جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۹، دوره۳، شماره۲

بررسی اثر تغییر اقلیم بر آلودگی هوای کلانشهرها

آرش قربانی سپهر*[۱]، مهتاب امرایی[۲]، مریم قالوجه[۳]، پروین دانشور[٤]

۱-دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۳-کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاداسلامی، واحد تهران مرکزی

٤-دانشجوی دکتری جغرافیای سیاسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

چکیده

از مهمترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری به‌ویژه در کلانشهرها و متعاقب آن اقلیم شهرها می‌باشد. امروز آلودگی هوا و محیط‌زیست به‌عنوان یکی از معضلات جامعه بشری مطرح گردیده و این مسئله منطقه‌ای نبوده و به مرزهای سیاسی و جغرافیایی محدود نیست بلکه یک مسئله جهانی است. بنابراین، یکی از چالش‌های قرن ۲۱ میلادی موضوع نوسانات و تغییرات اقلیمی است. لذا در این پژوهش با استفاده از روش‌های توصیفی تحلیلی و با استناد به منابع به طرق مختلف تلاش شده تا به تأثیرات تحولات اقلیمی صورت گرفته بر کلانشهرها پرداخته شود. بر پایه یافته‌های موجود می‌توان گفت تغییرات اقلیمی خود یکی از نتایج افزایش انتشار آلاینده‌های در مناطق کلانشهری است که در حال حاضر تمام جوانب زندگی بشر را تحت شعاع خود قرار داده است. در عین حال تغییرات اقلیمی می‌تواند از طریق؛ گرمایش جهانی، تشدید انتشار برخی از آلاینده‌های اصلی مثل ازن و ذرات معلق، آتش‌سوزی جنگل‌ها، مهاجرت، افزایش جمعیت کلانشهرها، تهدیدات سلامتی انسان شهرنشین، وارونگی و ایجاد جزایر حرارتی بر کیفیت هوای کلانشهرها تأثیر بگذارد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، آلودگی کلانشهرها، رشد شهرنشینی، گرمایش جهانی.

Doi: 10.22034/gahr.2020.253389.1459 **شاپا الکترونیکی:** ۳۸۵۱-۲٦٤٥

۱-مقدمه

شهرنشینی یکی از روندهای مهم تحولات اقتصادی و اجتماعی قرن بیستم به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بوده است (*Rodrigue et al, 2006: 171*). در قرن بیست و یکم، جمعیت جهان با سرعت هرچه بیشتر رو به افزایش است و هم‌زمان با آن شهرنشینی متراکم‌ترین و انبوه‌ترین دوران خود را آغاز کرده است. در آغاز این قرن جمعیت جهان از مرز شش میلیارد نفر فراتر رفته و هرچه بیشتر در نقاط شهری متمرکز شده است. این در حالی است که این روند، سهم برابری میان کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته را شامل نشده و تقریباً نزدیک به ۹۰ درصد جمعیت شهرنشین به مناطق شهری کشورهای در حال توسعه تعلق دارد (*Un-habital* ۲۰۰۳:۲۵). افزایش جمعیت و رشد فزاینده شهرها، مناطق مسکونی و صنعتی، اراضی کشاورزی و پوشش طبیعی زیادی را به کام خود فرو می‌برد. این مسئله موجب بروز مشکلاتی در زمینه نیازهای آینده بشر می‌شود (*Zare Ernani & Gabriels, 2006: 414-518*). از طرفی شهرها در خط مقدم انتقال انرژی جهانی قرار دارند. تا سال ۲۰۱۸، بیش از نیمی از جمعیت جهان یعنی ٤,٤ میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کردند و در حالی که این رقم در سال ۲۰۰۰ از ۲,۹ میلیارد نفر بوده است. شهرنشینی سریع، همراه با رشد جمعیت، منجر به افزایش تقاضای انرژی در سطح شهرها شده است. شهرها دو/سوم تقاضای جهانی انرژی را دارند. شهرها همچنین محرکهای مهمی در اقتصاد جهانی هستند که تعداد فزاینده‌ای از شهرها از جمله لندن، توکیو و نیویورک دارای بزرگترین اقتصادها در جهان هستند و در عین حال حدود ۷۵ درصد از انتشار دی‌اکسید کربن جهانی را تشکیل می‌دهند و نقش کلیدی در پرداختن به تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند (*Couture et al, 2019: 11*). با توجه به رشد روزافزون جمعیت و تمرکز آن از نظر مکانی و همچنین استفاده از استانداردهای بالای زندگی، امروز آلودگی هوا و محیط‌زیست به‌عنوان یکی از معضلات جامعه بشری مطرح گردیده و این مسئله منطقه‌ای نبوده و به مرزهای سیاسی و جغرافیایی محدود نیست بلکه یک مسئله جهانی است. بیشترین حجم آلودگی هوا، تسط احتراق سوخت‌های فسیلی در جو رها می‌شود و با افزایش جمعیت و روند روبه رشد مصرف سوخت‌های فسیلی، انتظار افزایش آلودگی‌ها را داریم (شکرزاده فرد، ۱۳۹۳: ۲).

جدول ۱- نرخ رشد جمعیت شهری در سراسر قاره‌های جهان از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۵۰(پیش‌بینی)

نرخ رشد جمعیت شهری				
سال (میلادی)	۲۰۱۰-۲۰۰۰	۲۰۲۰-۲۰۱۰	۲۰۳۰-۲۰۲۰	۲۰۴۰-۲۰۳۰	۲۰۵۰-۲۰۴۰
جهان	۲,۳	۲,۰	۱,۵	۱,۲	۱,۰
جنوب صحرای آفریقا	٤,۱	٤,۰	۳,٦	۳,۲	۲,۹
شمال آفریقا	۲,۱	۲,۱	۱,۸	۱,٦	۱,٤
آسیا	۳,۰	۲,۳	۱,٦	۱,۱	۰,۸
اروپا	۰,٤	۰,۳	۰,۲	۰,۲	۰,۱
آمریکای لاتین و کارائیب	۱,۷	۱,٤	۱,۱	۰,۷	۰,۵
آمریکای شمالی	۱,۲	۱,۰	۰,۹	۰,۸	۰,٦
اقیانوسیه	۱,٦	۱,٤	۱,۲	۱,۱	۱,۰

دهه‌ی آخر قرن بیستم میلادی، در حالی به پایان رسید که جامعه بشری به شدت، درگیر مسائل و مشکلات زیست‌محیطی و خطرات آن بوده است (ولایتی و کدیور،۱۳۸۵:٥٤)، افزایش گسترده انتشار آلاینده‌های هوا به دلیل رشد اقتصادی و صنعتی، کیفیت هوا را در بسیاری از کشورهای صنعتی به یک مشکل بزرگ و به یک مشکل اساسی در سایر نقاط جهان تبدیل کرده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه *CO2*، در جو زمین، کره زمین را به صورت زمینی گرم کرده است و باعث ایجاد امواج گرمای شدید و طولانی‌تر، تغییرپذیری دما، آلودگی هوا، سلامتی تنفسی در معرض خطر، آتش‌سوزی جنگل، خشکسالی و سیلاب شده است. به دلیل افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، دمی جهانی زمین طی ۵ دهه گذشته به‌طور قابل توجهای افزایش یافته است. گرم شدن جهانی هوا ناشی از گازهای گلخانه‌ای مشتق شده از انسان‌ها پیامدهایی دارد که از جمله مهمترین آن تغییرات اقلیمی و خطرات ناشی از این تغییرات است (*Damato et al, 2016: 391*). بنابراین، می‌توان گفت از مهمترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری به‌ویژه در کلانشهرها و متعاقب آن اقلیم شهرها می‌باشد (شکویی، ۱۳۸۵: ۲۱). در نتیجه از مهمترین مواردی که باید به آن پرداخته شود تأثیر کلانشهرها به‌عنوان نقاط تمرکز جمعیت در جهان بر افزایش انواع آلودگی‌های که تغییرات اقلیمی را موجب می‌شوند و از طرف دیگر تأثیر تغییرات اقلیمی بر تشدید انواع آلودگی‌ها در کلانشهرها به‌ویژه افزایش میزان آلودگی هوا در این نقاط می‌باشد. تغییرات اقلیمی خود یکی از پیامدهای آلودگی هوا می‌باشد که در قرن بیست و یکم سبب بروز بحران‌هایی همچون؛ سیل در برخی نقاط جهان و خشکسالی در نقاط دیگر، جابه‌جایی فصول، بحران منابع و زخایر انرژی، کاهش نرخ تولیدات کشاورزی، افزایش ریزگردها، وارونگی دمایی در برخی مناطق، ذوب یخ‌های قطبی، آتش‌سوزی جنگل‌ها و... شده است که هرکدام به‌نحوی در تشدید آلودگی هوا در کلانشهرها نقش دارند. براین اساس، مسئله تغییرات اقلیمی و آلودگی هوا در کلانشهرها کاملاً با هم در ارتباط بوده و برهم تأثیرگذار می‌باشند. موضوع اثر تغییرات اقلیمی بر آلودگی کلانشهرها جزء مسائلی است که کمتر به آن پرداخته شده و پژوهش‌های صورت گرفته بیشتر به تأثیر آلودگی بر تغییرات اقلیم پرداخته‌اند، بنابراین، پژوهش در زمینه تأثیرات تغییرات اقلیمی بر آلودگی هوای کلانشهرها بسیار حائز اهمیت بوده و بررسی در این زمینه می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل مهم جهت کاهش اثرات منفی ناشی از این بحران باشد.

۲-مبانی نظری تحقیق

۲-۱- اقلیم

"اقلیم" میانگین شرایط آب و هوا در نقطه خاصی از زمین است. به‌طور، معمول اقیلم از نظر دمای مورد انتظار، بارندگی و شرایط باد براساس مشاهدات تاریخی بیان می‌شود (*Riedy, 2016: 1*). به زبان ساده اقلیم را می‌توان وضعیت جو در یک زمان خاص در یک مکان خاص تعریف کرد. دما، ابر، رطوبت، بارش و وزش باد نمونه‌هایی

از عناصر اقلیمی است. رعد و برق، گردباد و بادهای موسمی نیز بخشی از اقلیم برخی مناطق در طی برخی از فصول است. به عبارتی "اقلیم" به‌عنوان الگوهای طولانی مدت آب و هوایی تعریف می‌شود که شرایط جوی یک منطقه را توصیف می‌کند. به‌عنوان مثال، اقلیم منطقه شهری نیویورک معتدل است باران به‌طور مساوی در طول سال، زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم توزیع می‌شود (*Adedeji et al, 2014: 115*). اقلیم دستگاه بسیار بزرگی است که خود اندر کنش میان چندین دستگاه بزرگ دیگر (هواسپهر، آب‌سپهر، یخ‌سپهر، سنگ‌سپهر و زیست‌سپهر) پدید می‌آید. اگر در یکی از این دستگاه‌ها تغییری پدید آید دیگر دستگاه‌ها به تندی یا به آرامی خود را با آن تغییر هماهنگ می‌سازند. اندرکنش میان دستگاه‌های سازنده‌ی اقلیم از راه داده و ستد ماده، انرژی و اطلاعات انجام می‌پذیرد. مثلاً اگر می‌گوییم هواسپهر با آب سپهر اندکنش دارد یعنی بین این دو دستگاه ماده، انرژی و یا اطلاعات مبادله می‌شود. برای نمونه تصور کنید به هر دلیل دمای هواسپهر افزایش یابد، در این صورت گرما از جو به اقیانوس منتقل می‌شود (انتقال انرژی از جو به اقیانوس). با گرم شدن آب اقیانوس، تبخیر افزایش یافته و توان نگهداشت دی‌اکسید کربن در آب کاهش می‌یابد. در نتیجه بخار آب و دی‌اکسید کربن از اقیانوس به جو منتقل می‌شود (انتقال ماده از اقیانوس به جو). چون هر دوی این مواد (بخار آب و دی‌اکسید کربن) ویژگی گلخانه‌ای دارند جو گرم‌تر می‌شود. به بیان دیگر نه تنها ماده (بخار آب و دی‌اکسید کربن) از اقیانوس به جو منتقل می‌شود بلکه چون این دو گاز ویژگی گلخانه‌ای دارند محتوای اطلاعاتی جو نیز دستخوش تغییر شده و جو در می‌یابد که از این پس باید انرژی فروسرخ بیشتری را جذب کند (احمدی، ۱۳۹۶: ۱۳).

۲-۲- تغییرات اقلیمی

اثر گازهای گلخانه‌ای یک فرآیند طبیعی است که نقش اصلی در شکل‌گیری اقلیم زمین دارند. آنها محیطی نسبتاً گرم و مناسب در نزدیک سطح زمین برای بشر و دیگر اشکال زیستی کا قادر به توسعه و رشد کردن هستند فراهم می‌سازند. اقلیم چه در مقیاس جهانی چه در سطح ملی و یا منطقه‌ای به‌عنوان ترکیب آب و هوایی که به صورت درازمدت ثبت شده باشد تعریف می‌شود (*IPCC, 2007*). اقلیم از اصلی‌ترین عواملی است که بر روی اکوسیستم‌ها تأثیر می‌گذارد، به همین خاطر کوچکترین تغییرات بر اقلیم، اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (منصوری و همکاران، ۱۳۹٤:۱). تغییرات اقلیم در حال حاضر مهم است. لذا تغییر آب و هوا موضوعی است که نه‌تنها در مورد برنامه‌های ملی و بین‌المللی، بلکه برای مجموعه‌ای از شبکه‌های فراملی موضوعی نگران کننده است (باکلی و نیوول، ۱۳۹٦:۱۰٦). بنابراین، یکی از چالش‌های قرن ۲۱ میلادی موضوع نوسانات و تغییرات اقلیمی است (*Hulme et al, 1999*). "تغییرات اقلیمی" تغییر در میانگین آب و هوا یا تغییرپذیری آب و هوا است که در یک دوره طولانی ادامه دارد (*Riedy, 2016: 1*). شواهد علمی نشان می‌دهد که تأثیرات "تغییرات اقلیمی" جدی‌تر خواهد بود و زودتر از آنچه قبلاً تصور می‌شد رخخواهد داد همچنین مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تثبیت دما در درمای ۲ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای پیش از تولید هدف سیاست تغییر اقلیم باشد. گرم شدن بالاتر از این سطح احتمالاً باعث می‌شود که نواحی زیادی از ورق‌های یخ گرینلند ذوب شوند،

یخ قطب جنوب را در معرض خطر جدی قرار داده و باعث ایجاد اختلال گسترده در اکوسیستم‌های جهانی و چرخه هیدرولوژیک شود. در حال حاضر جو حاوی گازهای گلخانه‌ای با ماندگاری بالایی است که می‌تواند درجه حرارت جهانی را بیش از ۲ درجه سانتیگراد افزایش دهد. جهان در حال حاضر نزدیک به سطح آستانه تغییرات اقلیمی است که می‌تواند خطرناک تلقی شود.

این بدان معنی است که ما باید همه عوامل گرم‌کننده را به‌عنوان راه‌های احتمالی برای کاهش تغییرات اقلیمی در نظر بگیریم، اما پروتکل فعلی کیوتو تنها شش گاز را تنظیم می‌کند: دی‌اکسید کربن، متان، اکسید نیتروژن، هیدروفلوئورو کربن‌ها، پر فلوروکربن‌ها و دی‌اکسید گوگرد. این گازها دارای ماندگاری طولانی مدتی در جو هستند (*Moore, 2009: 44*). آب و هوای زمین همیشه تغییر کرده است. تغییرات در مدار زمین، تولید انرژی خورشیدی، فعالیت آتشفشانی، توزیع جغرافیایی توده‌های زمین و سایر فرآینده‌های داخلی و خارجی می‌تواند بر اقلیم تأثیر بگذارد. دانشمندان از این نوع تغییرات طولانی مدت اقلیم به‌عنوان "تغییرات اقلیمی طبیعی" یاد می‌کنند. با این حال، مشاهدات و مدل‌های علمی نشان می‌دهد که آب و هوای زمین اکنون به دلیل فعالیت‌های انسانی تغییر می‌کند. این تحولات "تغییرات اقلیمی انسانی" نامیده می‌شود. فرآیندهای درگیر پیچیده هستند، اما می‌توان به شرح زیر خلاصه شوند. فعالیت‌های انسانی مانند: سوزاندن سوخت‌های فسیلی (زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی)، پاکسازی جنگل‌ها برای مزارع و ساخت شهرها و پرورش دام، "گازهای گلخانه‌ای" را در جو آزاد می‌کند (*Riedy, 2016: 2*).

۲-۳- آلودگی هوا

آلودگی هوا معمولاً هر گونه تغییر در ترکیب طبیعی هوای محیط از طریق افزایش یا کاهش کمیت ترکیبات طبیعی یا با اضافه کردن ترکیبات دیگر مانند دود، دوده، گازها، بخارات یا بوها در هوا تعریف می‌شود. این تغییرات می‌توانند از طریق فرایندهای طبیعی مانند خروج ذرات از آتشفشآنها یا گردبادهای صحرایی یا از طریق فرایندهای مصنوعی ناشی از کاربردهای مختلف صنعتی و حمل و نقل ایجاد شوند (احمدی آسور و اله آبادی، ۱۳۹۰: ۱٤۰).

یک تعریف عام آلودگی هوا یعنی وجود مواد نامطلوب که ممکن است سلامتی انسان، گیاهان و حیوانات را به خطر اندازد (خبری، ۱۳۹۳: ۲). چنین موادی به صورت ذرات جامد، قطرات مایع، گازها و یا مخلوطی از این اشکال هستند. اکثر مشکلات آلودگی هوا به تنوع انواع مختلف آلوده کننده‌ها در شکل‌های گوناگون مربوط می‌گردد (صالحی، ۱۳۹۰: ۲). به عبارتی آلودگی هوا یکی از مشکلاتی به شمار می‌رود که اکثر کلانشهرها با آن مواجه هستند. منبع اصلی آلودگی هوا فعالیت‌های صنعتی و سکونتگاه‌های شهری انسانی است به نحوی که پس از توسعه تمدن انسانی و گسترش شهرها و بالا رفتن سطح زندگی، مواد زاید فراوانی تولید شده و وارد اتمسفر می‌شوند (عقلمند، ۱۳۹۳: ۳). انواع متعددی از آلاینده‌ها در اثر فعالیت‌های طبیعی و مصنوعی (ناشی از فعالیت‌های بشری) که در زمین انجام می‌گیرد وارد اتمسفر می‌گردند (حسین‌آبادی، ۱۳۹۲: ۱). می‌توان گفت

که آلودگی هوا از ترکیب آلاینده‌گی‌های زیاد و هوای نامطلوب ناشی می‌شود و هرچه وارد دوره‌ای از تغییرات اقلیمی می‌شویم، پیامدهای کیفیت هوا باید بهتر درک شود، هم به منظور مدیریت کیفیت هوا و هم به‌عنوان یکی از پیامدهای اجتماعی تغییرات اقلیمی (*Jacob and Winner, 2009: 51*).

۲-٤- کلانشهرها

شهرهای بزرگ از زمان‌های بسیار قدیم وجود داشته‌اند، اما شکل‌گیری کلانشهرها به مفهوم امروزی با ظهور فن‌آوری‌های مدرن حمل ونقل آغاز شده است. در زمان‌های گذشته در شهرهای پیشرفته روم تنها طبقه متوسط در حومه‌ها زندگی می‌کردند اما در طول دو قرن گذشته، پیشرفت‌های تکنولوژی‌های ریلی و انواع خودروها جمعیت بسیاری فرصت زندگی در حومه‌ها را پیدا کردند، بدین ترتیب به دلیل رشد صنایع در شهرها خیل جمعیت به این شهرها سرازیر شد و به مرور کلانشهرها یا متروپلیس‌ها شکل گرفتند (*Zimmermann,* ۲۰۰۷: ۱). کلانشهرها به موتورهای واقعی نوآوری، رشد اقتصادی و توسعه، و رشد شهرنشینی تبدیل شده‌اند. رشد شهرنشینی سبب بروز مشکلات بسیاری شده است و دولت‌ها محلی و ملی و کلانشهرها دیگر نمی‌توانند روند کار را کنترل کنند. به همین دلیل شهرنشینی می‌تواند به یک خطر جدی برای بشریت مبدل شود، و نابرابری‌های اجتماعی، فقر، امنیت و مشکلات زیست‌محیطی را افزایش دهد. در حقیقت، حاکمیت کلانشهرها موضوعی است که مورد اختلاف سیاسی قرار می‌گیرد و به مدل‌های حاکمیت موجود بین سطوح ملی و محلی وارد می‌شود. با بزرگ شدن شهرها، مناطق کلانشهری پیچیده‌تر می‌شوند، و نیاز به یافتن راه‌حل خاصی برای اداره آن واقعیت انکارناپذیر است (*Gomez-Alvarez et al, 201v:* ۱۱). مطالعات نشان می‌دهد که تا پایان قرن بیست و یکم روند شهرنشینی در سیاره زمین تکمیل خواهد شد. امروزه بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند. پیش‌بینی می‌شود این میزان تا سال ۲۱۰۰ به ۸۵ درصد برسد. ظرف ۱۵۰ سال، جمعیت شهری از کمتر از ۱ میلیارد در سال ۱۹۵۰ به ۹ میلیارد تا سال ۲۱۰۰ افزایش خواهد یافت. این دوره نه‌تنها با یک افزایش عمومی در جمعیت شهری بلکه با افزایش بزرگنمایی شهری مشخص می‌شود. در سال ۱۹۵۰، نیویورک و توکیو تنها جمعیت مسکونی شهری با بیش از ۱۰ میلیون نفر بودند. تا سال ۲۰۳۰، پیش‌بینی می‌شود که جمعیت شهرهای میلیونی به ٤۱ میلیون نفر برسد که هفت شهر بزرگ برتر جهان در آسیاد قرار دارند (*OECD,* ۲۰۱۵: ۱). این نقاط جمعیتی به دلیل تراکم بالا در برابر وقوع حوادث حساس‌تر خواهند شد. حوادثی که امروزه بر اثر تغییرات اقلیمی در بسیاری از نواحی شهری آمریکای لاتین و سایر نقاط جهان به وقوع پیوسته نمونه بارز این مسئله است. بنابراین مسئله مدیریت کلانشهرها در برابر حوادث بسیار اهمیت می‌یابد.

در ارتباط با اصل موضوع پژوهش، تحقیقات چندانی صورت نگرفته و موضوعاتی که در زیل به آنها اشاره شده از نظر هدف و موضوع دارای مشابهت‌های بیشتری با موضوع مطرح شده هستند:

مطالعات هودن و جانسون[1](۲۰۰۱)، در کشور استرالیا نشان داده که در طی ۵۰ سال گذشته در بعضی نقاط، مساحت اراضی مستعد برای کشت دیم کاهش یافته است. در پیش‌بینی مدلهای جهانی بدون تردید مناطق

[1]. *Howden and Jones*

مستعد از نظر کشت دیم در آینده استعداد خود را از دست می‌دهند. در این تحقیقات از پارامتر شاخص کمبود بارندگی استفاده گردیده و هر دو پارامتر تبخیر و تعرق و بارنگی، سهم یکسانی در نوسانات شاخص کمبود باندگی دارند. وانگ تیانمینگ[۱](۲۰۰۹)، با بررسی ارتباط گرمایش جهانی و تغییرات طوفان‌های گرد و غبار چین، به این نتیجه رسید که گرمایش جهانی، سبب کاهش شیب عرضی دما و در نتیجه، کاهش شدت باد می‌شود. پی و شیلانگ[۲](۲۰۱۶)، به تغییرات طولانی‌مدت مقادیر آلودگی هوا در شرایط وارونگی دمایی در سطح ایالات متحده آمریکا اشاره کرد. براساس نتایج این تحقیق، رویدادهای هواشناسی، مانند امواج گرما، دما و رکود اتمسفر (اینورژن)، می‌توانند به طور قابل توجهی کیفیت هوا را تحت تأثیر قرار دهند و باعث تشدید یا کاهش آلودگی هوا گردیده و همچنین، تغییرات فصلی می‌تواند در بروز یا عدم بروز اینورژن مؤثر باشد. چن و جینگ‌جینگ[۳](۲۰۱۷)، پژوهشی با عنوان بررسی اثرات ناگهانی فضایی آلودگی هوا در شهرهای چین هنگام وزش باد انجام دادند. در این پژوهش بر اساس اطلاعات شاخص‌های روزانه کیفیت هوا و اطلاعات هواشناسی در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ به بررسی اثرات ناگهانی، فضایی آلودگی هوا در شهرهای چین پرداخته شد. یافته‌ها نشان می‌دهند که سطوح بالای بارش باران و باد قوی می‌توانند آلودگی هوا را در شهرهای چین کاهش دهد. روشن و همکاران (۱۳۸۸)، به بررسی تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران پرداختند. نتایج پژوهش نشان می-دهد که اقلیم شهر تهران در دوره آلوده نسبت دوره‌های دیگر، از نوسان بیشتری برخوردار بوده و نوسانات اقلیم منطقه در دوررە آلوده به صورت افزایش دما، افزایش پتانسیل سیلاب‌خیزی و تغییر اقلیم بسوی وضعیتی گرم و مرطوبتر می‌باشد. نظریان و همکاران (۱۳۸٦)، پژوهشی با عنوان نقش مکان و مورفولوژی در کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از *GIS* و داده‌های ماهواره‌ای (*RS*)[۴]انجام دادند. نتایج به‌دست آمده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان‌دهنده پراکندگی میزان آلاینده در سطح شهر تهران با در نظر گرفتن جنبه‌های مورفولوژی شهر است.

۳-روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف جزء پژوهش‌های کاربردی بوده که در قالب توصیفی- تحلیلی صورت گرفته است. لذا جهت گردآوری اطلاعات پژوهش حاضر، از متون اسنادی و کتابخانه‌ای، مقالات، سایت‌های اینترنتی بهره گرفته شده است. لازم به ذکر است که این تحقیق با توجه به رویکرد مدیریتی آن به موضوع، اثرات تغییرات اقلیم بر آلودگی هوای کلانشهرها جزء اولین و به‌روزترین پژوهش‌های صورت گرفته می‌باشد.

2. Wang Tianming
3. Pi and Shillong
4. Chen and Jing-Jing
۵. Remote Sensing

٤-یافته‌های پژوهش

در بخش یافته به تأثیرات تغییرات اقلیم بر تشدید روند آلودگی هوا در کلانشهرها پرداخته شده است. همانطور که در مباحث قبل ذکر شد. کلانشهرها در جهان کنونی بزرگترین تراکم جمعیتی را در خود جای داده‌اند و در آینده رشد بیشتری نیز خواهند داشت، بنابراین هر تغییر و تحولی که در هر نقطه از جهان صورت بگیرد ابتدا شهرها را هدف قرار می‌دهد. تغییرات اقلیمی یکی از پیامدهای منفی رشد صنایع و جمعیت شهرنشین در قرن ۲۱ است که متاقباً کیفیت هوای کلانشهرها را تحت تأثیر خود قرار داده است. بنابراین، در ادامه مباحث به تأثیرات تغییرات اقلیم بر آلودگی هوا در کلانشهرها پرداخته شده است:

٤-١- گرمایش جهانی بر اثر تغییرات اقلیمی و افزایش آلودگی هوای کلانشهرها

یک سیستم طبیعی موسوم به "اثر گلخانه‌ای" دمای زمین را تنظیم می‌کند. درست همانطور که شیشه در گلخانه گرما را نگه می‌دارد، جو از طریق "گازهای گلخانه‌ای" با روش به دام انداختن گرما، گرمای خورشید را در نزدیکی سطح زمین قرار می‌دهد و سبب گرم شدن زمین می‌شود. بیشتر انرژی خورشید برای گرم کردن سطح زمین، اقیانوس‌ها و جو از جو عبور می‌کند. با این حال، به منظور حفظ تعادل انرژی جو، زمین گرم شده همچنین بخشی از انرژی گرمایی را به‌عنوان پرتوهای مادون قرمز باز می‌گرداند. با تابش این انرژی به سمت بالا، بیشتر در جو و ابرهای مولکول‌های گازهای گلخانه‌ای جذب می‌شوند. اینها مجدداً انرژی را را از تمام جهات به سطح و برخی را به سمت بالا بازتاب می‌دهند، جایی که سایر مولکول‌ها به سمت بالا می‌روند می‌توانند انرژی را دوباره جذب کنند. این روند جذب و انتشار مجدداً تکرار می‌شود تا اینکه سرانجام، انرژی از جو به فضا منتشر می‌شود (*Adedeji et al, 2014: 116*). به طور خلاصه می‌توان بیان کرد که فعالیت‌های انسانی "گازهای گلخانه‌ای" را در جو آزاد می‌کند. گازهای اصلی گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن، متان، منواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن هستند. گازهای گلخانه‌ای عامل تحریک‌پذیری مثبت هستند و قادر به ایجاد اختلال در تعال انرژی موجود در جو هستند. این گازها در جو جمع می‌شوند و اجازه می‌دهند تابش خورشید از آنها عبور کند، اما مقداری از گرمای تابیده شده از سطح زمین را به دام می‌اندازند. این امر که "اثر گلخانه‌ای" نامیده می‌شود با گذشت زمان افزایش یافته منجر به "گرمایش کره زمین" می‌شود ((*Riedy, 2016: 2*),(*Sivaramanan, 2015: 4*)). لذا در سالهای اخیر توجه زیادی به تأثیر تغییرات اقلیمی بر میزان آلودگی هوا در مراکز بزرگ جمعیتی شده است. مطالعات به خوبی نشان می‌دهد که ترکیب جو به دلیل تغییرات مرتبط با تغییرات اقلیمی تغییر می‌کند. براساس گزارش *IPCC*، برخی پارامترهای پارامترهای هواشناسی نیز به دلیل تغییراتی که در ترکیب جو ایجاد شده است، در آینده نیز تغییر خواهند کرد. یک افزایش دمای کلی، بسیاری از دیگر پارامترهای هواشناسی را تحت تأثیر قرار خواهد داد (*Hedegaard et al, 2008:* ۳۳۳۷). برخی، از سناریوهای مخاطره‌آمیزتر نیز سخن به میان می‌آوردند؛ که اگر افزایش دما تنها دو درجه باشد (این برآوردی محتاطانه است) شاهد پیامدهایی همچون طوفان‌ها و شرایط نامناسب جوی خواهیم بود (ریس،

۱۳۹۲: ۱۰۱-۱۰۲)، وقوع این طوفان‌ها در مناطق مختلف سبب افزایش ذرات معلق می‌شود. افزایش دمای شهرها سبب استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی برای وسایل سرمایشی می‌شود.

یکی از مهمترین آثار گرمایی گازهای گلخانه‌ای، بالا آمدن آب دریاها و اقیانوس‌هاست که به دلیل افزایش دمای اقیانوس‌ها و ذوب کلاهک‌های یخچالی و پوشش یخی سطح زمین رخ می‌دهد. این مسئله، مشکل‌های عدیده‌ای برای ساکنان مناطق ساحلی به ویژه در کشورهای درحال توسعه ایجاد می‌کند (*Pelling & Uittob,* ۲۰۰۱:٥٦). بدین ترتیب بسیاری از ساکنین نواحی ساحلی با بالا آمدن سطح آب دریاها وادار به مهاجرت به سایر نقاط شهری دور از نواحی خطر دریا می‌شوند. مطابق پژوهش انجمن بین‌المللی محیط زیست و توسعه، یک‌دهم مردم دنیا، یعنی حدود ٦٣٨ میلیون نفر در مناطق ساحلی و با ارتفاعی کمتر از ۱۰ متر بالاتر از سطح دریا سکونت دارند. حدود ۷۵ درصد این مردم در آسیا زندگی می‌کنند؛ برای مثال، ٤٦ درصد از جمعیت بنگلادش در مناطقی با ارتفاع کمتر از ۵ متر بالای سطح دریا سکونت دارند. پایتخت این کشور، داکا با حدود ۱۲/٦میلیون نفر جمعیت، یکی از آسیب‌پذیرترین شهرها در معرض امواج و توفان‌های دریایی است (*Busby,* ۲۰۰۷:۱۱۳). بنابراین جابه‌جایی این حجم جمعیت به نواحی بزرگ شهری سبب افزایش جمعیت شهرها و در نتیجه مصرف منابع انرژی و تولید بیشتر آلاینده‌های هوا در مراکز بزرگ شهری می‌گردد. وقوع سیل از دیگر پیامده‌های گرمایش جهانی است که این واقعه پس از مدتی بعد از وقوع حادثه سیل سبب انتشار انواع آلاینده-های هوا از جمله ذرات معلق ناشی از گل و لای حمل شده توسط سیلاب، آلاینده‌های سمی ناشی از حمل مواد شیمیایی و فاضلاب‌های صنایع و بیمارستانها، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از نشت لوله‌های انتقال سوخت و جایگاه‌های سوخت در نقاط مختلف شهر و انتشار سایر آلاینده‌های مضر دیگر به فضا می‌شود. بنابراین می‌توان گفت که ارتباط تنگاتنگ بین اقلیم و سلامت انسان و فعالیت‌های او، بررسی و دیده بانی رخدادهای جوی را ضروری می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۲۳). این موارد در کنار افزایش بیماری‌های پوستی، کاهش بارندگی، زیر آب رفتن سواحل (محیطی که انسانها در آن ساکن هستند) با افزایش سطح آب دریاها و... مخاطرات متعددی را برای انسان‌ها به وجود آورده و زمینه عدم امنیت و آرامش او را فراهم آورده است.

٤-۲- افزایش انتشار برخی از آلاینده‌های کلانشهرها بر اثر تغییرات اقلیمی

اقلیم عامل مهمی است که بر کیفیت هوا تأثیر می‌گذارد. انتشار آلاینده‌ها، حمل و نقل، پراکندگی، تبدیل شیمیایی و رسوب می‌تواند تحت تأثیر متغیرهای هواشناسی مانند رطوبت، دما، خصوصیات باد و اختلاط عمومی می‌باشد. به طور کلی انتظار می‌رود با تغییر تهویه هوا و رقیق‌سازی، بارش و سایر فرآیندهای حذف و شیمی جو تغییرات اقلیم باعث بدتر شدن کیفیت هوا در چندین مراکز پرجمعیت شود. کاهش کیفیت هوای کلانشهرها به طور مستقیم بر سلامت انسان تأثیر خواهد گذاشت. و اکوسیستم‌ها را به گونه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد که می‌تواند بر سلامت انسان و تأثیر اقلیم در یک حلقه بازخورد تأثیر بگذارد. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که

تغییرات اقلیم بر کیفیت هوا تأثیرگذار است. به‌عنونا مثال فانگ و همکاران[1] بیان می‌کنند که پیش از صنعتی شدن (۱۸۶۰ میلادی) غلظت $PM_{2.5}$، ۵ درصد بوده که این میزان در سال ۲۰۰۰ به دلیل تغییرات اقلیمی ۲ درصد افزایش یافته است. با روند رو به افزایش تغییرات اقلیمی تأثیرات آن بر کیفیت هوا در قرن حاضر افزایش داشته (*Orru et al, 2017: 1*). انتشار گازهای گلخانه‌ای ازن (O_3)[2] و ذرات معلق ($PM_{2.5}$)[3] تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارد. تغییرات اقلیمی همچنین ممکن است به طور غیرمستقیم با افزایش اقلیم اتش، طوفان گرد و غبار و تأثیر بر تولید و پراکندگی‌ها مانند گرده‌ها و... منابع طبیعی ذرات معلق را افزایش دهد (*Dean and Green, 2018: 1*).

٤-۲-۱- تأثیر تغییرات اقلیمی بر ازن

آلاینده ازن سطح زمین توسط واکنش‌های فتوشیمیایی پیچیده میان آلاینده‌های NO_X[4] و گازهای آلی فرار ($VOCs$)[5] در حضور نور خورشید و گرما تشکیل می‌شود (*Sanhueza, et al, 2003: 1449*). ازن در روزهای بدون ابر تشکیل می‌شود و میزان شکل‌گیری آن به دما و همچنین انتشار گازهای پیش‌ساز بستگی دارد (*Dean and Green, 2018: 2*). ازن از طریق تمیز کننده‌های هوا، لامپ‌های UV[6]، ماشین‌های فتوکپی و پرینترهای لیزری در محیط‌های بسته تولید و منتشر می‌شود ولی در اتمسفر به وسیله واکنشهای فتوشیمیای در حضور نور خورشید و آلاینده‌های پیش‌ساز نظیر اکسیدهای نیتروژن (NO_X) و ترکیبات آلی فرار ($VOCs$) به وجود می‌آید(*Sanhueza, et al, 2003: 1449*). امواج گرما برای تشکیل ازن بسیار مؤثر است. بنابراین، درک آنچه احتمالاً در اثر دما، پوشش ابر و انتشار گازهای گلخانه‌ای پیش می‌آید، برای پیش‌بینی در مورد ایجاد خطرات سلامتی در آینده ناشی از تغییرات ازن مهم است. مطالعات انجام شده توسط جیکوب و وینز[7] (۲۰۰۹)، نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی مدل شده باعث می‌شود در تابستان سطح ازن در بین قرن ۲۱ در سراسر آمریکای شمالی، اروپا و آسیا بین ppb[8] ۱ و ppb ۱۰ افزایش یابد و اثرات آن در مناطق کلانشهری (مناطق با آلودگی بیشتر)، قویتر باشد. حتی در سطوح پایین، قرار گرفتن در معرض ازن خطر مرگ و میر را افزایش می‌دهد، با افزایش ppb ۱۰ ازن میزان مرگ و میر ۰,۳ افزایش خواهد یافت. میزان پیش‌بینی شده ازن به عوامل مختلفی از قبیل مدل مورد استفاده، منطقه، سناریوی آب و هوا و انتشار و دوره زمانی بستگی دارد. در بعضی از مناطق که افزایش ابرها و کاهش انتشار آلاینده‌های پیش‌سازنده ازن به مقدار کم، پیش‌بینی می‌شود در آینده ممکن است کاهش یابد، زیرا ابرها اشعه ماوراء بنفش را کاهش می‌دهند و از این طریق تشکیل ازن را کاهش می‌دهند (*Dean and Green, 2018: 2*). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که اقلیم و تحولات آن در بزرگترین مراکز انتشار

---

6. Fang et al
7. Ozone
8. particulate matter
9 Nitrogen dioxide .
10. Volatile organic compound
11 . Ultraviolet
12. Jacob And Weins
13. Part Per Billion

آلاینده ازن یعنی کلانشهرها نقش مهمی در کاهش یا افزایش این آلاینده داشته و کیفیت هوای کلانشهرها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند.

٤-۲-۱- تأثیر تغییرات اقلیمی بر ذرات معلق

ذرات ریز (به شکل مجتمع در دامنه ۰,۱ تا ۲/۵ میکرون) معمولاً به واسطه واکنش‌های شیمیایی یا سایر فرایندهای نسبتاً آرام در اتمسفر شکل می‌گیرند. بنا براین، ذرات ریز معمولاً ذراتی هستند که به تازگی شکل نگرفته‌اند. شکل درشت ذرات می‌تواند به عنوان ذراتی با قطر بیشتر از ۲/۵ میکرومتر باشد که در نواحی شهری، معمولاً به حالت مکانیکی تولید و بوسیله مواد جاده‌ای، آستر قرمز و تایرها، کارهای سازه‌ای، گرد و غبار برخاسته توسط باد و اغتشاشات ترافیکی و فرآیندهای صنعتی تشکیل شده‌اند (عتابی، ۱۳۸۵: ۲). ذرات معلق در جریان تشکیل مه دودها[14] به اوج غلظت خود می‌رسند. مه دودهای زمستانی ناشی از تجمع آلاینده‌های موضعی در هوای سرد و ایستا است و مه دودهای تابستانی ناشی از واکنش نور خورشید با آلاینده‌ها است که همراه با تجمع غلظت بالایی از آلاینده ازن است (*Carlisle and Sharp, 2001: 218*). لذا ارتباط بین انتشار ذرات معلق و اقلیم یه مسئله اثبات شده است. در بسیاری از نقاط جهان ارتباط بین تغییرات آب و هوا و ذرات معلق پیچیده‌تر از رابطه بین تغییر اقلیم و ازن است، زیرا اجزای مختلف ذرات معلق با تغییر در متغیرهای هواشناسی به روش‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌گیرند. مطالعات نشان می‌دهد که متغیرهای اصلی هواشناسی که احتمالاً بر ذرات معلق اثر می‌گذارند، فراوانی بارش و عمق اختلاط است. ذرات معلق ممکن است در مناطقی که پیش‌بینی می‌شود بارش مکرر بیشتری را تجربه کنند کاهش یابد، چراکه بارش مهمترین پاک‌کننده مهم است، که با فراوانی بارش بیشتر رخ می‌دهد. اختلاط و جابه‌جایی جریان هوا در ایجاد و انتشار آلاینده‌های هوا تأثیرگذار می‌باشد. در مناطقی که پیش‌بینی می‌شود عمق اختلاط افزایش یابد، احتمالاً آلودگی هوا کاهش می‌یابد. اما متأسفان در مناطق بزرگ شهری به دلیل تراکم ساخت و سازها و ساختمانهای مرتفع جریان هوا بسیار کند شده یا اصلاً وجود ندارد در نتیجه جریان هوای سبب ورود آلاینده‌ها به مراکز شهری شده و به دلیل تراکم بالا در مراکز شهری متمرکز شده و خروج آنها با مشکل مواجه است. برخی از اجزای ذرات معلق تحت تأثیر دما قرار دارند. مطالعات حاکی از ارتباط مثبت بین آئروسلهای دما و سولفات است. از طرف دیگر، ارتباط منفی بین آئروسلهای دما و نیترات مشاهده شده است که درجه حرارت بالاتر باعث افزایش هوازدگی نیترات از طریق ذرات گازی می‌شود. این بدان معنی است که افزایش دما ممکن است باعث شود ذارت معلق در مناطقی که میزان انتشار NO_X زیاد است کاهش یابد. آئروسلهای ثانویه می‌توانند به شدت تحت تأثیر فرآیندهای ابر قرار بگیرند. برای مثال، مقدار آب مایع ناشی از ابر، همبستگی خطی قوی با توزیع فضایی آئروسلهای آلی، به‌ویژه در مناطق جنگلی دارد. این مسیر دیگری است از طریق آن تغییرات اقلیمی ممکن است ذرات معلق را تحت تأثیر قرار دهد (*Dean and Green, 2018: 2*).

[14]. *Smogs*

٤-٣- آتش‌سوزی جنگل‌ها ناشی از تغییرات و افزایش آلودگی هوای کلانشهرها

آتش‌سوزی بیشترین ارتباط را با تغییرات اقلیمی داشته و می‌تواند کیفیت هوا را تا پایان قرن به طور قابل توجهی کاهش دهد. البته منابع طبیعی دیگری همچون طوفان گرد و غبار و انتقال ذرات ریز هستند که تغییرات اقلیمی می‌تواند فرکانس آنها را افزایش دهد. به‌عنوان مثال، جیکوب و وین در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که به دلیل تغییرات اقلیمی میانگین غلظت $PM_{2.5}$ سالانه ۱ میکروگرم بر متر مکعب در ایالات متحده و اروپا تغییر می‌کند. $PM_{2.5}$ ناشی از آتش‌سوزی همچنین می‌تواند اقلیم را تحت تأثیر قرار دهدو دوده (کربن سیاه)، می‌تواند گرما را جذب کند و از این طریق دمای محلی را افزایش دهد (*Orru et al, 2017: 2*). از این‌رو، یکی از مهم‌ترین منابع ریسک طبیعی آتش‌سوزی ناشی از تغییرات اقلیمی است که بر اثر طوفان‌های شدید و رعد و برق به وقوع می‌پیوندد. آتش‌سوزی سبب خسارت و آسیب‌های زیادی به قسمت‌های مختلف جنگل و جانوران وحشی و اهلی و حتی انسان می‌گردد، ولی دارای اثرات مفید و سودمندی نیز می‌باشد که نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت (رستاد، ٥٦:١٣٨٧).به هر حال آتش‌سوزی‌های طبیعی کنترل نشده و آتش‌سوزی‌های تجویزی (کنترل شده) در بسیاری از مناطق جهان اتفاق می‌افتند. برآورد شده که سالیانه ۱۰۱۵ میلیون هکتار از جنگل‌های بورال و معتدل و سایر اراضی، ۲۰٤۰ میلیون هکتار از جنگل‌های همیشه سبزبارانی و بیش از ۵۰۰ میلیون هکتار از ساوانای استوایی و نیمه استوایی، درختزارها و جنگل‌های تنک مورد حمله آتش‌سوزی قرار می‌گیرند. حدود ۸۰درصد از بیوماس در مناطق استوایی می‌سوزند که حدود نصف آن به دلیل تبدیل به اراضی جنگلی و استفاده از چوب سوخت است. سوزاندن بیوماس یک فعالیت معمول در مناطق استوایی و نیمه استوایی است. در آفریقا در تمام طول سال در بسیاری از مناطق دیگر جهان در فصل خشک انجام می‌شود. میزان کربن عالی خاک دو برابر کربن جو و دو تا سه برابر کربن موجود در برابر موجودات زنده روی اکوسیستم‌های خشکی زمین است (*Gonzalezperez et al ,2004:860*). اما مدیریت آتش‌سوزی و گروه‌های علمی در سال‌های اخیر در ایالات متحده افزایش یافته و تحقیقات نشان می‌دهد فعالیت‌ها باید بر بررسی وضعیت اقلیم در قرن ۱۹ ،۲۰ و ۲۱ کاربری زمین، چرای دام، بهره‌برداری و اطفای حریق متمرکز شود. از این‌رو نتایج نشان می‌دهد با گرم‌شدن زودتر هوا در بهار و آب شدن برف‌ها و فرارسیدن زود هنگام تابستان و خشک‌تر شدن هوا طول فصل آتش‌سوزی زیاد شده و فرصت بیشتری برای افروزش خواهد داشت. محققان بیان می‌کنند که آتش‌سوزی‌های مکرر سبب تغییر در ترکیب جنگل شده و همچنین از سوی دیگر سبب افزایش دی‌اکسید کربن جو می‌شود که مقدار دی‌اکسید کربن اضافی در جو سبب گرم‌تر شدن اقلیم و افزایش مشکلات ناشی از آتش‌سوزی می‌شوند. بنابراین ما هم‌اکنون با دو مشکل اساسی تغییر جنگل‌ها و تغییر اقلیم مواجه هستیم (*Jensen et al, 2006: 78*). در زمان کنونی بسیاری از مراکز بزرگ شهری در نواحی جنگلی و یا نزدیک به نواحی جنگای توسعه پیدا کرده‌اند. بنابراین آتش‌سوزی جنگل‌های را می‌توان به‌عنوان یکی از مهمترین پیامدهای تغییرات اقلیمی که در تشدید آلاینده‌های هوای کلانشهرها مؤثرند برشمرد.

٤-٤- مهاجرت و افزایش آلودگی هوای کلانشهرها

مهاجرت واکنش کسانی است که معیشت‌شان متأثر از تغییرات اقلیم نابود شده است. متأثر از این فشارها ناگزیر از تصمیم به مهاجرت هستند. در عین حال ممکن است زمینه تشدید جنبش‌های (اعتراضی) مردم در جوامع میزبان شوند (*Barnett & Neil, 2007: 643* برگرفته از کاویانی راد، ۱۳۹۰: ۹٦). از این‌رو می‌توان به آن پناهندگی تغییر اقلیم هم گفت زیرا ایده‌ی پناهنده اقلیمی یا پناهندگی تغییر اقلیم نسبتاً جدید می‌باشد. علیرغم مهاجرت‌های بین‌المللی که تحت تأثیر عوامل محیطی در تاریخ زندگی بشر انجام شده است، اولین مباحث معنی‌دار و قابل توجه در ارتباط با پناهندگان تغییر اقلیم از سال ۱۹۹۰ آغاز شده است و این مباحث بیشتر توسط دانشمندان اقلیم‌شناسی و پژوهشگران مرتبط با تغییرات اقلیمی مطرح گردیده است (*McAdam, 2012:* ٦٦ برگرفته از ابراهیم‌زاده و اسمعیل‌نژاد، ۱۳۹٦: ۲). یکی از مهم‌ترین و ابتدایی‌ترین مطالعات، بررسی جابجایی جمعیت و مهاجرت در جزایر تیوالو یا کیریباتی[1] است که به علت تغییرات اقلیمی انجام گرفته است (*Crepeau et al, 2006: 109* برگرفته از همان، ۲). تغییرات آب و هوایی و تخریب محیط‌زیست تأثیر قابل توجهی در جابجایی مردم سراسر جهان داشته است. چگونگه بسیاری از مردم به دلیل تغییر آب و هوا مجبور به مهاجرت می‌شوند؟ در آینده انسان‌ها چه پاسخی به تغییر رفتار آب و هوا خواهند داشت؟ پاسخ جامعه بین‌المللی به این چالش چه می‌باشد. همه این سؤالات از جمله چالش‌هایی است که امروزه شکل گرفته است. واکنش افراد در پاسخ به تغییرات اقلیم متفاوت می‌باشد، نقش شرایط محیطی، اقتصادی اجتماعی و سیاسی در آن رابطه اهمیت دارد. در نگاهی دیگر تغییرات آب و هوایی نیز گاهی به صورت تغییرات شدید و آنی بروز می‌کند و زمانی دارای فرایند بلندمدتی است و در یک مدار زمانی طولانی اتفاق می‌افتد (همان، ۲). بنابراین برآوردهای مختلفی از میزان پناهندگی اقلیمی انجام گرفته است، در سال ۲۰۰۹ مهاجران ۱۵ میلیون و در سال ۲۰۱۳ بالغ بر ۳۸ میلیون پناهنده برآورده شده‌اند (*IOM, 2013: 26*). مطالعات نشان داده که بیشترین مهاجرت‌ها به کشورهای پیشرفته ایالات متحده و کشورهای آمریکای شمالی، جنوب شرق آسیا اروپا صورت گرفته است. مقصد مهاجرانی که در مبدأ به دلیل تغییرات اقلیمی فاقد شغل می‌باشند، عمدتاً کلانشهرهایی است که فرصت‌های تحصیل و اشتغال و رفاه را برای ساکنان خود فراهم می‌نمایند. بنابراین جمعیت مهاجر به شهرها سبب افزایش مصرف منابع و سوخت‌ها و تراکم‌های بالای مسکونی در کلانشهرها شده و افزایش میزان آلودگی هوا را در این نقاط موجب می‌شوند. بنابراین مهاجرت ناشی از تغییرات اقلیمی عامل مهمی در افزایش آلودگی هوا در شهرهای بزرگ است.

٤-٥- افزایش جمعیت و افزایش آلودگی هوا در کلانشهرها

در قرن بیست و یکم، جمعیت جهان با سرعت هر چه بیشتر رو به افزایش است و هم زمان با آن شهرنشینی متراکم‌ترین و انبوه‌ترین دوران خود را آغاز کرده است. در آغاز این قرن، جمعیت جهان از مرز شش میلیارد

[1]. *Tuvalu or Kiribati*

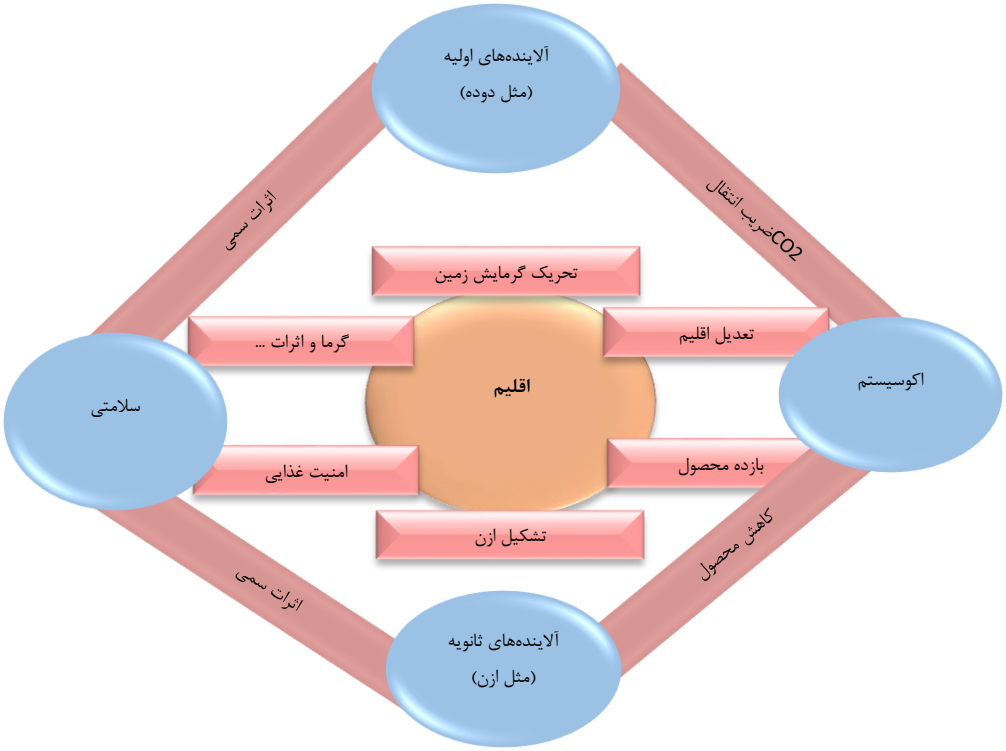
نفر فراتر رفته و هر چه بیشتر در نقاط شهری متمرکز شده است. این در حالی است که این روند، سهم برابری میان کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته را شامل نشده و تقریباً نزدیک به ۹۰ درصد جمعیت شهرنشین به مناطق شهری کشورهای در حال توسعه تعلق دارد (*Un-habital ,2003:25*). واقعیت این است که افزایش چشمگیر جمعیت شهری در سال‌های اخیر و تمرکز و فشار نقطه‌ای به همراه گسترش شیوه‌های زندگی ضد محیط‌زیست پیامدهای زیان باری برای محیط‌های شهری در پی داشته است. تداوم این‌گونه رشد شهرنشینی بحران آفرین بوده و هشداری برای ناپایداری شهرنشینی به روال کنونی است (صرافی،۳:۱۳۸۱). همانطور که در مطالب پیشین ذکر گردید از مهمترین دلایل افزایش جمعیت شهرهای مهاجرت از نواحی روستایی و شهرها کوچک و مناطقی است که به علت تغییرات اقلیمی فرصت‌های شغلی خود را از دست داده‌اند. جمعیت وارد شده به شهرها بدون هیچ‌گونه برنامه‌ریزی صورت می‌پذیرد و این مسئله بروز انواع مشکلات از جمله آلودگی هوای شهرها را در پی دارد.

تغییرات اقلیمی جهان قرن ۲۱ را با چنان تحولاتی روبه‌رو کرده که راه‌حل‌های اندیشیده شده برای حل این بحران هنوز به نتیجه‌ای مطلوب دست نیافته است. در نهایت می‌توان گفت که افزایش جمعیت کلانشهرها در نتیجه تغییرات اقلیمی سبب افزایش آلاینده‌های هوای این مناطق می‌شود. افزایش آلاینده‌های هوا در شهرهای بزرگ نیز پیامده‌های به شرح زیل را موجب می‌گردد:

٤-٥-١-به خطر افتاد سلامتی انسان ساکن در کلانشهرها بر اثر تغییرات اقلیمی

اقلیم می‌تواند بر کیفیت هوا تأثیر بگذارد، کیفیت هوا می‌تواند بر تغییرات اقلیمی تأثیر بگذارد و هر دو به طور مستقیم یا غیرمستقیم می‌توانند بر سلامتی تأثیر بگذارند. دو اثر مهم تغییر اقلیم بر کیفیت هوا، تخریب فرآینده-های حذف آلاینده‌ها (پراکندگی، بارش) و تقویت شیمیایی جو است. اینها بر آلاینده‌های اصلی (مانند ذرات دوده) و ثانویه (مانند ذرات ازن و سولفات) تأثیر می‌گذارد. غلظت $PM_{2.5}$ از منابع انسانی می‌تواند ناشی از تغییر در انتشار گازهای خروجی پیشرو، در هواشناسی و در رفتار فیزیکی و شیمیایی ذرات موجود در جو باشد. علاوه بر انتشار گازهای گلخانه‌ای، اقلیم آینده، انتشار آلاینده‌های آلی ناپایدار ($BVOC_S$) را به علت دماهای بالاتر و تغییر سوخت گیاهی، تغییر خواهد داد؛ این امر می‌تواند ذرات ارگانیک ثانویه را تغییر دهد که منجر به تغییراتی در سطح ذرات ثانویه می‌شود. در هر صورت تعامل بین کیفیت هوا و سلامتی مستقیم و غیرمستقیم است. اول، ذرات، به‌ویژه ناشی از احتراق می‌توانند مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و ریوی، تعداد افراد بستری در بیمارستان به دلیل مشکلات تنفسی (آسم، بونشیت مزمن و ...) را افزایش دهد. شواهد اخیر از ارتباط بین دیابت، بیماریهای روماتیسمی، عملکرد شناختی و بیماری‌های عصبی حاکی می‌کند. علاوه براین، گازهایی مانند ازن به‌عنوان یک آلاینده ثانویه بر مرگ و میر، گردش خون و تنفس و همچنین بیماری‌های مزمن تنفسی مانند آسم تأثیر می‌گذارد. مطالعات نشان داده که غلظت بالای ازن بر تولد نوزادان نارس، کاهش باروری و کاهش ضریب هوشی مؤثر بوده است (*Orru et al, 2017: 2*). آسیب جدی مغزی مثل عقب ماندگی

ذهنی، اختلالات رفتاری، مشکلات حافظه و تغییرات خلقی، اختلال در نمو عصبی کودکان، افزایش فشار خون در بزرگسالان (ملکوتیان و خاشی، ۱۳۹۳: ۲)، تضعیف سیستم ایمنی بدن و به دنبال آن کاهش مقاومت طبیعی بدن در مقابل بیماری‌ها و بی‌اثر شدن عمل واکسیناسیون بیماری‌هایی مانند دیفتری و سل، ناباروری، بیماری‌های نقص ایمنی اکتسابی، ابتلا به بیماری‌های انگلی و ویروسی، تکامل بعضی از ویروس‌ها، از جمله *HIV*[۱] (انتشاری و همکاران، ۱۳۹۳: ٦)، آسیب به دستگاه تنفسی، ایجاد کربوکسی هموگلوبین (*Shokrzadeh et al., 2013: 89*)، اختلال در بویایی، بیحالی، خستگی، ناراحتی‌های حفره بینی، تحریک گلو، چشم، ناراحتی‌های اعصاب، گشادی مردمک چشم (فلیحی، ۱۳۹۳: ۲) و... از دیگر آیب‌های وارده به انسان بر اثر قرارگیری در معرض انواع آلاینده-های هواست. این مسائل در کلانشهرها به دلیل تمرکز بالای آلاینده‌های هوا بیشتر بوده و همانطور که پیش‌تر بیان شد تغییرات اقلیمی عامل مهم تشدید این آلاینده‌ها بوده و زمینه بروز حوادث آلوده‌ساز را فراهم می‌کند.



شکل ۱- اثرات متقابل کیفیت هوا و اقلیم و اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر سلامتی (*Orru et al, 2017: 2*)

٤-٥-٢- وارونگی در کلانشهرها به‌عنوان یک پیامد تغییرات اقلیمی

در حالت طبیعی دما از سطح زمین به طرف بالا کاهش می‌یابد و مقدار میانگین این کاهش ٦ درجه سانتی‌گراد در هر کیلومتر می‌باشد. گاهی اوقات این حالت طبیعی به دلایل مختلف به هم خورده و دما با افزایش ارتفاع

[۱]. *Human Immunodeficiency Virus*

کاهش پیدا نکرده و بعضاً افزایش می‌یابد به این حالت از جو وارونگی دمایی (اینورژن) می‌گویند (کیخسروی و لشکری، ۱۳۹۳: ۲۳۲). وارونگی دما که یک وضعیت افزایش دمای هوا به همراه افزایش ارتفاع است، معمولاً به‌عنوان یک پدیده منفی در نظر گرفته می‌شود که به بروز سرمازدگی ناگهانی زمین، مه و افزایش غلظت آلودگی هوا کمک می‌کند (*Palarz and Celinski-Myslaw, 2017: 629*). عوامل مختلفی سبب بروز وارونگی هوا می‌شوند که از نظر کیفیت هوا و ایستابی آن، تنها دو عامل اهمیت دارند. اولین عامل بازتاب انرژی گرمایی سطح زمین در شب‌های صاف است، که از آن به‌عنوان وارونگی تابشی نام برده می‌شود. دومین عامل وارونگی دما را وارونگی فرونشینی می‌نامند؛ در این حالت فشار وارد شده از لایه‌های بالایی بر لایه زیر زمین سبب فشرده شدن و در نتیجه گرم شدن آن لایه می‌شود. انواع دیگری از وارونگی دما در طبیعت رخ می‌دهد که می‌توان وارونگی جبهه‌ای را نام برد، که در هنگام عبور یک توده هوای سرد زیر یک توده هوای گرم به وجود می‌اید در این صورت توده هوای گرم به‌وسیله توده هوای سرد به سطوح بالاتر جو رانده می‌شود. وارونگی جبهه‌ای زودگذر است و از عمر کوتاهی برخوردار است. وارونگی تابشی در شب‌های فصل سرد در نزدیکی زمین در ارتفاع پایین‌تر از ۱۵۰۰ متر رخ می‌دهد و چند ساعت طول می‌کشد و سبب افزایش غلظت آلاینده‌های هوا به‌ویژه منواکسید کربن می‌شود (محمدی ۱۳۹۶: ۲۱۲).

مناطقی که شکل مقعر دارند و غلظت آلاینده‌ها در آنها بالاست، مناطق مستعد وقوع وارونگی هستند. تاکنون، مسأله تغییرپذیری فصلی در غلظت‌های آلاینده‌های هوا و شرایط جوی آنها در مناطقی با لندفرم‌های مقعر در ابتدا در رابطه با مناطق شهری بسیار بزرگ آمریکای شمالی مطرح شده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که، صرف نظر از موقعیت مکانی، توزیع غلظت آلاینده‌های هوا، از جمله ذرات، بیش از همه با تغییرات فصلی به اوج‌گیری وارونگی در فصل سرد نقش دارند. این مسئله بیشتر با تداوم طولانی‌مدت لایه‌های بازدارندگی مرتبط بوده که وقوع سیستم‌های گسترده فشار بالا را موجب می‌شود. بروز سیستم‌های فشار قوی که باعث محدود شدن حرکت هوا می‌شوند، یک عامل مهم است که منجر به وخامت حالات هوایی و همچنین در مناطقی با تنوع زیستس کمتر می‌شود (*Palarz & Celinski-Myslaw, 2017: 629*). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ساختار شهرها و غلظت آلاینده‌ها دو عامل مهم وارونگی هستند که این عوامل خود نتیجه تغییرات اقلیمی شکل گرفته می‌باشند. لذا موضوع وارونگی، یک موضوع مهم در بحث تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر آلودگی کلانشهرها است.

٤-٥-٣- شکل‌گیری جزایر حرارتی در کلانشهرها

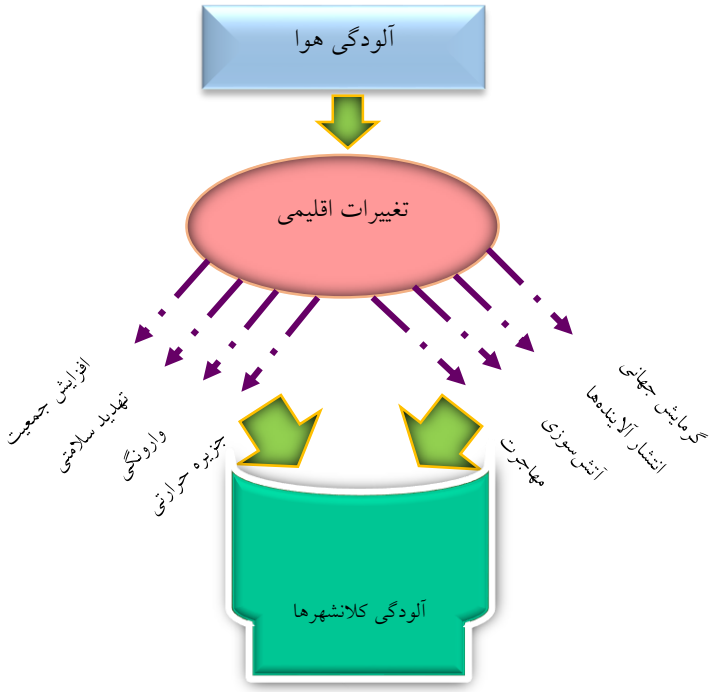
اقلیم شهری به شدت تحت تأثیر فرآیندهای ناشی از کا و زندگی شهری قرار دارد. گسترش شهرها و به دنبال آن افزایش ساخت و سازهای انسانی باعث به وجود آمدن تغییراتی در اقلیم شهری شده است. افزایش درجه حرارت شهرها نسبت به اطراف یکی از اثراتی است که به دخالت مستقیم انسان‌ها مرتبط است. غالباً شهرها به واسطه اقلیم خاصی که نسبت به حومه خود دارند، دارای اقلیم ویژه‌ای هستند که به آن اقلیم شهری اطلاق

می‌شود. از معضلاتی که امروزه بیشتر شهرهای بزرگ با آن مواجه هستند، جزیره حرارتی شهری (*UHI*) است. تفاوت درجه حرارت بین مناطق شهر نسبت به مناطق روستایی را جزایر حرارتی شهری می‌گویند (علیجانی و همکاران، ۱۳۹٦: ۱۰۰). به طور کلی جزیره حرارتی پیامد رشد سریع و بدون برنامه‌ریزی مناطق شهری است که این رشد تند سبب کاهش آلبدوی سطوح شهری، افزایش جرم پوشش‌های سطحی در واحد مساحت، افزایش گرمای انسان‌ساخت ناشی از فعالیت‌های انسانی و کاهش سطوح تبخیرکننده و تغییر در معادلات بیان انرژی و رطوبت شهری می‌شود. کاهش رطوبت در نواحی شهری نسبت بوون (نسبت شار گرمای محسوس به گرمای نهان) را دچار تغییر می‌کند و به افزایش دمای محسوس منجر می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۵). تأثیر جزیره گرمایی شهر بارزترین مثال و بهترین گواه از جرح و تعدیل‌های ناخواسته اقلیمی است. شکل دقیق و اندازه این پدیده که حاصل ویژگی‌های هواشناختی محلی و شهری است، در زمان‌ها و مکان‌های مختلف متفاوت است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱: ٥٦). گرچه تأثیر جزیره گرمایی با توجه به گرمایش جهانی از نظر اهمیت در مرتبه دوم قرار می‌گیرد؛ اما پژوهش‌های بسیاری مؤید این مطلب‌اند که این مسئله در مقیاس خرده اقلیم همان منطقه غیر قابل صرف‌نظر و بسیار چشمگیر است. برای مثال در بین سال‌های ۱۹۰۱ تا ۱۹۸٤ در شمال آمریکا، تفاوت دما، بین شهری با جمعیت بیش از صدهزار نفر و مناطق روستایی مجار آن حدود ۰,۱ درجه سانتیگراد در هر ده سال بوده است (غضنفری مقدم و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۵۹).

۵-نتیجه‌گیری

شهرنشینی یکی از روندهای مهم تحولات اقتصادی و اجتماعی قرن بیستم به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه بوده است. در قرن بیست و یکم، جمعیت جهان با سرعت هرچه بیشتر رو به افزایش است و هم‌زمان با آن شهرنشینی متراکم‌ترین و انبوه‌ترین دوران خود را آغاز کرده است. افزایش جمعیت و رشد فزاینده شهرها، مناطق مسکونی و صنعتی، اراضی کشاورزی و پوشش طبیعی زیادی را به کام خود فرو می‌برد. این مسئله موجب بروز مشکلاتی در زمینه نیازهای آینده بشر می‌شود. دهه‌ی آخر قرن بیستم میلادی، در حالی به پایان رسید که جامعه بشری به شدت، درگیر مسائل و مشکلات زیست‌محیطی و افزایش گسترده انتشار آلاینده‌های هوا به دلیل رشد اقتصادی و صنعتی و رشد جمعیتی بوده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه CO_2، در جو زمین، کره زمین را به صورت زمینی گرم کرده است و باعث ایجاد امواج گرمای شدید و طولانی‌تر، تغییرپذیری دما، آلودگی هوا، سلامتی تنفسی در معرض خطر، آتش‌سوزی جنگل، خشکسالی و سیلاب شده است. بنابراین، می‌توان گفت از مهمترین موضوعاتی که امروزه در ارتباط با اقلیم مطرح است بحث مربوط به توسعه شهرنشینی و آلودگی هوای شهری به‌ویژه در کلانشهرها و متعاقب آن اقلیم شهرها می‌باشد. بنابراین، یکی از چالش‌های قرن ۲۱ میلادی موضوع نوسانات و تغییرات اقلیمی است. لذا در این پژوهش با استفاده از روش‌های توصیفی تحلیلی و با استناد به منابع به طرق مختلف تلاش شده تا به تأثیرات تحولات اقلیمی صورت گرفته بر کلانشهرها پرداخته شود. تغییرات اقلیمی خود یکی از نتایج افزایش انتشار

آلاینده‌های در مناطق کلانشهری است که در حال حاضر تمام جوانب زندگی بشر را تحت شعاع خود قرار داده است. در عین حال تغییرات اقلیمی شکل گرفته خود نیز می‌تواند از طرق مختلف در افزایش انتشار آلاینده‌های هوای کلانشهرها تأثیر بگذارد. البته این مسئله به طور کاملاً دقیق از تمام جوانب مورد بررسی قرار نگرفته و نیاز به یک بررسی همه‌جانبه و دقیق‌تر در این زمینه احساس می‌شود. در عوض برخی مطالعات و شواهد صورت گرفته از تأثیر تغییرات اقیلی در نوسانات آلاینده‌ها در مناطق شهری حکایت می‌کند که می‌تواند آینده سلامت شهرها را بیش از پیش به خطر بی‌اندازد. تغییرات اقلیمی می‌تواند از طریق؛ گرمایش جهانی، تشدید انتشار برخی از آلاینده‌های اصلی مثل ازن و ذرات معلق، آتش‌سوزی جنگل‌ها، مهاجرت، افزایش جمعیت کلانشهرها، تهدیدات سلامتی انسان شهر نشین، وارونگی و ایجاد جزایر حرارتی بر کیفیت هوای کلانشهرها تأثیر بگذارد.



شکل ۲- تأثیرات متقابل آلودگی هوا و تغییرات اقلیمی در کلانشهرها

منابع

۱. **احمدی آسور، اکبر، و احمد اله آبادی، (۱۳۹۲)، سنجش میزان آلاینده‌های هوا در شهر سبزوار، مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، دوره۱۸، شماره ۲، ۱۳۹ – ۱۴۷.**

۲. احمدی، محمود، عاشورلو، داوود و نارنگی‌فرد، مهدی، (۱۳۹۱)، تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده *TM&ETM*، مجله سنجش از دور و *GIS* ایران، سال چهارم، شماره چهارم، صص ۶۸-۵۵.

۳. احمدی، مسیب، (۱۳۹۶)، پهنه‌بندی اقلیم آسایش استان لرستان با استفاده از *GIS* در شرایط تغییر اقلیم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان.

٤. اسدالهی جهرمی، سید مهدی، (۱۳۹۵)، بررسی تغییرات منابع آب و تأثیر آن بر تغییر اقلیم در منطقه پارس جنوبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی عمران مدیریت منابع آب، گروه عمران، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی.

۵. ابراهیم‌زاده، عیسی؛ و مرتضی اسماعیل‌نژاد، (۱۳۹۶)، پناهندگی اقلیمی چالش آینده‌ی تحولات منطقه-ای مطالعه موردی: خراسان جنوبی، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ٤٨: ۱۸-۱.

٦. انتشاری، مریم، و عزیزی، غزال، و باقری، سارا، و امام بخش، مریم، (۱۳۹۳)، تخریب لایه ازن و اثرات آن بر محیط زیست و انسان، کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، ص ۹-۱.

۷. باکلی، هریت و پیتر نیول، (۱۳۹٦)، حکمروایی تغییر آب و هوا، ترجمه محمدکاظم شمس پویا، علی محمدنژاد، علی اصغر لشگری و آرش قربانی سپهر، چاپ اول. انتشارات پاپلی، مشهد.

۸. ریس، مارتین، (۱۳۹۲)، قرن آخر، ترجمه حسین داوری، مؤسسه انتشارات کتاب نشر، تهران.

۹. رستاد، هدیه، (۱۳۸۸)، بررسی اثر آتش سوزی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تجدید حیات در توده های جنگل کاری شده سوزنی برگ در جنگل های استان گیلان، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جنگلداری، دانشگاه گیلان. به راهنمایی دکتر علی صالحی.

۱۰. روشن، غلامرضا، خوش اخلاق، فرامرز، نگهبان، سعید و میرتوکلی، جعفر، (۱۳۸۸)، تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهری تهران. مجله علوم محیطی، سال هفتم، شماره اول، صص ۱۹۲-۱۷۳.

۱۱. حسین‌آبادی، سعید، (۱۳۹۲)، مطالعه تأثیرات آلودگی هوا بر گیاهان زراعی یونجه (*Medicago*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) از منطقه صنعتی پالایشگاه شازند. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اراک.

۱۲. خبری، زهرا، (۱۳۹۳)، توسعه مدل پخش آلودگی هوا (*AERMOD*) در نرم‌افزار *MATLAB*، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد.

۱۳. شکرزاده‌فرد، الهام، (۱۳۹۳)، کاربرد روش *ELECTRE* در سطح‌بندی پتانسیل تراکم آلاینده‌های هوا در سطح شهر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیایی طبیعی گرایش آب و هوا، گروه آموزشی جغرافیایی طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی.

۱٤. شکویی، حسین، (۱۳۸۵)، محیط‌زیست شهری، انتشارات مؤسسه تحقیقات اجتماعی و علوم انسانی، تبریز.

۱۵. صالحی، بنفشه، (۱۳۹۰)، پهنه‌بندی آلودگی هوای شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اصفهان.

۱٦. صرافی، مظفر، (۱۳۸۱)، مهاجرت داخلی و مسئله مدیریت شهری، با تاکید بر شرایط ایران، فصلنامه مدیریت شهری، سال سوم، شماره ۱۰، صص ۱۵-٦.

۱۷. کاویانی‌راد، مراد، (۱۳۹۰)، پردازش مفهوم امنیت زیست محیطی (رابطه امنیت و اکولوژی). فصلنامه ژئوپلیتیک، ۷(۳): ۸۰-۱۰۰.

۱۸. عقلمند، فریبا، (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر پارامترهای جوی بر پتانسیل آلودگی هوای شهر تبریز، گروه آب و هواشناسی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز.

۱۹. عزیزی، قاسم و همکاران، (۱۳۹۱)، تحلیل آماری- همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، مجله محیط شناسی، ۳۸(۳): ۱۲۳-۱۳٤.

۲۰. عزیزی، قاسم، شمسی‌پور، علی‌اکبر، مهدیان ماه‌فروزی، مجتبی و میری، مرتضی، (۱۳۹۲)، تأثیرپذیری شدت جزیره گرمایی شهری تهران از الگوی همدیدی جو، مجله محیط‌شناسی، دوره ۳۹، شماره ٤، صص ٦٦-۵۵.

۲۱. علیجانی، بهلول، طلابی نژاد، میثم و صیادی، فریبا، (۱۳۹٦)، محاسبه شدت جزیره حرارتی براساس هندسه شهری مورد مطالعه: محله کوچه‌باغ شهر تبریز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۱۱۲-۹۹.

۲۲. عتابی، فریده، و عباسپور، مجید، و کرباسی، عبدالرضا، و حاجی سید میرزاحسینی، سید علیرضا، (۱۳۸۵)، مدل سازی انتشارات ذرات معلق با بکارگیری مدل *ADMS – URBAN*، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۹، شماره ۱، ص ۱ — ۱۵.

۲۳. غضنفری مقدم، محمدصادق، علیزاده، امین، ناصری مقدم، مهیار و فرید حسینی، علیرضا، (۱۳۸۹)، بررسی اثر جزیره گرمایی شهری بر روند تغییرات ریزش‌های جوی مشهد، نشریه آب و خاک (علوم وصنایع کشاورزی)، جلد ۲٤، شماره ۲، خرداد و تیر ۱۳۸۹، صص ۳٦٦-۳۵۹.

۲٤. فلیحی، رجبعلی، (۱۳۹۳)، بررسی شیمیایی و بیوشیمیایی آلاینده‌های اصلی هوای محیط زیست، دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، همدان دانشگاه شهید مفتح.

۲۵. کیخسروی، قاسم و لشکری، حسن، (۱۳۹۳)، تحلیل رابطه بین ضخامت و ارتفاع وارونگی و شدت آلودگی هوا در شهر تهران، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ٤۹، صص ۲۵۷-۲۳۱.

۲٦. منصوری، طیبه و همکاران، (۱۳۹٤)، عوامل ایجادکننده تغییر اقلیم با تأکید بر بحران آب و راهکارهای مقابله با آن، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی علوم و مهندسی، ٦-۱.

۲۷. محمدی، حسین، (۱۳۹٦)، چرا دانش مخاطرات (وارونگی دمای شهر تهران)؟، مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)، دوره ٤، شماره ۳، صص ۲۱۳-۲۱۱.

۲۸. ملکوتیان، محمد، و خاشی، زهرا، (۱۳۹۳)، بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس در منابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان، فصلنامه علوم پزشکی شهید بهشتی، دوره دوم، شماره ۱، ص ۱ – ۹.

۲۹. ولایتی، سعدالله و کدیور، علی اصغر، (۱۳۸۵)، چالش های زیست محیطی جنگل ها و مراتع ایران و پیامدهای آن، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره هفتم، صص ۷۲-۵۳.

۳۰. نظریان، اصغر، و ضیائیان فیروزآبادی، پرویز، و جنگی، علی اکبر، (۱۳۸٦)، بررسی نقش مکان و مورفولوژی در کیفیت هوای شهر تهران با استفاده از *GIS* و داده‌های ماهواره‌ای (*RS*)، مجله پژوهش-های جغرافیایی، شماره ٦۱، ص ۱۷ – ۳۰.

31. *Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. (2014). Global climate change. Journal of Geoscience and Environment Protection, 2(02), 114.*
32. *Busby, J. W. 2007. Climate Change and National Security, an Agenda for Action, CSR NO. 32, November, Council on Foreign Relation.*
33. *Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B. (2006). The Geography of Transport Systems. Hofstra University, Department of Economics & Geography.*
34. *Couture, T., Busch, H., Hansen, T., & Leidreiter, A. (2019). REN21-Renewables in Cities 2019 Global Status Report-Preliminary Findings.*
35. *Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C. (2001). Exercise and outdoor ambient air pollution. British journal of sports medicine, 35(4), 214-222.*
36. *Chen, X., & Ye, J. (2017, June). When the wind blows: spatial spillover effects of urban air pollution. In 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois (No. 258256). Agricultural and Applied Economics Association.*
37. *Damato, G., Pawankar, R., Vitale, C., Lanza, M., Molino, A., Stanziola, A., & D'amato, M. (2016). Climate change and air pollution: effects on respiratory allergy. Allergy, asthma & immunology research, 8(5), 391-395.*
38. *IPCC, 2007. Synthesis Report 2007: AR4, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.*
39. *International Organization for Migration (IOM), 2010. Assessing the Evidence: Environment, Climate Change and Migration in Bangladesh (Dhaka: IOM), 26.*
40. *Hulme, M., Barrow, E. M., Arnell, N. W., Harrison, P. A., Johns, T. C., & Downing, T. E. (1999). Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. Nature, 397(6721), 688.*
41. *Hou, P., & Wu, S. (2016). Long-term changes in extreme air pollution meteorology and the implications for air quality. Scientific reports, 6, 23792.*
42. *Howden, M., & Jones, R. (2001). Costs and benefits of CO2 increase and climate change on the Australian wheat industry. Australian Greenhouse Office.*

43. *Riedy, ch. (2016). Climate Change. https://www.researchgate.net/publication/311301385_Climate_Change.*
44. *Zare Ernani, M. and D. Gabriels. (2006). Detection of land cover changes using Landsat MSS, ETM+ sensors in Yazd-Ardakan basin, Iran. Proc. of Agro Environ. PP. 414-518.*
45. *Zimmermann, Ulf. (2007). Metropolitan Governance. https://www.researchgate.net.*
46. *UN-HABITAL (2003). The Challeng os Slums, Global Report on Human Settlement, The United Nations Human Settlements Program, Nairobi, and Kenia.*
47. *United Nations. (2018). International Migration Report 2017-Highlights. UN.*
48. *Tacoli, C., McGranahan, G., & Satterthwaite, D. (2015). Urbanisation, rural-urban migration and urban poverty. Human Settlements Group, International Institute for Environment and Development.*
49. *Moore, F. (2009). Climate change and air pollution: exploring the synergies and potential for mitigation in industrializing countries. Sustainability, 1(1), 43-54.*
50. *Gomez-Alvarez, D., Rajack, R. M., Lopez-Moreno, E., & Lanfranchi, G. (Eds.). (2017). Steering the Metropolis: Metropolitan Governance for Sustainable Urban Development. Inter-American Development Bank.*
51. *Jacob, D. J., & Winner, D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. Atmospheric environment, 43(1), 51-63.*
52. *OECD. Publishing. (2015). The Metropolitan Century: Understanding urbanisation and its consequences. OECD Publishing.*
53. *Pelling, M. and Uittob, J. 2001. Small Island Developing State: Natural Disaster Vulnerability & Global Change, Environmental Hazards 3, PP. 49-62.*
54. *Palarz, A., & Celiński-Mysław, D. (2017). THE EFFECT OF TEMEPRATURE INVERSIONS ON THE PARTICULATE MATTER PM 10 AND SULFUR DIOXIDE CONCENTRATIONS IN SELECTED BASINS IN THE POLISH CARPATHIANS. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 12(2), 629-640.*
55. *Sivaramanan, S. (2015). Global Warming and Climate change causes, impacts and mitigation.*
56. *Hedegaard, G. B., Brandt, J., Christensen, J. H., Frohn, L. M., Geels, C., Hansen, K. M., & Stendel, M. (2008). Impacts of climate change on air pollution levels in the Northern Hemisphere with special focus on Europe and the Arctic. In Air Pollution Modeling and Its Application XIX (pp. 568-576). Springer, Dordrecht.*
57. *Orru, H., Ebi, K. L., & Forsberg, B. (2017). The interplay of climate change and air pollution on health. Current environmental health reports, 4(4), 504-513.*
58. *Dean, A., & Green, D. (2018). Climate change, air pollution and human health in Sydney, Australia: A review of the literature. Environmental Research Letters, 13(5), 053003.*
59. *Sanhueza, P. A., Reed, G. D., Davis, W. T., & Miller, T. L. (2003). An environmental decision-making tool for evaluating ground-level ozone-related health effects. Journal of the Air & Waste Management Association, 53(12), 1448-1459.*
60. *Gonzalez Perez, J. A., GonzalezVila, F.J., Almendors, G., Knicker, H (2004). The effect of fire on Soil organic matter- a review. Environ. Int. 30, pp 855-870.*
61. *Jensen, M. N (2006). More Large Forest Fires Linked to Climate Change, The University of Arizona: Global Warming update.*
٦٢. *Shokrzadeh, M., Poorhossein, M., Nasri Nasr Abadi, N., & Veisi, F. (2013). Epidemiologic study of mortality rate from carbon monoxide poisoning recorded in Mazandaran department of forensic medicine, 2009-2011. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 23(99), 86-95.*