

پیش بینی نوسان‌های دما و بارش در پهنه‌ی مرکزی استان فارس

برای دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ با کاربرد شبیه ECHAM5

وحیده روان^۱، سید محمد جعفر ناظم السادات^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/ / تاریخ پذیرش: ۹۰/ /

چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و افزایش جهانی دما، نشان‌پر رنگی بر اندازه تولید و ویژگی‌های فرآورده‌های کشاورزی خواهد داشت. نشان این دگرگونی‌ها در کوتاه شدن دوره‌ی رشد، افزایش تبخیر-تعرق، افزایش عملکرد و نوسان ارزش خوراکی گیاهان نمایان گردیده است. از جمله روش‌های پیش‌بینی دما و بارش در چند دهه‌ی آتی، به کارگیری شبیه‌های گردش همگانی جو (GCM) می‌باشد. از آن‌جا که برون داد این شبیه‌ها نشانگر ویژگی‌های اقلیمی در پهنه‌های بزرگ جغرافیایی است، برای به کارگیری آنها در گستره‌های محلی و حوضه‌های آبخیز نیاز به کوچک اندازه کردن برون دادها می‌باشد. در این پژوهش، دو روش ناهمسان برای کوچک اندازه کردن آماری برای برون دادهای شبیه‌های GCM به کار گرفته و سپس بهترین روش انتخاب شده است. در گام دوم، برون دادهای شبیه گردش همگانی جو ECHAM5 در دو نمایشنامه‌ی 20C3M و 1PTO2X برای دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ کوچک اندازه شدند. پس از آنکه واسنجیها نشان داد که برون دادهای کوچک اندازه شده شبیه همخوانی بالایی با داده‌های دیده بانی شده دارند، همان روش کوچک اندازه کردن برای برون دادهای شبیه در دوران ۲۰۱۱-۲۰۴۰ به کار گرفته شد. یافته‌های پژوهش نشانگر افزایش دمای پهنه مرکزی استان فارس در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ در سنجهش با دوره‌ی زمانی گذشته ۰/۵۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در نمایشنامه‌ی 20C3M و ۲/۳۵ درجه سانتی‌گراد در نمایشنامه‌ی 1PTO2X می‌باشد. همچنین اندازه‌ی بارش دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ در دو نمایشنامه‌ی 20C3M و 1PTO2X، یکی پس از دیگری، ۱۴ درصد کاهش و ۱۹ درصد افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، شبیه‌های گردش همگانی جو، کوچک اندازه کردن.

مقدمه

گزارشهای IPCC (۲۰۰۱) نشان می دهد که در چند دهه ی گذشته غلظت گازهای گلخانه ای مانند CO₂ و CH₄ در هوای پیرامون زمین روند فزاینده ای داشته است. از آن جا که هر مولکول از این گازها، جا پای پر رنگی در ربایش خیزابهای (امواج) گرمایی دارد، افزایش آنها همراه با گرم شدن بیشتر زمین در گستره های محلی، منطقه ای و جهانی می باشد (Charlson و همکاران، ۱۹۹۲). افزایش جهانی دما در یک قرن گذشته نزدیک ۰/۳ تا ۰/۶ درجه ی سانتی گراد برآورد شده، و هم اکنون نیز با شتاب بیشتری در حال رخدادن است (بی نام، ۲۰۰۹). پژوهشها نشان می دهند چنانچه روند افزایش غلظت این گازها ایستا نگردد، میانگین دمای کره ی زمین ۱ تا ۳/۵ درجه ی سانتی گراد تا سال ۲۱۰۰ افزایش می یابد (مساح بوانی و مرید، ۲۰۰۶).

کامگا (۲۰۰۱)، با به کار گیری شبیه های چرخش همگانی جو نشان داد که تا سال ۲۱۰۰، پهنه های بالا دستی رود بنو در کامرون با افزایش دما ۱ تا ۳ درجه ی سانتی گراد و افزایش بارندگی ۴ تا ۱۳ درصد روبرو خواهند شد. وی همچنین نشان داد که میانگین سالانه ی بده ی مزبور از ۳- تا ۱۸+ درصد نوسان خواهد کرد.

در چهارمین گزارش IPCC (۲۰۰۷)، که بر کاربرد شبیه های منطقه ای پا فشاری می کند، آمده است که چنانچه گامی برای کاهش پخش گازهای گلخانه ای برداشته نشود، تا پایان این قرن، میانگین جهانی دمای رویه ی زمین در خوش بینانه ترین حالت میان 1.8-4.0°C ، و تا 6.4°C در بد بینانه ترین حالت افزایش خواهد یافت. مستر سانجژ و فیجو بلو (۲۰۰۸) گزارش کردند که نشانه های دگرگونی اقلیم نه تنها از دیدگاه اقتصادی و بوم-زیستی کاهش فرآورده های کشاورزی را در پی دارد، بلکه در کاستن نیروی کار بخش کشاورزی نیز نشانی پر رنگ بر جای خواهد گذاشت. شمس و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که افزایش غلظت دی-اکسیدکربن باعث افزایش عملکرد محصول شده و نیاز آبی گیاه را کاهش می دهد. بنابراین چشم داشت آن می رود در آینده پدیده گازهای گلخانه ای بتواند تا حدودی باعث افزایش عملکرد گیاهی در برخی مناطق دنیا گردد، چرا که از یک طرف

افزایش گازهای گلخانه ای منجر به افزایش دما و افزایش فصل رشد شده و همچنین دمای بهینه رشد گیاهی را نیز افزایش داده که باعث مقاومت بیشتر گیاهان نسبت به افزایش دما می گردد. با این حال ناگفته نماند که افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و افزایش دما در برخی مناطق نیز می تواند زیان های زیادی را در بخش فرآورده های کشاورزی در پی داشته باشد (شمس و همکاران، ۲۰۱۲).

در گزارش های تازه تر IPCC (۲۰۰۸) نیز بر نشان پر رنگ افزایش گرمای جهانی بر دگرگونیهای چرخه ی آبشناسی پا فشاری شده است. افزایش بخار آب جو، دگرگونی در الگوی بارش، نوسان زیاد در شدت و کمبود بارش، کاهش پوشش برفی و افزایش ذوب برف، و کاهش نم خاک و افزایش رواناب نمونه هایی از این دگرگونی می باشند. همانند (شبیه) سازی شبیه های اقلیمی برای قرن ۲۱ نشان دهنده ی افزایش بارندگی در عرضهای جغرافیایی بالا و بخشهایی از گستره ی استوایی و کاهش آن در برخی گستره های نزدیک گرمسیری و عرضهای پایینتر از پهنه های خنک (معتدله) می باشند (IPCC، ۲۰۰۸).

یکی از کارهای بنیادی و دانش پایه برای کاهش نشانهای ناگوار دگرگونی اقلیمی، پیش بینی الگو و روند آنها در دهه های آینده می باشد. با روشن شدن اندازه ی افزایش دما در آینده می توان نشان آن را بر زندگی گیاهان و انسانها واکاوی نموده و چاره اندیشی کرد. ساختن شبیه های عددی گردش عمومی جو^۱ (General Circulation Models) نمونه ای از کارهای ریشه ای و دانش بنیان برای پیش بینی دگرگونیهای سازه های اقلیمی در دهه های آینده می باشد. این شبیه ها، با پردازش داده ها و رفتارهای گذشته و کنونی جو- اقیانوس و خشکی، الگوهای رفتاری سازه های اقلیمی مانند دما، بارش، نم هوا، باد و ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و پویایی آب اقیانوسها را برای چند دهه پیش بینی می کنند.

از آن جا که شیب فزاینده ی کربن دی اکسید به درستی روشن نیست و کانونهای پژوهشی دنیا غلظت های گوناگونی را از این گاز برای چند دهه آینده پیش بینی کرده اند، شبیه های GCM بر پایه ی نمایشنامه های

^۱ - G.C.M

پژوهشی جهانی تطبیق با دگرگونی اقلیم^۲ انجام شده است. همچنین، کوچکی و همکاران (۲۰۰۶)، با کاربرد کوچک اندازه کردن برون آمدهای شبیه های GCM نشانه های پر رنگ دگرگونی اقلیم را در مورد آفتابگردان و نخود در تبریز بررسی کردند. ایشان دریافتند که در شرایط افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و دما، دوره ی رشد این دو گونه ی گیاهی در کشت دیم و غرقابی کاهش می یابد. مدیریان و همکاران (۲۰۱۰) برای دستیابی به شبیه اقلیمی متناسب با شرایط اقلیمی استان خراسان از ۴ نمایشنامه ی مختلف شبیه RegCM3 از جمله شبیه های GCM استفاده کرده و با برآورد اندازه ی اریبی فصلی بین داده های شبیه و واقعی بارش و دما، بهترین نمایشنامه را تعیین کردند.

در گام نخست این پژوهش، روش بهینه ای برای کوچک اندازه کردن برون آمدهای (خروجی) شبیه های GCM برگزیده می شود. پس از آن که برون آمدهای شبیه هی مزبور با این روش برگزیده کوچک اندازه گردید و روشن شد که داده های همانند سازی شده شبیه و دیده بانی برای دوره ی گذشته هم خوانی بسنده ای دارند، داده های شبیه برای آینده همانند سازی خواهند شد. همانند سازی برای دو نمایشنامه ی 20C3M و 1PTO2X به انجام خواهد رسید تا پیش بینی ریز بینانه تری از چگونگی دما و بارش آینده این پهنه به دست آید. در نمایشنامه ی نخست پیش بینیها بر این پایه استوار است که روند افزایش غلظت گازهای گلخانه ای همان باشد که در قرن بیستم دیده بانی گردیده است. در نمایشنامه ی دوم این گونه انگاشته می شود که از دوره ی پیش از انقلاب صنعتی، روند افزایش گازهای گلخانه ای با سرعت ۱ درصد در هر سال تا رسیدن غلظت آن به دو برابر پیوستگی دارد (IPCC, ۲۰۰۷).

انگیزه ی انجام این پژوهش پیش بینی دما و بارش پهنه ی مرکزی استان فارس برای دوره ی زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ با کاربرد شبیه ECHAM5 بدلیل تأثیر این دو ویژگی هواشناسی بر کشاورزی این پهنه می باشد. افزایش غلظت گاز CO₂ و دما باعث کوتاهی دوره ی رشد گیاهان و دگرگونی در سوخت و ساز نوری و هدایت روزنه ای به

گونگونی از روند افزایشی این گاز پایه ریزی شده اند. در برخی شبیه ها این گونه پنداشته می شود که روند افزایشی گازهای گلخانه ای بسیار زیاد خواهد شد و غلظت آن در گذر چند دهه به دو برابر خواهد رسید. برخی دیگر از شبیه ها روند کندتری از افزایش این گازها را نشان می دهند. از آن جا که شبیه های گردش همگانی جو بزرگ اندازه اند، ویژگیهای محلی و منطقه ای در آنها کمتر دیده شده است. از این روی، میان برون داد این شبیه ها و گروههای زمانی دیده بانی شده ناسازگاریهای زیادی دیده می شود (آذرانفر و همکاران، ۲۰۰۶؛ مساح و مرید، ۲۰۰۶، Detlinger و همکاران ۲۰۰۴؛ Salathe, ۲۰۰۴؛ Salinari و همکاران، ۲۰۰۶). برای از میان بردن این ناسازگاریها، روشهای گوناگون آماری، عددی و هوشمند به کار برده می شوند که به روشهای کوچک اندازه کردن^۱ برون آمدهای شبیه شناخته می گردند. در فرآیند کوچک اندازه کردن، داده های دیده بانی و برون دادهای شبیه GCM در دوره زمانی گذشته سنجیده می شوند. چنانچه میان داده های اندازه گیری و همانند سازی شده همخوانی نباشد، با به کارگیری روشهای آماری بیشترین همانندی میان آنها به دست آید. به دیگر سخن، در فرآیند کوچک اندازه کردن، رابطه ی ریاضی بین داده های دیده بانی و همانند سازی گردیده بیرون آورده می شود. پس از آن، این رابطه ی ریاضی، برای هر چه بیشتر راستین کردن پیش بینیهای آینده ی شبیه های GCM به کار گرفته می شود. از این روی، می توان برون آمد های شبیه های GCM را برای پهنه های کوچکتر به کار بست (Wilby و Wigley, ۱۹۹۷).

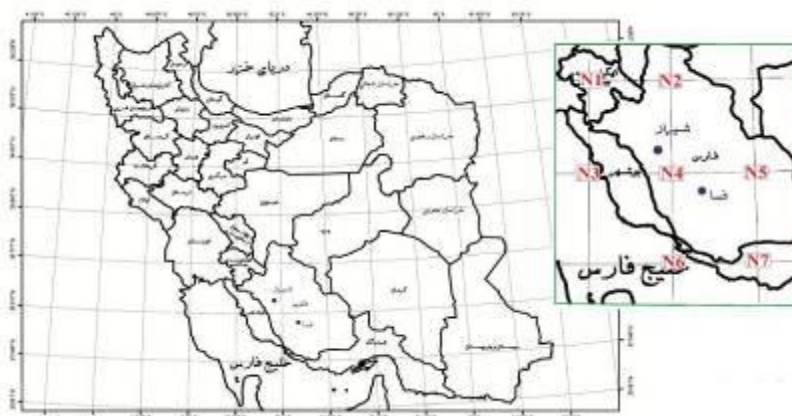
استان فارس، بویژه در پهنه ی مرکزی، از کانونهای ریشه دار کشور در تولید فرآورده های زراعی است که گرم شدن جهانی می تواند فرایند تولید را با کاستی های زیادی روبرو سازد. یافته های علمی در راستای پیش بینی اندازه ی دگرگونی اقلیمی برای این پهنه و بیشتر بخشهای جنوبی کشور یافت نشدند. جستجو ها نشانگر انجام پژوهشهایی برای حوضه آبخیز زاینده رود بود که از سوی مساح بوانی و مرید (۲۰۰۶) به عنوان بخشی از طرح

2- ADAPT

1- downscaling

جغرافیایی شیراز و فسا در میان گرههای شبیه نام برده در شکل (۱) نشان داده شده است. این گرہ ها با نامهای N1 تا N7 نشان داده شده اند.

پس از آماده سازی و آراسته نمودن داده ها، همبستگی گروه زمانی دیده بانی شده و تولیدی شبیه برای هر چهار گرہ در هر ماه آزمون شد. به دیگر سخن، این پرسش آزمون گردید که آیا بدون انجام فرآیند کوچک اندازه کردن برون آمدهای شبیه، همبستگی معنی داری میان داده های دیده بانی شده و این برون آمدها وجود دارد یا نه؟ دستاوردهای آزمون همبستگی نشانگر آن بودند که در هر چهار گرہ، برون آمدهای شبیه GCM پیوند پذیرفتنی با داده های دیده بانی شده ندارند. بنابراین، نیاز بود تا این برون آمدها با کاربرد روش دانشورانه پردازش گردند تا همبستگی میان آنها و گروههای زمانی دیده بانی شده از دیدگاه آماری پذیرفتنی گردند.



شکل ۱. جایگاه ایستگاههای شیراز و فسا در میان گرههای شبیه ECHAM5 در پهنه ی مرکزی فارس.

ECHAM5 برابر با $1.8^{\circ} \times 1.8^{\circ}$ می باشد و همچنین ۳۱ لایه ی عمودی در جو و ۴۰ لایه عمودی در اقیانوسها را پوشش می دهد.

کوچک اندازه کردن

در این پژوهش برای کوچک اندازه کردن آماری روش وایازی به کار گرفته می شود. برتری این روش کارآمدی آن از دیدگاه محاسباتی است و می تواند از شمار زیادتری از نمایشنامه های اقلیمی بهره مند گردد. افزون بر آن، در روش آماری وایازی می توان پیوند فیزیکی میان پدیده ها را بهتر درک کرد.

شمار می آید. از این روی، داده های دیده بانی شده دو ایستگاه شیراز و فسا، که در بخش مرکزی استان فارس جا گرفته اند به کار گرفته شدند.

مواد و روشها

داده های میانگین دما و بارش ماهانه ی ایستگاههای شیراز و فسا از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی کشور (www.weather.ir) بیرون کشیده شدند. هم ارز این گروههای زمانی دیده بانی شده، داده های دما و بارش ماهانه ی تولیدی شبیه ECHAM5 برای ۴ گرہ جغرافیایی پیرامون ایستگاههای شیراز و فسا از مرکز داده های اقلیمی جهانی موسسه ی ماکس پلانک آلمان از پایگاه اینترنتی <http://cera->> به دست آمدند. افزون بر آن، داده های این گرہها تا سال ۲۰۴۰ نیز از همان پایگاه اینترنتی بیرون کشیده شدند. جایگاه

شبیه ECHAM5

شبیه ECHAM5 یکی از نوینترین شبیه های گردش همگانی جو و نسل پنجم شبیه های ECHAM با ترکیبی نو و سازگاری بیشتر نسبت به نمونه های پیشین خود می باشد که در مرکز هواشناسی ماکس پلانک آلمان آماده گردیده است (Roeckner, ۲۰۰۳).

برای نمونه، ECHAM4 با جدا سازی مکانی $2.8^{\circ} \times 2.8^{\circ}$ (طول \times عرض جغرافیایی)، در برگیرنده ی ۱۹ لایه ی عمودی در جو و ۱۱ لایه عمودی در اقیانوس می باشد. در برابر، جدا سازی مکانی در شبیه

روش محاسباتی

در فرآیند کوچک اندازه کردن برون آمدهای شبیه، دو روش به نامهای الف) روش نسبت و تفاوت و ب) روش همسو سازی پراکنش احتمالاتی^۱ به کار گرفته می شوند. در نخستین روش که از سوی Salathe (۲۰۰۴) پیشنهاد گردیده است تلاش می شود تا با بهره جویی از رابطه های [۱] و [۲]، که به ترتیب برای دما و بارش به کار می روند، میانگین برون آمدهای شبیه GCM و میانگین داده های دیده بانی در دوره ی گذشته یکسان گردند. بدین گونه در برابر هر داده دیده بانی شده و یا همانند سازی شده، یک عدد کوچک اندازه شده به دست می آید (Roeckner, ۲۰۰۳).

[۱] $T_{ds}(x,t) = T_{mod}(x,t) + ((\bar{T}_{obs})_{sea} - (\bar{T}_{mod})_{sea})$

در رابطه ی بالا $T_{mod}(x,t)$ میانگین دمای ماهانه ی شبیه در نقطه ی X و زمان t بدون هر گونه پردازشی می باشد. $(\bar{T}_{obs})_{sea}$ و $(\bar{T}_{mod})_{ds}$ یکی پس از دیگری میانگین فصلی دمای دیده بانی شده و شبیه در دوره ی دیده بانی می باشند. همچنین، $T_{ds}(x,t)$ میانگین دمای ماهانه ی کوچک اندازه شده در نقطه X و زمان t است.

$$[۲] \quad P_{ds}(x,t) = P_{mod}(x,t) \times \frac{(\bar{P}_{obs})_{sea}}{(\bar{P}_{mod})_{sea}}$$

در رابطه ی بالا $P_{mod}(x,t)$ میانگین بارش ماهانه ی شبیه در نقطه ی X و زمان t بدون هر گونه پردازش است. $(\bar{P}_{obs})_{sea}$ و $(\bar{P}_{mod})_{ds}$ یکی پس از دیگری میانگین فصلی بارش دیده بانی شده و شبیه در دوره ی دیده بانی شده می باشند. همچنین $P_{ds}(x,t)$ میانگین بارش ماهانه ی کوچک اندازه شده در نقطه X و زمان t می باشد.

روش دوم بر پایه همسو سازی پراکنش احتمالاتی برون آمدهای شبیه با داده های دیده بانی شده استوار است. در این روش، این گونه پنداشته می شود که داده های همانند سازی شده باید همان پراکنش آماری را داشته باشند که داده های دیده بانی شده دارا هستند. پس از آن که پراکنش آماری داده های دیده بانی شده و شبیه در دوره ی گذشته کم و بیش یکسان گردیدند، از روابط وایازی برای کوچک اندازه کردن برون آمد های شبیه بهره برده

می شود. در اینج از روش ارائه شده از سوی Dettinger و همکاران (۲۰۰۴) برای همسو کردن توابع توزیع احتمال دو گروه داده دیده بانی شده و شبیه بهره گرفته شد. در همین پیوند گامهای زیر برداشته شدند:

۱- گروه زمانی دیده بانی شده و برون آمد شبیه (برای هر چهار گره) جدا گانه برای هر نمایشنامه از بزرگ به کوچک آراسته گشته و رو در روی هم جای داده شدند تا چهار جفت از گروه زمانی ماهانه آراسته گشته برای هر یک از ماهها به دست آید. بدین گونه، بزرگترین و کوچکترین داده دیده بانی شده و برون آمد شبیه رو در روی یکدیگر جای گرفتند. از آن جا که هر سال ۱۲ ماه می باشد، روی هم رفته ۴۸ جفت از این گروههای زمانی آراسته شده برای هر یک از پدیده های دما و بارش به دست آمد. هر گروه زمانی دارای ۵۵ رسته (ردیف) داده از ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ بود.

۲- به کمک رابطه ی ویبول (رابطه [۳])، احتمال رخداد برای هر جفت داده روبروی هم برآورد گردید. در این جا m رتبه ی نمونه، N تعداد نمونه ها در هر گروه و p احتمال وقوع برابر یا کوچکتر می باشد.

$$[۳] \quad P = \frac{m}{N+1}$$

۳- برای هر ماه از سال، معادله ی همبستگی میان داده های دیده بانی شده (X) و برون آمد شبیه (Y) که از بالا به پایین آراسته گشته اند، به دست آمد. با به کارگیری این معادله و جای گذاری داده های دیده بانی شده در آن یک گروه زمانی نوین که، با دیده بانی ها همسو است، برای هر گره به دست آمد. به این گونه، برای هر احتمال مشخص یک داده دیده بانی شده، یک داده ی شبیه و یک داده ی کوچک اندازه شده خواهیم داشت.

۴- ضریب همبستگی و خطای موجود بین گروه داده های دیده بانی و داده های کوچک اندازه شده یکی پس از دیگری به کمک رابطه ی [۴] و [۵] مورد ارزیابی قرار گرفتند.

$$[۴] \quad R^2 = \frac{\sum_{m=1}^K X_m Y_m}{\sqrt{\sum_{m=1}^K X_m^2 \sum_{m=1}^K Y_m^2}}$$

^۱ - Transforming distribution function

نمایشنامه ی 20C3M و IPTO2X همانند سازی گردیدند.

همسو سازی داده های دیده بانی شده و همانند سازی شده

شکل ۲ پراکنش احتمال برای داده های دیده بانی شده (obs)، برون آمد شبیه (mod) و کوچک اندازه شده (ds) را در ماه ژانویه در دوره ی زمانی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ برای دما و بارش نشان می دهند. نمودار سایر ماهها نیز، کم و بیش، همانند ماه ژانویه بود که از نشان دادن آنها خودداری می گردد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با دستاوردهای Dettinger و همکاران (۲۰۰۴) و همچنین آذرانفر و همکاران (۲۰۰۶) همخوانی دارند و همان گونه که دیده می شود، پس از کوچک اندازه کردن برون آمدهای شبیه، پراکنش (توزیع) احتمالی این داده ها و داده های دیده بانی شده کم و بیش روی هم افتاده اند. بدین ترتیب، می توان آسوده دل بود که روابط وایازی به کار گرفته شده در فرآیند کوچک اندازه کردن داده های گذشته، می تواند، به شیوه ای بسنده، برون آمدهای شبیه برای دوره ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نیز کوچک اندازه بنماید. کاربرد این روش بر این پندار استوار است که بسامد دورانهای گرم و سرد در آینده همان الگویی را خواهد داشت که در گذشته دیده بانی شده است. برای نمونه، اگر در دوران گذشته در ۳۰٪ دیده بانیها دمای هوا به اندازه ۲ درجه سانتیگراد کمتر از میانگین آن دوره بوده است، همین الگو کم و بیش در آینده هم رخ خواهد داد.

روش به کار گرفته شده بر این پافشاری ندارد که اندازه ی دما، یا بارشی که در یک ماه ویژه در چند دهه ی آینده رخ خواهد داد، درست همان باشد که در این جا پیش بینی می شود. پافشاری بر پایدار بودن ویژگیهای بنیادی آماری مانند میانگین، میانه، واریانس و توزیع آماری است. همان گونه که در شکل ۲ دیده می شود همسو سازی برای داده های دما بهتر از بارش انجام شده است، که علت اصلی آن پیروی داده های دما از پراکنش بهنجار می باشد. ارزیابیها نشان دادند که در دوره ی دیدبانی، پراکنش داده های بارش بر توزیع گاما برازش

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^K (X_m - Y_m)^2}{K}} \quad [5]$$

۵- اندازه ی ضریب همبستگی و مجذور مربعات خطا (RMSE) در گره های چهار گانه با یکدیگر سنجیده شد تا روشن گردد که داده های کدامیک از این چهار گره پیرامون ایستگاههای شیراز و فسا پیوند بیشتری با داده های دیده بانی شده دارند. گره دارای بیشترین R^2 و کمترین RMSE برای پردازشهای آتی برگزیده شد و دیگر گروههای زمانی در پردازشهای پس از این به کار گرفته نشدند.

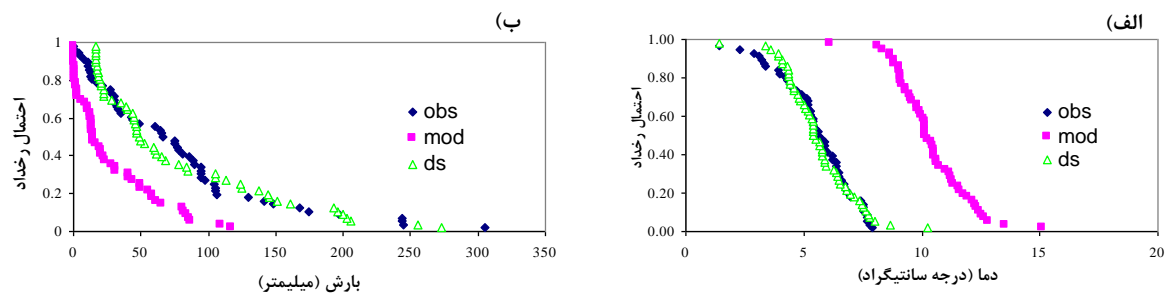
۶- پس از گزینش بهترین گره، به کمک روابط وایازی به دست آمده برای هر ماه، داده های آینده ی شبیه در همان گره کوچک اندازه شدند.

۳- دستاوردهای پژوهش

نخستین پردازشها نشان دادند که به کارگیری روش نسبت و تفاوت (رابطه [۱] و [۲])، همبستگی میان داده های اندازه گیری شده و برون آمد شبیه را به گونه ای چشمگیر افزایش نمی دهد و اندازه ی RMSE هم چندان کم نشد. از این رو، روش همسو سازی پراکنش احتمالاتی بر پایه ی روش Dettinger و همکاران (۲۰۰۴) به کار گرفته شد. برای این کار، داده های دیده بانی شده و برون آمد شبیه در هر یک از گرهها برای هر ماه از بزرگ به کوچک آراسته گردیدند. پس از آن، اندازه R^2 و RMSE برای این دو گروه آراسته شده برآورد گردید. بالاترین همبستگی میان برون آمدهای شبیه و داده های دیده بانی شده ایستگاههای شیراز و فسا در گره N4 یافت شد (شکل ۱ و جدول ۱) که در این جا جداول مربوط به ایستگاه فسا، بدلیل همانندی با ایستگاه شیراز نشان داده نشده اند. داده های بارش در این گره نیز بالاترین همبستگی را با بارش دیده بانی شده نشان داد که از آوردن ضریب همبستگی خودداری می گردد. همان گونه که دیده می شود، طول و عرض جغرافیایی این گره، یکی پس از دیگری، ۵/۵۲ درجه شرقی و ۲۸/۹۱۱ درجه شمالی است. پس از به دست آمدن پیوند وایازی برای دوره ی گذشته، با جای گذاری داده های برون آمد شبیه برای دوره ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، داده های کوچک اندازه شده شبیه برای این دوره در دو

ریزبینی بیشتری برخوردار است.

بسندگی دارند. از همین روی، پیش بینی دما از



شکل ۲. پراکنش احتمالاتی داده های دیده بانی شده، برون آمد شبیه ECHAM5 و کوچک اندازه شده در پهنه ی مرکزی فارس (الف) میانگین دمای ژانویه؛ (ب) میانگین بارش ژانویه برای دوره ی زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵.

جدول ۱. اندازه ی ضریب تبیین (R2) و مجذور مربعات خطا (RMSE) بین گروه زمانی دیده بانی شده ی دما و گروه زمانی کوچک اندازه شده ی شبیه Echam5 در چهار گره پیرامون ایستگاه شیراز.

N4		N3		N2		N1		گره
RMSE	R2	RMSE	R2	RMSE	R2	RMSE	R2	ماه
۰/۴۳	۰/۹۲	۰/۵۳	۰/۸۸	۰/۶۷	۰/۸۲	۰/۵۷	۰/۸۶	ژانویه
۰/۲۵	۰/۹۸	۰/۳۳	۰/۹۶	۰/۶۰	۰/۸۷	۰/۴۰	۰/۹۴	فوریه
۰/۱۴	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۹۸	۰/۴۷	۰/۸۸	۰/۲۸	۰/۹۶	مارس
۰/۳۵	۰/۹۵	۰/۳۹	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۵۴	۰/۹۰	آوریل
۰/۴۱	۰/۹۲	۰/۴۷	۰/۹۱	۰/۵۸	۰/۸۵	۰/۵۲	۰/۸۸	می
۰/۱۹	۰/۹۵	۰/۳۷	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۶۵	ژوئن
۰/۱۹	۰/۹۶	۰/۲۲	۰/۹۴	۰/۲۵	۰/۹۳	۰/۲۰	۰/۹۵	ژوئیه
۰/۱۷	۰/۹۸	۰/۲۲	۰/۹۶	۰/۱۹	۰/۹۷	۰/۲۰	۰/۹۷	اوت
۰/۲۰	۰/۹۷	۰/۲۱	۰/۹۶	۰/۲۳	۰/۹۵	۰/۲۴	۰/۹۵	سپتامبر
۰/۲۶	۰/۹۵	۰/۲۹	۰/۹۳	۲/۱۵	۰/۹۴	۰/۳۳	۰/۹۲	اکتبر
۰/۱۱	۰/۹۹	۰/۱۳	۰/۹۸	۰/۱۳	۰/۹۸	۰/۱۴	۰/۹۸	نوامبر
۰/۳۷	۰/۹۴	۰/۴۳	۰/۹۲	۰/۳۹	۰/۹۴	۰/۳۸	۰/۹۴	دسامبر

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار پایای (بلند مدت) دمای دیده بانی شده، برون آمد شبیه Echam5 و داده های کوچک اندازه شده بر حسب درجه ی سانتیگراد.

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	
دیده بانی	میانگین	۵/۶۵	۷/۹۹	۱۱/۷۸	۱۶/۶۴	۲۲/۷۰	۲۷/۸۶
	انحراف معیار	۱/۵۶	۱/۶۶	۱/۳۷	۱/۷۵	۱/۵۳	۰/۸۹
شبیه ECHAM5	میانگین	۱۰/۴۲	۱۲/۰۱	۱۶/۳۰	۲۱/۵۹	۲۷/۱۶	۳۱/۴۸
	انحراف معیار	۱/۵۰	۱/۸۶	۱/۸۹	۱/۷۱	۱/۷۷	۱/۰۸
کوچک اندازه شده	میانگین	۵/۶۵	۷/۹۹	۱۱/۷۸	۱۶/۶۴	۲۲/۷۰	۲۷/۸۶
	انحراف معیار	۱/۵۴	۱/۶۵	۱/۳۷	۱/۷۴	۱/۵۰	۰/۸۷

ماه	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
دیده بانی	۲۹/۹۸	۲۸/۹۵	۲۴/۹۶	۱۸/۸۷	۱۲/۰۶	۷/۳۶	۱۷/۹۱
میانگین							
انحراف معیار	۰/۹۶	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۶	۱/۱۴	۱/۵۷	۰/۸۵
شبیه ECHAM5	۲۹/۹۳	۳۲/۲۱	۲۸/۶۹	۲۲/۸۲	۱۶/۷۵	۱۲/۲۰	۲۲/۰۵
میانگین							
انحراف معیار	۰/۹۲	۰/۹۲	۱/۲۶	۱/۲۳	۱/۵۹	۱/۴۴	۰/۹۱
کوچک اندازه شده	۲۹/۹۸	۲۸/۹۵	۲۴/۹۶	۱۸/۸۷	۱۲/۰۶	۷/۳۶	۱۷/۹۱
میانگین							
انحراف معیار	۰/۹۵	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۱۴	۱/۱۴	۱/۵۳	۰/۸۴

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار پایای (بلند مدت) بارش دیده بانی شده، برون آمد شبیه ECHAM5 و داده های کوچک اندازه شده بر حسب میلیمتر.

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
دیده بانی	۹۰/۱۹	۵۲/۰۵	۵۶/۱۹	۲۶/۶۹	۶/۹۶	۰/۲۲
میانگین						
انحراف معیار	۷۱/۱۴	۴۰/۳۷	۴۴/۶۲	۲۷/۴۱	۱۳/۱۱	۰/۹۶
شبیه ECHAM5	۲۴/۴۴	۲۴/۷۸	۳۳/۴۴	۲۱/۳۴	۹/۴۳	۵/۶۱
میانگین						
انحراف معیار	۳۳/۱۶	۵۱/۲۱	۴۳/۸۲	۲۸/۹۹	۲۳/۱۲	۱/۳۵
کوچک اندازه شده	۹۰/۱۹	۵۲/۰۵	۵۶/۱۹	۲۶/۶۹	۶/۹۶	۰/۲۲
میانگین						
انحراف معیار	۷۱/۱۱	۴۰/۳۲	۴۴/۶۱	۲۷/۳۹	۱۳/۰۹	۰/۹۵

ماه	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
دیده بانی	۱/۱۷	۰/۵۴	۰/۰۰	۳/۹۵	۲۸/۸۹	۷۸/۰۹	۳۴۵/۲۳
میانگین							
انحراف معیار	۴/۵۱	۳/۱۰	۰/۰۲	۱۱/۷۲	۵۲/۳۴	۷۰/۶۸	۱۳۱/۴۶
شبیه ECHAM5	۸/۹۰	۰/۹۶	۰/۵۶	۱۶/۳۱	۲۸/۹۲	۲۸/۳۵	۱۶/۹۲
میانگین							
انحراف معیار	۶/۲۳	۴/۴۴	۰/۷۵	۶۹/۰۹	۲۹/۴۳	۳۴/۸۲	۵۶/۳۲
کوچک اندازه شده	۱/۱۷	۰/۵۴	۰/۰۰	۳/۹۵	۲۸/۸۹	۷۸/۰۹	۳۴۵/۲۳
میانگین							
انحراف معیار	۴/۵۰	۲/۹۹	۰/۰۲	۱۱/۷۲	۵۲/۳۴	۷۰/۶۸	۱۳۱/۴۳

جدول ۴. میانگین ماهانه ی دمای دیده بانی شده و پیش بینی شده بر حسب درجه ی سانتیگراد در دوره ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱.

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
دیده بانی (۱۹۵۱-۲۰۰۵)	۵/۶۵	۷/۹۹	۱۱/۷۸	۱۶/۶۴	۲۲/۷۰	۲۷/۸۶
20C3M (۲۰۱۱-۲۰۴۰)	۶/۰۵	۸/۳۴	۱۳/۷۲	۱۶/۷۵	۲۳/۱۷	۲۸/۱۶
1PTO2X (۲۰۱۱-۲۰۴۰)	۶/۶۹	۹/۴۱	۱۴/۴۱	۱۸/۵۳	۲۵/۴۵	۳۱/۱۴

ماه	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
دیده بانی (۱۹۵۱-۲۰۰۵)	۲۹/۹۸	۲۸/۹۵	۲۴/۹۶	۱۸/۸۷	۱۲/۰۶	۷/۳۶	۱۷/۹۱
20C3M (۲۰۱۱-۲۰۴۰)	۳۰/۲۷	۳۰/۰۱	۲۵/۳۲	۱۹/۵۰	۱۲/۴۵	۷/۶۷	۱۸/۴۵
1PTO2X (۲۰۱۱-۲۰۴۰)	۳۳/۵۷	۳۳/۰۸	۲۷/۷۸	۲۱/۳۸	۱۳/۱۹	۸/۳۵	۲۰/۲۵

شده و دیده بانی شده برابرند و انحرافهای معیار نیز کم و بیش همسان می باشند. برای نمونه، در ماه ژوئیه که گرمترین ماه سال است، میانگین دمای دیده بانی شده و کوچک اندازه شده با یکدیگر برابرند ($29.98\text{ }^{\circ}\text{C}$) و انحراف معیار آنها را نیز می توان برابر دانست. همین

در جداول ۲ و ۳ میانگین و انحراف معیار دما و بارش دیده بانی شده، برون آمد شبیه و کوچک اندازه شده ی دما برای دوره ی ۵۵ ساله گذشته نشان داده شده اند. همان گونه که دیده می شود، در همه ی ماهها، میانگین پایای (بلند مدت) گروه زمانی داده های کوچک اندازه

نمایشنامه‌ی 20C3M، کمترین افزایش دما در آوریل و بیشترین افزایش دما در مارس یکی پس از دیگری، ۰/۱۰ و ۱/۹۴ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین، افزایش دما بطور میانگین در ۳۰ سال آینده ۰/۵۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

در نمایشنامه‌ی IPTO2X کمترین افزایش دما در دسامبر و بیشترین افزایش دما در اوت یکی پس از دیگری ۰/۹۹ و ۴/۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، و بطور میانگین در این دوره‌ی ۳۰ ساله انتظار افزایش دما به اندازه‌ی ۲/۳۵ وجود خواهد داشت.

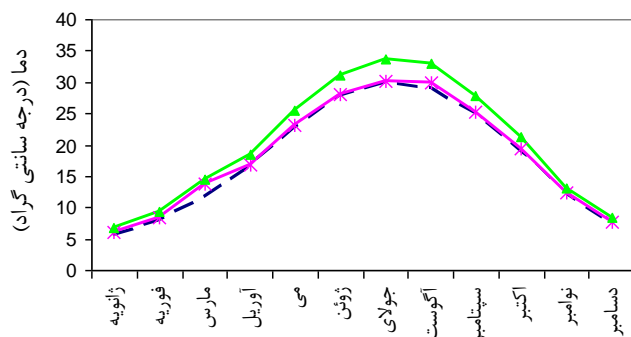
همچنین، برآوردهای دگرگونی بارش در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نشانگر کم شدن اندازه‌ی بارندگی در نمایشنامه‌ی 20C3M به اندازه‌ی ۱۴ درصد و زیاد شدن آن در نمایشنامه‌ی IPTO2X به اندازه‌ی ۱۹ درصد نسبت به دوره‌ی گذشته می‌باشد. در این پیش‌بینیها پراکنش باران سالانه در هر فصل، ناسازگاری چندانی با این سالها ندارد، به گونه‌ای که، بارش زمستان، پاییز و بهار همچنان در رسته‌های نخست، دوم و سوم هستند. افزایش بارش بیشتر در نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه رخ خواهد داد. بارش در فصل بهار بر روال کنونی خواهد بود و تابستانها همچنان با بی‌بارانی روبرو است. گرم شدن تابستان و نبودن بارش در این فصل، نیاز آبی گیاهان مصرف آب در شهرها را افزایش خواهد داد. از این رو، برای فراهم ساختن آب در گستره‌های شهری و روستایی باید برنامه‌ریزی‌های همه‌سویه‌ای را به انجام رسانید.

همسانی میان داده‌های دیده‌بانی شده و کوچک‌اندازه شده برای بارش ماهانه نیز دیده می‌شود. به دیگر سخن، کاربرد این روش نه تنها میانگین داده‌های کوچک‌اندازه شده و دیده‌بانی شده را یکسان نگه می‌دارد، بلکه دیگر ویژگیهای آماری دو گروه زمانی نیز از همسانی بالایی برخوردارند.

پیش‌بینی دما و بارش برای دوره‌ی آماری ۲۰۴۰-۲۰۱۱

همان‌گونه که نشان داده شد، روش مورد استفاده برای کوچک‌اندازه کردن برون‌آمدهای شبیه، ویژگیهای آماری گروه زمانی دیده‌بانی شده را درون گروه زمانی کوچک‌اندازه شده نگه می‌دارد. از این روی، می‌توان باور داشت که اگر برون‌آمد‌های شبیه برای دوره‌ی آینده نیز با همین روش کوچک‌اندازه شوند، این ویژگیهای بنیادی در آنها پایدار خواهد ماند. به دیگر سخن، میانگین، میانه، واریانس و ... داده‌های کوچک‌اندازه شده شبیه در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، همخوانی زیادی با رخدادهای این دوره دارند. با این پنداشتها و به کارگیری معادلات همبستگی در دوران گذشته و جای‌گذاری برون‌آمد‌های شبیه گروه زمانی، نوسانهای دما برای دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ همانند سازی شد.

در شکل‌های ۳ و ۴ میانگین دما و بارش ماهانه برای این دوره برای هر دو نمایشنامه‌ی 20C3M و IPTO2X نشان داده شده‌اند. در جداول ۴ و ۵ نیز اندازه دما و بارش در هر ماه برای نمایشنامه‌های دوگانه و افزایش یا کاهش آن در سنجش با دوره‌ی دیده‌بانی شده عرضه گردیده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، در

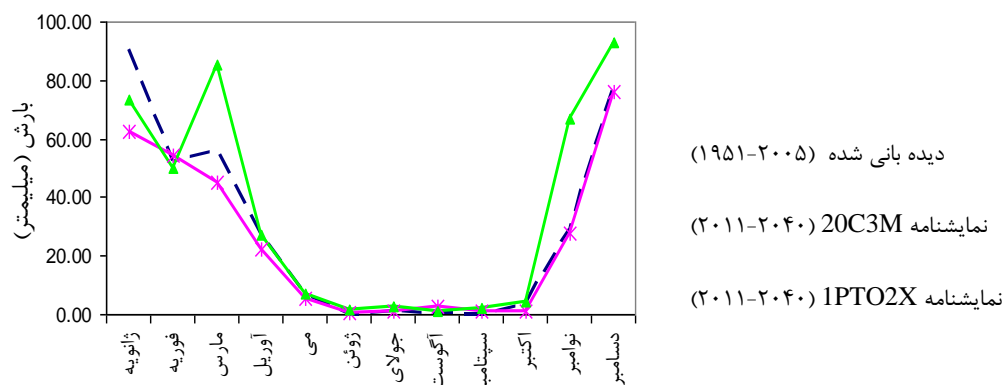


دیده‌بانی شده (۱۹۵۱-۲۰۰۵)

نمایشنامه 20C3M (۲۰۱۱-۲۰۴۰)

نمایشنامه IPTO2X (۲۰۱۱-۲۰۴۰)

شکل ۳. میانگین دمای ماهانه ی دیده بانی شده بر حسب درجه ی سانتیگراد در دوره گذشته و پیش بینی شده (نمایشنامه های 20C3M و 1PTO2X) برای سی سال آینده.



شکل ۴. میانگین بارش دیده بانی شده بر حسب میلیمتر در دوره ی گذشته و پیش بینی شده (نمایشنامه های 20C3M و 1PTO2X) برای سی سال آینده.

شده شبیه به عنوان پیش بینی کننده و گروه داده های دیده بانی شده به عنوان پیش بینی شده، داده های شبیه کوچک اندازه گردیدند. همچنین، با بهره گیری از روابط وایازی حاصل، تغییرات دما و بارش در دو نمایشنامه ی 20C3M و 1PTO2X برای دوره ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ پیش بینی گردیدند. نتیجه ی این پیش بینیها نشان دهنده ی افزایش دما در ۳۰ سال آینده بر پایه ی هر دو نمایشنامه ی نام برده می باشد. همچنین، چشمداشت کاهش درصد بارش در نمایشنامه ی 20C3M و افزایش آن در نمایشنامه ی 1PTO2X می رود. دستاوردهای این پژوهش نشانگر افزایش دما در نمایشنامه ی 20C3M در سالهای آینده بین ۰/۱ درجه تا ۱/۹۴ درجه ی سانتی گراد و در نمایشنامه ی 1PTO2X از ۰/۹۹ تا ۴/۱۳ درجه ی سانتی گراد وجود خواهد داشت.

بر اساس پردازشهای آماری و کوچک اندازه کردن گروههای زمانی شبیه نام برده در شرایطی که روند افزایش غلظت گازهای گلخانه ای مطابق قرن بیستم ادامه یابد افزایش دما در دوره ی ۳۰ ساله بطور میانگین تا حدود ۰/۵۵ درجه ی سانتی گراد انتظار می رود. همچنین، در شرایطی که غلظت گازهای گلخانه‌ای و

نتیجه گیری

این پژوهش در راستای پیش بینی اقلیمی چگونگی نوسانهای دما و بارش پهنه ی مرکزی استان فارس در دوره ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ به دلیل نشان پر رنگ آن بر کشاورزی این پهنه به انجام رسید. برای رسیدن به این هدف گروه زمانی دما و بارش ماهانه ی شبیه ECHAM5 برای دوره ی زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵ و دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ به ترتیب به عنوان دوره ی زمانی گذشته و دوره ی زمانی آینده از مرکز داده های اقلیمی جهانی مؤسسه ی ماکس پلانک آلمان بیرون آورده شد. همبستگی داده های برون آمد شبیه با داده های دیده بانی شده برای دوره زمانی گذشته ارزیابی گردید. این ارزیابی نشان داد که گروه زمانی اندازه گیری شده و برون آمد شبیه دارای تفاوت چشمگیری می باشند. از این رو روشهای پذیرفته شده آماری برای همسو سازی این دو گروه زمانی مورد آزمون قرار گرفتند. یافته های این آزمون نشانگر آن بودند که همسو نمودن توزیع احتمال مربوط به گروه زمانی دیده بانی شده و برون آمد شبیه روشی بهینه برای نزدیک سازی داده های این دو گروه زمانی می باشد. با کاربرد روش توابع توزیع احتمال و برقراری رابطه ی وایازی بین گروه داده های تولید

اندازه‌ی راستین برای کوچک اندازه کردن برون داده‌های شبیه بکار گرفته شد، چشم داشت آن است که اندازه‌ی افزایش دما در دوره‌های آینده نیز بیشتر از دستاوردهای این پژوهش باشد. به دیگر سخن، اگر آبهای زیر زمینی بیرون کشیده نمی شدند، داده‌های دما در گذر این ۳۰ سال بیشتر از اندازه‌ی می شدند که هم اکنون در دسترسند. در آن صورت، در فرآیند کوچک اندازه سازی، داده‌های راستین به کار می رفت و دمای پیش بینی شده بیش از آن می گردید که در شکل ۳ و جدول ۴ آمده است. از این رو، با خشک شدن بسیاری از چاهها و کاهش بهره‌وری بسیاری از مراتع، پیش بینی می شود که در دهه‌های آینده دمای هوا به گونه‌ی جبهشی و فراتر از پیش بینیها، افزایش یابد.

منابع

1. Azaranfar, A., A. Abrishamchi, and M. Tajrishi. 2006. Evaluating the Effects of Climate Change on Precipitation and Temperature in Zayandehrud Basin by Using General Circulation Models Output. Civil Engineering Department Of Sharif University. Water Resource Conference (In Persian).
2. Charlson, R. J., S. E. Schwartz, J. M. Hales, R. D. Cess, J. A. Coakley, J. E. Hansen and D. J. Hofmann. 1992. "Climate Forcing by Anthropogenic Aerosols". *Science*. 255 (5043), 423-430.
3. Environment, "Climate Change" [Online]. <http://ec.europa.eu/environment/climat/home_en.htm> [Jan 2009].
4. Dettinger, M. D., D. R. Cayan, Meyer, M. K., and E. J. Anne. 2004. Simulated Hydrological responses to Climate variations and Change in the Merced, Carson, and American river basin, Sierra Nevada, California, 1900-2099. *Climatic Change*. 62: 283-317.
5. Intergovernmental Panel on Climate change, The Data Distribution Centre, "What is a GCM?" [Online 2010].
6. IPCC. 2001. The Scientific Basis of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of

بخصوص دی اکسید کربن در جو تا رسیدن به ۲ برابر مقدار آن قبل از انقلاب صنعتی پیش برود انتظار افزایش دما بطور میانگین تا حدود ۲/۳۵ درجه‌ی سانتی گراد وجود دارد؛ بنابراین، چنانچه اقدامات اساسی در سطح منطقه‌ی ای و جهانی برای مهار کردن گازهای گلخانه‌ای، مهار کردن گاز CO_2 صورت نگیرد، حتی در شرایطی که افزایش غلظت این گازها مطابق قرن بیستم باشد، افزایش دما و دگرگونی در اندازه‌ی بارش اجتناب ناپذیر است.

البته در نمایشنامه‌های نام برده هدف تعیین رفتار سامانه‌ی اقلیمی آینده و تأثیر آن بر دما و بارش بر پایه‌ی تغییرات گازهای گلخانه‌ای است و دیگر عوامل مؤثر بر آنها، از جمله رخدادن خشکسالی مورد بررسی نمی باشند؛ بنابراین، در شرایط واقعی، و در صورت ادامه یافتن خشکسالی احتمال افزایش دمای بیشتری در منطقه وجود داشته و باعث دگرگونی در اندازه‌ی بارش خواهد شد، که بایستی برای برنامه‌ریزی به منظور توسعه‌ی پایدار، بخصوص در بخش کشاورزی، مد نظر قرار گیرد. در ۳۰ سال گذشته، داده‌های گردآوری شده در ایستگاههای هواشناسی فارس و بسیاری از دشتهای ایران راستین نبوده و تا اندازه‌ی ای به کارکردهای کشاورزی وابسته است. در گذر این ۳۰ سال، میلیاردها متر مکعب آب زیر زمینی در گستره‌ی این استان از ژرفای خاک بیرون کشیده شده و در کالبد تبخیر و تفرق به هوا رفته، و هوای نزدیک به رویه‌ی زمین را خنکتر کرده اند. گرچه در بسیاری از شهرهای استان فارس، رودی روان نیست، اندازه‌ی آب تبخیر شده مانند آن بود که در هر شهری رودی پر آب روان است و باغها و کشتزارها از این رود آبیاری می گردند، بنابراین، بخش کم و بیش بزرگی از کارمایه‌ی خورشیدی برای تبخیر و تفرق این آبها هزینه گردیده تا دمای هوا کمتر از اندازه‌ی واقعی آن نشان داده شود.

اگر این آبها در زیر زمین می ماندند و برای تبخیر و تفرق هزینه نمی شدند، دمای هوا و نمایه‌های نمناکی هوا در بسیاری از ایستگاهها، یکی پس از دیگری، بیشتر و کمتر از اندازه‌ی می شد که هم اکنون در دسترس می باشد. از آن جا که داده‌های کمتر از

13. Roeckner, E. 2003. "The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part I: Simulated climatology and comparison with observations". Report No.349, Max-Planck-Institute for Meteorology, Hamburg.
14. Salathe, E.P. 2004. Downscaling Simulation of future Global Climate with Application to Hydrologic Modeling. *International Journal of Climatology*. 25: 419-436.
15. Salinari, F., S. Giosue, F. N. Tubiello, A. Rettori, V. Rossi, F. Spanna, C. Rosenzweig and M. L. Gullino. 2006. "downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change". *Global Change Biology*. 12: 1299-1307.
16. Shams, S., S. M. J. Nazemosadat, A. A. Kamgar-Haghighi, and S. Zandparsa. 2012. The Effect of Increasing Carbon Dioxide on Evapotranspiration and Red Bean's Yield Under Different Irrigation Levels. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture - Isfahan University of Technology*. In Press. (In Persian).
17. Wilby, R.L., T. M. L. Wigley. 1997. Downscaling General Circulation Model output: a review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography*. 21: 530-548
- the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
7. IPCC Technical Paper VI. 2008. *Climate Change and Water*.
8. Kanga, F. M. 2001. Impact of greenhouse gas induced climate change on the runoff of the Upper Benue River (Cameroon). *Journal of Hydrology*. 252: 145-156.
9. Koocheki A., M. Nassiri, A. Soltani, H. Sharifi and R. Ghorbani. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. *CLIMATE RESEARCH*. 30: 247-253.
10. Massah, A. R. and S. Morid. 2006. Impact of climate change on water resources and food production of zayandeh rud basin. *Iranian Journal of water resource*. 1(1): 40-47. (In Persian).
11. Mestre-Sanchis, F. and M. L. Feijoo-Bello. 2008. Climate Change and its marginalizing effect on agriculture. *Ecological Economics*. ECOLEC-03197; No of pages: 9.
12. Modirian, R. I. Babaeian, and M. Karimian. 2010. The Optimum Configuration of REGCM3 Model for Simulation of Precipitation and Temperature at Autumn Seasonal Over Khorasan Region in 1991-2000. *Physical Geography Research*. 70:107-120. (In Persian).