۷/۸	۳/۵	۰/۸

همچنین مقادیر پیش‌بینی شده برای سری زمانی بیشینه دما بر اساس متوسط ماهانه در ده سال آینده در جدول ۲ ارائه شده است:

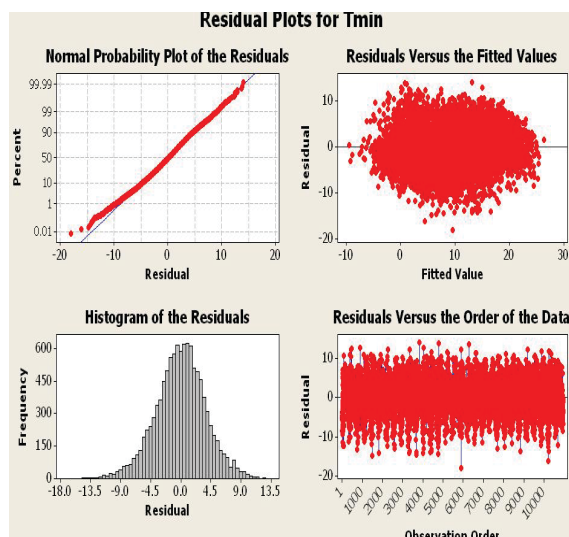
جدول ۲: مقادیر پیش‌بینی متوسط ماهانه بیشینه دما در دوره ده ساله آینده.

ژوئن	۳۴/۱	۳۲/۴	۲۹/۷	۲۲/۸	۱۸/۵	۱۴/۸
ژوئن	۳۴/۱	۳۲/۴	۲۹/۷	۲۲/۸	۱۸/۵	۱۴/۸
دسامبر	۱۷/۱	۲۱/۸	۲۴/۳	۲۸/۱	۳۰/۲	۳۱/۵
دسامبر	۱۷/۱	۲۱/۸	۲۴/۳	۲۸/۱	۳۰/۲	۳۱/۵
ژانویه	۳۴/۱	۳۲/۴	۲۹/۷	۲۲/۸	۱۸/۵	۱۴/۸
ژانویه	۳۴/۱	۳۲/۴	۲۹/۷	۲۲/۸	۱۸/۵	۱۴/۸

که در آن  $B^{12}X_t = X_{t-12}$  یک عملگر پسرو و  $Z_t$  فرآیند تصادفی محض با میانگین صفر و واریانس ثابت (فرآیند اغتشاش خالص) می‌باشد [۴].

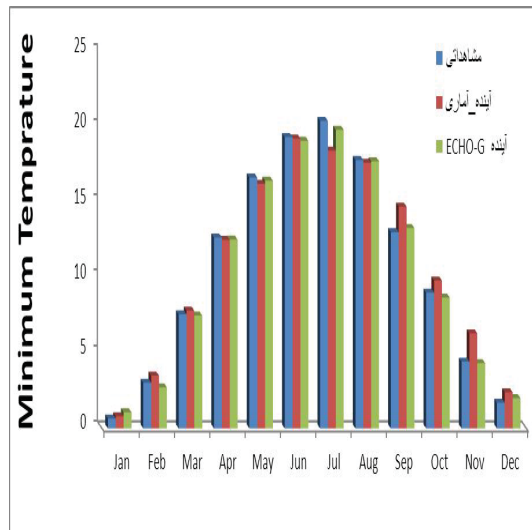
گام چهارم در تحلیل سریهای زمانی، بررسی مناسب بودن مدل‌ها می‌باشد که این گام مهم را با استفاده از روش تحلیل باقیمانده‌ها انجام داده‌ایم به طوری که با ملاحظه شکل ۳ کاملاً چهار شرط نرمال بودن باقیمانده‌ها، مستقل بودن، همگن بودن واریانسها و نیز دارای فرآیند اغتشاش خالص در مورد باقیمانده‌های مدل تشخیصی سری زمانی کمینه دما برقرار است [۵].

از طرفی دیگر برای بررسی مناسب بودن مدل مربوط به سری زمانی بیشینه دما، نمودار تحلیل باقیمانده‌ها نیز مشابه شکل ۳ حاصل شد که همه نمودارهای مربوط به تحلیل باقیمانده‌ها، کفایت مدل برازش داده شده را مورد تایید قرار داده‌اند. بنابراین ما مدل‌های فوق را به عنوان دو مدل مناسب که برازنده داده‌های دو سری کمینه و بیشینه دما می‌باشند در نظر می‌گیریم.



شکل ۳: نمودارهای تحلیل باقیمانده‌های مدل  $SARIMA(0, 1, 3)_{12}$

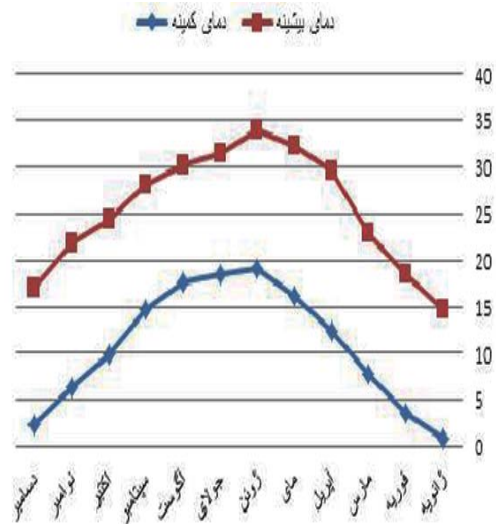
به طور کلی، نمودار زیر روند مقادیر پیش‌بینی متوسط ماهانه سری‌های دمای کمینه و بیشینه هوا را در دوره ده ساله آینده نشان می‌دهد:



شکل ۵: تغییرات دمای کمینه دو روش پیش‌بینی نسبت به متوسط دمای کمینه کل دوره گذشته.

همچنین شکل ۶ تغییرات صورت گرفته دمای بیشینه را با استفاده از دو روش پیش‌بینی، نسبت به متوسط دمای بیشینه کل دوره گذشته نشان می‌دهد که در آن دمای بیشینه نیز با استفاده از این روش به طور متوسط ۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است.

با توجه به شکلهای ۵ و ۶ ملاحظه می‌شود که کمترین کاهش دمای کمینه و بیشینه به ترتیب در ماه‌های جولای و دسامبر با مقادیر ۰/۵۸- و ۱/۲- صورت پذیرفته است، همچنین بیشترین افزایش دمای کمینه و بیشینه نیز در ماه ژانویه به ترتیب با مقادیر ۰/۴۱ و ۱/۲۶ رخ داده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی توسط مدل‌های ARIMA نیز حاکی از افزایش ۰/۲۶ درجه سانتی‌گرادی متوسط دمای کمینه سالانه کل دوره و کاهش ۱/۳۹ درجه سانتی‌گرادی



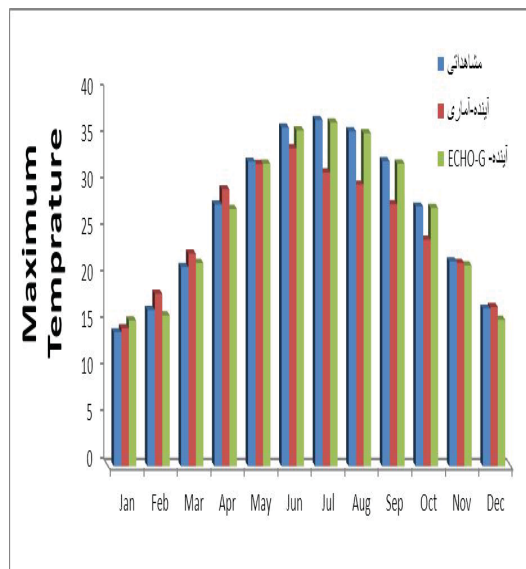
شکل ۴: نمودار روند پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه.

ب) پیش‌بینی با استفاده از مدل ECHO-G در این بخش توسط مدل ECHO-G که به کمک روش ریز مقیاس نمایی آماری مدل LARS-WG کوچک مقیاس گردیده‌اند، پیش‌بینی صورت گرفته است. برای این منظور، ابتدا پارامترهای دمای کمینه و بیشینه مربوط به طرح انتشار A1 مدل ECHO-G که از مرکز اقلیم‌شناسی مشهد دریافت شده، به کمک روش ریز مقیاس نمایی آماری توسط مدل LARS-WG تولید و استخراج گردیده و سپس تغییرات میانگین ماهانه این پارامترها در کل دوره ده ساله آینده نسبت به پیش‌بینی صورت گرفته توسط الگوهای ARIMA، مورد محاسبه قرار گرفته است.

شکل ۵ تغییرات صورت گرفته دمای کمینه را با استفاده از دو روش پیش‌بینی نسبت به متوسط دمای کمینه کل دوره گذشته نشان می‌دهد که در آن دمای کمینه با استفاده

می باشد.

به طور کلی، اختلاف قابل ملاحظه بین دمای کمینه و بیشینه پیش‌بینی شده با کویری بودن منطقه مورد مطالعه قابل توجه می باشد به طوری که در مناطق کویری و خشک اختلاف دمای کمینه و بیشینه در روزها و لذا در ماههای مختلف قابل ملاحظه می باشد که این موضوع در نمودار روند مقادیر پیش‌بینی دمای کمینه و بیشینه بوضوح نمایان است. بامقایسه دو روش پیش‌بینی مورد استفاده در این مقاله، نتایج حاکی از اختلاف در روند تغییرات دمای کمینه بوده است. به طوری که با استفاده از نتایج ریز مقیاس شده مدل ECHO-G شاهد کاهش ناچیز دمای کمینه سالانه کل دوره و نیز مدل‌های برازش داده شده ARIMA نشان دهنده افزایش دمای کمینه می باشد. ولی در هر دو روش، نتایج حاکی از کاهش دمای بیشینه در کل دوره ده ساله آینده بوده است. میزان این کاهش برای مدل‌های ARIMA شدیدتر از نتایج ریز مقیاس شده مدل ECHO-G بوده است. بنابراین پارامترهای دمای کمینه و بیشینه هوا به عنوان عوامل تاثیرگذار در تغییرات اقلیم منطقه مورد مطالعه محسوب می شود. با مقایسه نتایج گزارش شده توسط پژوهشگران دیگر نیز موارد فوق مورد تایید قرار می گیرد [۳].



شکل ۶: تغییرات دمای بیشینه دو روش پیش‌بینی نسبت به متوسط دمای بیشینه کل دوره گذشته.

آن بوده است. کمترین کاهش برای دمای کمینه و بیشینه با استفاده از این روش به ترتیب در ماههای جولای و آگوست با مقادیر  $-1/96$  و  $-5/7$  اتفاق افتاده است و البته بیشترین اختلاف در دمای کمینه و بیشینه مربوط به ماههای نوامبر و فوریه به ترتیب با مقادیر  $1/88$  و  $1/74$  بوده است.

## ۴ بحث و نتیجه‌گیری

### مراجع

[۱] صمدی، ز، مساح بوانی، ع. ر. و مهدوی م. (۱۳۸۶). بررسی تأثیر روشهای کوچک مقیاس کردن رگرسیونی بر رژیم سیلاب رودخانه. کارگاه آموزشی تغییر اقلیم و منابع آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ص ۱.

با استفاده از روشهای مذکور، کاهش ناچیز دما در دوره ده ساله آینده رخ داده است در صورتی که در اکثر منابع، اثر اصلی افزایش گازهای گلخانه‌ای موضوع افزایش دما ذکر شده است [۴]، که این امر با توجه به تأثیر چشمگیر اثر گازهای گلخانه‌ای و پدیده گرم شدن جهانی در دوره میانی (۲۰۴۰ تا ۲۰۶۹ میلادی) در آینده و چشمگیر نبودن تغییرات در دهه نزدیک در این ایستگاه قابل توجه



- [8] Khan, M. S., Coulibaly, P. and Dibike, Y. (2006). Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*, 319, 357-382.
- [9] Samadi, S. Z., Mahdavi, M., Sharifi, F. and Bihamta, M. R. (2009). Methodology for selecting the best predictor for climate change impact assessment in Karkhe Basin, Iran. *Journal of Environmental Science and Engineering (JESE)*, 61, 18-33.
- [10] Vandaale, W. (1983). *Applied Time Series and Box-Jenkins Models*. John Wiley, New York.
- [۲] صمدی، ز.، مساح یوانی، ع. ر. و مهدوی م. (۱۳۸۷). معرفی روش شبکه مصنوعی و SDSM به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده های دما و بارندگی. سومین کنفرانس مهندسی منابع آب، دانشگاه تبریز.
- [۳] طاهری، م. (۱۳۷۷). مدل بندی میزان دما و بارش در ۱۱ ایستگاه هواشناسی در دوره آماری ۱۹۹۷-۱۹۵۱ و پیش بینی آنها تا پایان سال ۲۰۰۰. سازمان هواشناسی کشور، معاونت آموزشی و پژوهشی.
- [۴] فرزانه، م. ر. صمدی، ز.، اکبرپور، ا. و اسلامیان، س. س. (۱۳۸۹). معرفی پیش بینی کننده های منتخب جهت کوچک مقیاس کردن آماری-رگرسیونی در زیر حوزه بهشت آباد کارون شمالی. نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، شرکت آب منطقه ای کرمانشاه.
- [۵] مشکانی، م. ر. (۱۳۷۱). تحلیل سریهای زمانی: پیش بینی و کنترل. ترجمه، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- [6] Abraham, B. and Ledolter, J. (1983). *Statistical Methods for Forecasting*. John Wiley, New York.
- [7] Charrles, S. P., Bates, B. C., Smith, I. N. and Hughes, J. P. (2004). Statistical downscaling of daily precipitation from observed and modeled atmospheric fields. *Journal of Hydrological Processes*, 18, 1373-1394.