

بررسی اثر عوامل اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل چندگانه خطی SDSM (مطالعه موردی: ایستگاه‌های امیدیه و دزفول)

غلامعباس فلاح قاله‌ری^۱، رسول سروستان^۲، نسرین مرادی مجد^{۳*}

۱ دانشیار گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران
۲ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی شهری دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران
۳ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی کشاورزی دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۲۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

چکیده

در حال حاضر مدل‌های گردش عمومی جهان تنها ابزاری هستند که اثر تغییر اقلیم در سطح جهانی را برای عناصر اتمسفری در شبکه‌های بزرگ مکانی شبیه‌سازی می‌کنند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های میانگین، حداقل و حداکثر دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک امیدیه و دزفول در استان خوزستان به کمک نرم‌افزار SDSM تا سال ۲۰۹۹ با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج به دست آمده از داده‌های شهرستان امیدیه شامل داده‌های سالانه مشاهده شده میانگین دما ۱۸/۱۶ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما ۱۹/۳۵، داده‌های سالانه مشاهده شده بیشینه دما ۵۲/۶ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده بیشینه دما ۵۳/۴۹، داده‌های سالانه مشاهده شده کمینه دما ۹/۵۵ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده کمینه دما ۱۰/۱۸، تفاضل انحراف معیار سالانه مشاهده شده و مدلسازی شده میانگین دما ۰/۰۹۸، بیشینه دما ۱/۸۱۹ و کمینه دما ۰/۹۱۷ می‌باشد. نتایج به دست آمده از داده‌های شهرستان دزفول شامل داده‌های سالانه مشاهده شده میانگین دما ۱۶/۱۵ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما ۱۸/۳۴، داده‌های سالانه مشاهده شده بیشینه دما ۵۱/۸ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده بیشینه دما ۵۱/۵۰، داده‌های سالانه مشاهده شده کمینه دما ۸/۲۳ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده کمینه دما ۹/۵۲، تفاضل انحراف معیار سالانه مشاهده شده و مدلسازی شده انحراف معیار سالانه میانگین دما ۰/۰۹۱، بیشینه دما ۱/۴۵۹ و کمینه دما ۱/۶۸۲ می‌باشد. در ادامه شبیه‌سازی دما با مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 تا سال ۲۰۹۹ برای دو ایستگاه صورت گرفت.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، شبیه‌سازی، HadCM3، NCEP، خوزستان

سرآغاز

تأثیر افزایش گازهای گلخانه‌ای بر اقلیم و تغییر آن از دغدغه‌های پژوهشگران است. چرا که تغییر اقلیم بر تمامی فرآیندهای منابع طبیعی به خصوص منابع آب و به تبع آن بر زندگی بشر تأثیرگذار است. مدل‌های جفت شده اتمسفری-اقیانوسی گردش عمومی جو (AOGCM) قادر به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در آینده هستند. با استناد بر این مدل‌ها، می‌توان معادله‌های دینامیکی حرکت توده‌های هوا را حل نمود (Wilby & Harris, 2006). از این‌رو، سناریوهای مختلفی در خصوص افزایش گازهای گلخانه‌ای در قالب مدل‌های گردش عمومی جو تعریف شده است. از آن جایی که دقت مکانی مدل‌های عمومی گردش جو بسیار کم است، نمی‌توان نتایج آنها را به‌طور مستقیم در علوم مختلف به‌کار برد. بنابراین، نیازمند تبدیل به مقیاس‌های مکانی کوچک‌تر است که به آن ریزمقیاس گردانی می‌گویند. به‌طور کلی، دو روش دینامیکی و آماری برای ریزمقیاس کردن وجود دارد (IPCC, 2007) که مدل‌های مختلفی مبتنی بر آن‌ها به وجود آمده است. در روش اول با استفاده از داده‌های هواشناسی موجود و با در اختیار گرفتن روش‌های ریاضی و آماری سری‌های زمانی، پارامترها بررسی و پیش‌بینی صورت می‌گیرد. در روش دوم از مدل‌های تغییر مقیاس استفاده می‌شود. در این مدل‌ها با در نظر گرفتن شرایط دینامیکی جو و با فرض سناریوی اقلیمی مشخص قدرت تفکیک فضایی و زمانی خروجی مدل‌های گردش عمومی تغییر می‌یابد (Hellstrom, 2006).

تاکنون پژوهش‌های زیادی در خصوص دقت مدل‌های آماری ریزمقیاس گردانی آماری در دنیا و ایران انجام شده است. در مقاله‌ای مدل SDSM را برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های GCM بارش و دما در ایران بررسی کردند. در این تحقیق آمار ۴۱ ساله ۴۱ ایستگاه تحت سناریوی A2 بررسی شد (Samadineghab et al., 2011). در پژوهشی بررسی اثر عوامل مورفو اقلیمی بر مدل SDSM در حوضه دریاچه ارومیه و سقز انجام شد. در این مقاله ایستگاه پارس آباد بیشترین اختلاف و ایستگاه تبریز کمترین اختلاف را داشت (Ghermezcheshme et al., 2014). در پژوهشی دیگر در شهر یزد شبیه‌سازی دما با روش SDSM انجام شد. در این تحقیق در یک دوره ۴۰ ساله واسنجی صورت گرفت. با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده و ایستگاه منتخب خطای مطلق میانگین و ضریب همبستگی محاسبه شد (Rouhipanah

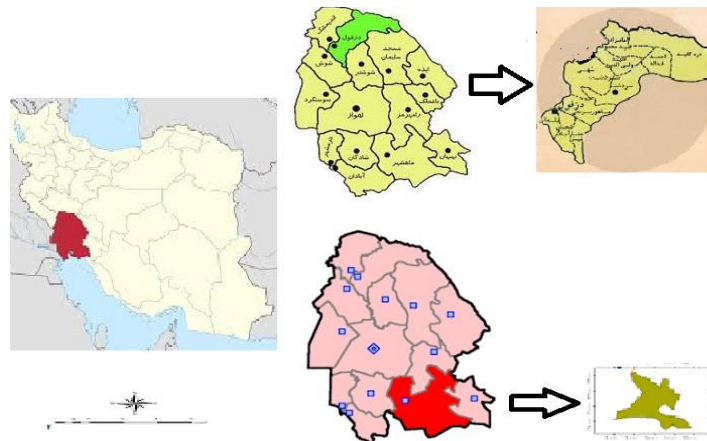
et al., 2014). Koukidis & Berg (2010) حساسیت مدل SDSM را برای ریزمقیاس‌نمایی بررسی کردند. در این تحقیق داده‌های GCM در جنوب آنتاریو مورد بررسی قرار گرفت. (Vaseghi et al., 2011) رواناب حوضه قره سو را تحت تأثیر سناریوهای انتشار B1 و A2 با در نظر گرفتن مدل‌های دسته‌جمعی AOGCM بررسی کردند. (Goodarzi et al., 2011) دقت روش SDSM را در ریزمقیاس کردن متغیرهای دمای حداکثر، حداقل و بارش روزانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که این مدل به خوبی قادر به برآورد میانگین دمای حداقل و حداکثر بوده و بارش را کمی کمتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد نموده است.

در این تحقیق شهری از شمال خوزستان (دزفول) و شهری از جنوب خوزستان (امیدیه) با شرایط کاملاً متفاوت به کمک نرم‌افزار SDSM تا سال ۲۰۹۹ با یکدیگر مقایسه می‌شوند و اثر عوامل مورفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل چندگانه خطی بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو شهر دزفول و امیدیه از استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفتند. شهرستان دزفول با مساحت ۴۷۶۲ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۷۵ دقیقه عرض شمالی در شمال استان خوزستان قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به استان لرستان، از غرب و شمال غربی به شهرستان اندیمشک از شرق به استان‌های چهارمحال بختیاری از جنوب شرقی به شهرستان مسجد سلیمان، از جنوب به شهرستان‌های شوشتر و اهواز و از جنوب غربی به شهرستان شوش محدود می‌شود. شهرستان امیدیه دارای مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی از شهرستان‌های استان خوزستان است. این شهرستان با شهرستان‌های آغاچاری، هندیجان، ماهشهر، رامشیر و رامهرمز هم‌مرز است.

در این پژوهش، داده‌های میانگین، حداقل و حداکثر دمای روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک امیدیه و دزفول تحلیل شد. از آن جایی که دوره مورد بررسی داده‌های AOGCM ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴ است، بازه زمانی فوق ملاک عمل قرار گرفت. سپس از مدل ریزمقیاس گردانی SDSM استفاده شد. در این مدل که از روابط رگرسیونی



شکل (۱): موقعیت شهرستان‌های مورد مطالعه

۵. تولید مولد هواشناسی با استفاده از پیش‌بینی‌کننده مشاهداتی
 ۶. آنالیز آماری
 ۷. خروجی گرافیکی مدل
 ۸. تولید سناریوی اقلیمی با بهره‌گیری از پیش‌بینی‌کننده‌های اقلیمی مدل
- تمامی مراحل بالا توسط گزینه‌های تعبیه شده در محیط نرم‌افزار SDSM انجام گرفت. در این تحقیق به منظور تعیین سناریوی مناسب که شرایطی مشابه با شرایط منطقه داشته باشد، مدل HadCM3 تحت سناریوهای A2 و B2 برای این منطقه مورد بررسی قرار گرفت. هر یک از سناریوهای فوق شرایطی از اقلیم آینده را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. (Farzaneh et al., 2010; Zarghami et al., 2011; Tavassoli et al., 2010).

نتایج

شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی ایستگاه سینوپتیک امیدیه:
در این قسمت با استفاده از پارامترهای بزرگ مقیاس مشاهداتی NCEP و نرم افزار SDSM به انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب پارامترهای اقلیمی مورد نیاز پرداخته شد. بدین منظور، از بین ۲۶ پارامتر بزرگ مقیاس NCEP و توابع مختلف آنها، پارامترهایی بزرگ مقیاس برای متغیرهای اقلیمی مورد نظر انتخاب شد. این پارامترها شامل میانگین فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت نسبی نزدیک سطح زمین و میانگین دما بودند. در جدول (۱) ضریب پارامترهای مدل برای شبیه‌سازی در ایستگاه امیدیه به تفصیل آمده است.

چندمتغیره خطی استفاده می‌شود، ۷۵ درصد داده‌ها برای واسنجی و تعیین روابط رگرسیونی و ۲۵ درصد دیگر برای اعتبارسنجی به کار گرفته شد. از آن جایی که مدل HadCM3 دوره حاضر و آتی ۲۶ پارامتر سینوپتیکی را (پیش‌بینی‌کننده‌ها) محاسبه می‌کند، ایجاد یک رابطه با ۲۶ متغیر همراه با خطای تجمعی متغیرها همراه است و باید به متغیرهای مرتبط کاهش یابد. برای این منظور، میزان همبستگی هر یک از پیش‌بینی‌کننده‌ها با عوامل وابسته دمای میانگین، حداقل و حداکثر محاسبه و متغیرهایی که از همبستگی بالایی برخوردار بودند، انتخاب شدند.

علاوه بر همبستگی متغیرها با عوامل اقلیمی مورد بحث، وجود همبستگی داخلی بین متغیرها نیز مورد تحلیل قرار گرفت و در نهایت با توجه به همبستگی جزئی، معنی‌داری متغیرها با هر یک از عوامل وابسته مهم‌ترین عوامل انتخاب شد. در دو ایستگاه دزفول و امیدیه سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ برای تعیین رابطه رگرسیونی و واسنجی مدل در نظر گرفته شد. برای واسنجی از داده‌های NCEP استفاده شد. پس از استخراج رابطه رگرسیونی، دقت آن با داده‌های کلی دوره مشاهداتی ایستگاه‌ها با داده‌های HadCM3 سنجیده شد.

ریزمقیاس‌نمایی متغیرهای اقلیمی توسط مدل SDSM به ترتیب مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. آماده‌سازی داده‌های پیش‌بینی شونده و پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ مقیاس
۲. کنترل کیفیت داده‌ها و تغییر شکل داده‌ها
۳. انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده
۴. کالیبره کردن مدل

جدول (۱): ضریب پارامترهای مدل جهت شبیه‌سازی ایستگاه امیدیه

ماه	Durbin-Watson	SE	R ²
ژانویه	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
فوریه	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
مارس	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
آوریل	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
می	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
جون	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
جولای	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
اگوست	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
سپتامبر	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
اکتبر	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
نوامبر	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
دسامبر	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳
میانگین	۰/۸۵۸	۳/۷۲۲	۰/۷۸۳

SE خطای استاندارد، R² ضریب تعیین

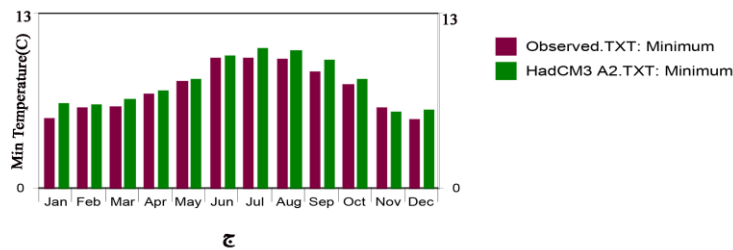
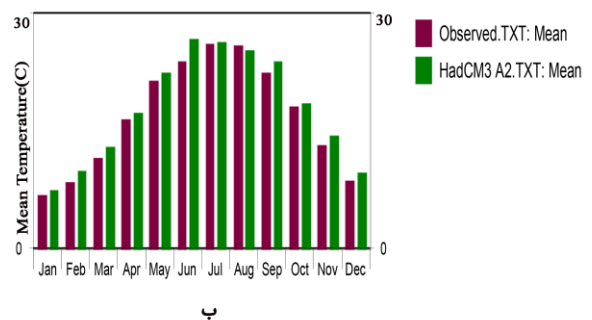
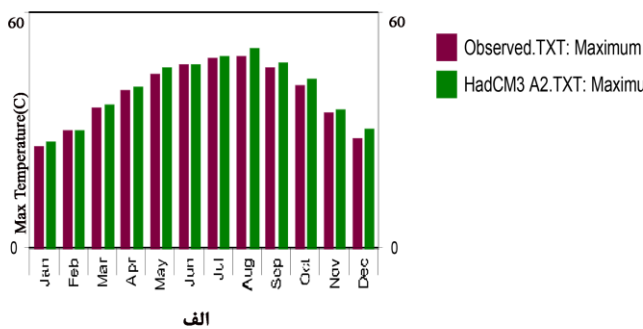
فصل تابستان و کمترین تفاوت بیشینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه فوریه و از بین فصول در زمستان است. بیشترین تفاوت مینم دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه ژانویه و از بین فصول در فصل پاییز و کمترین تفاوت کمینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در فصل تابستان است. کمترین تفاوت انحراف معیار دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه ژانویه و از بین فصول در فصل زمستان و بیشترین تفاوت انحراف معیار دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه جولای و از بین فصول در فصل تابستان می‌باشد. بیشترین تفاوت انحراف معیار بیشینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه جولای و از بین فصول در فصل تابستان و کمترین تفاوت انحراف معیار بیشینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه فوریه و از بین فصول در فصل پاییز می‌باشد. بیشترین تفاوت انحراف معیار کمینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه جولای و از بین فصول در فصل پاییز و کمترین تفاوت انحراف معیار کمینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه مارس و از بین فصول در فصل زمستان می‌باشد. در مجموع بیشترین مقدار تفاضل انحراف معیار در بین پارامترهای مورد بررسی، بیشینه دما با مقدار ۲/۱۶۶ در فصل تابستان می‌باشد. کمترین مقدار تفاضل انحراف معیار نیز از بین پارامترهای مورد بررسی میانگین دما با مقدار ۰/۰۹۰ در فصل زمستان می‌باشد.

در ادامه شبیه‌سازی شاخص دمایی با مدل A2 و HadCM3 B2 تا سال ۲۰۹۹ برای این ایستگاه صورت گرفت. شکل (۲) نشان‌دهنده نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده میانگین دما، بیشینه دما و کمینه دما طبق سناریو HadCM3 A2 تا سال ۲۰۹۹ می‌باشد. همچنین شکل (۳) نشان‌دهنده نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده میانگین دما، بیشینه دما و کمینه دما طبق سناریو HadCM3 B2 تا سال ۲۰۹۹ است. همان‌طور که در هر دو شکل مشاهده می‌شود، بیشترین اختلاف بین داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده در هر دو سناریو مربوط به کمینه دما و کمترین اختلاف بین داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده مربوط به بیشینه دما است.

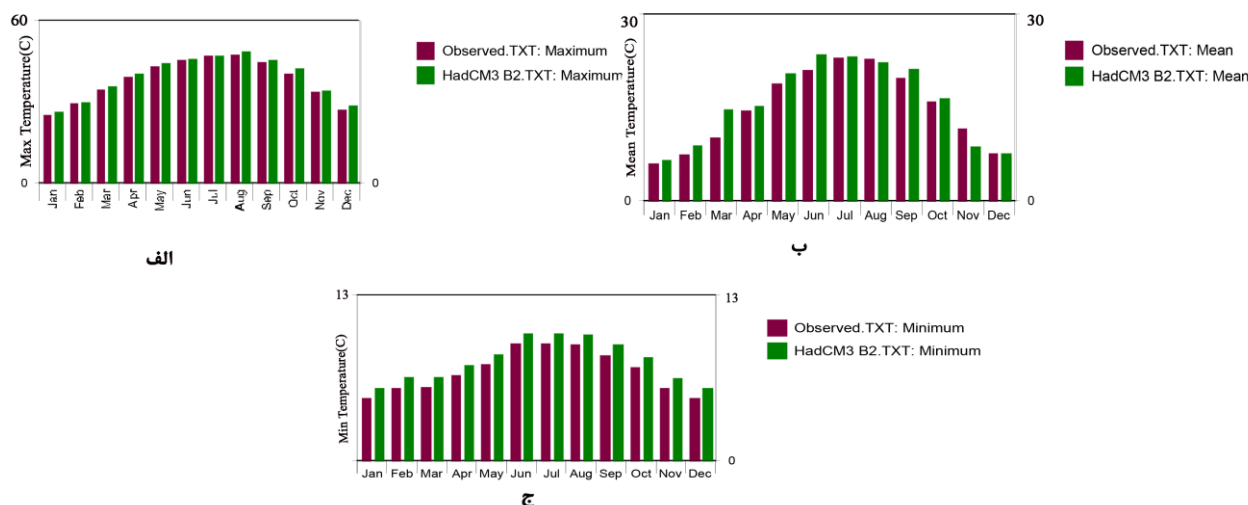
نتایج حاصل از شبیه‌سازی دوره ارزیابی مدل همراه با داده‌های مشاهده‌ای شهرستان امیدیه در جدول (۲) ارائه شده است. چنان‌چه از این جدول مشخص است، نوع داده‌های NCEP مدل‌های جهانی و همچنین نوع متغیر وابسته در میزان دقت شبیه‌سازی مدل موثر است. همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده شده است، داده‌های سالانه مشاهده شده میانگین دما ۱۸/۱۶ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما ۱۹/۳۵، داده‌های سالانه مشاهده شده بیشینه دما ۵۲/۶ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده بیشینه دما ۵۳/۴۹، داده‌های سالانه مشاهده شده کمینه دما ۹/۵۵ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده کمینه دما ۱۰/۱۸، تفاضل انحراف معیار سالانه داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده میانگین دما ۰/۰۹۸، بیشینه دما ۱/۸۱۹ و کمینه دما ۰/۹۱۷ است. بیشترین تفاوت میانگین دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه جون و از بین فصول در فصل تابستان و کمترین تفاوت میانگین دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه ژانویه و از بین فصول در فصل بهار می‌باشد. بیشترین تفاوت بیشینه دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه دسامبر و از بین فصول در

جدول (۲): مقادیر داده‌های مشاهده‌شده، شبیه‌سازی شده و انحراف معیار داده‌ها در دوره ارزیابی مدل شهرستان امیدیه

ماه	میانگین			بیشینه			کمینه		
	مشاهده شده	مدل‌سازی شده	انحراف معیار	مشاهده شده	مدل‌سازی شده	انحراف معیار	مشاهده شده	مدل‌سازی شده	انحراف معیار
ژانویه	۷/۱۴	۷/۸۹	-۰/۱۴۲	۲۸	۲۹/۲۴	۱/۰۶۲	۶/۳۵	۷/۷۴	۱/۴۲۴
فوریه	۹/۰۰	۱۰/۶۰	-۰/۱۵۲	۳۲/۶	۳۲/۵۰	۰/۷۸۱	۷/۳۷	۷/۶۶	۱/۰۵۴
مارس	۱۲/۲۴	۱۳/۹۳	-۰/۲۲۶	۳۸/۴	۳۹/۶۲	۱/۴۴۶	۷/۴۸	۸/۰۸	-۰/۹۶۳
آوریل	۱۷/۶۳	۱۸/۴۱	-۰/۲۹۱	۴۳/۶	۴۴/۵۴	۲/۰۲۲	۸/۶۳	۸/۹۳	۱/۵۶۴
می	۲۳/۰۰	۲۴/۰۹	-۰/۲۳۲	۴۸	۴۹/۴۴	۱/۷۴۶	۹/۸۱	۹/۹۹	۱/۴۳۱
جون	۲۵/۶۸	۲۷/۷۳	-۰/۲۱۳	۵۰/۴	۵۰/۵۳	۲/۰۱۲	۱۱/۹۰	۱۲/۱۵	۱/۸۵۱
جولای	۲۷/۹۶	۲۸/۳۱	-۰/۴۵۵	۵۲/۴	۵۲/۷۸	۲/۸۷۲	۱۱/۸۸	۱۲/۷۴	۲/۵۳۹
اگوست	۲۷/۹۳	۲۷/۰۸	-۰/۳۳۴	۵۲/۶	۵۴/۹۳	۲/۲۲۰	۱۱/۷۸	۱۲/۶۰	۲/۱۴۲
سپتامبر	۲۴/۰۵	۲۵/۶۴	-۰/۲۹۹	۴۹/۶	۵۰/۸۹	۱/۵۹۰	۱۰/۶۷	۱۱/۶۹	۱/۳۴۲
اکتبر	۱۹/۵۱	۱۹/۸۸	-۰/۲۹۰	۴۵	۴۶/۳۳	۲/۳۳۲	۹/۴۶	۹/۹۷	۲/۳۷۲
نوامبر	۱۴/۰۵	۱۵/۵۰	-۰/۲۱۳	۳۷/۵	۳۸/۱۷	۱/۸۰۲	۷/۳۴	۶/۹۹	۱/۷۴۶
دسامبر	۹/۱۱	۱۰/۲۴	-۰/۱۷۰	۳۰/۲	۳۲/۷۰	۱/۵۹۷	۶/۲۸	۷/۱۷	۱/۲۳۶
زمستان	۸/۴۰	۹/۴۰۸	-۰/۰۹۰	۳۲/۶	۳۳/۲۷	۱/۵۹۷	۷/۳۳	۷/۸۱	-۰/۹۹۴
بهار	۱۷/۶۲	۱۸/۳۳۲	-۰/۱۵۹	۴۸	۵۱/۶۰	۱/۷۴۶	۸/۶۴	۹/۲۹	۱/۱۷۸
تابستان	۲۷/۲۰	۲۹/۸۶	-۰/۲۹۹	۵۲/۶	۵۴/۹۰	۲/۱۶۶	۱۱/۸۵	۱۱/۹۷	۱/۶۳۹
پاییز	۱۹/۲۱	۲۰/۴۲۴	-۰/۱۷۴	۴۹/۶	۵۰/۸۴	۱/۵۸۱	۹/۴۹	۱۰/۶۶	۱/۸۱۴
سالانه	۱۸/۱۶	۱۹/۳۵	-۰/۰۹۸	۵۲/۶	۵۳/۴۹	۱/۸۱۹	۹/۵۸	۱۰/۱۸	-۰/۹۱۷



شکل (۲): نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده ایستگاه امیدیه
الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما طبق سناریو HadCM3 A2



شکل (۳): نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده ایستگاه امیدیه
الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما طبق سناریو HadCM3 B2

جدول (۳): ضریب پارامترهای مدل برای
شبیه‌سازی ایستگاه دزفول

ماه	Durbin-Watson	SE	R ²
ژانویه	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
فوریه	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
مارس	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
آوریل	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
می	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
جون	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
جولای	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
اگوست	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
سپتامبر	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
اکتبر	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
نوامبر	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
دسامبر	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳
میانگین	۰/۴۸۰	۳/۹۱۱	۰/۸۷۳

SE خطای استاندارد، R² ضریب تعیین

بیشترین تفاوت میانگین دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه سپتامبر و از بین فصول در فصل زمستان و کمترین تفاوت میانگین دمای مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه دسامبر و از بین فصول در فصل بهار می‌باشد. بیشترین تفاوت بیشینه دما مشاهده شده و مدل‌سازی شده در ماه‌های دسامبر و از بین فصول

شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی ایستگاه سینوپتیک دزفول: در این قسمت با استفاده از پارامترهای بزرگ مقیاس مشاهداتی NCEP و نرم افزار SDSM به انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب پارامترهای اقلیمی مورد نیاز پرداخته شد. بدین منظور، از بین ۲۶ پارامتر بزرگ مقیاس NCEP و توابع مختلف آنها، پارامترهای بزرگ مقیاس برای متغیرهای اقلیمی مورد نظر انتخاب شد. این پارامترها شامل میانگین فشار سطح دریا، رطوبت نسبی نزدیک سطح زمین و میانگین دما است. در جدول (۳) ضریب پارامترهای مدل برای شبیه‌سازی در ایستگاه دزفول به تفصیل آمده است.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی دوره ارزیابی مدل همراه با داده‌های مشاهده‌ای شهرستان دزفول در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است، نوع داده‌های NCEP مدل‌های جهانی و همچنین نوع متغیر وابسته در میزان دقت شبیه‌سازی مدل موثر است. داده‌های سالانه مشاهده شده میانگین دما ۱۶/۱۵ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده میانگین دما ۱۸/۳۴، داده‌های سالانه مشاهده شده بیشینه دما ۵۱/۸ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده بیشینه دما ۵۱/۵۰، داده‌های سالانه مشاهده شده کمینه دما ۸/۲۳ و داده‌های سالانه مدل‌سازی شده کمینه دما ۹/۵۲، تفاضل انحراف معیار سالانه داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده میانگین دما ۰/۰۹۱، بیشینه دما ۱/۴۵۹ و کمینه دما ۱/۶۸۲ می‌باشد.

از بین فصول در فصل بهار و کمترین تفاوت انحراف معیار بیشینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه اکتبر و از بین فصول در فصول تابستان می باشد. بیشترین تفاوت انحراف معیار کمینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه ژانویه و از بین فصول در فصل تابستان و کمترین تفاضل انحراف معیار کمینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه می و از بین فصول در فصول پاییز می باشد. در مجموع بیشترین تفاضل انحراف معیار از بین پارامترهای مورد بررسی بیشینه دما با مقدار ۲/۲۵۶ در فصل بهار می باشد. کمترین تفاضل انحراف معیار نیز از بین پارامترهای مورد بررسی میانگین دما با مقدار ۰/۱۴۱ در فصل تابستان می باشد.

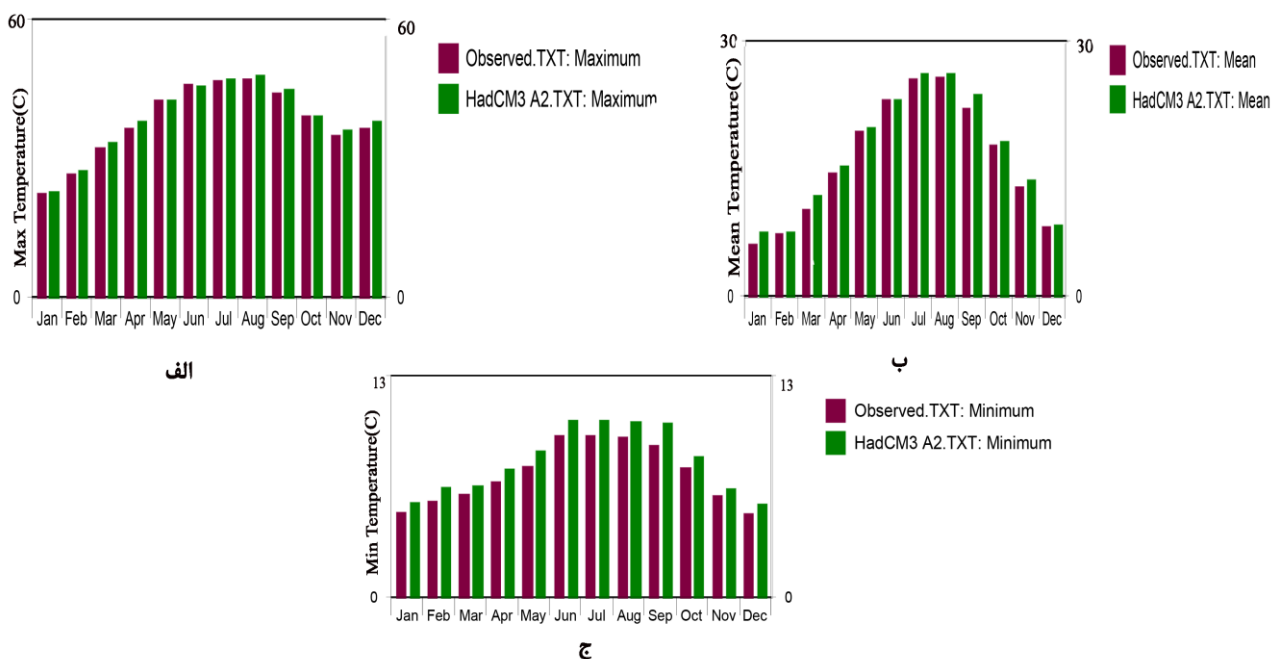
در فصل تابستان و کمترین تفاوت بیشینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه اکتبر و از بین فصول در بهار می باشد. بیشترین تفاوت مینم دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر و از بین فصول در فصل تابستان و کمترین تفاوت کمینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه های مارس و نوامبر و از بین فصول در فصل زمستان می باشد. کمترین تفاوت انحراف معیار میانگین دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه جولای و از بین فصول در فصل تابستان و بیشترین تفاوت انحراف معیار میانگین دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه سپتامبر و از بین فصول در فصل بهار می باشد. بیشترین تفاوت انحراف معیار بیشینه دمای مشاهده شده و مدل سازی شده در ماه آوریل و

جدول (۴): مقادیر داده های مشاهده شده، شبیه سازی شده و انحراف معیار داده ها در دوره ارزیابی مدل شهرستان دزفول

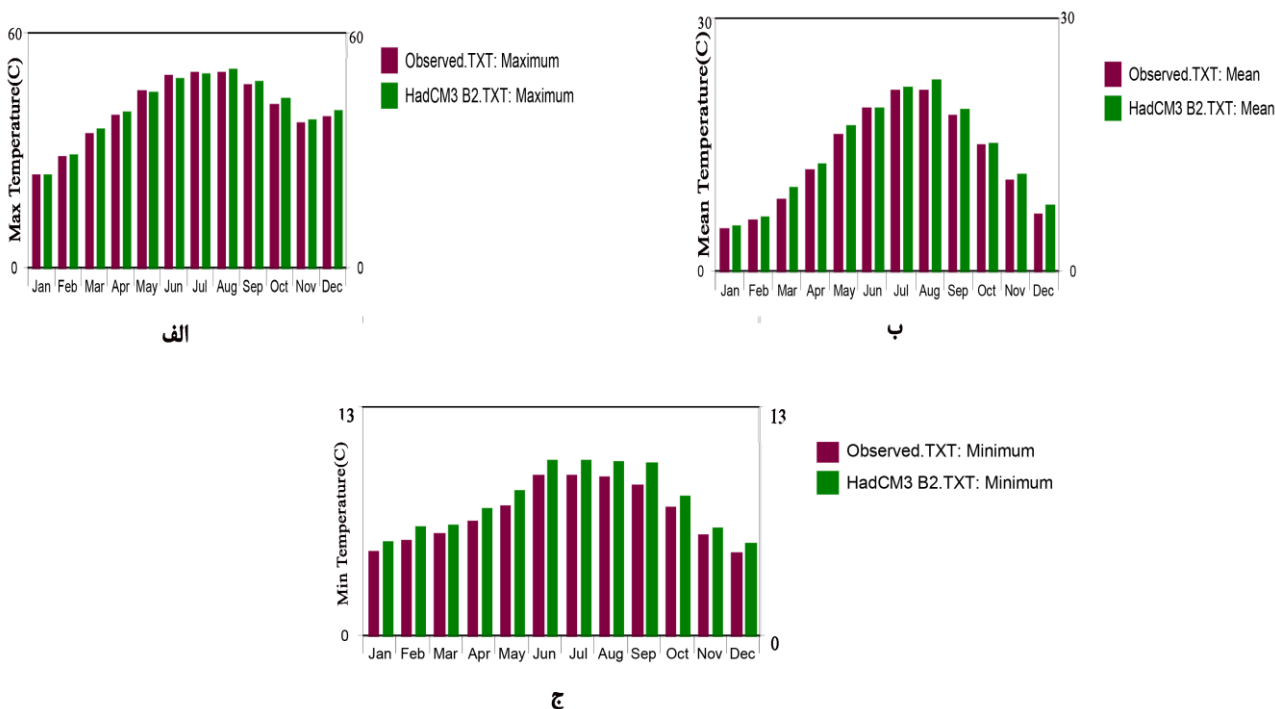
ماه	میانگین			بیشینه			کمینه		
	مشاهده شده	مدل سازی شده	انحراف معیار	مشاهده شده	مدل سازی شده	انحراف معیار	مشاهده شده	مدل سازی شده	انحراف معیار
ژانویه	۶/۰۳	۷/۴۶	۰/۳۰۰	۲۴/۵	۲۴/۹۲	۱/۷۴۶	۵/۶۴	۶/۲۸	۲/۴۳۵
فوریه	۷/۳۱	۷/۵۵	۰/۲۷۴	۲۹/۲	۲۹/۹۲	۱/۹۳۱	۶/۴۲	۷/۳۳	۲/۲۸۹
مارس	۱۰/۱۳	۱۱/۸۲	۰/۳۰۲	۳۵/۴	۳۶/۸۲	۲/۴۵۸	۶/۹۰	۷/۴۲	۱/۷۱۷
آوریل	۱۴/۴۵	۱۵/۳۶	۰/۲۷۵	۴۰/۲	۴۱/۶۵	۲/۹۲۰	۷/۷۳	۸/۵۴	۲/۴۱۰
می	۱۹/۵۱	۱۹/۹۰	۰/۲۷۲	۴۶/۸	۴۶/۹۶	۲/۰۹۵	۸/۷۰	۹/۷۷	۱/۴۷۰
جون	۲۳/۲۲	۲۳/۲۷	۰/۲۳۴	۵۰/۸	۵۰/۳۰	۱/۸۳۳	۱۰/۸۳	۱۱/۸۴	۲/۲۲۵
جولای	۲۵/۶۷	۲۶/۳۳	۰/۱۸۶	۵۱/۶	۵۱/۸۸	۱/۶۴۶	۱۰/۷۴	۱۱/۷۹	۱/۸۷۸
آگوست	۲۵/۸۱	۲۶/۲۷	۰/۱۹۸	۵۱/۸	۵۲/۹۲	۱/۵۶۲	۱۰/۶۷	۱۱/۷۴	۱/۷۱۵
سپتامبر	۲۲/۱۶	۲۳/۸۳	۰/۳۳۰	۴۸/۶	۴۹/۵۶	۲/۳۷۹	۱۰/۱۶	۱۱/۶۱	۱/۵۸۱
اکتبر	۱۷/۹۰	۱۸/۱۵	۰/۲۹۸	۴۳/۲	۴۳/۱۶	۱/۴۴۵	۸/۶۵	۹/۳۹	۲/۲۴۷
نوامبر	۱۲/۷۸	۱۳/۸۰	۰/۲۵۳	۳۸/۴	۳۹/۷۱	۲/۴۹۵	۶/۷۵	۷/۲۸	۱/۹۱۰
دسامبر	۸/۱۷	۸/۳۴	۰/۲۸۱	۴۰	۴۱/۹۹	۲/۶۵۳	۵/۵۳	۶/۲۳	۱/۷۱۱
زمستان	۷/۱۷	۸/۵۵	۰/۱۵۸	۴۰	۴۰/۲۴	۱/۴۱۸	۵/۸۴	۶/۲۸	۱/۷۰۶
بهار	۱۴/۷۰	۱۵/۳۶	۰/۱۷۷	۴۶/۸	۴۶/۸۸	۲/۲۵۶	۷/۷۸	۸/۵۸	۱/۷۱۱
تابستان	۲۴/۹۲	۲۵/۲۹	۰/۱۴۱	۵۱/۸	۵۲/۷۰	۰/۸۸۹	۱۰/۷۴	۱۱/۷۹	۲/۱۰۷
پاییز	۱۷/۶۵	۱۶/۲۶	۰/۱۵۷	۴۸/۶	۴۹/۰۲	۲/۱۱۹	۸/۵۲	۹/۴۳	۱/۵۶۵
سالانه	۱۶/۱۵	۱۸/۳۴	۰/۰۹۱	۵۱/۸	۵۱/۵۰	۱/۴۵۹	۸/۲۳	۹/۵۲	۱/۶۸۲

بیشینه دما و کمینه دما طبق سناریو HadCM3 B2 تا سال ۲۰۹۹ است. همان طور که در هر دو شکل مشاهده می شود بیشترین اختلاف بین داده های مشاهده شده و مدل سازی شده در کمینه دما در هر دو سناریو مشهود است. همچنین کمترین اختلاف بین داده های مشاهده شده و مدل سازی شده در بیشینه دما در هر دو سناریو واضح می باشد.

در ادامه شبیه سازی شاخص دمایی با مدل HadCM3 B2 و A2 تا سال ۲۰۹۹ برای این ایستگاه صورت گرفت. شکل (۴) نشان دهنده نمودار مقادیر داده های مشاهده شده و مدل سازی شده میانگین دما، بیشینه دما و کمینه دما طبق سناریو HadCM3A2 تا سال ۲۰۹۹ می باشد. همچنین شکل (۵) نشان دهنده نمودار مقادیر داده های مشاهده شده و مدل سازی شده میانگین دما،



شکل (۴): نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده ایستگاه دزفول
الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما طبق سناریو HadCM3 A2



شکل (۵): نمودار مقادیر داده‌های مشاهده شده و مدل‌سازی شده ایستگاه دزفول
الف: بیشینه دما ب: میانگین دما ج: کمینه دما طبق سناریو HadCM3 B2

نتیجه گیری

به کارگیری روش‌های جدید در حل معادلات جوی و در اختیار داشتن پیش‌بینی‌های اقلیمی با توجه به ماهیت بازه زمانی طولانی مدت آنها، نقش بسیار ارزنده‌ای در مدیریت‌های کلان ایفا می‌نماید و لیکن در بازه زمانی درازمدت به دلیل محدودیت جدی در قدرت تفکیک مکانی، قادر به پیش‌بینی آب و هوای واقعی در مقیاس ایستگاهی و خرد مقیاس نمی‌باشد. بنابراین برای به‌کارگیری خروجی مدل‌های اقلیمی تمام کره‌ای و دستیابی به قدرت تفکیک فضایی کم، روش ریزمقیاس‌نمایی مورد استفاده قرار گرفته که به دو دسته آماری و دینامیکی و گاهی تلفیقی از آن دو تقسیم‌بندی می‌شوند. در این میان صحت‌سنجی داده‌های ریزمقیاس شده برای تحلیل پیش‌بینی‌های درازمدت به‌عنوان

یکی از پارامترهای اساسی در کسب دقت این گونه مدل‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش، دو ایستگاه سینوپتیک امیدیه و دزفول با استفاده از مدل SDSM ریزمقیاس شده، نتایج حاصل از مدل برای سه متغیر اقلیمی، دمای میانگین، حداقل و حداکثر در مقیاس‌های سالانه و فصلی با مقادیر مشاهده شده مقایسه شد. سپس، رابطه میانگین اختلاف دمای حداکثر رو آنه با عوامل مختلف برقرار شد. همچنین نتایج حاصل از زیرمقیاس‌نمایی مدل SDSM نشان داد که از بین دو سناریو با مدل A2 و HadCM3 B2، سناریوی A2 دقت آماری بالاتری در تولید داده‌های اقلیمی دارد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق‌های قبلی مطابقت دارد.

فهرست منابع

- Farzaneh, M.; Samadi, A.K.; Akbarpour, A. & Islam, S.S. 2010. Introducing selected predictors for statistical-regression scaling under the north Karoon Behesht Abad basin, First conference on applied water resources research, Kermanshah university of technology. (in persian)
- Ghermezcheshme, B.; Rasooli, C.A.; Rezaeibanafshe, M. Masahbovani, A.R.; & Khorshiddost, A. M. 2014. Investigation of the effect of morpho-climatic factors on the accuracy of SDSM model rotation, Journal of engineering and watershed management, 6(2): 164-155. (in persian)
- Goodarzi, M.; Jahanbakhsh, S.; Rezaee, M.; Ghafouri, A. & Mahdian, M.H. 2011. Assessment of climate change statistical downscaling methods in a single site in Kermanshah, Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 6(5): 564-572.
- Hellstrom, C. & Chen, D. 2006. Statistical Downscaling Based on Dynamically Downscaled Predictors: Application to Monthly Precipitation in Sweden, Advances in Atmospheric Sciences, Vol. 20, No. 6, PP.951-958.
- Koukidis, E.N. & Berg, A.A. 2010. Sensitivity of the Statistical DownScaling Model(SDSM) to reanalysis products, Atmosphere-Ocean, 47:1, 1-18.
- IPCC. 2007. General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. Cambridge University Press, 989 pages, UK.
- Tavassoli, A. 2010. Simulation of intrapartum rainfall coefficient changes using precipitation components in Bar Neyshabour watershed, Iranian journal of watershed management science, 10 (4): 33-21. (in persian)
- Rouhipanah, F.; Mir Rokni, S.M. & Masahbovani, A.R. 2014. Comparison of calibration methods for temperature simulation using exponential microscopy model SDSM (case study of Yazd city), Proceedings of the 16th Iranian geophysical conference, pp. 320-315. (in persian)
- Samadi Neghab, S.; Khorshiddost, A. M.; Habibi Nokhandan, M. & Zabul Abbasi, f. 2011. Applying SDSM model for exponential scale of GCM data on precipitation and temperature (case study: station climates in Iran), Journal of climatological research, 2(5&6): 57-68. (in persian)

Vaseghi, R.; Massah, A.R.; Meshkati, A.H. & Rahimzadeh, F. 2011. Investigation of runoff impact of ensembles scenarios AOGCM models. 4th Conference of Water Resources Management of Iran, Tehran, Iran

Wilby, R.L. & Harris, I. 2006. A framework for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*, 42(2): 1-10.

Zarghami, M.; Abdi Babaeian, I.; Hassanzadeh, Y. & Kanani, R. 2011. Impacts of Climate Change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global and Plantary Change*. 78 (2011) 137 146.