بررسی روند تغییر پارامترهای اقلیمی مشهد در دوره ۲۰۳۰– ۲۰۱۱ با استفاده از داده های شبیه سازی شده توسط مدل LARS-WG5

بتول اشرف[۱]، محمد موسوی بایگی[۲]، غلامعلی کمالی[۳]، کامران داوری[۴]

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار هواشناسی گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

samaneh_ashraf@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق داده های مدل گردش عمومی جفت شده جوی- اقیانوسی HADCM3 با به کارگیری مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG5 طبق سه سناریوی A1B , A2 و B1 تأیید شده IPCC ریزمقیاس شده و تغییرات فصلی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی شهر مشهد در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در دوره مذکور شهر مشهد با افزایش بارش در همه فصول مواجه خواهد شد و بیشترین میزان افزایش طبق هر سه سناریوی تغییر اقلیم بررسی شده در فصل های زمستان و بهار رخ خواهد داد. همچنین دمای کمینه در هر سه سناریو در همه فصل ها نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. در رابطه با دمای بیشینه نیز روند مشابهی به استثنای دو سناریوی A1B و B1 در فصل زمستان مشاهده شد و با وجود تغییرات کمتر دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه، می توان گفت افزایش دمای متوسط هوا در این دوره قابل انتظار می باشد. ساعت آفتابی شهر مشهد نیز در ۲۰ سال آتی در همه فصل‌ها به جز فصل بهار که افزایش بسیار جزئی در آن دیده می‌شود، کاهش خواهد یافت که این مطلب منطبق بر افزایش بارندگی به دلیل افزایش ابرناکی آسمان است. بنابراین طبق این نتایج، شرایط اقلیمی استان خراسان رضوی در ۲۰ سال آتی تفاوت محسوسی با شرایط فعلی خواهد داشت و برنامه ریزی های بلندمدت و استراتژیک برای مدیریت این شرایط، ضروری به نظر می رسد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس نمایی، مدل گردش عمومی جو HADCM3، مدل LARS-WG5

مقدمه

امروزه معتبرترین ابزار جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی- اقیانوسی[1] می‌باشد. این مدل‌ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده IPCC [2] مدل‌سازی نمایند (۸، ۱۰ و ۱۲). اما ضعف عمده آن‌ها قدرت تفکیک مکانی کم و نیز ساده‌سازی هایی است که برای فرایندهای اقلیمی در نظر می‌گیرند (۱۷). برای فائق آمدن به ضعف قدرت تفکیک پایین، لازم است که خروجی این مدل‌ها قبل از استفاده در مطالعات ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، ریزمقیاس۳ شوند (۹). ریز مقیاس نمایی را می‌توان به دو روش دینامیکی و آماری انجام داد (۶). در ریز مقیاس نمایی آماری[4] می‌توان از روش‌های متداول آماری مانند رگرسیون و همچنین مدل‌های مولد هواشناسی[5] استفاده کرد (۱۴). در روش ریز مقیاس نمایی دینامیکی[6]، معادلات حاکم بر بسته هوا در شبکه‌های ریزتری از شبکه مدل گردش عمومی جو[7] با استفاده از روش‌های آنالیز عددی از قبیل تفاضل محدود حل می‌شوند که در صورت استفاده از این روش می‌توان به نقیصه دوم مدل‌های گردش عمومی جو یعنی ساده-سازی فرایندهای جوی نیز فائق آمد (۵ و ۱۵). در روش‌های آماری می‌توان در عرض چند ثانیه، ریز مقیاس نمایی را برای یک سایت یا ایستگاه مشخص در چندین دهه انجام داد در حالی که روش‌های دینامیکی معمولاً با محدودیت زمانی مواجه می‌باشند (۶) لذا استفاده از روش‌های آماری، خصوصاً در مواقعی که هزینه کم‌تر و ارزیابی سریع‌تر عوامل مؤثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز باشد، از مزیت‌ها و قابلیت‌های بیشتری برخوردار است (۲). امروزه استفاده از انواع مدل‌های ریز مقیاس نمایی آماری مانند LARS-WG ,CLIMGEN,SDSM و MET & ROLL برای مدل سازی رفتار اقلیم در نقاط مختلف جهان معمول بوده و مطالعات زیادی نیز در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد. مک کی و همکاران (۱۱) توانمندی مدل CLIMGEN را برای شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی در ایستگاه های انتاریوی جنوبی در کانادا بررسی نمودند. در تحقیق دوبروسکی (۳) داده‌های تولید شده توسط مدل MET & ROLL در جمهوری چک مورد ارزیابی قرار گرفت. ویلبی و همکاران (۱۶) مدل SDSM را برای ریز مقیاس نمایی داده های بارش انگلستان و ارزیابی تغییرات فصلی بارش این کشور در شرایط تغییر اقلیم مورد استفاده قرار دادند. زمنف (۱۳) با استفاده از مدل LARS-WG سناریوهای تغییر اقلیم را در انگلستان بررسی نموده و قابلیت این مدل برای شبیه سازی داده های روزانه را مورد تأیید قرار داد. الشمی و همکاران (۴) با استفاده از مدل‌های مولد هواشناسی، اثرات تغییر اقلیم در جنوب انگلستان را مورد مطالعه قرار داده و نتایج مشابهی را بیان نمودند. بابائیان و نجفی نیک (۱) توانمندی مدلLARS-WG را برای تولید داده های بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش در ایستگاه‌های منتخب خراسان بزرگ مورد ارزیابی قرار داده و با توجه به میانگین و انحراف معیار داده‌های تولید شده و مقایسه آن با داده‌های مشاهده شده دوره آماری بر قابلیت بالای این مدل در شبیه‌سازی داده‌های روزانه تأکید نمودند.

1- Atmospheric-Ocean General Circulation Model
2- Intergovernmental Panel on Climate Change
3- downscale
4- Statistical downscaling
5-Weather generator models
6- Dynamical downscaling
5- General circulation model

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شهر مشهد در منطقه شمال شرق ایران است که به دلیل قرار گرفتن در مسیر توده های مختلف آب و هوایی دارای شرایط اقلیمی خاصی بوده و تنوع اقلیمی ویژه‌ای دارد. با وجود این امر و با توجه به میانگین بارش و دمای سالانه مشهد (به ترتیب ۲۵۵/۲ میلی‌متر و ۱۴/۱ درجه سانتی گراد) اقلیم این منطقه به روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، در گروه مناطق نیمه خشک قرار گرفته است. در جدول ۱ خصوصیات اقلیمی شهر مشهد و در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی شهر مشهد در استان خراسان رضوی نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات اقلیمی شهر مشهد

نوع اقلیم	ضریب اقلیمی دومارتن	حداقل بارندگی (میلی متر)	حداکثر بارندگی (میلی متر)	بارندگی سالیانه (میلی متر)	حداکثر دمای مطلق (سانتیگراد)	حداقل دمای مطلق (سانتیگراد)	میانگین دمای سالیانه (سانتیگراد)
نیمه خشک	۱۰/۷۲	۱۳۰/۷	۴۲۷/۱	۲۵۷/۵	۴۳/۸	-۲۸	۱۴

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر مشهد در استان خراسان رضوی

در این تحقیق جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 از مدل LARS-WG5 که یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده های تصادفی وضع هوا می باشد، استفاده شده است. این مدل برای تولید مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش یا ساعت آفتابی در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می رود. به طور کلی تولید داده توسط مدل LARS-WG5 در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارتند از کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی. بر این اساس برای اجرای این مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظرگرفتن دوره بیست ساله ۲۰۱۰ – ۱۹۹۱ به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز مدل شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی ۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نام برده شده در جدول ۱ در این دوره آماری از مرکز اطلاعات و آمار سازمان هواشناسی

کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب سازی داده ها و تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شده و بدین ترتیب مرحله کالیبره کردن به پایان رسید. در مرحله بعد با استفاده از آماره‌های ضریب تعیین [۸] (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا[۹] (RMSE) و میانگین خطای مطلق[۱۰] (MAE) اقدام به ارزیابی داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه گردید (جدول ۳). پس از بررسی نتایج مرحله ارزیابی و اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG5 در شبیه سازی داده های هواشناسی با توجه به مقادیر بالای ضریب تعیین و مقادیر پایین شاخص‌های خطاسنجی محاسبه شده، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و تولید داده مصنوعی برای دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ با استفاده از سه سناریوی A1B , A2 و B1 (به ترتیب بدبینانه، متوسط و خوشبینانه) تأییدشده توسط IPCC، اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای مذکور تولید شد. در جدول ۲، خصوصیات مدل HADCM3 و سه سناریوی تغییر اقلیم مورد استفاده، نشان داده شده است.

جدول ۲. ویژگی های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و سناریوهای تغییراقلیم (۷)

خصوصیات مدل	طراح مدل	مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی- بریتانیا
	متغیرهای پیشگویی جوی	دما، مؤلفه های افقی سرعت باد، فشار سطح، ظرفیت آب مایع، آب مایع موجود
	متغیرهای پیشگویی اقیانوسی	دما، شوری، مؤلفه های افقی سرعت باد در جو باروکلینیک، عمق لایه اختلاط
	قدرت تفکیک جوی	عرض جغرافیایی ۲/۷۵ و طول جغرافیایی ۳/۷۵ درجه
	قدرت تفکیک اقیانوسی	عرض جغرافیایی ۱/۲۵ و طول جغرافیایی ۱/۲۵ درجه
	قدرت تفکیک سطحی	استوا : ۴۱۷ کیلومتر × ۲۸۷ کیلومتر
		عرض ۴۵ درجه : ۲۹۵ کیلومتر × ۲۸۷ کیلومتر
خصوصیات سناریوهای تغییر اقلیم	A1B	رشد سریع اقتصادی، بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن و پس از آن روند کاهشی، رشد سریع فناوری های نوین و مؤثر
	A2	رشد سریع جمعیت جهان، اقتصاد ناهمگن و همسو با شرایط منطقه ای در سراسر جهان
	B1	همگرایی جمعیت در سطح جهان، تغییر در ساختار اقتصاد (کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر)

سپس خروجی مدل (داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی در ۲۰ سال آتی) میانگین‌گیری شده و نرمال ماهانه پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰ ساله تحت مطالعه بر اساس سه سناریوی تغییر اقلیم ذکر شده به دست آمد. در گام بعدی از تفاضل مقادیر نرمال ماهانه دوره آتی (۲۰۳۰- ۲۰۱۱) از دوره پایه (۲۰۱۰- ۱۹۹۱)، تغییرات ماهانه پارامترهای مورد بررسی محاسبه شد. سرانجام با میانگین گیری از تغییرات ماهانه، تغییرات فصلی نیز به دست آمده و نمودارهای مربوطه رسم شد.

8- Coefficient of determination
9- Root Mean square error
10- Mean absolute error

نتایج و بحث

جدول ۳ نتایج ارزیابی داده های شبیه سازی شده توسط مدل و داده های واقعی دوره پایه را نشان می دهد.

جدول ۳. مقادیر آماره های واسنجی جهت ارزیابی مدل LARS-WG5 در دوره پایه (۲۰۱۰- ۱۹۹۱).

ایستگاه	آماره	بارش	دمای کمینه	دمای بیشینه	ساعت آفتابی
مشهد	R^2	0.9828	0.9991	0.9984	0.9971
	RMSE	3.0639	0.2507	0.4769	0.1900
	MAE	2.4258	0.1833	0.3667	0.1550

چنان چه در جدول ۳ مشاهده می شود، مقدار ضریب تعیین برای همه پارامترها از میزان قابل توجهی برخوردار می باشد. همچنین مقادیر شاخص‌های خطاسنجی نیز نسبتاً پایین می باشد که مؤید انطباق نسبی و قابل قبول مقادیر شبیه سازی شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده دوره پایه است. لذا با توجه به این موارد، قابلیت و توانایی مدل در داده‌سازی مورد تأیید قرار گرفته و پس از آن شبیه‌سازی داده‌ها برای ۲۰ سال آتی صورت گرفت. در جدول ۴ نرمال های ماهانه حالت پایه و ۲۰ سال آینده و در جدول ۵ تغییرات ماهانه پارامترهای اقلیمی مشهد در دو دهه آتی که با استفاده از آن ها تغییرات فصلی مشهد در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ به دست آمده است، نشان داده شده است.

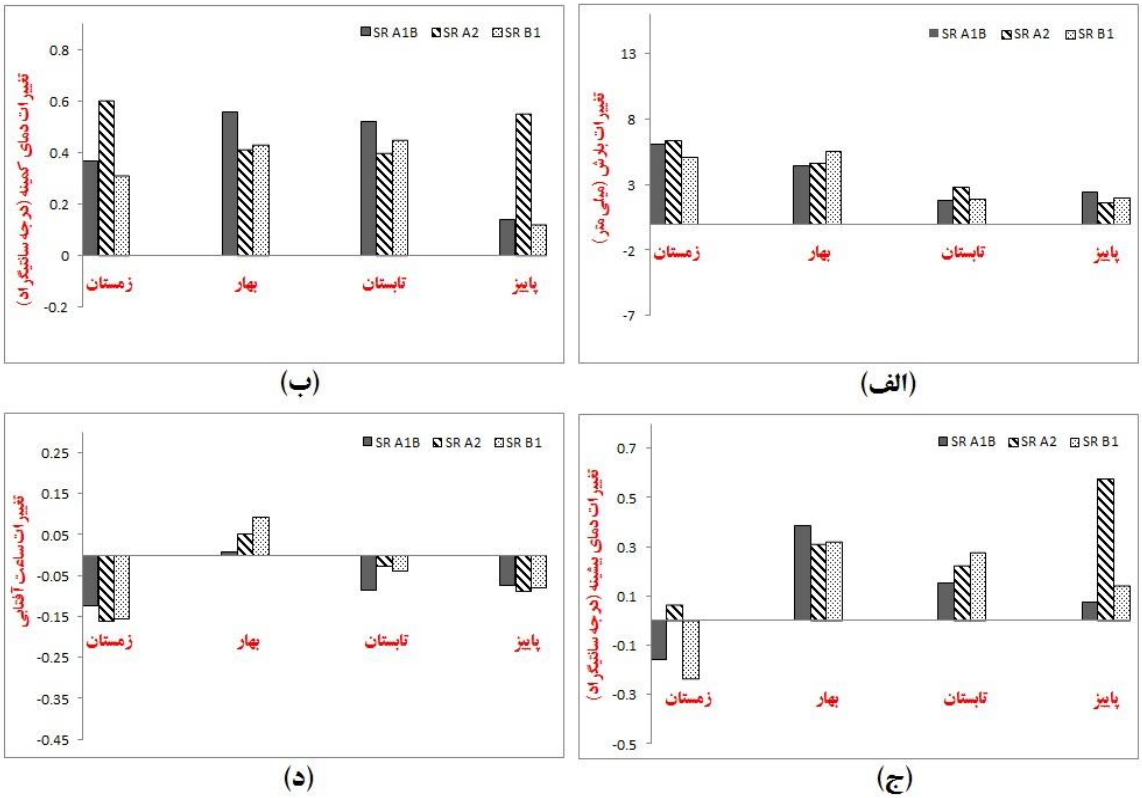
جدول ۴. نرمال‌های ماهانه حالت پایه و ۲۰ سال آتی پارامترهای اقلیمی مشهد در ۲۰ سال آتی طبق سناریوهای مدل HADCM3

پارامتر	سناریو	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec
نرمال بارش	حالت پایه	31.61	32.58	56.55	38.16	30.31	6.22	1.95	0.92	3.84	4.05	16.11	22.67
	A1B	34.85	33.21	70.81	48.31	32.3	7.38	7.4	0.76	3.76	6.18	16.08	27.88
	A2	36.72	32.63	70.58	45.12	35.84	7.59	8.28	0.79	5.97	4.22	16.17	27.28
	B1	37.13	34.06	64.77	44.99	34.88	11.36	5.61	0.77	6.01	4.68	16.24	27.86
نرمال دمای کمینه	حالت پایه	-2.22	-0.23	3.94	9.46	13.72	18.23	20.43	18.61	13.73	8.47	3.68	0.03
	A1B	-1.89	-0.14	4.62	10.13	14.31	18.64	21.54	18.67	14.12	8.62	3.9	0.08
	A2	-2	0.37	4.92	9.85	14.22	18.58	21.07	18.72	14.17	8.76	4.35	0.72
	B1	-2.06	-0.26	4.74	10.02	14.2	18.48	21.01	18.88	14.23	8.52	3.73	0.29
نرمال دمای بیشینه	حالت پایه	7.55	10.36	15.07	21.72	27.07	32.83	34.81	33.92	29.43	23.45	16.07	10.48
	A1B	7.38	9.77	15.35	21.77	27.57	33.44	35.16	33.87	29.59	23.36	16.44	10.42
	A2	7.37	10.15	15.65	21.81	27.48	33.26	35.06	33.99	29.79	23.54	17.07	11.12
	B1	7.3	9.5	15.47	21.98	27.45	33.16	35	34.15	29.84	23.29	16.44	10.69
نرمال ساعت آفتابی	حالت پایه	4.58	5.29	5.46	7.02	9.07	11.53	12.1	11.8	10.39	8.36	6.21	4.73
	A1B	4.51	5.07	5.38	6.87	9.26	11.51	11.88	11.63	10.52	8.3	6.16	4.62
	A2	4.6	5.06	5.19	6.94	9.4	11.44	12.07	11.6	10.54	8.39	6.12	4.53
	B1	4.53	5.04	5.3	7.03	9.46	11.41	12.06	11.6	10.52	8.35	6.08	4.64

جدول ۵. تغییرات ماهانه پارامترهای اقلیمی مشهد در ۲۰ سال آتی طبق سناریوهای مدل HADCM3

پارامتر	سناریو	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec
تغییرات بارش	A1B	3.24	0.63	14.26	10.15	1.99	1.16	5.45	-0.16	-0.08	2.13	-0.03	5.21
	A2	5.11	0.05	14.03	6.96	5.53	1.37	6.33	-0.13	2.13	0.17	0.06	4.61
	B1	5.52	1.48	8.22	6.83	4.57	5.14	3.66	-0.15	2.17	0.63	0.13	5.19
تغییرات دمای کمینه	A1B	0.33	0.09	0.68	0.67	0.59	0.41	1.11	0.06	0.39	0.15	0.22	0.05
	A2	0.22	0.6	0.98	0.39	0.5	0.35	0.64	0.11	0.44	0.29	0.67	0.69
	B1	0.16	-0.03	0.8	0.56	0.48	0.25	0.58	0.27	0.5	0.05	0.05	0.26
تغییرات دمای بیشینه	A1B	-0.17	-0.59	0.28	0.05	0.5	0.61	0.35	-0.05	0.16	-0.09	0.37	-0.06
	A2	-0.18	-0.21	0.58	0.09	0.41	0.43	0.25	0.07	0.36	0.09	1	0.64
	B1	-0.25	-0.86	0.4	0.26	0.38	0.33	0.19	0.23	0.41	-0.16	0.37	0.21
تغییرات ساعت آفتابی	A1B	-0.07	-0.22	-0.08	-0.15	0.19	-0.02	-0.22	-0.17	0.13	-0.06	-0.05	-0.11
	A2	0.02	-0.23	-0.27	-0.08	0.33	-0.09	-0.03	-0.2	0.15	0.03	-0.09	-0.2
	B1	-0.05	-0.25	-0.16	0.01	0.39	-0.12	-0.04	-0.2	0.13	-0.01	-0.13	-0.09

با نگاهی اجمالی به تغییرات ماهانه پارامترهای ایستگاه مشهد در جدول ۵، مشاهده می شود که بر اساس برآورد مدل، میزان بارندگی در اغلب ماه‌های سال به استثنای ماه آگوست در هر سه سناریو و ماه‌های سپتامبر و نوامبر در سناریوی اول، افزایش می-یابد. همچنین دمای کمینه و بیشینه در اغلب ماه‌ها روند افزایشی داشته است و افزایش دمای کمینه معمولاً از افزایش دمای بیشینه بیشتر است. ساعت آفتابی این شهر نیز در بیشتر ماه‌ها کاهش خواهد یافت که منطبق با افزایش بارندگی ناشی از افزایش میزان ابرناکی است. نمودارهای تغییرات فصلی پیش بینی شده پارامترهای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی شهر مشهد با استفاده از مدل LARS-WG5 در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. پیش بینی تغییرات فصلی (الف) بارش، (ب) دمای کمینه، (ج) دمای بیشینه و (د) ساعت آفتابی ایستگاه مشهد در ۲۰ سال آتی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری سناریوهای مدلHADCM3

در شکل ۲ الف مشاهده می شود که در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ شهر مشهد با افزایش بارش در همه فصول مواجه خواهد شد و بیشترین میزان افزایش طبق هر سه سناریوی تغییر اقلیم بررسی شده در فصل های زمستان و بهار رخ خواهد داد. چنان چه در شکل ۲ ب ملاحظه می شود، دمای کمینه در هر سه سناریو در همه فصل ها دارای روند افزایشی است همچنین دمای بیشینه نیز (شکل ۲ ج) همین روند را به استثنای دو سناریوی A1B و B1 در فصل زمستان نشان داده است. کاهش دمای بیشینه در زمستان طبق دو سناریوی مذکور مؤید این مطلب است که پدیده گرمایش زمستانه بیشتر ناشی از افزایش دمای کمینه هوا می باشد. همچنین از مقایسه قسمت ب و ج شکل ۲ با توجه به میزان افزایش بیشتر دمای کمینه هوا نسبت به دمای بیشینه می توان به این امر بدیهی دست یافت که افزایش دمای متوسط هوا طی ۲۰ سال آتی بیشتر ناشی از افزایش دمای کمینه هوا می باشد. در شکل ۲ د نیز مشاهده می شود که ساعت آفتابی شهر مشهد در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ در همه فصل‌ها به جز فصل بهار که افزایش بسیار جزئی در آن دیده می‌شود، کاهش خواهد یافت که این مطلب منطبق بر افزایش بارندگی (شکل ۲ الف) به دلیل افزایش ابرناکی آسمان است.

نتیجه گیری

در این پژوهش ابتدا با اجرای مدل LARS-WG5 داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی در ایستگاه-های منتخب استان خراسان رضوی شبیه سازی شد که نتایج حاصل، حاکی از توانمندی بالای این مدل مولد هواشناسی برای تولید داده های روزانه پارامترهای ذکر شده و مؤید تحقیقات صورت گرفته توسط زمنف (۱۳)، الشمی (۴) و بابائیان و نجفی نیک (۱) می‌باشد. سپس با استفاده از ریز مقیاس‌نمائی آماری داده‌های مدل HADCM3 بر اساس سه سناریوی تغییر اقلیم A1B، A2 و B1 در دوره ۲۰۳۰- ۲۰۱۱ مشخص شد که شهر مشهد با افزایش نسبی دمای متوسط هوا، میزان بارش و کاهش ساعت آفتابی در این دوره مواجه خواهد شد. ضمن این که قدر مطلق تغییرات دمای کمینه نسبت به تغییرات دمای بیشینه بیشتر خواهد بود. این نتایج نشان می دهند که شرایط اقلیمی این شهر در ۲۰ سال آتی تفاوت محسوسی با شرایط فعلی خواهد داشت. بنابراین با توجه به این امر و نیز آگاهی از اثرات منفی مستقیم و غیرمستقیم تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف، انجام برنامه ریزی های بلندمدت برای مدیریت این شرایط جدید امری اجتناب ناپذیر بوده و همت وافر مسؤولان ذیربط را می طلبد.

مراجع

۱- بابائیان ا. و نجفی نیک ز. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل LARS–WG برای مدل سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان، دوره آماری (۲۰۰۳- ۱۹۶۱). مجله نیوار، شماره ۶۲ ، ۶۵- ۴۹.

۲- عباسی ف.، ملبوسی ش.، بابائیان ا.، اثمری م. و برهانی ر. ۱۳۸۹. پیش بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۳۹- ۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدلECHO-G. مجله آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۲، ۲۳۳- ۲۱۸.

3- Dubrovsky, M. 1996. Validation of the stochastic Weather Generator Met & ROLL, Meteorogickeo Zpravy, 149, 1362 – 1380.

4- Elshamy, M.E., Wheater, H.S., Gedney, N., and Huntingford, C. 2005. Evaluation of the rainfall component of weather generator for climate change studies. journal of hydrology, 326, 1-24.

5- Haltiner, G., and Williams, R. 1980. Numirical Prediction and Dynamic Meteorology ,John Wiley & Sons, 115-120.

6- Hewitson, B. C. and Crane, R. G. 1996. Climate downscaling: Techniques and application. Climate Research, 7, 85–95.

7- IPCC. 2007. Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.

8- IPCC. 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Cambridge University Press, 878 PP.

9- Johnson, G.L., Hanson, C.L., Hardegree, S.P., and Ballard, E.B. 1996. Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models. Journal Applied Meteorology, 35, 1878-1896.

10- Lane, M. E., Kirshen, P. H. and Vogel, R. M. 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources. ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management. 125(4): 194-204.

11- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time. American Meteorological Society, Massachusetts, 233-236.

12- Mitchell, T. D. 2003. Pattern Scaling: An Examination of Accuracy of the Technique for Describing Future Climates. Climatic Change, 60: 217-242.

13- Semenov, M.A., and Barrow, E.M. 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User’s manual, Version3.0.

14- Weichert, A., and Burger, G. 1998. ‘Linear versus nonlinear techniques in downscaling. Climate Resarch, 10, 83–93.

15- Wilby, R. L. and Harris, I. 2006. A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. Water Resources Research , 42, 121- 134.
16- Wilby, R. L., Conway, D., and Jones, P.D. 2002. Prospects for downscaling seasonal precipitation variability using conditioned weather generator parameters, hydrological processes. 16, 1215-1234.
17- Wilby, R. L., Wigley, T. M. L., Conway, D., Jones, P. D., Hewitson, B. C., Main, J., and Wilks, D. S. 1998. Statistical downscaling of General Circulation Model output: A comparison of methods. Water Resources Reserch, 34, 2995–3008.

Investigation of Variation Trend of Climatological Parameters in Mashhad over 2011-2030 Period Using Simulated Data by LARS-WG5 Model

B.Ashraf [1], M.Mousavi-Baygi [2], G. A. Kamali [3], K. Davari [4]

1- Ph.D Student of Agrometeorology, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
2- Associated Professor of Meteorology , Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associated Professor, Meteorology Department, Islamic Azad University, Science & Research Branch, Tehran
4- Associated Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

samaneh_ashraf@yahoo.com

Abstract
In this research data of HADCM3 downscaled by using LARS-WG5 with three scenarios, confirmed by IPCC including A1B, A2 and B1 and seasonal variations of precipitation, min temperature, max temperature and sunshine hours of Mashhad were investigated over 2011- 2030. Results show that Mashhad will face with increase of precipitation in all seasons and the highest increase in the three scenarios will occur in winter and spring seasons.The minimum temperature in all seasons and in all three scenarios will increase compared with the base period.The maximum temperature had similar trend exception of two scenarios A1B and B1 were observed in winter and the change of maximum temperature is less than the minimum temperature, so the average air temperature can be increased in this period. Also the sunny hours of Mashhad will decreases in the next 20 years in all seasons except spring, which increased very slightly that is matches the increase in rainfall due to increased cloudy sky. So according to these results, climatic conditions of Mashhad in the next 20 years will have noticeable different with the present conditions and seems necessary, long-term and strategic planning to manage this situation.

Keywords: Climate change, downscaling, HADCM3 general circulation model, LARS-WG5 model