

**Analysis of Temperature Fluctuations in the South West of Iran Based on the Atmospheric General Circulation Model and Neural Network Model  
(Case Study: Plain and Foothill Stations)**

H. Shiravand<sup>1</sup> and M. Dostkamiyan<sup>2\*</sup>

**Abstract**

The purpose of this study was to analyze the cycles and mutations of average temperature in south east of Iran based on neural networks and general atmospheric circulation models under climate change scenarios. The data used in this study consisted of the average daily temperature recorded in synoptic stations in Ahwaz, Abadan, Dezful, Khoramabad, Sharekurd and Hamadan, NCEP Reanalysis data and output data of the third edition of the HadCM3 global climate model under the A2 and B2 scenarios for the base period (1991-1961 AD). Except for the prediction of other steps including data calibration, the assessment and validation was done in MATLAB and the maps were produced through Surfer. The temperature estimated based on the output of general circulation models in scenarios A2a and B2a of HadCM3 shows an increase of up to 1.5 °C in most areas by the year 2099. The results of the analysis of the temperature cycles showed that based on the output of neural networks and models of general circulation in the scenarios A2a and B2a the temperature has short cycles of 2 to 4 years. The results of the Alexandersson test showed that the average temperature on the South West of Iran indicated a meaningful mutation from 2050 onwards.

**Keywords:** Atmospheric General Circulation Models, Neural Networks, Temperature, Fluctuation, Alexandersson, Plain and Foothill Stations.

Received: February 11, 2019

Accepted: July 9, 2019

**واکاوی نوسانات دمای جنوب غرب ایران بر اساس مدل‌های گردش عمومی جو و شبکه عصبی  
(مطالعه موردی: ایستگاه‌های جلگه‌ای و کوهپایه‌ای)**

هنگامه شیراوند<sup>۱</sup> و مهدی دوستکامیان<sup>۲\*</sup>

**چکیده**

هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل چرخه‌ها و جهش‌های میانگین دمای جنوب غرب ایران بر اساس شبکه‌های عصبی و مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای تغییر اقلیم می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل میانگین دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، آبادان، دزفول، شهرکرد، لرستان و همدان داده‌های باز تحلیل NCEP و خروجی‌های مدل HadCM3 داده‌های نسل سوم مدل جهانی اقلیم تحت سناریوی A2 و B2 برای دوره پایه (۱۹۹۱-۱۹۶۱ میلادی) می‌باشد. در این مطالعه به جز مراحل پیش‌بینی سایر مراحل از جمله واسنجی داده‌ها، ارزیابی و صحت‌سنجی مدل در نرم‌افزار MATLAB و برای ترسیم نقشه‌ها از SURFER بهره گرفته شده است. میزان برآورد دما بر اساس خروجی مدل‌های گردش عمومی Hadcm3 در سناریوی A2a و B2a در اکثر نواحی تا سال ۲۰۹۹ از روند افزایشی تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد برخوردار بوده است. نتایج حاصل از تحلیل چرخه‌های نشان داد که دما بر اساس خروجی شبکه‌های عصبی و مدل‌های گردش عمومی جو در سناریوی A2a و B2a دارای چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم است. نتایج حاصل از آماره الکساندرسون بیانگر این است که میانگین دمای جنوب غرب ایران از سال ۲۰۵۰ به بعد دارای جهش معنی‌داری می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مدل‌های گردش عمومی جو، شبکه عصبی، دما، نوسان، الکساندرسون، ایستگاه‌های جلگه‌ای و کوهپایه‌ای.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۴/۱۸

1- Expert of the National Center for Drought and Meteorological Crisis Management, Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran. Email: hengamehshiravand@yahoo.com

2- Ph.D. in Climatology, Zanjan University. Email: s.mehdi67@gmail.com

\*- Corresponding Author

۱- کارشناس ارشد مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران هواشناسی.

۲- دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه زنجان، ایران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

(Dibike and Coulibaly, 2005). اما ضعف عمده این مدل‌ها در قدرت تفکیک مکانی کم آن‌ها است که برای فائق آمدن بر این مشکل، لازم است خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس‌نمایی شوند. برای فائق آمدن بر نقیصه تفکیک فضایی کم در مدل‌های شبیه‌سازی گردش عمومی جو، دو راه کار وجود دارد که یکی از آن‌ها ریزمقیاس‌نمایی آماری و دیگری ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی است (Abbasi et al., 2012). روش‌های آماری نسبت به روش‌های دینامیکی به پارامترهای کم‌تری نیاز دارند و به همین دلیل در مطالعات مربوط به علوم آب و هواشناسی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Asakereh, 2009). در روش ریزمقیاس‌نمایی آماری یک ارتباط آماری با استفاده از رگرسیون ساده، چند متغیره، شبکه عصبی بین رفتار واقعی ایستگاه و برون‌داد مدل گردش عمومی ایجاد می‌شود. بعد از راستی‌آزمایی، این معادلات می‌توانند در ریزمقیاس‌نمایی پیش‌بینی‌های آینده با استفاده از سناریوهای انتشار مورد استفاده قرار گیرند. از این‌رو با توجه به آنچه بیان شده است هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل چرخه‌های دمای جنوب غرب ایران با استفاده از خروجی مدل‌های HadCM3 و شبکه عصبی در سناریوی A2a و B2a می‌باشد.

## ۲- مواد و روش

هدف از این مطالعه مقایسه و شبیه‌سازی دمای ناحیه جنوب غرب ایران با استفاده از شبکه عصبی و ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های گردش عمومی جو می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل میانگین دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک اهواز، آبادان، دزفول، شهرکرد، لرستان، سنندج، سقز، اراک و همدان، داده‌های باز تحلیل NCEP و خروجی‌های مدل HadCM3 داده‌های نسل سوم مدل جهانی اقلیم تحت سناریوی A2 و B2 برای دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱ میلادی) می‌باشد. مقدار دما برای سه دوره (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، (۲۰۶۹-۲۰۴۰) و (۲۰۹۹-۲۰۷۰) پیش‌بینی و با دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفته است. از ۱۵ سال اول داده‌ها (۱۹۷۵-۱۹۶۱) برای واسنجی و از ۱۵ سال دوم (۱۹۹۰-۱۹۷۶) برای اعتبارسنجی مدل استفاده شده است. مدل‌ها گردش عمومی جو از معتبرترین ابزار، برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تأیید شده IPCC مدل‌سازی نمایند (Dibike and Coulibaly, 2005). مدل HadCM3 از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی (AOGCM) است و در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. HadCM3 از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل

دما از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است که می‌تواند نماینده مناسبی جهت بررسی اقلیم نواحی باشد. چراکه ویژگی تقریباً تمامی عناصر اقلیمی در دماهای به ثبت رسیده در هر محل نمود پیدا می‌کند. از این‌رو می‌توان گفت که دما یکی از عناصر مهم اقلیمی است که بررسی آن می‌تواند در شناخت اقلیم مناطق بسیار مفید باشد. این عنصر از عوامل متعددی تأثیر می‌پذیرد. از این‌رو بررسی آن می‌تواند نقش عوامل مذکور را انعکاس دهد. عوامل مکانی مانند ناهمواری‌ها و عرض جغرافیایی محل و غیره، همچنین تأثیر همسایگان و سیستم‌های گردش جوی و بسیاری عوامل دیگر در تکوین دمای محل نقش غیرقابل انکاری دارند. با این وجود این عنصر در طی زمان و مکان همواره از افت‌وخیزهای برخوردار است که سبب دگرگونی‌های اقلیم شده است. به طوری که دگرگونی از ویژگی‌ها و شاید ثابت‌ترین اصل اقلیم باشد. درون این دگرگونی‌ها، نوسانات و افت‌وخیزهایی دیده می‌شود (Asakereh, 2009). بسیاری از دگرگونی‌ها و تغییرات اقلیمی تدریجی و آرام بوده‌اند و آثار ناشی از آن‌ها به صورت آبی به منصفه ظهور نرسیده، بلکه به طور تدریجی در طی زمان بروز کرده است. این حالت احتمالاً با واژه‌ی نوسان یا روند بهتر تبیین می‌شود. وجود روند در سری‌های زمانی ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی می‌باشد (Brooks and Carrthers, 1953). روند گرم شدن کره زمین از دوره انقلاب صنعتی یعنی از سال ۱۹۷۵ به بعد شتاب بیشتری به خود گرفت (IPCC, 2007). ارزیابی و تحلیل تغییرات دقیقی از تغییرات عناصر اقلیمی به ویژه دما همواره مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است. تا جای که یکی از مهم‌ترین تحقیقات دهه ۱۹۸۰ بررسی تغییرات جهانی دما در سطح قاره‌ها و اقیانوس‌ها طی سده‌ی اخیر به وسیله (Jones et al., 1986) بوده است. با این تفاسیر تغییرات عناصر اقلیمی در آینده بیشتر با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو بیشتر مورد بررسی قرار گرفت (Fildes and Kourentzes, 2011). مدل گردش عمومی (GCMs) نشان می‌دهد که افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌تواند پیامدهای قابل توجه آب‌وهوا در مقیاس جهانی و منطقه‌ای داشته باشد. افزایش گازهای گلخانه‌ای اینکه تا چه حد فرایندهای آب‌وهواشناسی را تحت تأثیر قرار می‌دهد هنوز مورد بحث است؛ اما بر کسی پوشیده نیست که افزایش تراکم غلظت گازهای گلخانه‌ای به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عناصر آب‌وهوای را هم به لحاظ مکانی و هم به لحاظ زمانی تحت تأثیر خود قرار داده است. این مدل‌ها معتبرترین ابزار، برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تأیید شده IPCC مدل‌سازی نمایند

سطح ۸۵۰ میلی باری، رطوبت نسبی مجاور سطح زمین، رطوبت نسبی سطح ۵۰۰ میلی باری، رطوبت نسبی سطح ۸۵۰ میلی باری، رطوبت ویژه مجاور سطح زمین، رطوبت ویژه سطح ۵۰۰ میلی باری، رطوبت ویژه سطح ۸۵۰ میلی باری، سرعت باد زمینگرد، تاوایی، مؤلفه مداری باد، مؤلفه نصف‌النهاری باد، واگرایی و سمت باد. از بین متغیرهای فوق فقط متغیر سمت باد نرمالیزه نمی‌شود. در نهایت بعد از آنالیز پارامترهای اقدام به پیش‌بینی تا سال ۲۰۹۹ شده است. شکل ۱ ساختار کلی این مدل را نشان می‌دهد.

یکی دیگر از مدل‌های پرکاربرد که به منظور ارزیابی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در آینده استفاده شده است شبکه عصبی می‌باشد. در این تکنیک بر خلاف خروجی مدل‌های Hadcm3 نتایج آن بیشتر تا  $\frac{1}{4}$  دوره آماری نتایج قابل قبولی را ارائه می‌دهد. بر همین اساس در این مطالعه پیش‌بینی تغییرات دما تا سال ۲۰۲۵ در هر دو سناریوی A2 و B2 انجام شده است. برای محاسبه شبکه عصبی از طریق فرمول زیر عمل می‌کنیم:

$$y = f(\sum x_i w_i - \theta) \quad (1)$$

در فرمول بالا  $y$  تابع خروجی،  $f$  تابع فعالیت،  $X_i$  متغیر ورودی،  $w_i$  وزن متغیر و  $\theta$  آستانه موردنظر می‌باشد. برای محاسبه ضریب یادگیری به طریق زیر عمل می‌کنیم:

$$\Delta w_i = x_i \times \alpha \times e \quad (2)$$

جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ-دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است. مدل HadCM2 بوده و دارای قدرت تفکیک افقی  $2/5$  در  $3/75$  درجه عرض و طول جغرافیایی می‌باشد که معادل ۹۶ در ۷۳ نقطه شبکه‌ای در کل کره زمین می‌باشد. در سیستم طیفی، قدرت تفکیک آن T42 می‌باشد که معادل شبکه‌هایی با ابعاد ۴۱۷ کیلومتر در ۲۷۸ کیلومتر (در استوا) در سطح افقی می‌باشد. مدل اقیانوسی HadOM3 دارای ۲۰ لایه با قدرت تفکیک افقی  $1/25$  در  $1/25$  درجه می‌باشد. بنابراین برای هر نقطه شبکه‌ای در مدل جوی، شش نقطه در مدل اقیانوسی وجود دارد. گام زمانی مؤلفه اقیانوسی یک ساعت می‌باشد، به عبارت دیگر انتگرال‌گیری در این بخش هر یک ساعت یک‌بار انجام می‌شود. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم از داده‌های مدل گردش عمومی HadCM3 برای تهیه گزارش سوم استفاده کرده است (در گزارش دوم از برون‌داد مدل HadCM2 استفاده شد). این مدل نیازی به تنظیمات شار سطحی (شار مصنوعی اضافی برای سطح اقیانوس) برای بهبود شبیه‌سازی ندارد. شبیه‌سازی‌ها بر مبنای تقویم سال ۳۶۰ روزه و ماه‌های ۳۰ روزه انجام می‌شود. قدرت تفکیک بالای مؤلفه اقیانوسی، مهم‌ترین مزیت این مدل می‌باشد. سناریوهای اقلیمی برای پیش‌بینی آینده از داده‌های سناریوهای انتشار استفاده می‌کنند. به عبارت ساده‌تر، خروجی مدل‌های دینامیکی اقلیمی برای دهه‌های آینده همان سناریوهای اقلیمی هستند. برخی از متغیرهای پیش‌بینی کننده بزرگ مقیاس مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده در مدل SDSM عبارت‌اند از: دمای ۲ متری، فشار سطح متوسط دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ میلی باری، ارتفاع ژئوپتانسیل

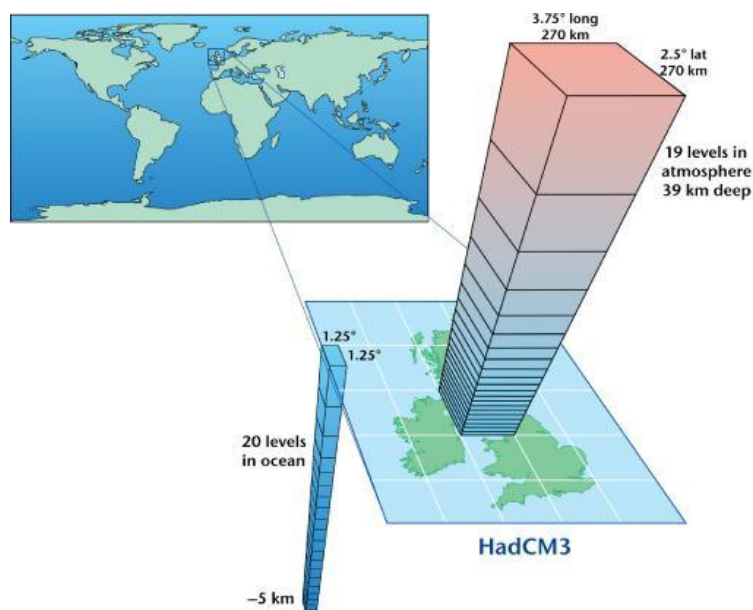


Fig. 1- Horizontal and vertical structure of the HadCM3 coupled atmospheric-ocean model  
شکل ۱- ساختار افقی و قائم مدل جفت شده جوی-اقیانوسی HadCM3

بعد از پیش‌بینی دمای آینده بر اساس خروجی مدل‌های شبکه عصبی و مدل‌های گردش عمومی جو برای ارزیابی چرخه‌ها از تحلیل طیفی بهره گرفته شده است. تکنیک تحلیل طیفی ابزار توانمند و مفید برای آشکارسازی رفتارهای نهانی و آشکار سری‌های زمانی است. تحلیل طیفی روشی مبتنی بر آمار است که با تبدیل رفتار سری زمانی از حالت نوسانات زمانی یا بعد زمانی به بُعد فرکانسی، چرخه‌ها یا افت‌وخیزهای موجود در سری را که با توابع ساده آماری مانند خودهمبستگی یا میانگین متحرک نمود ندارد را آشکار می‌سازد. در واقع در سری‌های زمانی روند به سادگی با رسم یک نمودار خطی ساده آشکار می‌شود. بنابراین در این تحلیل سعی بر این است که آن افت‌وخیزها یا به بیانی دیگر تناوب‌هایی نهانی و البته حائز اهمیت در سری آشکار شود، حال چه این تناوب‌ها بزرگ و در فرکانس‌های کوچک رخ دهد و چه در افت‌وخیزهای کوچک و در فرکانس‌های بالا و با دوره بازگشت کوتاه مدت اتفاق افتاده باشند. در عمل در تحلیل طیفی صحبت از زمان نمی‌شود، بدین معنی که گفته نمی‌شود که رخدادی در زمان معینی رخ داده، بجای آن احتمال وقوع چرخه‌هایی که بیشترین واریانس را در سری زمانی دارند، مورد توجه قرار می‌گیرد. ابزاری که به وسیله آن می‌توان رفتار چرخه‌ای یک سری را به مدل در آورد توابع مثلثاتی است. بنابراین در این تکنیک، تک تک موج‌ها، استخراج و سهم هر یک از آن‌ها در واریانس کل تعیین و در نهایت، پس از استخراج واریانس، تک تک موج‌ها از لحاظ معنی‌داری آماری بررسی می‌شود. شکل ۱ نسبت‌های توابع مثلثاتی کوسینوس (cosine) و سینوس (sine) را در بازه زاویه‌ای ۰ تا ۴۵۰ درجه (رادیان  $\frac{5\pi}{2}$  تا 0) نشان می‌دهد.

با این حال برای استخراج چرخه‌ها باید سری‌های زمانی به سری مثلثاتی (فرکانسی) تبدیل شود. برای حصول به این امر باید سه مشکل

را مورد توجه قرار گیرد:

- ۱- اینکه توابع مثلثاتی از جنس زاویه هستند در حالی که سری‌های زمانی توابعی از زمان می‌باشند.
- ۲- توابع مثلثاتی سینوسی و کسینوسی مابین +۱ و -۱ نوسان می‌کنند در صورتی که داده‌های زمانی در دامنه‌های متفاوتی نوسان دارند.
- ۳- در نهایت، تابع کسینوسی برای زوایای صفر و ۳۶۰ درجه بیشترین مقدار خود را داراست (+۱) در حالی که داده‌های زمانی در زمان‌های مختلف مقادیر بیشینه دارند. به طور مثال دما در وسط روز در حالت اوج قرار دارد در صورتی که تابع کسینوسی در ابتدا مقدار بیشینه را دارا می‌باشد.

برای رفع مشکل اول بایستی مقیاس داده‌های زمانی به مقیاس مثلثاتی تبدیل شود. به طور کلی برای استخراج چرخه‌ها توسط تحلیل طیف مراحل زیر انجام می‌شود (Chathield, 2002):

$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \cos\left(\frac{2\pi q}{n} t\right) \quad q = 1, 2, \dots, \frac{n}{2} \quad (4)$$

$$b_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \sin\left(\frac{2\pi q}{n} t\right) \quad q = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

در رابطه‌ی فوق  $X_i$  میانگین آب قابل بارش  $q$  تعداد هارمونیک‌ها (هم‌سازها) می‌باشد که برای سری‌های زوج به تعداد  $(q=n/2)$  و برای سری‌های زمانی فرد  $(q=n-1/2)$  هم‌ساز خواهیم داشت. بنابراین در این تکنیک تک تک موج‌ها را استخراج کرده و سهم هر یک از موج‌ها در واریانس کل تعیین گردیده و در نهایت پس از استخراج واریانس، تک تک موج‌ها از لحاظ معنی‌داری آماری بررسی می‌شود. با استفاده از رابطه زیر واریانس هر یک از بسامدها حساب می‌شود (Nesbitt and Zipser, 2003):

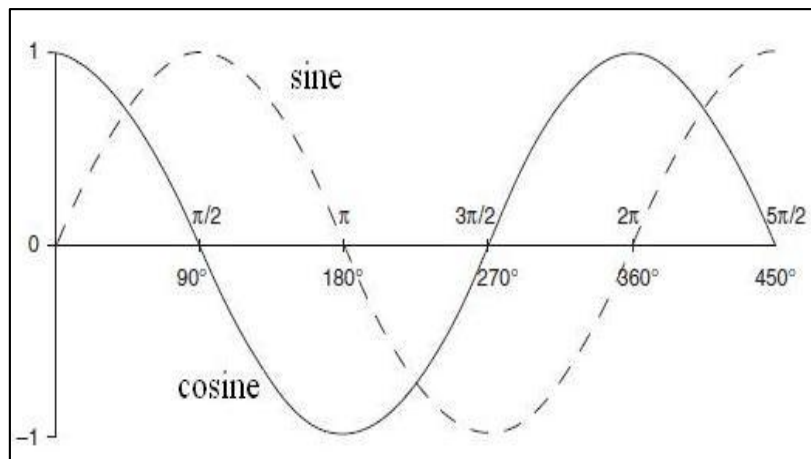


Fig. 2- Ratio of sinus and cosine trigonometric functions in the range of 0 to 450 degrees  
 شکل ۲- نسبت‌های توابع مثلثاتی سینوسی و کسینوسی در بازه ۰ تا ۴۵۰ درجه (wilks, 2006)

(Santer et al., 1996).

در مدل SDSM ارتباط آماری بین متغیرهای مشاهده شده یا پیش‌بینی شونده با متغیرهای بزرگ‌مقیاس یا پیش‌بینی کننده بر اساس همبستگی و همبستگی جزئی ارزیابی می‌شود. بر اساس ضرایب همبستگی بین داده‌های مشاهده‌شده با متغیرهای پیش‌بین روزانه با استفاده نرم‌افزار SDSM، از بین ۲۶ متغیر آزمون شده، ۵ متغیر که بیش‌ترین همبستگی (با P-Value=0) را با داده‌های مشاهده‌شده‌ی دما داشتند، انتخاب شدند که در جدول شماره ۱ ضرایب همبستگی متغیرها ارائه شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود میانگین دما در ایستگاه‌های جنوب غرب ایران (اهواز، دزفول، آبادان، شهرکرد، خرم‌آباد، و همدان) با فشار تراز دریا، ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و نزدیک سطح زمین و میانگین دما در ارتفاع ۲ متری همبستگی معنی‌دار بالایی را نسبت به سایر متغیرهای پیش‌بین نشان می‌دهد. در بین متغیرهای یاد شده فشار تراز دریا و میانگین دما در ارتفاع ۲ متری بیشترین پراش مشترک را با میانگین دما در ایستگاه‌های جنوب غرب داشتند. این در حالی می‌باشد که فشار با تأثیرگذاری بر بیشتر متغیرهای اقلیمی نقش غیرقابل‌انکاری را در وضعیت و شرایط جوی حاکم بر یک منطقه دارد (Mohammadi, 2015). به طوری که بعضی از محققین بر این باورند که به سمت عرض‌های بالا میزان ناهنجاری‌های فشار نسبت به عرض‌های پایین تأثیر بیشتری دارند (Blasing, 1981). میزان تأثیرگذاری این عنصر تا جای می‌باشد که همواره در شناسایی و مطالعات شرایط اقلیمی یک نواحی همواره به‌عنوان اولین عنصرها مورد بررسی قرار می‌گیرد (Davis et al., 1976; Brocchi, 1981).

### ۳-۱- تحلیل تغییرات نوسانات دما

دما و تغییرات آن از عمده‌ترین و اساسی‌ترین عناصر در تعیین، نقش و پراکنندگی سایر عناصر اقلیمی می‌باشد. با این وجود پیامدهای تغییر عناصر اقلیمی بسیار گسترده می‌باشد به طوری که به تدریج بر روی اکوسیستم‌ها، چرخه آب، کشاورزی، صنعت، تأسیسات زیربنایی و در نهایت انسان اثرگذار خواهد بود. از این رو شناخت چرخه‌ها و تغییرات این عناصر جهت اجرای برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

$$I(f_i) = \frac{n}{2} (a_i^2 + b_i^2) \quad (6)$$

برای آزمون معنی‌داری ابتدا باید سه مرحله زیر را به انجام رساند:  
الف: محاسبه میانگین طیف ( $\bar{S}$ ) ب: محاسبه خودهمبستگی مرتبه اول برای مشاهدات سری زمانی داده‌ها ( $r_1$ )، ج: محاسبه طیف برای یک سری تصادفی با مشخصات ( $\bar{S}$ ) و ( $r_1$ ) سری موجود با استفاده از رابطه‌ی زیر (Michael et al., 2009):

$$I(F_i) = \bar{S} \left[ \frac{1 - r_1^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos\left(\frac{\pi \times i}{q}\right)} \right] \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, q$$

در ادامه به منظور شناسایی جهش‌های حاکم بر دمای جنوب غرب از روش الکساندرسون بهره گرفته شده است. روش الکساندرسون، میانگین  $k$  سال اول با میانگین  $n-k$  سال بعدی مقایسه می‌شود تا آماره  $T(K)$  به دست آید به عبارت دیگر (Alexanderson, 1986):

$$T(K) = K \times \bar{Z}_1^2 + (n - K) \times \bar{Z}_2^2 \quad (8)$$

در این فرمول  $\bar{Z}_1^2$  و  $\bar{Z}_2^2$  از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{Z}_1^2 = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})/S \quad (9)$$

$$\bar{Z}_2^2 = \frac{1}{n - K} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})/S$$

در این رابطه در روابط فوق  $Y_i$  مقادیر سری سالانه ( $i$  از ۱ تا  $n$ ) میانگین سری  $S$  انحراف معیار می‌باشد. آماره آزمون جهت رد فرض صفر بدین صورت تعریف می‌شود:

$$T_0 = \max(T(K)) = \max(\bar{Z}_1^2 + (n - K)\bar{Z}_2^2) \quad (10)$$

$$1 \leq k \leq n - 1$$

اگر  $T_0$  بزرگ‌تر از یک سطح بحرانی مشخص باشد می‌گوییم فرض صفر در سطح معنی‌داری مورد نظر رد شده است. آماره بحرانی که الکساندرسون برای هر دوره آماری ارائه می‌دهد به شرح زیر است:

### ۳- نتایج و یافته‌ها

جهت بررسی تغییرات دما و پیش‌بینی دمای در ناحیه جنوب و جنوب غرب ایران از مدل آماری دینامیک SDSM و شبکه عصبی استفاده شده است. یکی از مهم‌ترین مراحل مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری، انتخاب متغیرهای غالبی می‌باشد. این امر ناشی از آن است که مشخصات مدل و نتایج مستقیماً تحت تأثیر متغیرهای مستقل می‌باشد

Table 1- Critical values for the Alexandersson homogeneity test

جدول ۱- مقادیر بحرانی برای آزمون همگنی الکساندرسون

N	10	20	30	40	50	60	80	100
$T_{95}$	5.7	6.95	7.65	8.1	8.45	8.65	8.95	9.15

**Table 2- Results of the evaluation of HatCM3 model and neural network model**

جدول ۲- نتایج ارزیابی نتایج مدل گردش عمومی جو HadCM3 و شبکه عصبی

Station	Parameter	Partial Correlation	Correlation	
Plain stations	Ahwaz	Mean sea level pressure	-0.71	-0.837
		500 hPa geopotential height	0.661	0.837
		850 hPa geopotential height	-0.456	-0.573
		Near surface relative humidity	-0.419	-0.845
		Mean temperature at 2m	0.909	0.951
	Abadan	Mean sea level pressure	-0.611	-0.825
		500 hPa geopotential height	0.511	0.874
		850 hPa geopotential height	-0.523	-0.696
		Near surface relative humidity	-0.341	-0.743
		Mean temperature at 2m	0.832	0.896
	Dezful	Mean sea level pressure	-0.26	-0.85
		500 hPa geopotential height	0.632	0.875
		850 hPa geopotential height	-0.231	-0.814
		Near surface relative humidity	-0.341	-0.852
		Mean temperature at 2m	0.36	0.961
Mountainous stations	Shahre Kurd	Mean sea level pressure	-0.410	-0.888
		500 hPa geopotential height	0.456	0.875
		850 hPa geopotential height	-0.33	-0.812
		Near surface relative humidity	0.354	0.96
		Mean temperature at 2m	-0.413	-0.858
	Khoramabad	Mean sea level pressure	0.411	0.872
		500 hPa geopotential height	-0.312	-0.807
		850 hPa geopotential height	-0.461	-0.841
		Near surface relative humidity	0.623	0.948
		Mean temperature at 2m	-0.352	-0.789
	Hamedan	Mean sea level pressure	0.412	0.874
		500 hPa geopotential height	-0.248	-0.707
		850 hPa geopotential height	-0.514	-0.659
		Near surface relative humidity	0.647	0.955

**Table 3- Projection of temperature changes based on the output of the neural network and SDSM**

جدول ۳- پیش بینی تغییرات دما برای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی شبکه عصبی و SDSM

Station	ANNs (2015-2025)		Hadcm3(2015-2099)		
	A2	B2	A2	B2	
Plain	Abadan	0.95	1.25	1.7	1.95
	Ahwaz	0.95	1.2	2.4	2.7
	Dezful	0.3	0.59	2.3	2.7
	Hamedan	0.71	0.98	1.4	1.67
Foothill	Khoramabad	0.42	0.66	1	1.57
	ShahreKurd	0.25	0.55	0.9	1.2

می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود میانگین دمای در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای سناریوی a2 و b2 بر اساس خروجی داده HadCM3 از نوسانات بالای برخوردار بوده است. در این بین ایستگاه‌های جلگه‌ای (اهواز، آبادان و دزفول) بیشتر دارای جهش می‌باشند. این در حالی می‌باشد که این جهش میانگین در طی سال‌های ۲۰۴۰ تا ۲۰۷۰ در بیشترین اوج می‌باشد. با این وجود نتایج آماره آلکساندرسون برای خروجی‌های شبکه عصبی تقریباً نتایج مشابهی را داده است. بر این اساس نتایج خروجی شبکه عصبی بیانگر

این در حالی می‌باشد که بعضی از محققین معتقدند که سری زمانی متغیرهای اقلیمی از قبیل دما، بارش رطوبت، فشار و غیره در صورتی همگن هستند که تغییرپذیری آن‌ها تنها در ارتباط با آب‌وهوای منطقه‌ای و تغییرپذیری اقلیمی باشد (Pandzic and Likso, 2009). این بدین معناست که اندازه‌گیری پارامترها همیشه بایستی با روش‌های یکسان، با تجهیزات یکسان، در زمان‌های مشخصی از شبانه‌روز و در یک محیط و مکان مشخص انجام شود. شکل ۳ نتایج حاصل از آماره آلکساندرسون را طی دوره‌های مورد مطالعه نشان



بوده است گاهی تأثیر آن‌ها به اندازه‌ای زیاد است که باعث پیدایش تغییرات دوره‌ای و تغییرات دیگر می‌شود.

### ۳-۲- تحلیل چرخه‌های دما

با اعمال تکنیک تحلیل طیفی بر داده‌های خروجی شبکه عصبی و مدل‌های گردش عمومی HadCM3 در سناریوی A2a و B2a برای نواحی جنوب غرب ایران، چرخه‌های سینوسی معنی‌دار آشکار گردید؛ که نتایج آن به صورت نقشه‌ای در جدول ۴ تا ۹ ارائه گردیده است.

ایستگاه‌های واقع در منطقه جنوب غرب ایران به دلیل برخوردار بودن از توپوگرافی‌های پیچیده از تنوع اقلیمی خاصی برخوردار می‌باشد. برای مثال ایستگاه‌های جلگه‌ای ارتفاع بسیار ناچیزی از سطح دریا دارند این در حالی می‌باشد که ایستگاه‌های مورد مطالعه کوهپایه‌ای دارای تنوع توپوگرافی زیاد می‌باشد.

این است که سالهای ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ ایستگاه‌های کوهپایه‌ای جهش میانگین رخ داده است. بنابراین می‌توان گفت که به‌طور کلی عوامل مختلفی باعث ناهمگنی در سری‌های اقلیمی می‌شوند که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از جابجایی ایستگاه‌های هواشناسی، تغییر در زمان ثبت پارامترها، تغییر تجهیزات و ادوات، تغییر روش‌ها و تکنیک‌های اندازه‌گیری، تغییرات محیطی و احداث ساختمان‌ها و سایر تأسیسات در اطراف ایستگاه‌های هواشناسی و غیره.

با این وجود یک سری اقلیمی همگن عبارت است از سری که تغییرات موجود در آن تنها ناشی از تغییرات طبیعی باشد (Rouco et al., 2000). این در حالی می‌باشد که در هر سری زمانی رفتار دیگری وجود دارد که آن را تغییرات نامنظم یا تصادفی گویند. این تغییرات کاملاً تصادفی بوده و نتیجه‌ی عوامل غیرقابل پیش‌بینی هستند که به طریقی نامنظم عمل می‌کنند. این‌گونه تغییرات هیچ‌گونه طرح مشخصی ندارند و زمان وقوع آن‌ها نامنظم و معمولاً کوتاه‌مدت

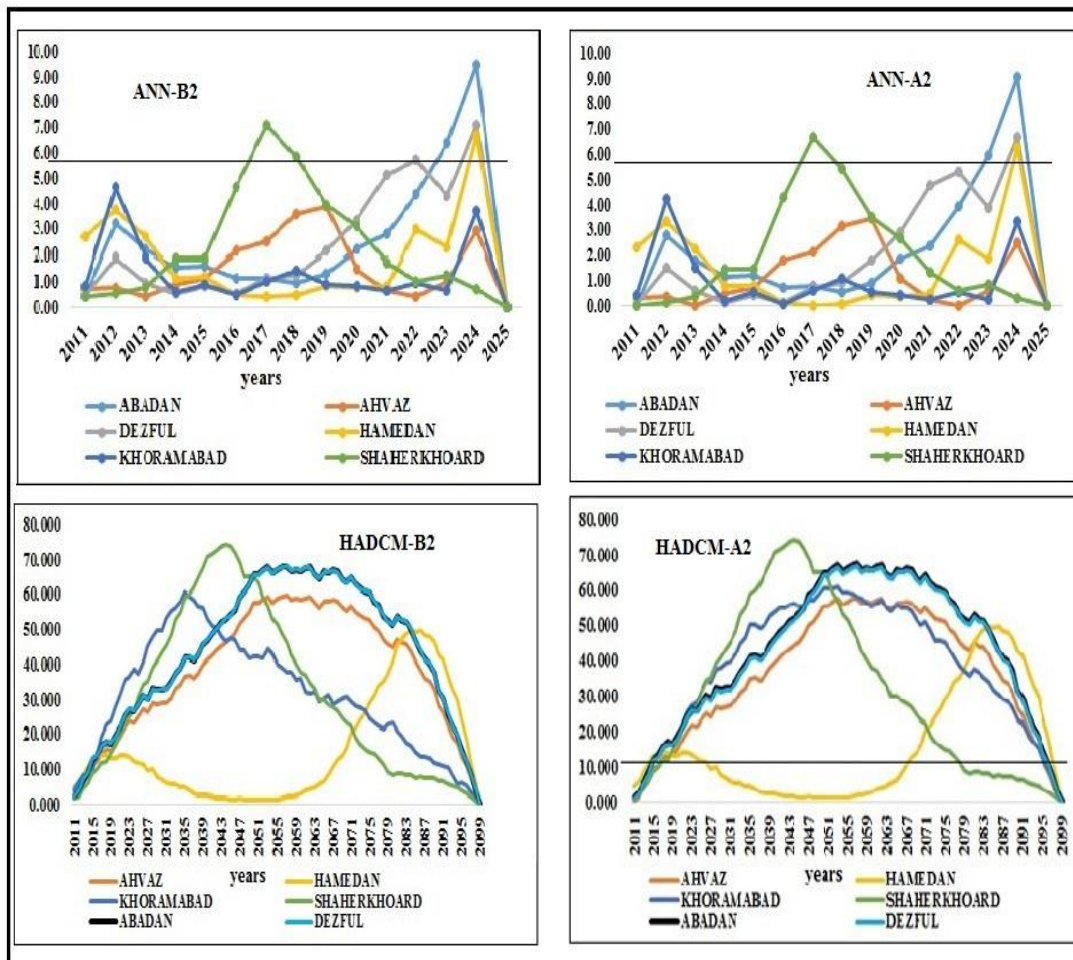


Fig. 3- Alexandersson's statistics for the temperature under the climate change scenario in southwest of Iran  
 شکل ۳- آماره آکساندرسون برای میانگین دمای جنوب غرب تحت سناریوی تغییر اقلیم

**Table 4- Temperature cycles of studied stations**

جدول ۴- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه

Station	Possibility	Variance	Cycles
Abadan	0.367	3.940	3
	0.033	8.553	30
Ahwaz	0.267	1.729	4
	0.467	0.897	2
Dezfoul	0.033	2.572	30
Hamedan	0.267	1.356	4
Khoramabad	0.233	3.672	4
	0.500	1.135	2
ShahreKurd	0.267	1.216	4
	0.400	1.179	3

مورد مطالعه چرخه‌های ۳ و ۴ ساله بیشترین واریانس را توجیه می‌کنند (جدول ۵). این در حالی می‌باشد که چرخه‌های شبیه‌سازی شده بر اساس شبکه عصبی وضعیت مشابهی را نشان می‌دهد. کما اینکه دمای شبیه‌سازی شده بر اساس خروجی hadcm3 علاوه بر چرخه‌های کوتاه‌مدت چرخه‌های میان مدتی هم مشاهده می‌شود. در چرخه‌های شبیه‌سازی شده باز هم همانند دمای اندازه‌گیری شده چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله بیشترین واریانس را نسبت به سایر چرخه‌ها توجیه می‌کنند. با این وجود تنوع چرخه‌ها در دمای شبیه‌سازی شده بر اساس خروجی مدل‌های گردش عمومی جو hadcm3 نسبت به خروجی شبکه عصبی از تنوع بیشتری برخوردار است که این گویای این است که شبکه عصبی نسبت به ریزمقیاس‌نمایی آماری در sdsm نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. عواملی از قبیل مجاورت با آب‌های خلیج فارس و دریای عمان، قرارگیری در سایه ناهمواری‌های زاگرس نیز می‌تواند باعث تنوع زیاد در الگوهای چرخه‌های عناصر اقلیمی شود (Asakereh, 2015; Asakereh et al., 2015).

از این‌رو بررسی و شناخت چرخه‌های عناصر اقلیمی در مناطق با توپوگرافی پیچیده یک کار چالش‌برانگیز برای مدل‌های پیش‌بینی آب و هوا و باز تولید دقیق چرخه‌های عناصر اقلیمی می‌باشد؛ از این‌رو شناخت این چرخه‌ها نیاز به توجه و دقت بالایی دارد (Lee et al., 2001; Yang et al., 2007). هر چند که امروزه پیشرفت در رادار و ماهواره‌های سنجش از راه دور تا حد زیادی نسبت به خصوصیات بهتری از چرخه‌های عناصر اقلیمی کمک کرده است (Nesbitt and Zipser, 2003; Biasutti et al., 2011)؛ اما تغییرات ناگهانی مدل‌های آب و هوای مکانیسم و شکل‌گیری چرخه‌ها را سخت و نامفهوم می‌کند (Mapes et al., 2003). در ابتدا برای اینکه نمایی از چرخه‌های دما طی سال‌های آینده به دست بیاید، چرخه‌های حاکم بر ایستگاه‌های مورد مطالعه را مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۵ نمایش داده شده است. بر اساس این جدول دما هم در ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) و هم در ایستگاه‌های کوهپایه‌ای (همدان، خرم‌آباد و شهرکرد) بیشتر چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم بوده است. به طوری که در ایستگاه‌های

**Table 5- Temperature cycles in the studied stations based on the output of neural network model (1961-1990)**

جدول ۵- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی شبکه عصبی طی دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰

Station	ANN-A2 (1961-1990)			ANN-B2 (1961-1990)		
	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
Abadan	0.367	3.940	3	0.367	3.940	3
	0.033	8.553	30	0.033	8.553	30
Ahwaz	0.267	1.729	4	0.267	1.729	4
	0.467	0.897	2	0.467	0.897	2
Dezfoul	0.033	2.572	30	0.033	2.572	30
Hamedan	0.267	1.356	4	0.267	1.356	4
Khoramabad	0.233	3.672	4	0.233	3.672	4
	0.500	1.135	2	0.500	1.135	2
ShahreKurd	0.267	1.217	4	0.267	1.217	4
	0.400	1.181	3	0.400	1.181	3



**Table 6- Temperature cycles of the studied stations based on the output of the SDSM model (1961-1990)**

جدول ۶- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی مدل SDSM طی دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰

Station	HadCM3-A2 (1961-1990)			HadCM3-B2 (1961-1990)		
	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
Abadan	0.07	0.60	16.00	0.16	1.23	6.20
	0.30	0.32	3.00	-	-	Inf
Ahwaz	0.07	0.60	15.00	0.16	1.23	6.20
	0.30	0.32	3.33	-	-	-
Dezfoul	0.07	0.60	15.00	0.16	1.23	6.20
	0.30	0.32	3.33	-	-	-
Hamedan	0.03	3.81	30.00	0.03	1.97	31.00
	0.23	0.69	4.29	0.42	0.73	2.38
	0.30	0.37	3.33	-	-	-
	0.50	0.30	2.00	-	-	-
Khoramabad	0.07	1.79	15.00	0.03	4.29	31.00
	0.37	0.23	2.73	-	-	-
	0.17	1.31	6.00	0.16	1.51	6.20
ShahreKurd	0.37	0.36	2.73	0.29	0.58	3.44
	-	-	-	0.42	0.44	2.38

الگوی بزرگ‌مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری و سایر فرایندهای اقلیمی- اقیانوسی نسبت داده‌اند (Garcia et al., 2002). با این وجود دیدگاه‌های متفاوتی درباره نسبت این چرخه‌ها به عوامل کلان مقیاس وجود دارد. بر اساس خروجی مدل شبکه‌های عصبی در سناریوی A2a بعضی ایستگاه‌ها منطقه مورد مطالعه فاقد چرخه‌های معنی‌دار بوده است. که در این بین سه ایستگاه‌های کوهپایه‌ای نسبت به ایستگاه‌های جلگه‌ای بیشتر می‌باشد. علاوه بر این در ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) چرخه‌های میان‌مدت ۱۰ و ۱۱ ساله حاکم است. با این وجود چرخه‌های که معادل با طول دوره آماری می‌باشد هم در خروجی شبکه عصبی و هم در خروجی مدل‌های گردش عمومی مشاهده می‌شود که این گویای وجود روند در داده‌های دما ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین چرخه معنی‌دار در واقع همان رخداد دماهای همسان می‌باشد که در طول سال‌ها تکرار می‌شوند و می‌توانند طیف وسیعی از فراوانی‌ها (احتمالات) را داشته باشند.

نتایج ارزیابی چرخه‌های دما پیش‌بینی شده بر اساس خروجی شبکه عصبی و مدل‌های گردش عمومی HadCM3 در سناریوی A2a و B2a دمای در ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) و ایستگاه‌های کوهپایه‌ای (همدان، خرم‌آباد و شهرکرد) بیشتر چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم می‌باشد. عساکره دمای سالانه شهر تبریز را در طول دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۵۱ و با استفاده از تحلیل طیفی مطالعه نمود. وی چرخه‌های ۲/۶-۲ ساله و ۴/۵-۵ ساله و نیز یک چرخه غیر سینوسی (روند) در سری زمانی دمای سالانه شهر تبریز مشاهده کردند که با نتایج فوق مطابقت دارند (Asakereh, 2009). لانا و همکاران چرخه‌های ۴/۶ و ۲/۱ ساله بارش در شمال شرق اسپانیا را به تغییرات دو سالانه (QBO) نسبت داده‌اند (Lana, 2005). علاوه بر چرخه‌های فوق‌الذکر، همان‌گونه که در جدول ۱ مشخص است چرخه‌های ۳-۵ ساله نیز به وفور در بارش برخی ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود. از طرفی دیگر بیشتر دانشمندان چرخه‌ها (۲ تا ۴ ساله) را به ال نینو- نوسانات جنوب (ENSO) و تغییرات دو سالانه (QBO)

**Table 7- Temperature cycles of the studied stations based on the output of neural network model (2015-2025)**

جدول ۷- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی شبکه عصبی طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۲۵

Station	ANN-A2 (2015-2025)			ANN-B2 (2015-2025)		
	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
Plain	Abadan	-	-	-	-	-
	Ahwaz	0.463	1.194	2	0.45	1.19
	Dezfoul	0.445	1.194	2	0.45	1.19
	Hamedan	0.091	0.381	11	0.09	0.38
Mountainous	Khoramabad	0.093	2.328	11	0.09	2.33
	ShahreKurd	-	-	-	-	-

**Table 8- Temperature cycles of the studied stations based on SDSM for foothill stations**  
**جدول ۸- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی مدل SDSM برای ایستگاه‌های کوهپایه‌ای**

A2 (2010-2099) - Foothill stations								
Hamedan			Khoramabad			ShahreKurd		
Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
0.02	32.26	45.00	0.01	39.60	90.00	0.01	80.86	90.00
0.18	1.24	5.63	0.20	0.75	5.00	0.20	1.40	5.00
0.20	1.03	5.00	0.28	0.74	3.60	0.28	0.65	3.60
0.24	0.72	4.09	0.31	0.96	3.21	0.33	0.72	3.00
0.28	0.65	3.60	0.33	0.72	3.00	0.38	0.50	2.65
0.43	0.49	2.31	0.38	0.43	2.65	0.40	0.43	2.50
0.33	0.87	3.00	0.41	0.37	2.43	0.44	0.47	2.25
0.41	0.54	2.43	0.44	0.34	2.25	0.48	0.41	2.09

B2 (2010-2099)- Foothill stations								
Hamedan			Khoramabad			ShahreKurd		
Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
0.15	1.75	6.50	0.01	20.33	90.00	0.01	90.63	90.00
0.19	1.06	5.35	0.26	0.79	3.79	0.16	1.50	6.07
0.29	1.50	3.50	0.29	0.67	3.50	0.19	1.29	5.35
0.36	0.41	2.76	0.35	0.36	2.84	0.20	1.57	5.06
0.40	0.40	2.53	0.37	0.38	2.68	0.29	0.86	3.50
0.43	0.79	2.33	0.40	0.49	2.53	0.35	0.54	2.84
0.49	0.77	2.02	0.42	0.69	2.39	0.37	0.46	2.68
-	-	-	-	-	-	0.38	0.56	2.60
-	-	-	-	-	-	0.40	1.31	2.53

#### ۴- نتیجه‌گیری

محیط زیست سازمان ملل (UNEP) ایجاد گردید امروزه پیش‌بینی تغییرات اقلیمی جهت برنامه‌ریزی‌های کلان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این بین مدل‌های گردش عمومی (GCMs) از قدرتمندترین ابزار موجود و در حال تکامل برای شبیه‌سازی تغییرات آب‌وهوا می‌باشد. به طوری که این مدل‌ها در مقیاس سیاره‌ای و جهانی از اعتماد قابل زیادی برخوردار هستند. بدین منظور در این مطالعه تغییرات دما در نواحی جنوب غرب ایران، ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) و ایستگاه‌های کوهپایه‌ای (همدان، خرم‌آباد و شهرکرد) با استفاده از مدل‌های گردش عمومی HadCM3 و شبکه عصبی برآورد گردیده است. داده‌های مورد استفاده شامل میانگین دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک جنوب غرب کشور و داده‌های باز تحلیل NCEP و خروجی‌های مدل HadCM3 داده‌های نسل سوم مدل جهانی اقلیم تحت سناریوی A2 و B2 برای دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۱ میلادی) می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر این بوده است که:

دما و تغییرات آن از عمده‌ترین و اساسی‌ترین عناصر در تعیین، نقش و پراکندگی سایر عناصر اقلیمی می‌باشد. با این وجود پیامدهای تغییر عناصر اقلیمی بسیار گسترده می‌باشد به طوری که به تدریج بر روی اکوسیستم‌ها، چرخه آب، کشاورزی، صنعت، تأسیسات زیربنایی و در نهایت انسان و اثرگذار خواهد بود. از این رو شناخت چرخه‌ها و تغییرات این عناصر جهت اجرای برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. با مطرح شدن مباحث مربوط به تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن متان و همچنین مطرح شدن مباحث مربوط به تغییر اقلیم در دانشکده‌ها و مراکز علمی و تحقیقاتی و خسارات بسیار زیادی که در زمینه تغییرات اقلیم ایجاد می‌شود و با عنایت به تأثیرات اجتماعی، اقتصادی آن بر محیط‌زیست در سال ۱۹۸۸ هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در سازمان هواشناسی جهانی (WMO) و برنامه

**Table 9- Temperature cycles of the stations studied based on the output of SDSM model for plain stations**  
جدول ۹- چرخه‌های دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس خروجی مدل SDSM برای ایستگاه‌های جلگه‌ای

A2 (2010-2099)- Plain stations								
Abadan			Ahwaz			Dezfool		
Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
0.01	54.61	90.00	0.01	54.61	90.00	0.01	54.61	90.00
0.28	0.67	3.60	0.28	0.67	3.60	0.28	0.67	3.60
0.31	0.74	3.21	0.31	0.74	3.21	0.31	0.74	3.21
0.33	1.09	3.00	0.33	1.09	3.00	0.33	1.09	3.00
0.38	0.76	2.65	0.38	0.76	2.65	0.38	0.76	2.65
0.40	0.51	2.50	0.40	0.51	2.50	0.40	0.51	2.50
0.41	0.82	2.43	0.41	0.82	2.43	0.41	0.82	2.43
0.49	0.45	2.05	0.49	0.45	2.05	0.49	0.45	2.05

B2 (2010-2099)- Plain stations								
Abadan			Ahwaz			Dezfool		
Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles	Possibility	Variance	Cycles
0.01	42.85	91.00	0.01	42.85	91.00	0.01	42.85	91.00
0.15	2.34	6.50	0.15	2.34	6.50	0.15	2.34	6.50
0.19	1.53	5.35	0.19	1.53	5.35	0.19	1.53	5.35
0.29	1.42	3.50	0.29	1.42	3.50	0.29	1.42	3.50
0.33	0.67	3.03	0.33	0.67	3.03	0.33	0.67	3.03
0.34	0.84	2.94	0.34	0.84	2.94	0.34	0.84	2.94
0.36	0.56	2.76	0.36	0.56	2.76	0.36	0.56	2.76
0.40	0.54	2.53	0.40	0.54	2.53	0.40	0.54	2.53
0.41	0.48	2.46	0.41	0.48	2.46	0.41	0.48	2.46
0.46	0.42	2.17	0.46	0.42	2.17	0.46	0.42	2.17
0.49	0.70	2.02	0.49	0.70	2.02	0.49	0.70	2.02

شبیه‌سازی شده بر اساس شبکه عصبی و خروجی مدل‌های گردش عمومی جو همین چرخه‌ها را پیش‌بینی کردند. با این وجود در ایستگاه‌های کوهستانی به دلیل تنوع توپوگرافی چرخه‌های متنوع‌تری حاکم بوده است. همسان بودن چرخه‌ها در ایستگاه‌های جلگه‌ای بیانگر این بوده است که سیستم‌های واحدی بر ایستگاه‌های جلگه سبب شکل‌گیری چرخه‌های معنی‌داری گردیده است. ارزیابی چرخه‌های دما بر اساس شبکه عصبی تا ۲۰۲۵ و مدل‌های گردش عمومی جو تا ۲۰۹۹ بیانگر چرخه‌های کوتاه‌مدت در دما می‌باشد با این وجود چرخه‌های میان‌مدتی ۱۱ ساله هم مشاهده گردیده است. به طوری که این نتایج به مطالعه عساکره بر روی چرخه‌های دما تبریز مطابقت دارد (Asakereh, 2009). بیشتر دانشمندان چرخه‌ها (۲ تا ۴ ساله) را به ال نیو- نوسانات جنوب و تغییرات دو سالانه الگوی بزرگ‌مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری و سایر فرایندهای اقلیمی - اقیانوسی نسبت داده‌اند (Garcia et al., 2002).

**الف)** بررسی‌ها حاکی از آن بوده است که مدل‌های گردش عمومی جو از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) نسبت به ایستگاه‌های کوهستانی (همدان، خرم‌آباد و شهرکرد) نتایج مناسب‌تری را ارائه می‌دهد. این در حالی می‌باشد که شبکه‌های عصبی علاوه بر ایستگاه‌های جلگه‌ای در ایستگاه‌های کوهپایه‌ای برآورد بهتری داشته است. ولی با این تفاسیر میزان خطای شبکه عصبی و خروجی مدل‌های گردش عمومی HadCM3 در ایستگاه‌های جلگه‌ای طوری نبوده است که بتوان یکی را بر مدل دیگری در ارزیابی تغییرات دمای برتر دانست.

**ب)** بررسی و تحلیل چرخه‌های دمای در ایستگاه‌های جلگه‌ای (آبادان، اهواز و دزفول) و ایستگاه‌های کوهستانی (همدان، خرم‌آباد و شهرکرد) بیانگر این بوده است که از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ چرخه‌های دما بیشتر کوتاه‌مدت ۲ تا ۴ ساله حاکم بوده است. این در حالی می‌باشد که دمای

- Fildes R, Kourentzes N (2011) Validation and forecasting accuracy in models of climate change. *International Journal of Forecasting* 27(4):968-995
- Garcia J A, Serrano A, Cruz Gallego M (2002) A spectral analysis of Iberian Peninsula monthly rainfall. *Theoretical and Applied Climatology* 71:77-95
- Jones P D, Wigley T, Wright P B (1986) Global temperature variation between 1861 and 1984. *Nature* 322:430-432
- Lana M, Martinez D, Serra C, Burguen A (2005) Periodicities and irregularities of indices describing the daily pluviometric regime of the Fabre Observatory (NE Spain) for the years 1917-1999. *Theoretical and Applied Climatology* 82:183-198
- Lee M, Schubert S, Suarez M, Held I, Lau N, Plushy J, Kumar A, Kim H, Schema J (2007) An analysis of the warm-season diurnal cycle over the continental United States and northern Mexico in general circulation models. *Journal of Hydrometeor* 8(3):344-366
- Mapes B, Waner T, Xu M, Negri A J (2003) Diurnal patterns of rainfall in northwestern South America. Part II: Model simulations. *Monthly Weather Review* 131(5):813-829
- Michael S, Pritchard C, Richard C, Somerville J (2009) Empirical orthogonal function analysis of the diurnal cycle of Precipitation in a multi-scale climate model. *Geophysical Research Letters* 36:1- 5
- Mohammadi B (2015) Identification of spatial and temporal abnormalities of sea level pressure in Iran. *Geographical Research* 1:43-58 (In Persian)
- Nesbitt S, Zipser E (2003) The diurnal cycle of rainfall and convective intensity according to three years of TRMM measurements. *Journal of Climate* 16:1456-1475
- Pandzic K, Likso T (2009) Homogeneity of average annual air temperature time series for Croatia. *Journal of Climatology* 30(8):1215-1225
- Rouco J, Jimenez J, Quesada L, Valero V (2000) Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe. *Journal of Climate* 14:964-978
- Santer B D, Taylor K E, Wigley T M, Johns T C, Jones P D, Karoly D J, Mitchell J F B, Oort A H, Penner J E, Ramaswamy V, Schwarzkopf M D, Stouffer R J, Tett S (1996) A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere. *Nature* 382:39-46
- Yang G, Slinger J (2001) The diurnal cycle in the tropics. *Review Monthly weather* 129:784-801
- Abbasi F, Babaeian I, Melbosi Sh, Imari M, Goli Mokhtari L (2012) Assessment of Iran's Climate change in the decades (2025-2100) using the exponential microscopy of Joe's general circulation models. *Quarterly Journal of Research Geographical* 104:17979-18005 (In Persian)
- Abbasi F, Imari M (2012) Prediction and evaluation of changes in Iran's temperature and precipitation over the next decades with the MAGICC-SCENGEN model. *Water and soil Journal* 25(1):83-70 (In Persian)
- Alexanderson H A (1986) A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climate* 6:661-675
- Asakereh H (2009) Spectral analysis of time series of annual temperature in Tabriz. *Geographical Research* 93:33-50 (In Persian)
- Asakereh H, Doostkamian M, Sadrafshary S (2015) Anomalies and cycles of precipitable water over Iran in recent decades. *Arab J Geosci*, DOI 10.1007/s12517-015-1888-2
- Asakereh H, Doshkamian M, Ghaemi H (2015) Analysis of rainfall water cycle abnormalities baroque Iran. *Journal of Natural Geography, University of Tehran* 4:444-435 (In Persian)
- Biasutti M, Yuter S, Burleyson C, Sobel A (2011) Very high resolution rainfall patterns measured by TRMM precipitation radar: Seasonal and diurnal cycles. *Climate Dynamics* 39(1-2): 239-258
- Blasing T J (1981) Characteristic anomaly patterns of summer sea-level pressure for the Northern Hemisphere. *Tellus* 33:428-437
- Broccoli A J, Harnack RP (1981) Predictability of monthly north Pacific Sea level pressure from monthly sea surface temperature for the period 1933-1976. *Monthly Weather Review* 109:2107-2117
- Brooks C E P, Carrthers N (1953) *Handbook of statistical methods in meteorology*. London, H.M.S.O, 412 p
- Chathield C (2002) *An introduction to time series analysis*. Hassan Ali Nirmand and Abolghasem Big Nia, Ferdowsi Publications of Mashhad (In Persian)
- Davis E R (1976) Predictability of sea surface temperature and pressure anomalies over the North Pacific Ocean. *Journal of Physical Oceanography* 6(3):249-266
- Dibike Y B, Coulibaly P (2005) Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology* 307:145-163