



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله : ۸۰۴۰۰

زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵

## تأثیر تغییر اقلیم بر روی میزان بارش در زیر حوضه های آبریز سد کوثر

رضا مرادی

کارشناس ارشد مهندسی عمران آب

### چکیده

در این تحقیق به بررسی اثر تغییر اقلیم بر داده های هواشناسی با استفاده از مدل گردش عمومی جو (GCM) در حوضه آبریز سد کوثر پرداخته شد. برای این کار با استفاده از شبیه سازی دما و بارش طی دوره آتی (۲۰۴۰-۲۰۱۱) با استفاده از مدل HADCM3 براساس سه سناریوی انتشار A1B، A2B و B1 به روش ریزمقیاس نمایی آماری (مدل لارس) استفاده شد. پس از تقسیم حوضه به دو زیرحوضه نتیجه شبیه سازی متغیرهای اقلیمی در حوضه منتخب دو دوره آتی، افزایش بارش و دما در کل حوضه می باشد. حوضه سیدآباد طبق سه سناریوی آب و هوایی A1B، A2B و B1 به ترتیب شاهد ۱۵، ۹ و ۸ درصد افزایش بارش نسبت به میانگین بلندمدت می باشد. در ایستگاه نازمکان میزان بارش میانگین طبق سه سناریوی A2B، A1B و B1 به ترتیب با ۴، ۱۲ و ۱۴ درصد کاهش نسبت به میانگین بلندمدت همراه می باشد.

**کلید واژه‌ها:** تغییر اقلیم، مدل سازی اقلیمی، سناریو، میانگین، خیرآباد، نازمکان

### ۱- مقدمه

پدیده تغییر اقلیم می تواند بر سیستم های مختلفی تأثیر بگذارد که سیستم منابع آب اصلی ترین آنهاست. بنابراین پدیده تغییر اقلیم می تواند به عنوان عمده ترین چالش بشر در دوره های آتی قلمداد گردد. از آنجا که افزایش این احتمال برای دوره های آتی می تواند آثار زیانباری برای جوامع بشری داشته باشد، لذا در سال های اخیر تحقیقاتی در این مورد صورت گرفته است. تحقیقات وقایع حدی بر خلاف سایر مطالعات با داده های ورودی اندکی قابل انجام می باشند، دلیل این امر عدم اعتبار خروجی مدل های گردش عمومی جو در مقیاس روزانه و از طرف دیگر دشواری ریزمقیاس سازی خروجی این مدل ها برای مطالعات وقایع حدی می باشد. از سوی دیگر این مدل ها قادر به تولید سری های زمانی طولانی مدت هستند که می توان به کمک آنها به آنالیز تغییرات احتمالی وقایع حدی در دوره های آینده نیز پرداخت. (Loukas et al., 2008)

برای بررسی آثار تغییر اقلیم بر منابع آب از شبیه سازی های صورت گرفته به وسیله مدل های گردش عمومی (GCM) استفاده می کنند. مدل های GCM مدل های عددی هستند که فرایندهای بین اتمسفر، اقیانوس، یخ کره و سطح کره زمین را به طور سه بعدی شبیه سازی می کنند. از آنجا که مهم ترین ورودی های مدل های GCM مقدار انتشار گازهای گلخانه ای در دوره های آتی است و از طرف دیگر محاسبه و تعیین انتشار این گازها در دوره های آتی به طور قطعی امکان پذیر نمی



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

باشد، سناریوهای مختلفی که شامل چگونگی انتشار این گازها در آینده است، بیان شده است که به آنها سناریوهای انتشار می گویند.

کریستینسن و همکاران (۲۰۰۵) میزان اثرات تغییر اقلیم را بر روی حوضه آبریز سد کلرادو در سه دوره ۳۰ ساله از سال ۲۰۱۰ تا سال ۲۱۰۰ را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق که از داده های خروجی مدل VIC و ریزمقیاس نمایی داده به عنوان ورودی مدل VIC استفاده شده، رواناب حاصل از سه دوره شبیه سازی شده به ترتیب با کاهش ۱۴، ۱۸ و ۱۷ درصدی روبرو شده است.

فلاور و کیلسبی (۲۰۰۷) تغییرات اقلیمی را در ۸ حوضه آبریز بحرانی شمال غرب انگلیس برای سه دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۴۰، ۲۰۴۰-۲۰۷۰ و ۲۰۷۰-۲۱۰۰ با استفاده از مدل منطقه ای HadRM3H ریزمقیاس نمایی کردند و اثرات هیدرواقلیمی آن را با دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۰ مقایسه کردند. یافته های مدل سازی آنها نشان داد که در دوره های آبی جریان های بزرگ سیلابی تا ۲۵ درصد در مقایسه با دوره پایه افزایش خواهند یافت. همچنین میزان خطرپذیری رخداد سیل در فصول زمستان افزایش قابل ملاحظه ای خواهد یافت.

کیم و همکاران (۲۰۱۳) ضمن بررسی توأم تغییر اقلیم و کاربری اراضی در رودخانه هائیا در کره بیان می کنند که تغییر اقلیم باعث کاهش قابل توجه جریان رواناب در فصول تابستان و پاییز می شود و از طرف دیگر جریان رواناب در فصول بهار و زمستان نسبت به زمان حاضر افزایش خواهد یافت.

حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی حوضه بختیاری در شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل گردش عمومی جو (GCM) و به کمک شبیه سازی دما و بارش در سال های آبی به وسیله مدل CGCM3 و با روش ریزمقیاس نمایی پرداختند. در این تحقیق که برای شبیه سازی سیلاب از مدل HEC-HMS استفاده شد. نتیجه شبیه سازی افزایش حداقل و حداکثر دما در دوره های آبی و کاهش حدوداً ۲۰ درصدی در میزان بارش بود. همچنین با وجود کاهش در میزان بارش در دوره های آبی بارش های حدی در حوضه با شدت بیشتری رخ خواهد داد که این امر بیانگر افزایش احتمال وقوع سیلاب در آینده خواهد بود.

## ۲- مواد و روشها

### مدل LARS-WG:

GCM ها قادر به پیش بینی وضعیت آینده در مقیاس جهانی و قاره ای هستند اما به دلیل تأثیر عوارض منطقه ای در وضعیت اقلیمی (نظیر شیب و جهت شیب، ارتفاع، مجاورت با دریا و ...)، از کیفیت لازم برای پیش بینی پارامترهای اقلیمی در مقیاس های کوچکتر برخوردار نیستند. بنابراین به منظور استفاده از خروجی مدل های GCM می بایست از روش ریزمقیاس نمایی استفاده کرد. در این مطالعه از روش آماری شبیه ساز LARS\_WG 5.5 برای ریزمقیاس نمایی استفاده شد. در واقع مدل LARS-WG یک مدل تولید داده های هواشناسی بوده که براساس برازش یک تابع توزیع با ۲۱ پارامتر بر داده های مشاهداتی، قادر به تولید داده می باشد. همچنین می تواند داده های آینده را تولید کند و برای هر گونه مدل سازی نیازمند یک سناریوی اقلیمی ویژه می باشد. (Semenov and Barrow, 2002)

مدل LARS-WG با استفاده از داده های مشاهداتی برای ایستگاه مورد نظر کالیبره می شود و توانمندی مدل توسط Q-test صحت سنجی می شود. داده های مصنوعی قادرند با استفاده از گزینه Generator نیز شبیه سازی و ارزیابی شوند. این گزینه می تواند داده های مصنوعی را با همان خصوصیات آماری داده های مشاهداتی به کار ببرد یا داده های مصنوعی را مطابق با سناریوهای تغییر اقلیم تولید کند.

جهت ارزیابی تغییرات پارامترهای بارش و دما در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ از خروجی های مدل اقلیمی HADCM3 در مدل تولید داده LARS-WG استفاده شد. مدل گردش عمومی جو HADCM3 یکی از مدل های جفت شده اقیانوسی جوی

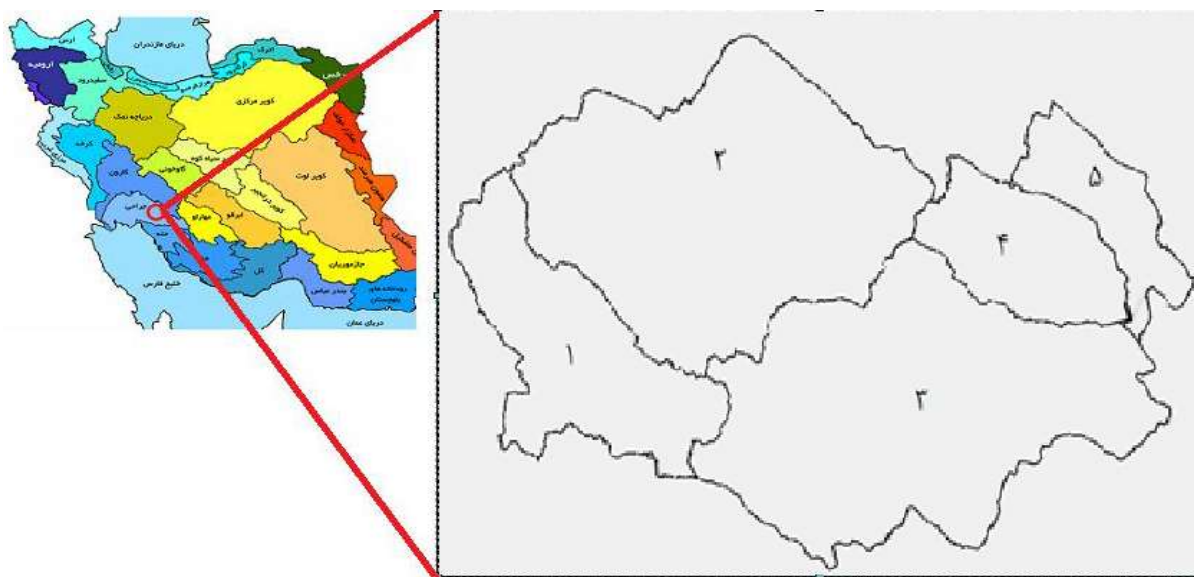


# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

است که توسط مرکز تحقیقات و پیش بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده است. قدرت تفکیک جوی این مدل شبکه ای با ابعاد ۲.۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳.۷۵ درجه طول جغرافیایی و قدرت تفکیک افقانی آن ۱.۲۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱.۲۵ درجه طول جغرافیایی است.

منطقه مورد نظر دارای مشخصات جغرافیایی ۲۲-۵۰ تا ۱۵-۵۱ طول شرقی و ۲۵-۳۰ تا ۵۵-۳۰ عرض شمالی در جنوب ایران و مرز چهار استان (خوزستان - کهگیلویه و بویر احمد - بوشهر و فارس) واقع گردیده است.

طول رودخانه خیرآباد تا محل سد حدود ۶۱.۲۲ کیلومتر و مساحت حوضه آبریز آن در حدود ۲۴۳۱.۹۷ کیلومتر مربع و ضریب شکل آن ۱.۵۴ می باشد. قسمت اعظم حوضه، کوهستانی، مرتفع و پوشیده از درختان جنگلی زاگرس می باشد و رودخانه دارای آب دائمی است. میانگین بارش سالیانه بلندمدت منطقه براساس داده های تاریخی حدود ۵۰۰ میلی متر و میانگین دمای سالیانه حدود ۲۲ درجه سانتی گراد و اقلیم منطقه براساس روش دومارتن نیمه خشک می باشد. سد کوثر بر روی این رودخانه و پایین تر از ایستگاه های سیدآباد و نازمکان (پس از تلاقی دو رودخانه) قرار دارد. در این پژوهش از داده های بارش و دمای ثبت شده در دو ایستگاه هواشناسی حوضه آبریز رود خیرآباد شامل سیدآباد و نازمکان استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رود خیرآباد

### ۳- جمع بندی و نتیجه گیری

در ادامه مدل LARS-WG جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده های مدل گردش عمومی جو (Hadcm3) و تولید داده های مصنوعی با استفاده از سناریوهای A1B، A2B و B1 اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای پیش گفته تولید شد. پس از آنالیز داده های تولید شده توسط مدل LARS-WG، نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طی دوره مطالعاتی تغییر اقلیم اثرات زیر را بر روی داده های هواشناسی منطقه مورد مطالعه خواهد گذاشت:

۱-۳- ایستگاه سیدآباد:



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در این ایستگاه شاهد افزایش همگی داده های هواشناسی براساس هر سه سناریو می باشیم. بطوریکه طبق دو سناریوی A1B و B1 شاهد افزایش بیش از ۱ درجه ای حداقل، حداکثر و میانگین دما هستیم. همچنین طی سناریوی A2B شاهد افزایش حدود ۰.۸ درجه ای این پارامترها می باشیم. میزان بارش میانگین نیز در این ایستگاه طبق سه سناریوی A1B، A2B و B1 به ترتیب با ۱۵، ۹ و ۸ درصد افزایش نسبت به میانگین بلندمدت همراه می باشد.

جدول ۱- مقایسه داده های هواشناسی مشاهداتی و پیش بینی شده سالانه ایستگاه سیدآباد

دوره مشاهداتی	Hadcm3 B1	Hadcm3 A2B	Hadcm3 A1B	
۲۲.۶	۲۳.۷	۲۳.۴	۲۳.۷	میانگین دما (C)
۱۵.۳	۱۶.۴	۱۶.۱	۱۶.۴	حداقل دما (C)
۳۰	۳۱	۳۰.۷	۳۱	حداکثر دما (C)
۴۸۱.۸	۵۲۱.۹	۵۲۶.۳	۵۵۶.۴	بارندگی

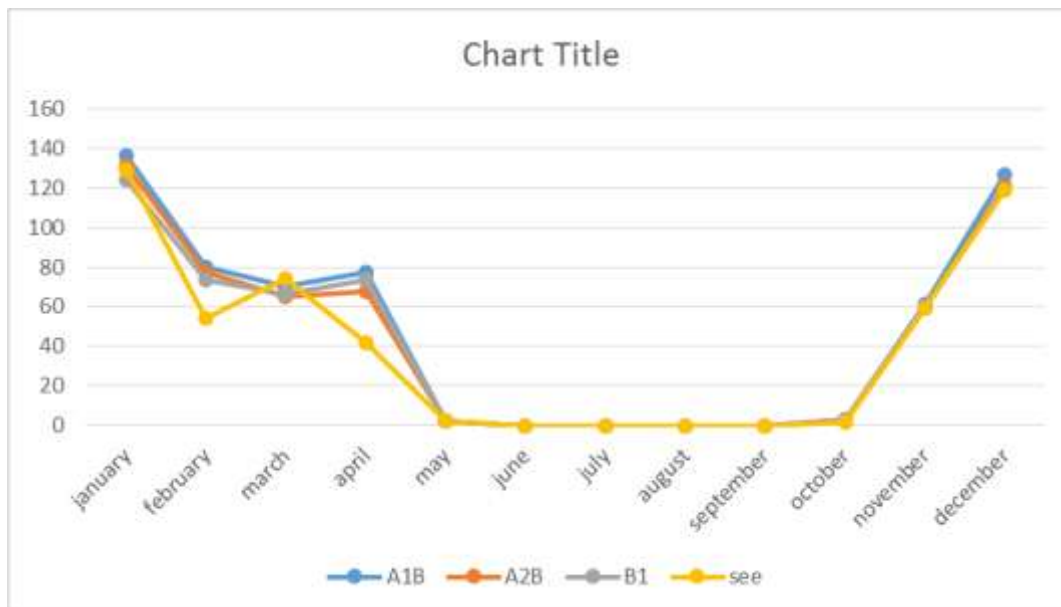
تغییرات دمای میانگین و میانگین بارش ماهانه ایستگاه سیدآباد به صورت زیر می باشد.

جدول ۲- دمای میانگین و میانگین بارش ماهانه ایستگاه سیدآباد تحت سه سناریوی اقلیمی و میزان مشاهداتی

	Hadcm3 A1B		Hadcm3 A2B		Hadcm3 B1		see	
	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)
january	12.3	136.1	11.9	131	11.7	124.1	10.9	129
february	13.9	80	13.4	77.5	13.7	73.5	12.2	54.3
march	16.8	70.4	16.2	65	17	66.5	15.3	74.2
april	21.6	77.1	21.1	67.7	21.8	73.4	21.2	41.8
may	28.1	2.4	27.9	2.2	28.2	2.4	27.6	2.5
june	32.1	0	32.2	0	32.3	0	31.7	0
july	34.7	0	34.8	0	35	0	33.9	0
august	35.1	0	35	0	35.1	0	33.9	0
september	31.1	0	30.9	0	31	0	29.8	0
october	25.5	2.9	25.3	3.1	25.5	3.2	24.7	1.8
november	18.7	61	18.1	59.4	18.5	60.2	17.3	59.3
december	13.7	126.5	13.1	120.5	13.3	118.6	12.8	119



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



شکل 2- میانگین بارش ماهانه ایستگاه سیدآباد تحت سه سناریوی تغییر اقلیم

## ۳-۲- ایستگاه نازمکان:

در این ایستگاه شاهد افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش میزان بارندگی براساس هر سه سناریو می باشیم. بطوریکه طبق دو سناریوی A1B و B1 شاهد افزایش ۱.۸ درجه ای حداقل، حداکثر و میانگین دما هستیم. همچنین طی سناریوی A2B شاهد افزایش ۱.۳ درجه ای این پارامترها می باشیم. میزان بارش میانگین نیز در این ایستگاه طبق سه سناریوی A1B، A2B و B1 به ترتیب با ۱۲، ۴ و ۱۴ درصد کاهش نسبت به میانگین بلندمدت همراه می باشد.

جدول ۳- مقایسه داده های هواشناسی مشاهداتی و پیش بینی شده سالانه ایستگاه نازمکان

دوره مشاهداتی	Hadcm3 B1	Hadcm3 A2B	Hadcm3 A1B	
۲۲.۷	۲۴.۴	۲۴	۲۴.۵	میانگین دما (C)
۱۵.۴	۱۷.۲	۱۶.۸	۱۷.۳	حداقل دما (C)
۳۰	۳۱.۷	۳۱.۳	۳۱.۸	حداکثر دما (C)
۵۱۸.۹	۴۴۶.۵	۴۵۸.۶	۴۹۶.۵	بارندگی (mm)

تغییرات دمای میانگین و میانگین بارش ماهانه ایستگاه نازمکان به صورت زیر می باشد.

جدول ۴- دمای میانگین و میانگین بارش ماهانه ایستگاه نازمکان تحت سه سناریوی اقلیمی و میزان مشاهداتی

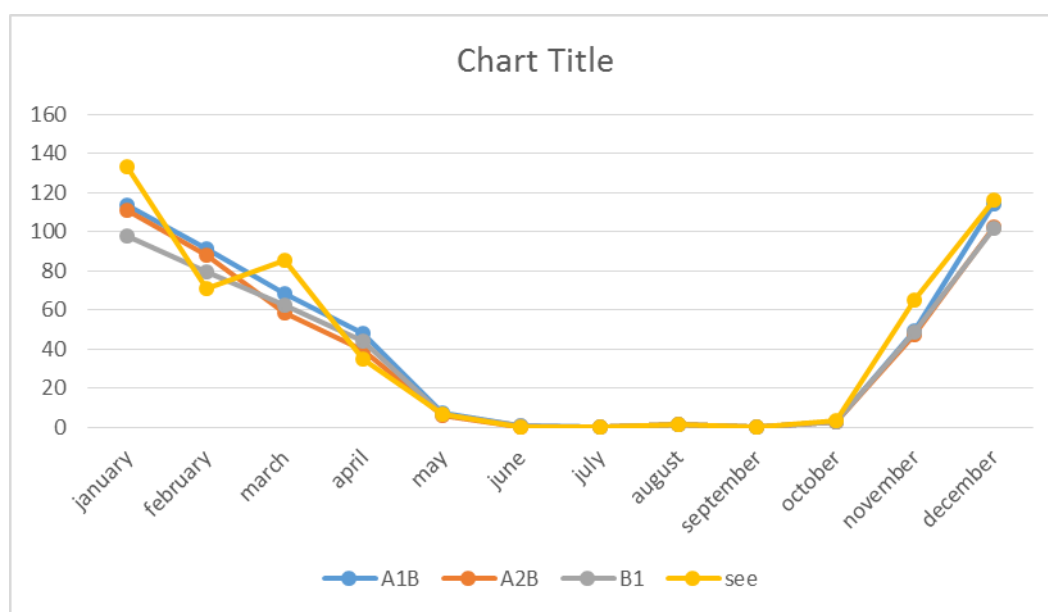
	Hadcm3 A1B	Hadcm3 A2B	Hadcm3 B1	see
--	------------	------------	-----------	-----



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)	میانگین دما (C)	بارش ماهانه (mm)
january	12.8	113.4	12.2	111.2	11.9	98	10.7	133.5
february	15	91.5	14.2	88.3	14.7	79.6	12.3	71.3
march	18.2	68.2	17.2	58.6	18.6	62.5	15.3	85.2
april	22.7	47.9	21.8	39.4	23	44.4	21.2	35
may	28.7	7.1	28.4	6	28.8	6.8	27.6	6.6
june	32.7	0.6	33	0.5	33.1	0.6	31.8	0.4
july	35.4	0	35.6	0	35.9	0	33.7	0
august	36.1	1.7	36	1.6	36.2	1.5	33.9	1.5
september	32	0.1	31.8	0.1	31.9	0.1	29.8	0.3
october	26.3	2.6	26	2.8	26.2	2.9	24.8	3.7
november	19.1	49.4	18.2	47.4	18.9	48.4	17.4	65.4
december	14.4	114.1	13.5	102.7	13.6	101.8	12.7	116



شکل 3- میانگین بارش ماهانه ایستگاه نازمکان تحت سه سناریوی تغییر اقلیم

در این مقاله میزان تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر روی داده های هواشناسی بارش بررسی شد. در شبیه سازی اقلیمی حوضه در دوره آتی (۲۰۱۱-۲۰۴۰) دو زیرحوضه سد کوثر از لحاظ بارش نتایج متفاوتی دارند. در ایستگاه سیدآباد طبق سه سناریوی A1B، A2B و B1 به ترتیب با ۱۵، ۹ و ۸ درصد افزایش نسبت به میانگین بلندمدت همراه می باشد. در ایستگاه نازمکان شاهد افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش میزان بارندگی براساس هر سه سناریو می باشیم. میزان بارش میانگین نیز در این ایستگاه طبق سه سناریوی A1B، A2B و B1 به ترتیب با ۴، ۱۲ و ۱۴ درصد کاهش نسبت به میانگین بلندمدت همراه می باشد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

در جمع بندی کلی حوضه، شاهد افزایش بیش از ۱ درجه ای دمای هوا و همچنین افزایش میزان میانگین بارندگی سالانه براساس هر سه سناریو می باشیم.

## ۴- مراجع

۱. مدرس، فرشته، عراقی نژاد، شهاب، ابراهیمی، کیومرث، خلقی، مجید، بررسی اثر تغییر اقلیم بر آبدهی سالانه رودخانه ها (مطالعه موردی: حوضه گرگانرود)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۰، ص. ۱۳۷۷-۱۳۶۵
۲. حجازی زاده، زهرا، فتاحی، ابراهیم، مساح بوانی، علیرضا، ناصرزاده، محمد حسین، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر هیدروگراف سیلاب در دوره های آتی (مطالعه موردی: حوضه آبریز بختیاری)، جغرافیا (فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال دهم، شماره ۳۴، پاییز ۱۳۹۱
۳. بابائیان، ایمان، ضرغامی، مهدی، کوهی، منصوره، بابائیان، امید، کریمیان، مریم، مدیریان، راهله، بررسی رفتار منابع آب حوضه قره قوم تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: زیرحوضه درگز)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۵، آذر-دی ۱۳۹۲، ص. ۹۱۸-۹۰۷
۴. شفائی، امیرحسین، عراقی نژاد، شهاب، مساح بوانی، علیرضا، بررسی تأثیرات تغییر اقلیم بر بهره برداری از مخازن سطحی گرگانرود، نشریه مدیریت آب و آبیاری، دوره ۳، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۲، ص. ۵۸-۴۳
۵. ثانی خانی، هادی، دین پژوه، یعقوب، پوریوسف، سعید، زمانزاد قویدل، سروین، صولتی، بهاره، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه های آبریز (مطالعه موردی: حوضه آبریز آجی چای در استان آذربایجان شرقی)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۲، ص. ۱۲۳۴-۱۲۲۵
۶. شفائیان فرد، دانیال، کوهیان افضل، فرشاد، یخکشی، محمدابراهیم، تعیین گزینه های برتر بهره برداری از منابع آب با استفاده از مدل WEAP و تحلیل تصمیم گیری چندشاخصه (مطالعه موردی: حوضه زرینگل)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۳

- [۷] K. Eckhardt, U. Ulbrich, 2003, *Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range*, Journal of Hydrology, vol 284, pp. 244-252
- [۸] Nigel W. Arnell and E. Kate Delaney, 2006, *Adapting To Climate Change: Public water Supply In England And Wales, Climatic Change*, vol 78, pp. 227-255
- [۹] H. Karl, C. Curtin, L. Scarlett, and W. Hopkins, 2011, *climate: global change and local adaption*, chapter 13, p.p. 237-255
- [1۰] E. Tachie-Obeng, P.B.I.Akponikpe, S.Adiku, 2013, *Considering effective adaptation options to impacts of climate change for maize production in Ghana*, journal of Environmental Development, vol 5, pp. 131-145
- [1۱] Jinsoo Kim, Jisun Choi, Chuluong Choi, Soyoun Park, 2013, *Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin*, Korea, journal of Science of the Total Environment, vol 452-453, pp. 181-195
- [1۲] Ajay Gajanan Bhawe, Ashok Mishra, Narendra Singh Raghuwanshi, 2014, *A combined bottom-up and top-down approach for assessment of climate change adaptation options*, Journal of Hydrology, vol 518, pp. 150-161