

مدل‌سازی پیامدهای ساختاری تغییرات اقلیمی در شهر اهواز

با بهره‌گیری از مدل System Dynamic

مصطفی محمدی ده‌چشمه^۱

سهراب قانندی^۲

فرشته شنبه‌پور^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۰۷

چکیده

یکی از نگرانی‌های جامعه انسانی درباره تغییراتی است که در اثر گرمایش زمین موجب تغییر در پارامترهای اقلیمی می‌شود. با توجه به این مهم که تغییرات اقلیمی بر همه بخش‌ها اثر می‌گذارد، بررسی پیامدهای حاصل از این تغییرات نیازمند بررسی همه‌جانبه تمام بخش‌ها و عوامل مؤثر با یک رویکرد سیستمی است. هدف پژوهش حاضر شناسایی پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی در شهر اهواز می‌باشد. در این راستا ابتدا روند تغییرات پارامترهای اقلیمی تحلیل شده، سپس با استفاده از رویکرد پویایی سیستم به مدل‌سازی پیامدهای ساختاری تغییرات اقلیمی در شهر اهواز پرداخته شد. داده‌های پژوهش شامل آمار دما، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد برای یک دوره ۳۰ ساله (فصلی و سالانه)، ایستگاه سینوپتیک اهواز از سازمان هواشناسی کشور تهیه و با استفاده از آزمون آماری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش که مبتنی بر رویکرد سیستمی است، فاکتورهای اثرگذار و اثرپذیر دخیل در موضوع و ارتباطات بین آن‌ها از طریق حلقه‌های علی و معلولی در نرم‌افزار Vensim مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که طی روند ۳۰ سال (۱۳۹۹-۱۳۷۰) تغییرات اقلیمی بر شهر اهواز در وجه افزایش دما و کاهش بارش، افزایش رطوبت نسبی و کاهش سرعت باد خود را نشان داده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی کیفی و بررسی رابطه علی و معلولی نشان داد که تغییرات اقلیمی در شهر اهواز اثرات مستقیمی بر بخش‌های مختلف منابع آبی، تولیدات کشاورزی، مصرف انرژی داشته و متغیرهای (کاهش ذخایر آب در بالادست، امواج گرمای شدید) مهم‌ترین نقاط اهرمی مدل می‌باشند. همچنین نتایج گویای این واقعیت است که تغییرات اقلیمی در بُعد زیست‌محیطی، پیامدهای شدیدتری در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را به دنبال دارد. پیامدهای مختلف دارای تعاملات پیچیده‌ای با یکدیگر هستند به‌نحوی که ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت اثرات یکدیگر را بر روی کاهش کیفیت زندگی و افزایش مهاجرت‌های اقلیمی تشدید می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، آزمون منکندال، پویایی سیستم، نرم‌افزار ونسیم (Vensim)، شهر اهواز

۱- دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول) m.mohammadi@scu.ac.ir

۲- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران S.ghaedi@scu.ac.ir

۳- دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران f-shanbehpoor@stu.scu.ac.ir

۱- مقدمه

مطالعه آثار و پیامدهای آن بر منابع زیست محیطی مختلف، در سال ۱۹۸۸ با همکاری دو سازمان جهانی هواشناسی^۱ و برنامه محیط زیست سازمان ملل متحد^۲، هیئت بین دولتی تغییر اقلیم^۳ تشکیل شد که وظیفه اصلی آن تحقیق و بررسی در رابطه با مقوله های علمی- فنی و خطرات بالقوه تغییرات اقلیمی و همچنین اثرات آن در سطح جهان و تعیین سیاست های مقابله با آن می باشد (IPCC, 2007).

در گزارش پنجم ارزیابی هیئت بین دولتی تغییر اقلیم گزارش شده است تأثیر انسان بر اقلیم عامل اصلی گرمایش مشاهده شده از اواسط قرن بیستم بوده است. در حالی که میانگین دمای سطح جهانی بین سال های ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ به میزان ۰/۸۵ درجه سانتی گراد گرم شده است، بسیاری از مناطق جهان در حال حاضر گرمایش منطقه ای بیشتری را تجربه کرده اند، به طوری که ۲۰ تا ۴۰ درصد از جمعیت جهان بیش از ۱/۵ درجه سانتی گراد گرم شدن را در حداقل یک فصل تجربه کرده اند (IPCC, 2013b). در تغییرات اقلیمی همه عناصر مرتبط دخالت دارند اما دما و بارش از جایگاه ویژه ای برخوردار است (عارف و علیجانی، ۱۳۹۷: ۹۰). تغییرات مداوم آب و هوای جهانی، به ویژه تغییرات غیرعادی در الگوهای مکانی و زمانی دما و بارش، چالش های بزرگی را برای بخش های مهم از جمله تولیدات کشاورزی و امنیت منابع آب ایجاد کرده است (Li et al. 2021: 2601). از طرفی، تغییر اقلیم دیگر مشکلی دوردست نیست.

لوبل و دیگر پژوهشگران بر این باور هستند که جهان تغییراتی را در متغیرهای آب و هوایی، مانند افزایش دما، بارندگی متغیر، خشکسالی های مکرر و طوفان تجربه کرده (Lobell et al. 2012; Auffhammer et al. 2012) و تقریباً نتوانسته به یک اجماع جهانی در مورد کاهش انتشار گازهای گلخانه ای دست پیدا کند (Sharma, 2015). تغییرات اقلیمی می تواند باعث ایجاد طیف وسیعی از مشکلات زیست محیطی، از جمله خشکسالی شدید و کمبود آب، از دست دادن محصول و

تغییرات اقلیمی به طور گسترده به عنوان یک چالش بزرگ برای جهان شناخته شده است که پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی دارد. با توجه به این موضوع، رسیدگی به تغییرات اقلیمی یک وظیفه ضروری و عمیق در جامعه است (He B.J et al. 2022: 11). هیئت بین دولتی تغییر اقلیم در ششمین گزارش ارزیابی خود به این مهم اشاره نموده که تغییرات اقلیمی بر جوامع و اکوسیستم ها در سطح جهان تأثیر می گذارد و با افزایش گرمایش جهانی، تأثیرات اقلیمی آینده می تواند شدید، گسترده و غیرقابل برگشت باشد (Zhongming et al. 2021). تغییر اقلیم بزرگ ترین تهدیدی است که بشریت با آن مواجه است، زیرا عامل اصلی افزایش فراوانی و شدت رویدادهای آب و هوایی مانند خشکسالی، سیل، امواج گرما و... است که امروزه تجربه می شود (Mpandeli et al. 2019: 1) و به دلیل ارتباط با بقای انسان، کشاورزی و امنیت غذایی، اکوسیستم ها، فعالیت های اقتصادی و اجتماعی، یکی از مسائل کلیدی مورد توجه در حال حاضر است (Pegahfard, 2022: 2).

تخمین زده می شود که گرم شدن بیش از ۱/۵ درجه سانتی گراد خطر سیل، خشکسالی و موج گرما را تا سال ۲۰۵۰ افزایش دهد و بر عرضه جهانی غذا، خدمات اکوسیستم، سلامت انسان و رشد اقتصادی تأثیر بگذارد (IPCC, 2018; Xu et al. 2020). بدون اقدام شدید امروز برای مهار انتشار گازهای گلخانه ای که عامل اصلی گرم شدن کره زمین هستند، سازگاری با این اثرات در آینده دشوارتر و پرهزینه تر خواهد بود و عواقب آن می تواند وخیم باشد (Nhamo et al. 2019). به عنوان مثال، تغییرات اقلیمی قبلاً سیستم های کشاورزی را در سراسر جهان تغییر داده است و سبب کاهش بین ۱ تا ۵ درصدی تولید محصولات کشاورزی در ۳۰ سال گذشته شده است (Porter et al. 2014) و اگر اقدامی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای به سطوح قابل قبول انجام نشود، پیش بینی می شود که این روند ادامه یابد (Barros et al. 2014). به منظور بررسی پدیده تغییر اقلیم و

1- World Meteorological Organization (WMO)

2- United Nations Environment Programme (UNEP)

3- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

تولید مواد غذایی در مناطق خشک تعداد افراد در معرض قحطی و گرسنگی را افزایش می دهد که در نهایت جمعیت را مجبور به جابه جایی و مهاجرت به مناطق دیگر می کند و می تواند درگیری بر سر منابع کمیاب نیز ایجاد کند. همچنین ممکن است اثرات نامطلوبی بر امنیت غذایی داشته باشد و به خصوص در کودکان سوء تغذیه ایجاد کند. تغییرات اقلیمی ممکن است به رویدادهای شدید آب و هوایی (مانند خشکسالی، طوفان و سیل) و همچنین امواج گرما به شدت و مکررتر منجر شود. از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۷، تعداد افراد آسیب دیده از خشکسالی، سیل، طوفان و دمای شدید حدود ده برابر در سطح جهان افزایش یافته است (Mousavi et al. 2020).
تردیدی وجود ندارد که تغییرات اقلیمی اثرات توسعه ای قابل مشاهده دارد که به طور جدی توانایی افراد و جوامع را در همه سطوح تهدید می کند. در طی این فرآیند، تخریب آشکار در وضعیت اکوسیستم ها نگرانی جهانی مبنی بر فوریت کاهش تهدیدات آب و هوا و اثرات مرتبط با آن را ایجاد کرده است (Deafalla et al. 2014: 1). یکی از راه های شناسایی تغییر اقلیم ارزیابی نمایه های اقلیمی دما و بارش است که براساس آزمون های آماری و سری زمانی رخداد این پارامترها در درازمدت، وضعیت تغییرات و روند آن را شناسایی نمود (رفیعی ساردویی و آذره، ۱۳۹۸: ۱).

در سال های اخیر کشور ایران، تحت تأثیرات و پیامدهای مختلف تغییر اقلیم از جمله خشکسالی های مکرر و طوفان های گردوغبار قرار گرفته است و انتظار می رود که به دلیل تغییرات آب و هوایی، این حوادث بسیار تشدید شود (Azadi, 2019; Yazdanpanah et al. 2016).

به طور کلی می توان سه دسته خطرات مرتبط با تغییر اقلیم برای کلان شهرهای ایران تعریف نمود: تغییرات دمایی، تغییرات بارش و تغییرات در شدت طوفان ها و گردوغبارها. (شفقتی و حسینی، ۱۳۹۷: ۱). شهر اهواز در نقطه ی مرکزی استان خوزستان در جنوب غرب کشور ایران قرار گرفته است. جمعیت این شهر طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ معادل ۱,۰۱۱,۲۲۷ نفر بوده و با مساحتی بالغ بر

پیامدهای اجتماعی-اقتصادی بیشتر شود (Li et al. 2021: 2601). طبق گزارش (IPCC, 2007) تغییرات دما تأثیر مستقیمی بر فرآیندهایی دارد که آب و هوای محلی، عمدتاً بارندگی، باد، و فراوانی (یا) شدت رویدادهای شدید آب و هوایی را تعیین نموده و این تغییرات مناطق شهری را تهدید می کند. شهرها نه تنها دارای اکثریت جمعیت جهان هستند بلکه پوشش ریز اقلیمی آن ها ممکن است افزایش دما در آینده را افزایش دهد. علاوه بر تغییرات دما، شهرها همچنین تحت تأثیر رویدادهای شدید مانند امواج گرما و مسائل بلندمدت منابع مانند کمبود آب و افزایش آلودگی هوا قرار خواهند گرفت (Ordonez & Duinker, 2014: 2). افزایش دما تا به امروز منجر به تغییرات عمیق در سیستم های انسانی و طبیعی شده است، از جمله افزایش خشکسالی، سیل، و برخی دیگر از انواع آب و هوای شدید. افزایش سطح آب دریا؛ و از دست دادن تنوع زیستی - این تغییرات باعث ایجاد خطرات بی سابقه ای برای افراد و جمعیت های آسیب پذیر می شود. بیشترین افراد آسیب دیده در کشورهای کم درآمد و متوسط زندگی می کنند که برخی از آن ها کاهش امنیت غذایی را تجربه کرده اند که این مهم به نوبه خود تا حدی با افزایش مهاجرت و فقر نیز مرتبط است (IPCC, 2012a; IPCC, 2014a). تغییرات اقلیمی از طریق مکانیسم ها و مسیرهای مختلف، می تواند بر نیازهای کلیدی زندگی، مانند آب، غذا، کشاورزی و سلامت تأثیر منفی بگذارد. تغییر اقلیم ممکن است منجر به منابع آب ناکافی شود. بارش های بیشتر با دماهای بالاتر، منابع آب بهداشتی را سخت تر و پرهزینه تر می کند، که در نهایت خطر ابتلا به بیماری های عفونی مانند اسهال، حصبه، وبا، مالاریا و تب را افزایش می دهد. همچنین افزایش سطح آب دریاها با آسیب رساندن به صنایع و دشت های سیلابی رودخانه ها و تأثیرات نامطلوب بر سلامت جسمی و روانی زندگی مردمی را که در مناطق ساحلی زندگی می کنند، تهدید می کند. دمای بالاتر خطر مرگومیر مرتبط با بیماری های قلبی عروقی و گرما را افزایش می دهد، همچنین منجر به کاهش راندمان در محصولات مطلوب می شود و کاهش

این سؤال‌ها است که:

۱- روند تغییرات پارامترهای اقلیمی (دما و بارش، رطوبت، سرعت باد) در شهر اهواز به چه شکل می‌باشد؟

۲- رابطه علی و معلولی علل تغییرات اقلیمی و بخش‌های آسیب‌پذیر در شهر اهواز چگونه است؟

۳- اثرات و پیامدهای تغییرات اقلیمی بر شهر اهواز کدامند؟

لیو و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهش خود تأثیر تغییرات اقلیمی و تقاضای رو به رشد آب بر سیستم تأمین آب در حوضه رودخانه Touchien در تایوان را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش آسیب‌پذیری سیستم تأمین آب فعلی برای شرایط فعلی و آینده برآورد شد. نتیجه این مطالعه نشان داد که سیستم تأمین آب می‌تواند تقاضای آب را در حوضه رودخانه Touchien برآورده کند اما ممکن است به دلیل تغییرات اقلیمی و افزایش تقاضای آب در معرض کمبود جدی آب قرار گیرد.

گوهر و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود از یک مدل پویایی سیستم برای تجزیه و تحلیل استراتژی‌های سازگاری با در نظر گرفتن بازخورد بین توسعه منابع آب و زیرسیستم‌های بیوفیزیکی و اجتماعی-اقتصادی بهره گرفتند. نتایج پژوهش نشان داد که بهبودهای زیرساختی، مدیریت دقیق تقاضای آب و اولویت‌بندی نظارتی مبتنی بر اکوسیستم، تکمیل شده با افزایش عرضه می‌تواند به طور موقت تنش آبی را کاهش دهد.

پیرمحمد و آجانا گوسوامی (۲۰۱۹)، به این مهم اشاره نمودند که افزایش دما در یک منطقه شهری تأثیر نامطلوبی بر محیط زیست و سلامت انسان دارد. برای توسعه پایدار و سازگاری جمعیت شهری با تغییرات اقلیمی، یافتن روند و بزرگی دما و بارندگی ضروری است. از این رو، در مطالعه‌ای به بررسی روند تغییرات دما و بارش در ۱۳۹ شهر بزرگ هند پرداختند. نتایج ارزیابی بیش از یک قرن (۱۱۵ سال گذشته) نشان داد که روند دمای سالانه و فصلی به طور قابل توجهی در شهرهای منطقه شمال غرب کاهش یافته، در حالی که روند افزایشی در شهرهای جنوب شرقی هند رو

۱۸۵ کیلومتر مربع یکی از بزرگ‌ترین شهرهای کشور است که به دلیل واقع شدن در یک موقعیت خاص جغرافیایی، شرایط زیست‌اقلیمی ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است، به گونه‌ای که از دیرباز همگان شهر اهواز را با «گرمای هوا» شناخته‌اند و براساس آمار با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد رکورد گرم‌ترین دمای مناطق شهری را در ایران ثبت کرده است؛ دمایی که در تاریخ هواشناسی کشور و حتی در تاریخ هواشناسی جهان کم‌سابقه بوده و این شهر را در زمره گرم‌ترین شهرهای جهان قرار داده است. اما آنچه در دهه‌ی اخیر در این شهر بیشتر جلب توجه نموده مؤلفه‌های تغییرات اقلیمی است.

با توجه به این مهم که تغییرات اقلیمی با افزایش دما و کاهش بارش همراه است، تغییرات ایجاد شده در پارامترهای مهم اقلیمی (دما، بارش، رطوبت، سرعت باد) پیامدهایی برای شهر اهواز در پی داشته است، از جمله: وقوع ریزگردها، طول دوره گرما، ایجاد جزایر گرمایی در شهر، تحت‌تأثیر قرار گرفتن منابع آب، خشکسالی و تهدید امنیت غذایی، تمایل به مهاجرت از شهر. علاوه بر بحران‌های مطرح شده، حتی در زمینه روانشناسی نیز این مسئله به رسمیت شناخته شده که بسیاری از مردم در حال تجربه پریشانی ناشی از تغییرات اقلیمی هستند^۱ و این پریشانی ناشی از سخت‌تر شدن شرایط محیطی همراه با احساس درماندگی از زندگی در این شهر نمایان می‌شود. لذا با توجه به اهمیت تغییرات اقلیمی و اثرات ناشی از آن، این پژوهش با مد نظر قرار دادن پارامترهای مهم اقلیمی و ابعاد آسیب‌پذیر شهری (اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست‌محیطی) به دنبال پاسخگویی به

۱- پریشانی ناشی از تغییرات اقلیمی: در متون علمی از این الگوی جدید درماندگی ذهنی با عنوان "اضطراب محیط‌زیستی"، نام برده‌اند. اضطراب محیطی زیستی: احساسی نزدیک به ترس و نگرانی، که در اثر مواجهه با عدم قطعیت مسئله‌دار یا آزاردهنده ایجاد می‌شود. بحران زیست‌محیطی، از جمله بحران آب و هوا، باعث ایجاد احساسات دشواری از عدم اطمینان، غیرقابل پیش‌بینی بودن و غیرقابل کنترل بودن می‌شود، که همه از ترکیبات کلیدی اضطراب هستند و امروزه اضطراب محیط‌زیستی محسوب می‌شوند (Panu, 2020).

بارانی و کرمی (۱۳۹۸) در پژوهش «تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی دهگانه زراعی- اکولوژیکی ایران» به این نتیجه رسیدند که متغیر دما در نواحی مرکزی، شمال غرب، ساحلی خزر، خوزستان، زاگرس مرکزی، جنوبی خشک، خراسان، ساحلی جنوب و مرکزی خشک دارای روند صعودی و در ناحیه زاگرس جنوبی بدون روند بوده است. متغیر بارش در نواحی خوزستان و خراسان دارای روند کاهشی و در نواحی مرکزی، شمال غرب، ساحلی خزر، زاگرس مرکزی، جنوبی خشک، ساحلی جنوب، مرکزی خشک و زاگرس مرکزی بدون روند بود. افزایش در درجه حرارت به افزایش قابل توجه در میزان تبخیر و تعرق سالانه منجر خواهد شد. هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) از این مسئله به‌عنوان یک چالش جدی برای منطقه‌های خشک و کمباران از جمله ایران یاد می‌کند.

۲- محدوده مورد مطالعه

قلمرو مکانی پژوهش حاضر شهر اهواز است که در بخش مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و به‌عنوان مرکز استان خوزستان شناخته می‌شود و براساس آخرین مستندات (سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۹۵) و آخرین منطقه‌بندی شهرداری، دارای ۸ منطقه شهری است (معاونت برنامه‌ریزی شهرداری اهواز، ۱۳۹۶: ۶). جمعیت شهر اهواز طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ معادل ۱,۲۲۷,۰۱۱ نفر بوده و با مساحتی بالغ بر ۱۸۵ کیلومتر مربع یکی از بزرگ‌ترین و البته مهم‌ترین شهرهای کشور است که به‌دلیل واقع شدن در یک موقعیت خاص جغرافیایی، شرایط زیست‌اقلیمی ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است (لشکری و همکاران، ۱۳۹۰: ۴۵).

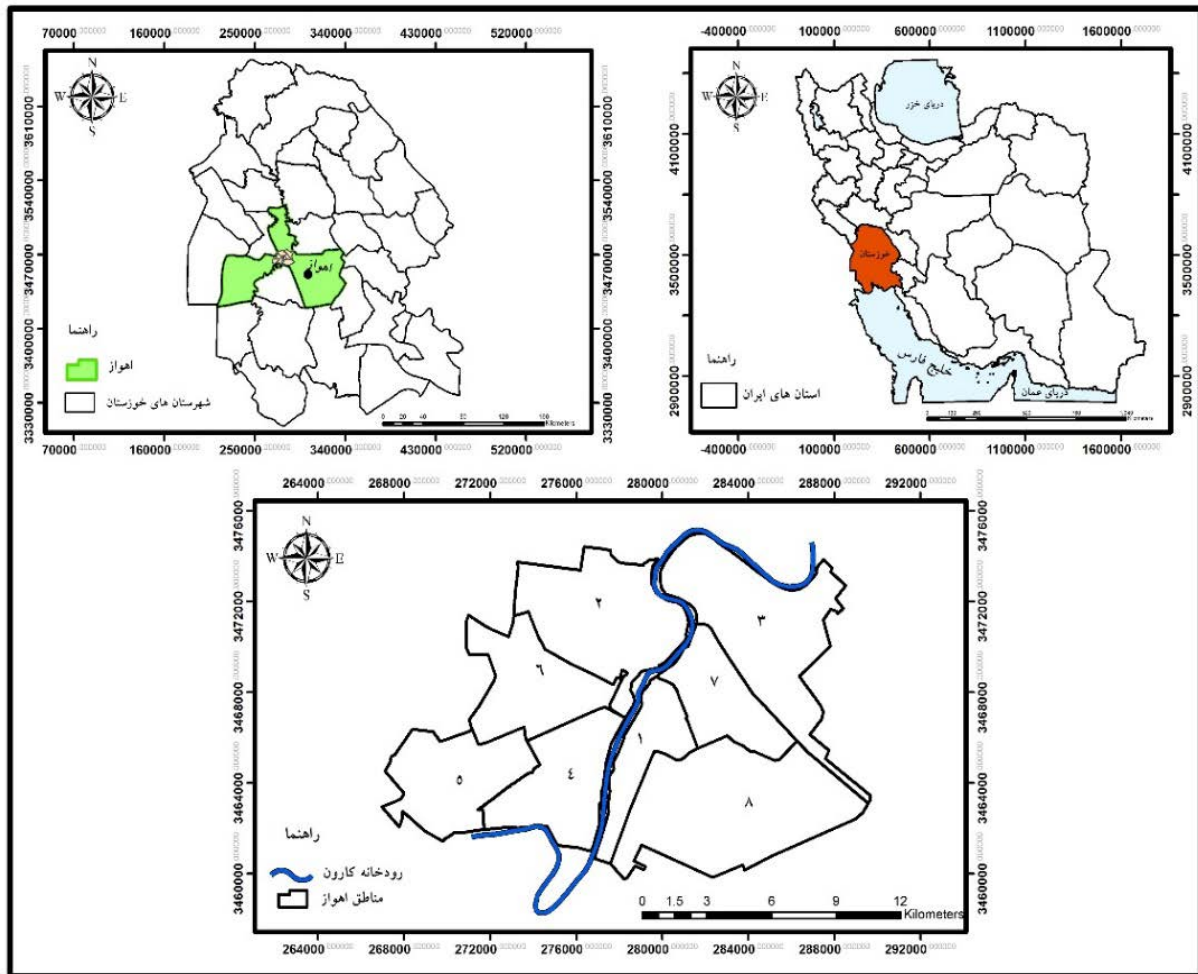
براساس طبقه‌بندی دومارتن که متکی به دو پارامتر میانگین دما و بارش است، شهرستان اهواز در گروه اقلیم گرم و خشک قرار دارد. اهواز در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه

به افزایش است. همچنین طبق نتایج توزیع روند بارش در مقایسه با دما بسیار ناهمگن و ناهمگون است. بخش شرقی هند روند کاهشی بارندگی را در مقایسه با قسمت غربی نشان می‌دهد.

اسدی و حیدری (۱۳۹۰) در پژوهش خود به تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش در شیراز پرداختند. بررسی عنصر دما نشان داد که متوسط دمای سالانه دارای روند افزایشی به میزان ۱/۹ درجه سانتی‌گراد در طی دوره مورد مطالعه بوده اما متوسط بارش سالانه بر عکس دما در کل یک روند کاهشی از خود نشان داده است. با توجه به ضریب همبستگی رتبه‌ای منکنندال روند مشخصی در آماره بارش سالانه ایستگاه همدید شیراز یافت نشد.

عساکره و شادمان (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان «واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران‌زمین» با به‌کارگیری روش‌های آماری (رگرسیون خطی، تحلیل طیفی)، روند بلندمدت شمار روزهای گرم ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین شمار روزهای گرم در کشور ۳۹ روز بوده است. همچنین فراوانی روزهای گرم روندی افزایشی را نشان می‌دهد. در بیش از نیمی از گستره کشور روند میانگین دمای روزهای گرم، مثبت و در حدود یک‌سوم از کشور، این روند منفی بوده است.

سلطانی و علیزاده (۱۳۹۶) در پژوهش «مدیریت جامع آب کشاورزی در مقیاس حوضه آبریز با رویکرد پویایی سیستم» از رویکرد پویایی سیستم‌ها برای ارزیابی سیاست‌های مدیریتی مختلف و کمک به تصمیم‌سازی در سطوح کلان مدیریت منابع آب بهره گرفتند. در مدل IWMsim برای بررسی اثرات متقابل اقتصادی- زیست‌محیطی طرح‌های توسعه منابع آب دو شاخص کلان هزینه‌های ملی و درآمد ملی توسعه داده شد. نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که مدل قادر است متغیرهای کلیدی عملکرد نسبی محصولات زراعی، تراز آب زیرزمینی و شوری آب زیرزمینی را با دقت مناسب شبیه‌سازی نماید.



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی مناطق هشتگانه شهر اهواز

در ادامه با بهره‌گیری از علم پویایی سیستم به بررسی روابط علی و معلولی بین متغیرها و مدل‌سازی ساختاری پیامدهای تغییرات اقلیمی در نرم‌افزار Vensim پرداخته شده است.

طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا واقع شده است (صدیدی و گندمکار، ۱۴۰۰: ۱۵۷). نگاره (۱) موقعیت شهر اهواز را نمایش می‌دهد.

۳-۱- مدل‌سازی سری زمانی با استفاده از آزمون من-کندال پارامترهای اقلیمی دما و بارش به‌طور مداوم در زمان و مکان تغییر می‌کنند. تحلیل روند از جمله روش‌های آماری برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر سری‌های زمانی دما و بارش و... در مطالعات متعدد مورد استفاده قرار گرفته است (اسدی و حیدری، ۱۳۹۰).

آزمون من-کندال ابتدا توسط Mann (1945) ارائه و سپس توسط Kendall (1975) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری

۳- مواد و روش پژوهش

روش‌شناسی انجام پژوهش بر مبنای آزمون آماری و مدل‌سازی کیفی با رویکرد سیستمی می‌باشد. در پژوهش حاضر جهت تحلیل روند تغییرات پارامترهای اقلیمی داده‌های زمینی شامل آمار دما، بارش، رطوبت و سرعت باد برای یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۹) ایستگاه سینوپتیک اهواز) که از سایت سازمان هواشناسی کشور تهیه و با استفاده از آزمون آماری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین ممکن است خود این خروجی‌ها، پیامد و یا عوارضی داشته باشند.



۴- بحث و یافته‌های پژوهش

۴-۱- تحلیل روند مؤلفه‌های تغییرات اقلیمی

با توجه به اهمیت تغییرپذیری پارامترهای اقلیمی، ارزیابی تغییرات فصلی و سالانه^۱ برای داده‌های مشاهداتی دما (سانتی‌گراد)، بارش (میلی‌متر)، رطوبت نسبی (درصد) و سرعت باد (متر بر ثانیه) با استفاده از آزمون من-کندال در ایستگاه سینوپتیک اهواز طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۰ شمسی) مطابق با نگاره‌های شماره دو و سه مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به نمودارهای نگاره (۲)، بررسی دمای فصلی ۳۰ سال مورد بررسی در شهر اهواز نشان می‌دهد روند تغییرات دما در فصول (بهار، تابستان، پاییز و زمستان) به صورت افزایشی بوده است.

در طی روند ۳۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۰) میانگین دما (۲۵/۳۸) درجه سانتی‌گراد با افزایش هر سال (۰/۰۵۱) درجه بوده، که یک روند افزایشی را نشان می‌دهد. در بررسی سری زمانی دما معلوم گردید هر ساله به دمای میانگین شهر افزوده شده است که با توجه به گرمایش جهانی رخ داده در جهان می‌توان افزایش روندهای مثبت در شاخص دما را توجیه کرد.

بررسی بارش (۱۳۹۹-۱۳۷۰) نیز نشان می‌دهد روند تغییرات بارش در فصول (بهار، تابستان و زمستان) به صورت کاهش و در فصل پاییز با افزایش مواجه بوده است، همچنین

زمانی توسعه یافت. این روش جز پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی به‌شمار می‌رود (قهرمان و قره‌خانی، ۱۳۸۹: ۳۳).

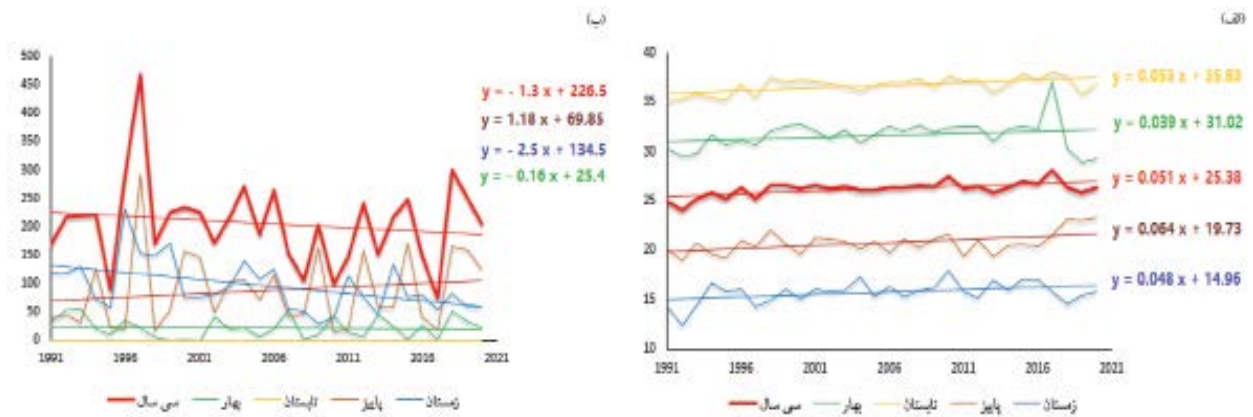
۳-۲- مدل‌سازی کیفی با روش پویایی سیستم

در این روش ابتدا مسئله‌ای که تصمیم‌گیرندگان را نگران می‌کند، مشخص شده و سپس متغیرهایی که بر مسئله اثر می‌گذارند تعیین می‌شوند. در ادامه یک حلقه بازخورد ایجاد می‌شود که ارتباطات بین متغیرها را آشکار می‌نماید. در مدل‌سازی کیفی، فرآیندی بازخوردی مطرح است و به صورت توالی خطی چند گام پشت سر هم نمی‌باشند. یکی از ابزارهای مهم برای بازنمایی ساختار علی و معلولی سیستم، نمودار حلقه علی است. سلسله مراتب عناصر بازخوردی در نمودار حلقه علی عبارتند از: متغیرها، پیوندهای علی، حلقه‌های بازخوردی علی، سیستم بازخوردی. متغیرها توسط پیوندهای علی به یکدیگر متصل می‌شوند.

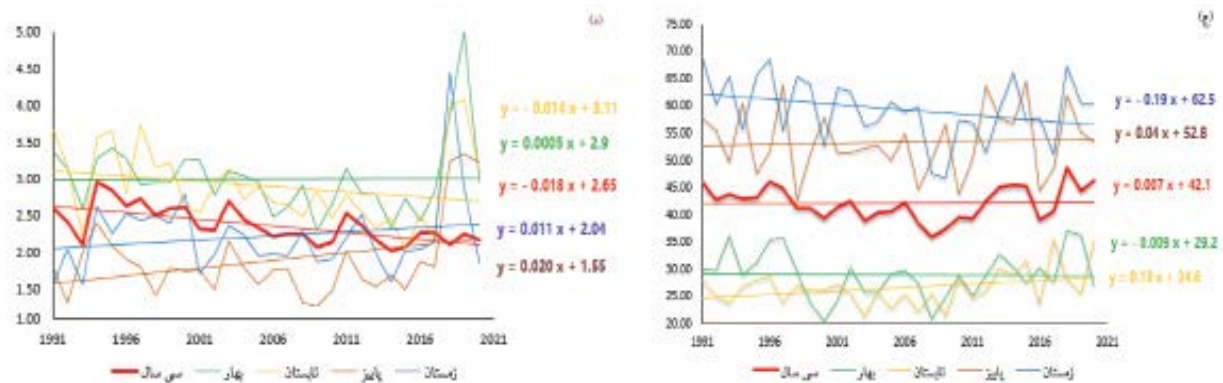
جهت کمان نشان‌دهنده جهت رابطه علت و معلولی است. حلقه‌های بازخوردی به‌عنوان بخش ضروری در پویایی‌شناسی سیستم‌ها هستند. شاید بتوان گفت اصلی‌ترین مرحله استفاده از رویکرد پویایی سیستمی، تلاش برای درک و شناسایی حلقه‌های بازخورد سیستم تحت مطالعه است که برای این منظور نمودارهای حلقه‌های علی رسم می‌شوند. در فرآیند مدل‌سازی بعد از تشخیص متغیرهای مؤثر بر مدل، در یک نمودار ضمن تعیین روابط علی بین دو یا چند متغیر، جهت تأثیر آن متغیرها مشخص می‌شود. در ترسیم ارتباطات بین متغیرها ابتدا نوع ارتباط مثبت و منفی بین متغیرها مشخص شده سپس حلقه‌هایی توسط این ارتباطات حاصل می‌شود که این حلقه‌ها می‌توانند حلقه‌های مثبت یا منفی باشند (نیکونژاد، ۱۳۹۴: ۴۵).

ورودی‌ها عوامل شکل‌دهنده تغییرات اقلیمی هستند عواملی هستند که بر سیستم شهر تأثیر می‌گذارند. خروجی‌های سیستم، پیامدهای تغییرات خواهند بود.

۱- در این بخش به منظور تبیین دقیق مسئله، بررسی سری‌های ماهانه نیز صورت گرفته است که با توجه به تعدد شاخص‌ها و محدودیت حجم مقاله، قابل ارائه نبودند.



نگاره ۲: روند تغییرات فصلی و سالانه ۳۰ ساله دما (الف) و بارش (ب) در شهر اهواز



نگاره ۳: روند تغییرات فصلی و سالانه ۳۰ ساله رطوبت نسبی (ج) و سرعت باد (د) در شهر اهواز

نتایج، شدیدترین تغییرات در فصول تابستان و پاییز بوده است. رطوبت نسبی طی دوره ۳۰ ساله مورد بررسی روند افزایشی داشته است. میانگین رطوبت نسبی (۴۲/۱) درصد بوده که با افزایش (۰/۰۰۷) در هر سال مواجه بوده است. این رفتار زمانی توزیع رطوبت که افزایشی بوده است، می‌تواند در پاسخ به افزایش عمومی دما به‌عنوان یکی از اثرات جانبی تغییر اقلیم مدنظر قرار گیرد و از آن به‌عنوان یکی از شاخص‌های بازیابی تغییرات آب و هوایی استفاده شود. بررسی سرعت باد فصلی نیز نشان می‌دهد روند تغییرات سرعت باد در (بهار، پاییز و زمستان) افزایشی بوده است. یکی از پیامدهای افزایش سرعت باد در شهر اهواز پدیده گرد و غبار است که براساس مطالعات انجام شده، بیشترین آلودگی از نظر گرد و غبار مربوط به فصل بهار

فصل تابستان در بازه زمانی ۳۰ سال با مجموع (۶ میلی‌متر) حداقل بارندگی را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج تحلیل سری زمانی نشان داد بارندگی سالانه در ایستگاه اهواز طی روند ۳۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۰) با میانگین بارش (۲۲۶) میلی‌متر و کاهش حدود (۱/۳۲) میلی‌متر در هر سال، روند کاهشی داشته است. در طی این سال‌ها حداکثر میزان بارش در سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۹۷ به‌ترتیب حدود (۴۶۸) و (۲۹۹) میلی‌متر بوده است. بیشترین میزان بارندگی نیز مربوط به دو فصل پاییز و زمستان بوده است.

با توجه به نمودار رطوبت نسبی (نگاره ۳)، در شهر اهواز روند تغییرات رطوبت نسبی در فصول (تابستان و پاییز) به‌صورت افزایشی بوده است و در دو فصل بهار و زمستان روند کاهشی ضعیف داشته است. با توجه به

اجتماعی، بوم‌شناختی و... سرازیر می‌شوند. در این مطالعه جهت بررسی پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهر اهواز از روش پویایی سیستم در نرم‌افزار Vensim بهره گرفته شده است.



نگاره ۴: نمودار حلقه علی ابعاد اثرپذیر از تغییرات اقلیمی

در این پژوهش نمودار علت و معلولی از متغیرهایی که توسط پیکان به هم متصل شده‌اند تشکیل شده است. پیکان‌ها نشان‌دهنده اثر متغیرها بر یکدیگر است. هر دیاگرام تأثیر با یک نشانه مثبت (+) یا منفی (-) نشان داده می‌شود. در صورتی علامت یک نمودار اثر مثبت است که افزایش در یک متغیر موجب افزایش متغیر دیگر شود و کاهش در یک متغیر موجب کاهش در متغیر دیگر شود (بازخورد مثبت) که در این پژوهش پیکان با رنگ قرمز نشان داده شده است و علامت نمودار در صورتی منفی است که افزایش در یک متغیر موجب کاهش در متغیر دیگر شود و بالعکس (بازخورد منفی) که پیکان با رنگ آبی نشان داده شده است. همان‌طور که مدل کیفی ارائه شده نشان می‌دهد عوامل متعددی در روند شکل‌گیری پیامدها تأثیرگذار هستند که پیامدها خود نیز عامل به وجود آمدن مشکلات دیگری در شهر نیز می‌توانند باشند.

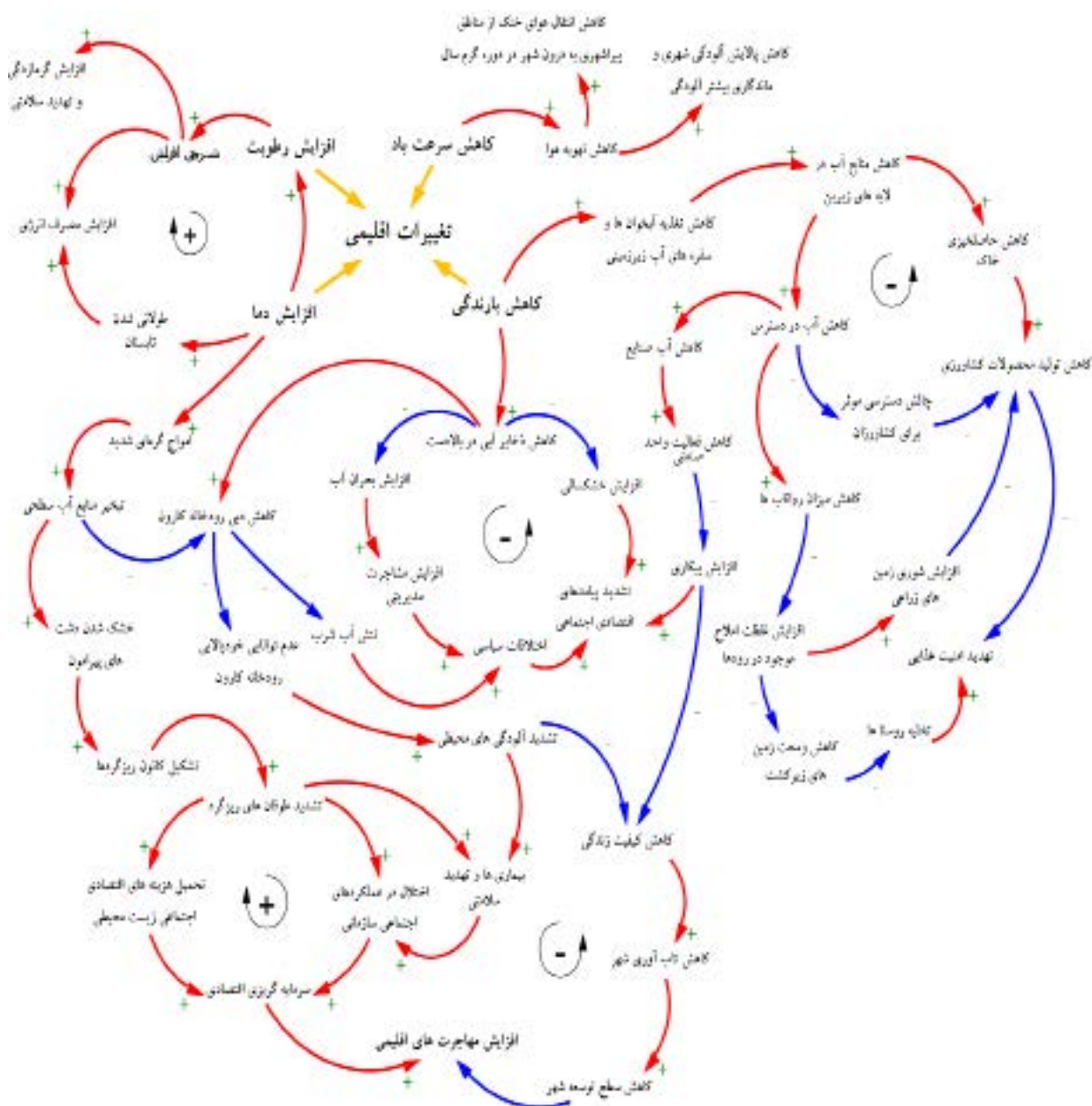
در نگاره (۵) نحوه تأثیر هر یک از عوامل بر روی یکدیگر و همچنین تأثیر نهایی که برای یک شهر می‌تواند داشته باشند، نشان داده شده است. با بررسی مهم‌ترین عناصر آب‌وهوایی در چند دهه اخیر به‌سادگی می‌توان به

است. در اواخر فصل زمستان روند رخداد پدیده گرد و غبار رو به افزایش می‌گذارد و در فصل بهار به بالاترین حد خود می‌رسد. از پیامدهای کاهش سرعت باد نیز می‌توان به این مهم اشاره نمود که، موجب کاهش دمای هوا و همچنین کاهش پایداری هوا و بسترساز ایجاد روزهای شرجی می‌شود. سرعت باد در بازه زمانی ۳۰ سال روند کاهشی داشته است به‌گونه‌ای که میانگین سرعت باد (۲/۶۵) متر بر ثانیه بوده و هر سال (۰/۰۱۸) کاهش یافته است. با توجه به این مهم که باد یکی از پارامترهای مهم آب‌وهوایی است لذا بررسی تغییرات آن از جنبه‌های مختلف اهمیت دارد. کاهش سرعت باد باعث کم شدن انتقال گرما، رطوبت بین سطح زمین و جو، و نهایتاً افزایش دما می‌شود.

براساس نتایج بررسی روند فصلی و سالانه، تغییرات پارامترهای اقلیمی معنی‌دار بوده که طبق نگاره (۲ و ۳) شهر اهواز در بازه زمانی ۳۰ سال مورد بررسی با افزایش دما، افزایش رطوبت نسبی، کاهش سرعت باد مواجه بوده و از میزان بارش نیز کاسته شده است. نتایج بررسی‌ها بیانگر این است که تغییر در پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در شهر اهواز از مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی شهر محسوب می‌شود که در طی روند ۳۰ ساله رخ داده است. با توجه به این مهم که تغییر اقلیم به تغییرات زمانی مکانی میانگین بلندمدت عناصر اقلیمی اشاره دارد، در این راستا نتایج این پژوهش به‌وضوح نشان داد که پارامترهای اقلیمی (دما، رطوبت نسبی، بارش، سرعت باد) در منطقه مورد بررسی دچار تغییرات اساسی شده و پیامدهایی را در پی داشته است.

۴-۲- پیامدهای ساختاری تغییر اقلیم در شهر اهواز

در این مطالعه به ارزیابی پیامدهای تغییرات اقلیمی بر کلیه ابعاد اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی توسعه، پرداخته شده است. بررسی پیامدهای تغییرات اقلیمی بر ابعاد مختلف شهری به تصمیم‌گیرندگان جامعه محلی کمک می‌کند که درک کنند چگونه اثرات تغییر اقلیم بر سایر عناصر و ابعاد و سیستم‌های پیچیده اقتصادی،



نگاره ۵: نمودار علی و معلولی پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهر اهواز

کاهش بارش در نتیجه تغییرات اقلیمی انسان ساخت، خشکسالی به یک موضوع جدی تهدیدکننده حیات تبدیل شده و همچنین باعث کاهش موجودی منابع آب می شود. یکی از پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهر اهواز می توان به بخش کشاورزی اشاره نمود. کشاورزی یکی از مهم ترین بخش های اقتصادی یک منطقه به شمار می آید و بازده تولید

تغییرات اقلیمی در شهر اهواز پی برد. افزایش دما، کاهش بارش، افزایش رطوبت جوی و کاهش سرعت باد در نتیجه کاهش اختلاف فشار در بسیاری از پژوهش های صورت گرفته رخنمون است.

نتایج پژوهش و بررسی روابط بین عوامل اثرگذار و ابعاد اثرپذیر حاکمی از این می باشد که با افزایش دما و

ریزگرد اشاره نمود. از طرفی دیگر اهواز با بحران آلودگی محیط زیست روبه‌رو است که در طی زمان به شدت افزایش یافته است. صنایع بزرگ از جمله صنعت فولاد، تأسیسات شرکت نفت، فعالیت‌های حفاری و استخراج نفت و سوزاندن میدین نیشکر از مهم‌ترین آلاینده‌های هوای اهواز هستند. آلودگی هوا علاوه بر تخریب محیط زیست و آسیب‌های اقتصادی، خطرات جدی برای سلامت انسان به همراه دارد. از طرف دیگر اهواز یکی از گرم‌ترین شهرهای جهان است که استرس گرمایی به طرز قابل توجهی خطر مرگ‌ومیر قلبی-عروقی، بیماری‌های ایسکمیک قلبی و مرگ‌ومیر ناشی از بیماری عروق مغزی را افزایش می‌دهد. تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های بشر در عصر حاضر بر تمام ارکان زندگی بشر در سراسر جهان تأثیرگذار می‌باشد.

میزان و نوع تأثیر تغییرات در همه مناطق به یک شکل نبوده است. بخش‌هایی که به‌طور مستقیم تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی (دما، بارش و...) هستند مانند کشاورزی، انرژی، منابع آب و محیط زیست به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند و اثرات غیرمستقیم بر ابعاد مهم جامعه شهری (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و...) دارند.

همانطور که در (نگاره ۵) به روابط علی و معلولی متغیرها پرداخته شده و در جدول ۱ اشاره شده است هر یک از عوامل اثرگذار بر تغییرات اقلیمی در شهر اهواز پیامدهایی را در پی داشته، اما آنچه که نتایج نشان می‌دهد این مهم است که تغییرات رخ داده بیشتر از نوع هم‌جهت بوده به این معنا که افزایش دما منجر به افزایش پیامدها شده، در مقابل کاهش بارندگی منجر به کاهش منابع شده و در نتیجه این تغییرات پیامدهایی همچون افزایش بیکاری، کاهش کیفیت زندگی، کاهش تاب‌آوری شهر و در نهایت افزایش مهاجرت‌های اقلیمی در شهر اهواز را در پی شده است و محیط شهری برای سازگاری با تغییرات اقلیمی مجهز نمی‌باشد.

محصولات کشاورزی تا حدود زیادی با شرایط اقلیمی در ارتباط است. افزایش دما، نیاز به آب را به‌ویژه در بخش کشاورزی افزایش می‌دهد و کاهش نزولات جوئی، تغییر رژیم بارش، کاهش تغذیه آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی و بهره‌برداری بیش از حد آن‌ها منجر به کاهش منابع آب ذخیره در لایه‌های زیرین زمین شده است.

در پی خشکسالی و کاهش بارندگی، میزان رواناب‌ها کاهش یافته و غلظت املاح موجود در رودها افزایش می‌یابد و این امر علاوه بر کاهش وسعت زمین‌های زیر کشت، منجر به افزایش شوری زمین‌های زراعی می‌گردد و در نتیجه میزان تولید محصولات کشاورزی کاهش خواهد یافت. همچنین در سال‌های اخیر به دلیل انتقال آب، سدسازی‌ها و خشک شدن تالاب‌ها، استان خوزستان و نیز شهر اهواز با بحران کم‌آبی مواجه شده و در نتیجه‌ی این امر امنیت غذایی و اقتصاد شهر به مخاطره افتاده است. منابع آب علاوه بر تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی، جهت صنایع از تأمین برق، پتروشیمی، پالایشگاه و دیگر صنایع بزرگ و کوچک استفاده می‌شود.

کاهش منابع آب میزان انرژی تولیدی در نیروگاه‌های برق آبی را کاهش داده و کاهش منابع آب صنایع منجر به کاهش فعالیت واحدهای صنعتی شده و میزان بیکاری را افزایش می‌دهد. از دیگر پیامدهای مهم تغییرات اقلیمی در شهر اهواز می‌توان به خسارات اجتماعی و انسانی که این پدیده‌ها به بار می‌آورند اشاره نمود. کمبود منابع آب، فرسایش شدید و کاهش حاصلخیزی خاک به دنبال آن بحران و ناامنی غذایی می‌تواند به مناقشات امنیتی منجر شود که در شهر اهواز بحران کم‌آبی همواره زمینه‌ساز بروز خشونت‌ها، آشوب‌ها و برانگیخته شدن برخوردهای قومی و مناقشات سیاسی (در زمینه انتقال آب) بوده است.

در زمینه بحران ریزگردها در شهر اهواز می‌توان به مهاجرت از منطقه، کاهش بازدهی محصولات کشاورزی، افزایش نارضایتی از عملکرد دولت، کاهش حاصلخیزی خاک و... به‌عنوان مهم‌ترین پیامدهای امنیتی بحران

جدول ۱: عوامل اثرگذار و پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهر اهواز

عوامل اثرگذار	جهت	پیامدهای تغییرات اقلیمی
افزایش دما	افزایشی (+)	طولانی شدن تابستان، افزایش امواج گرما، افزایش تبخیر منابع آب سطحی، تشدید خشک شدن دشت‌های پیرامونی، تشکیل کانون‌های ریزگرد، تشدید طوفان‌های ریزگرد، افزایش هزینه‌های اقتصادی، اختلال در عملکردها، افزایش آلودگی‌ها، افزایش بیماری‌ها، افزایش مهاجرت‌ها و ...
	کاهشی (-)	کاهش دبی رودخانه، کاهش کیفیت زندگی، کاهش تاب‌آوری شهر، کاهش سطح توسعه شهر و ...
کاهش بارش	افزایشی (-)	افزایش خشکسالی، افزایش بحران آب، افزایش بیکاری، افزایش چالش‌های دسترسی به آب، افزایش مهاجرت‌ها
	کاهشی (+)	کاهش ذخایر آب، کاهش دبی رودخانه، کاهش تغذیه آبخوان‌ها، کاهش سطح آب در لایه‌های زیرین، کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش منابع آب، کاهش میزان روان‌آب‌ها، کاهش فعالیت‌های صنعتی، کاهش وسعت زمین‌های زیر کشت، کاهش کیفیت زندگی، کاهش تاب‌آوری شهر، کاهش سطح توسعه شهر و ...
	افزایشی (+)	افزایش شرحی، افزایش گرمادگی، افزایش مصرف انرژی و ...
کاهش سرعت باد	کاهشی (+)	کاهش تهویه هوا، کاهش پالایش آلودگی شهری، کاهش انتقال هوای خنک پیراشهری به درون شهر

۵- نتیجه‌گیری

بارش، افزایش رطوبت نسبی، کاهش سرعت باد مواجه بوده و روند تغییرات در پارامترهای اقلیمی پیامدهایی در پی داشته است. به همین منظور در پژوهش حاضر با استفاده از روش پویایی سیستم، تعامل عوامل مؤثر در به وجود آمدن پیامدها تعیین شده و نحوه اثر آن‌ها بر روی سیستم شهری اهواز نشان داده شده است. مدل کیفی پیامدها با استفاده از حلقه‌های بازخوردی مثبت و منفی ترسیم شد. در بررسی پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهر اهواز نشان داده شد که پیامدهای مختلف دارای تعاملات پیچیده‌ای با یکدیگر بوده به نحوی که ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و سیاسی را تحت تأثیر قرار داده و در نهایت اثرات یکدیگر را بر روی کاهش کیفیت زندگی و افزایش مهاجرت‌های اقلیمی تشدید می‌نمایند. با توجه به این مهم که در مناطق شهری تغییرات اقلیمی خطرها را برای انسان، دارایی‌ها، اقتصادها، و اکوسیستم‌ها افزایش می‌دهد که شامل گرما، طوفان و بارش‌های شدید، سیلاب‌های داخلی و ساحلی، آلودگی هوا، خشکسالی، کمبود آب و ... است و پیامدهایی برای شهر و ساکنین خواهد داشت، در این

در پژوهش حاضر رویکرد تحلیل روند سری زمانی ۳۰ ساله پارامترهای مهم اقلیمی با استفاده از آزمون آماری من-کندال برای کشف تغییرات زمانی به کار رفت. نتایج بررسی فصلی فاکتورهای اقلیمی نشان داد که میانگین دما در همه فصول افزایش یافته و روند افزایشی در فصل تابستان شدیدتر از سایر فصول بوده است، مجموع بارش‌ها در فصل‌های بهار و زمستان با کاهش مواجه بوده و در فصل تابستان مجموع بارش به کمترین مقدار (۶ میلی‌متر) رسیده است. در بررسی روند فصلی رطوبت نسبی مشخص شد که در دو فصل (تابستان و پاییز) به صورت افزایشی بوده است و در دو فصل بهار و زمستان روند کاهشی ناچیزی داشته است. با توجه به نتایج، روند افزایش رطوبت نسبی در فصل تابستان و پاییز شدیدتر از سایر فصول بوده است. از نتایج بررسی سرعت باد نیز می‌توان استنباط نمود که سرعت باد در فصل تابستان در ۳۰ سال مورد مطالعه روند کاهشی را داشته است. نتایج بررسی سالانه نشان داد در طی ۳۰ سال مورد بررسی شهر اهواز با افزایش دما، کاهش

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)

مدل سازی پیامدهای ساختاری تغییرات اقلیمی در شهر اهواز با ... / ۹۹

اقلیم شهر اهواز در رابطه با توسعه منطقه‌ای و برنامه‌ریزی شهری، نشریه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، دوره ۱۳، شماره ۵۰، صص ۱۶۹-۱۵۱.

۸- عساکره، شادمان؛ حسین، حسن، ۱۳۹۵، واکاوی آماری تغییرات فراوانی و دمای روزهای گرم در ایران زمین، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، دوره ۲۵، شماره ۱۰۰، صص ۱۵۶-۱۴۷.

۹- لشکری، موزرمی، سلکی، لطفی؛ حسن، سارا، هیوا، کوروش، ۱۳۹۰، بهینه‌سازی جهت‌گیری بناهای ساختمانی در شهر اهواز براساس شرایط اقلیمی، نشریه جغرافیای طبیعی، دوره ۴، شماره ۱۲، صص ۶۲-۴۵.

۱۰- معاونت برنامه‌ریزی شهرداری اهواز، ۱۳۹۶، گزیده اطلاعات مناطق، نواحی و محله‌های شهر اهواز، ویرایش سوم، روابط عمومی و امور بین‌الملل شهرداری اهواز.

۱۱- نیکونهاد، زهرا، ۱۳۹۴، تحلیل پویایی‌های توسعه پایدار صنعت کشاورزی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها، استاد راهنما: احمدوند، علی محمد، دانشگاه ایوانکی، دانشکده مهندسی صنایع.

12- Auffhammer, M., Ramanathan, V., & Vincent, J. R. 2012. Climate change, the monsoon, and rice yield in India. *Climatic change*, 111(2), 411-424.

13- Azadi, Y., Yazdanpanah, M., Forouzani, M., & Mahmoudi, H. 2019. Farmers' adaptation choices to climate change: a case study of wheat growers in Western Iran. *Journal of Water and Climate Change*, 10(1), 102-116.

14- Barros, V. R., Field, C. B., Dokken, D. J., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Bilir, T. E.,... & White, L. L. 2014. Climate change 2014 impacts, adaptation, and vulnerability Part B: regional aspects: working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part B: Regional Aspects: Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-1820). Cambridge University Press.

راستا راهکار سازگاری به‌عنوان استراتژی مدیریت خطر و پیامدهای تغییرات اقلیمی است و می‌تواند موجب کاهش هزینه‌ها و کاهش چالش‌های درازمدت شود و به مسیرهای انعطاف‌پذیری برای توسعه پایدار کمک کند. عدم اقدام برای کاهش اثرات تغییر اقلیم از طریق اقدامات سازگاری، منجر به خسارات جانی و اقتصادی گسترده‌تری می‌شود. از آنجایی که بخش قابل توجهی از جمعیت در شهرها زندگی می‌کنند و فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و... در این نقاط متمرکز هستند، بنابراین شهرها در اولویت سازگاری قرار دارند.

منابع و مأخذ

۱- اسدی، حیدری؛ اشرف، علی، ۱۳۹۰، تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۱، صص ۱۵۲-۱۳۷.

۲- بارانی، کرمی؛ نادر، آیت‌اله، ۱۳۹۸، تحلیل روند سالانه پارامترهای اقلیمی دما و بارش در نواحی دهگانه زراعی-اکولوژیکی ایران، فصلنامه علوم محیطی، دوره ۱۷، شماره ۴، صص ۹۰-۷۵.

۳- رفیعی ساردوئی، آذره؛ الهام، علی، ۱۳۹۸، تحلیل روند دما و بارش در جنوب استان کرمان با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال، نهمین کنفرانس علمی پژوهشی آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان. ۴- سرشماری عمومی نفوس و مسکن، ۱۳۹۵.

۵- سلطانی، علیزاده؛ مریم، حمزه‌علی، ۱۳۹۶، مدیریت جامع آب کشاورزی در مقیاس حوضه آبریز (IWMsim) با رویکرد پویایی سیستم، مجله حفاظت منابع آب و خاک، دوره ۷، شماره ۲، صص ۹۰-۶۹.

۶- شفق‌تی، حسنی؛ مهدی، فاطمه، ۱۳۹۷، راه‌کارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی در شهرها، مرکز نشر آکادمیک، نوبت چاپ ۱، سال چاپ ۱۳۹۷. صص ۲۱۶.

۷- صیدی، گندمکار؛ علی‌نظر، امیر، ۱۴۰۰، بررسی تغییرات

- and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1–32.
- 22- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2018. Global warming of 1.5° C: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- 23- Liu, T. M., Tung, C. P., Ke, K. Y., Chuang, L. H., & Lin, C. Y. 2009. Application and development of a decision-support system for assessing water shortage and allocation with climate change. *Paddy and Water Environment*, 7(4), 301-311.
- 24- Lobell, D. B., Sibley, A., & Ivan Ortiz-Monasterio, J. 2012. Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change*, 2(3), 186–189.
- 25- Mohammad, P., & Goswami, A. 2019. Temperature and precipitation trend over 139 major Indian cities: An assessment over a century. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(4), 1481-1493.
- 26- Mousavi, A., Ardalan, A., Takian, A., Ostadtaghizadeh, A., Naddafi, K., & Bavani, A. M. 2020. Climate change and health in Iran: a narrative review. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(1), 367-378.
- 27- Mpandeli, S., Nhamo, L., Moeletsi, M., Masupha, T., Magidi, J., Tshikolomo, K.,... & Mabhaudhi, T. 2019. Assessing climate change and adaptive capacity at local scale using observed and remotely sensed data. *Weather and Climate Extremes*, 26, 100240.
- 28- Nhamo, L., Matchaya, G., Mabhaudhi, T., Nhlengethwa, S., Nhemachena, C., & Mpandeli, S. 2019. Cereal production trends under climate
- 15- Deafalla, T. H., Csaplovics, E., & El-Abbas, M. M. 2014. The application of remote sensing for climate change adaptation in Sahel region. In *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications V* (Vol. 9245, p. 92451R). International Society for Optics and Photonics.
- 16- Gohari, A., Mirchi, A., & Madani, K. 2017. System dynamics evaluation of climate change adaptation strategies for water resources management in central Iran. *Water Resources Management*, 31(5), 1413-1434.
- 17- He, B. J., Sharifi, A., Feng, Ch., Yang, J. 2022. *Climate Change and Environmental Sustainability - Volume 1, Project: Climate Change and Environmental Sustainability (CCES) conference Lab: Urban Climate and Human Settlements Lab's*.
- 18- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate Change: Impacts , Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK), in press.
- 19- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012a. Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V.R. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–21.
- 20- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013b. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–29.
- 21- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014a. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global*

change: Impacts and adaptation strategies in southern Africa. *Agriculture*, 9(2), 30.

29- Ordonez, C., Duinker, P. 2014. Assessing the vulnerability of urban forests to climate change. *Environmental Reviews*, 22(3), ۳۲۱-۳۱۱.

30- Pegahfard, N. 2022. Assessment of Climate change Over Sistan-and-Baluchestan Province of Iran using CMIP6 GCMs; In terms of Precipitation and Surface Air Temperature.

31- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D. B., Travasso, M.I. 2014. Food security and food production systems, Food security and food production systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, London, UK, pp. 485-533.

32- Sharma, V. K. 2015. Climate change and its impacts: understanding some facts, myths, and controversies. *India Development Report*, 271-282.

33- Xu, C., Kohler, T. A., Lenton, T. M., Svenning, J. C., & Scheffer, M. 2020. Future of the human climate niche. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(21), 11350-11355.

34- Yazdanpanah, M., Forouzani, M., Abdesahi, A., & Jafari, A. 2016. Investigating the effect of moral norm and self-identity on the intention toward water conservation among Iranian young adults. *Water Policy*, 18(1), 73-90.

35- Zhongming, Z., Linong, L., Xiaona, Y., Wangqiang, Z., & Wei, L. 2021. *AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis*.



