Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

The Role of the Metaverse in Addressing the Consequences of Climate Change to Enhance Urban Resilience

Samira Rahmati*[1]

1 M.Sc. in Urban Planning, Pars Architecture and Art Higher Education Institute, Tehran, Iran.

Keywords

Metaverse، Climate Change، Urban Resilience ،Global Warming

A B S T R A C T

Climate change, regarded as one of the most fundamental global challenges of our time, exerts profound effects on the environment and urban structures. These impacts are exacerbated by population growth and the concentration of economic activities in cities. This article aims to explore the role of metaverse technology in enhancing urban resilience against the consequences of climate change, while presenting actionable solutions to address these challenges. The research employs a descriptive-analytical method, utilizing content analysis of prior studies, with information gathered through library research and searches on reputable websites. The findings reveal that the primary challenges posed by climate change can be categorized into four areas: 1) water scarcity and drought crisis, 2) emergence of heat islands, 3) occurrences of flooding, and 4) dust storm events. The metaverse, leveraging cutting-edge technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), artificial intelligence (AI), and the Internet of Things (IoT), presents significant potential for offering operational solutions in these domains. Among these solutions are the simulation of climate change effects, such as flooding and drought, in digital environments; the reduction of physical travel need through the replacement of events and meetings with virtual alternatives; interactive citizen education regarding climate crises; and intelligent management of resources (water, energy, and waste). Moreover, the metaverse facilitates the creation of digital twin cities, enabling the testing of climate adaptation scenarios prior to physical implementation. However, challenges such as high energy consumption of servers, digital divides, and dependence on complex technologies require special attention. The results of this study emphasize that while the metaverse cannot completely replace physical interventions, it can serve as a complementary tool that, when integrated with sustainable policies and the use of renewable energy, can assist cities in transitioning towards a resilient and low-carbon future. This study recommends that urban planners and policymakers creatively exploit the metaverse to effectively address technical and social challenges while taking significant steps to combat climate change.

*Corresponding Author.
Email Adresses: samira.rahmati@pu.ac.ir.

Rahmati, S. (2025). The Role of the Metaverse in Addressing the Consequences of Climate Change to Enhance Urban Resilience. *Human Ecology*, *4*(11), 957-977.

Doi: https://doi.org/10.22034/el.2025.511464.1070

سال چهارم، شماره یازدهم ، تابستان ۱۴۰۴، ۹۵۷-۹۷۷.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

نقش متاورس در مقابله با پیامدهای تغییرات اقلیمی در راستای افزایش تاب آوری شهرها

سمیرا رحمتی*[۱]

۱ کارشناس ارشد، برنامه‌ریزی شهری، موسسه آموزش عالی معماری و هنر پارس، تهران، ایران.

چکیده

تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از اساسی‌ترین چالش‌های جهانی در عصر حاضر، اثرات عمیقی بر روی محیط زیست و ساختار شهری دارد. این تأثیرات به دلیل افزایش جمعیت و تمرکز فعالیت‌های اقتصادی در شهرها دوچندان می‌شود. مقاله حاضر با هدف ارائه راهکارهایی برای افزایش تاب آوری شهری در مقابل پیامدهای تغییرات اقلیمی به بررسی نقش فناوری متاورس در کاهش این پیامدها می‌پردازد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی به شیوه تحلیل محتوای مطالعات پیشین است. اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و جستجو در سایت‌های معتبر جمع آوری شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین چالش‌های تغییرات اقلیمی در چهار حوزه ۱- بحران کم آبی و خشکسالی، ۲- پیدایش جزایر حرارتی ۳- وقوع سیلاب ۴- وقوع طوفان گردو غبار تقسیم می‌گردد. متاورس، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوینی نظیر واقعیت مجازی(VR) ، واقعیت افزوده(AR) ، هوش مصنوعی (AI) و اینترنت اشیا(IOT) ، ظرفیت بالایی برای ارائه راهکارهای عملیاتی در این حوزه‌ها دارد. از جمله این راهکارها می‌توان به شبیه‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی مانند سیلاب و خشکسالی در محیط‌های دیجیتال، کاهش نیاز به سفرهای فیزیکی از طریق جایگزینی رویدادها و جلسات مجازی، آموزش تعاملی شهروندان درباره بحران‌های اقلیمی و مدیریت هوشمند منابع (آب، انرژی و پسماند) اشاره کرد. علاوه بر این، متاورس با ایجاد شهرهای دیجیتال دوقلو، امکان آزمون سناریوهای سازگاری با تغییرات اقلیمی را پیش از پیاده‌سازی فیزیکی فراهم می‌آورد. با این حال، چالش‌هایی نظیر مصرف انرژی بالای سرورها، شکاف دیجیتالی و وابستگی به فناوری‌های پیچیده، نیازمند توجه ویژه‌ای هستند. نتایج این پژوهش تاکید می‌کند که متاورس نمی‌تواند به‌طور کامل جایگزین اقدامات فیزیکی گردد اما به عنوان یک ابزار مکمل، در صورتی که با سیاست‌های پایدار و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ادغام شود، می‌تواند به شهرها در حرکت به سوی آینده‌ای کربن‌زدا و تاب‌آور کمک کند. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران با بهره‌برداری خلاقانه از متاورس، باید ضمن حل چالش‌های فنی و اجتماعی، گام‌های مؤثری برای مقابله با تغییرات اقلیمی بردارد.

واژگان کلیدی

متاورس، تغییر اقلیم، تاب آوری شهری گرمایش جهانی

ارجاع به این مقاله: رحمتی، سمیرا . (۱۴۰۴). نقش متاورس در مقابله با پیامدهای تغییرات اقلیمی در راستای افزایش تاب آوری شهرها. اکولوژی انسانی، ۴(۱۱)، ۹۵۷-۹۷۷.

۱. مقدمه

با آغاز انقلاب صنعتی در اوایل قرن نوزدهم میلادی و رشد روز افزون تحولات بشری، تغییرات گوناگونی در زندگی انسان‌ها رخ داد. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی سبب افزایش شدید گازهایی مانند دی اکسید کربن (Co_2) در اتمسفر شد. افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری اراضی، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع گردیده، تبعات مختلفی از جمله پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی را به همراه داشت (فیضی و برک پور، ۱۴۰۱). آنچه امروزه تغییرات اقلیمی را در صدر مسائل جهانی قرار داده است، نقش فزاینده فعالیت‌های انسانی در تشدید تغییرات اقلیمی و حساسیت بسیار زیاد جوامع انسانی به مخاطرات ناشی از این تغییرات است (باقرآبادی و معین الدینی، ۱۴۰۱). چراکه بخشی از دلایل تغییر اقلیم در دوره‌های آماری، مربوط به فعالیت‌های بی‌رویه انسان و به ویژه فعالیت‌های صنعتی (منافلویان و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۱۰) و افزایش گازهای گلخانه‌ای است (مصری علمداری و رسولی، ۱۴۰۰: ۲۳۲).

تأثیری که تغییرات اقلیمی بر روی کره زمین می‌گذارند، بسته به میزان گرمایش زمین است (Xu & Lamarque, 2018). تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که در طول یکصد سال گذشته میانگین دمای هوا در نزدیکی سطح زمین بین ۱۸ تا ۷۴ درصد درجه سانتیگراد افزایش یافته است (Du et al, 2019). در واقع گرمایش جهانی با تحت تأثیر قرار دادن گردش عمومی جو، باعث ایجاد تغییراتی در دمای هوا و نیز مقدار، شدت، مدت و زمان وقوع بارش‌ها و برخی پارامترهای هواشناسی دیگر گردیده و این نوسانات، با ایجاد تغییراتی در اقلیم مناطق مختلف، همراه بوده است (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵).

در این میان استقرار شهرها به طور محسوسی دمای هوا را در محیط شهری در قیاس با محیط پیرامونی افزایش می‌دهد. تمرکز فعالیت‌های انسانی در مناطق شهری ضمن ایجاد جزایر گرمایی، تفاوت دمایی تا $۱۰C^{\circ}$ را بین شهر و فضای پیرامونی در پی خواهد داشت. از سوی دیگر، شهرها با مساحتی حدود ۲ درصد از مساحت خشکی‌های زمین، مسئول پخش بیش از ۶۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای جو زمین (UCCRN, 2018) و قریب ۷۰ درصد از دی اکسید انتشاریافته در سطح جهانی هستند (C40 Cities, 2018). با توجه ، به روند رو به رشد جمعیت شهری (Thomson & Newman, 2018)، بی گمان این سهم در آینده همچنان افزایش خواهد یافت (Kumar, 2021). از این منظر، هم اکنون شهرها نقطه اوج وقوع پدیده تغییرات اقلیمی در این کره خاکی محسوب می‌شوند (Mi et al, 2019)؛ بنابراین، جایگاه شهرها برای پرداختن به چالش تغییرات اقلیمی در دستور کار جهانی از اهمیت بسیاری برخوردار است. از سوی دیگر، اثرات تغییرات اقلیمی، خطرات و تأثیر آن بر شهرها جایی که نیمی از جمعیت دنیا در آن زندگی می‌کنند، به مراتب بیشتر است (Zeng et al, 2020) چراکه سلامتی، زندگی و معیشت مردم، همچنین اموال و زیرساخت‌های اساسی نظیر نظام‌های تأمین و توزیع انرژی و حمل و نقل به صورت فزاینده‌ای به دلیل مخاطرات امواج گرما، طوفان‌ها، خشکسالی و سیل و تغییراتی تدریجی چون افزایش سطح دریا به صورت نامطلوبی در حال تأثیر پذیرفتن است (Chan et al, 2019)

در چنین شرایطی که اثرات تغییرات اقلیمی بر روی شهرها روز به روز در حال افزایش است، ضرورت چاره اندیشی در رابطه با نحوه محافظت از شهروندان در راستای مقابله یا کنترل مخاطرات جوی و تغییرات اقلیمی بیش‌ازپیش احساس می‌شود. بدین ترتیب، برای جلوگیری از نابودی فزاینده زندگی، تنوع زیستی و زیرساخت‌ها، همزمان با کاهش سریع و عمیق انتشار گازهای گلخانه‌ای (Almutairi et al, 2020)، لازم است اقدامات سریعی برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی در سطح شهرها انجام پذیرد. لذا این سوال مطرح می‌گردد که برای مقابله شهرها با تغییرات آب و هوایی چه اقداماتی باید انجام گیرد؟ آیا کنترل جمعیت و مشکلات منتج از افزایش تراکم جمعیت به تنهایی می‌تواند راهکاری برای کاهش پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی باشد؟

در راستای پاسخگویی به این سوالات، یکی از راه حل‌های نوین که در سال‌های اخیر مطرح شده و می‌تواند به کاهش کربن و دستیابی به اهداف اقلیمی کمک کند، ظهور متاورس[1] است. متاورس به عنوان یک جهان مجازی و محیط تعاملی دیجیتال، پتانسیل‌های فراوانی برای کاهش نیاز به سفرهای فیزیکی و کاهش مصرف منابع طبیعی دارد (Wang & Medvegy, 2022). البته در کنار فناوری‌های نوین این صنعت، راه حل‌های مبتنی بر طبیعت نیز نقش مهمی در کاهش تغییرات اقلیمی و بهبود تاب‌آوری شهری دارند (Forster & et al, 2023). مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در اکثر مطالعات انجام شده در این حوزه، پژوهشگران به بررسی اثرات تغییر اقلیم و پیامدهای آن در ابعاد مختلف پرداخته‌اند. ادبیات موجود نیز عمدتاً بر اثرات منفی متاورس بر محیط زیست و تغییرات اقلیمی تمرکز دارد. بدون اینکه راه حل‌ها و رویکردهای عملی برای کاهش آن‌ها ارائه دهد. اما مطالعه حاضر در صدد است تا نقش متاورس را در کاهش پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرار دهد. در این راستا با تاکید بر فناوری‌های این صنعت نوین به ارائه راهکارهایی می‌پردازد که زمینه را برای زیست پذیری هرچه بیشتر جوامع شهری فراهم نماید.

1- Metaverse

۲. ادبیات و مبانی نظری پژوهش

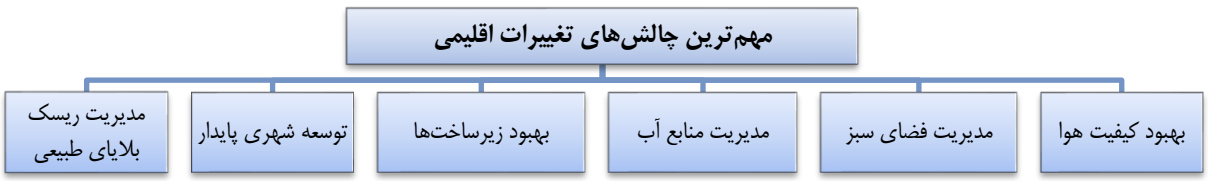
محور اصلی فرآیند توسعه، انسان و بستر لازم برای فعالیت‌های انسانی، محیط زیست است. اما پیشرفت‌های سریع در زمینه علم و فناوری در جهان، مشکلات پیچیده‌تری را نسبت به قبل ایجاد کرده است. از یک سو، این پیشرفت‌ها راحتی را در جنبه‌های مختلف زندگی فراهم می‌کند. اما از سوی دیگر اغلب آن دسته از پیشرفت‌های فنی و علمی که با خودکنترلی خوب همراه نیستند، می‌توانند باعث آسیب‌های محیطی شوند. در این بین، یکی از بزرگترین بحران‌ها در جهان امروز موضوع تغییر اقلیم است (رضائی، ۱۴۰۲). بر اساس تعریف کمیتهٔ بین الدولی تغییر اقلیم (IPCC) ، تغییر اقلیم عبارت است از: تغییر برگشت ناپذیر در متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است (محمدنژاد و عابدینی، ۱۴۰۳). کمیته یاد شده، از این مسئله به عنوان یک چالش جدی برای مناطق خشک و کم باران از جمله ایران یاد می‌کند (Ojomo et al, 2015).

۲-۱. تغییر اقلیم

تغییر اقلیم عمدتاً با افزایش دمای سطح زمین شناخته می‌شود و شاید در نگاه اول وقتی سخن از تغییرات اقلیمی به میان می‌آید؛ تصاویری از ذوب شدن یخ‌ها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، امواج گرما و سیل را به ذهن متبادر شود، اما تغییرات اقلیمی در مقیاس شهری نیز اثرگذار بوده و به عنوان یکی از عوامل اصلی افزایش انتشار دی اکسید کربن شناخته شده است.زمین در قرن بیستم تحت تأثیر تغییر اقلیم افزایش ۶۵/. درجه‌ای دما را تجربه کرده است و انتظار می‌رود با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای دمای آن تا پایان قرن جاری بین ۵/۱ تا ۶/۴ درجه سانتیگراد افزایش یابد(Resende et al, 2019). تغییر اقلیم با تغییر در فرایند سیکل هیدرولوژیکی باعث تغییر در الگوی بر افزایش ذوب برف، تغییر رواناب رودخانه‌ها و افزایش رخدادهای حادی مانند خشکسالی و سیلاب می‌شود (Gao et al, 2020، Yang et al, 2020). بسته به منطقه و شرایط آب وهوایی تغییر اقلیم می‌تواند منجر به افزایش (Zhang et al, 2017) و یا کاهش رواناب رودخانه‌ها (Zhai et al, 2017) شود. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر آلودگی هوای کلانشهرها نشان می‌دهد، تغییرات اقلیمی خود یکی از نتایج افزایش انتشار آلاینده‌های در مناطق کلانشهری است که در حال حاضر تمام جوانب زندگی بشر را تحت الشعاع 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، آتش سوزی جنگل‌ها، مهاجرت، افزایش جمعیت کلانشهرها، تهدیدات سلامتی انسان شهرنشین، وارونگی و ایجاد جزایر حرارتی بر کیفیت هوای کلانشهرها تأثیر بگذارد (قربانی سپهر و همکاران؛۱۳۹۹). از دیگر اثرات تغییر اقلیم بر شهرها می‌توان افزایش دما، تغییر در الگوهای بارش، افزایش سطح آب دریاها، و افزایش تعداد و شدت بلایای طبیعی مانند طوفان‌ها و سیل‌ها را نام برد. این تغییرات می‌توانند به مشکلاتی مانند کمبود آب، آسیب به زیرساخت‌ها، کاهش کیفیت هوا و افزایش بیماری‌ها منجر شوند.

۲-۱-۱. چالش‌های تغییرات اقلیمی

همانطور که اشاره شد، تغییرات اقلیم (Change Climate)، شامل هرگونه دگرگونی در آب و هواست که طولانی تراز رخدادهای منفرد آب وهوایی باقی بماند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۲). تغییرات اقلیمی باعث کاهش متوسط بارش‌های سالانه، کاهش محسوس بارش برف و تغییر الگوی بارش از برف به باران، کم شدن حجم آب رودخانه‌ها، خشک شدن رودخانه‌ها و تالاب‌ها، تأمین نشدن حقابه‌های زیست محیطی، شکل گیری کانون‌های وسیع گرد و غبار و تشدید بیابان زایی می‌شود. حتی این تغییرات به پهنه‌های آبی نیز رحم نمی‌کند به طوری که اگر دمای دریاها و اقیانوس ها ۴ درجه سلسیوس افزایش یابد، مرجان‌های دریایی نابود می‌شوند و با تداوم این وضع بسیاری از اکوسیستم‌های دریایی به طور کامل از زمین ناپدید می‌شوند. از این رو کاهش و سازگاری با تغییر اقلیم نسخه‌ای است که در سطح جهان برای کشورها پیچیده شده است. در این نسخه، کاهش به معنای کاستن یا اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو است و منظور از سازگاری با تغییرات اقلیمی، تغییر رفتار، سیستم‌ها و شیوه‌های زندگی برای محافظت از افراد، اقتصاد و محیط زندگی در برابر پیامدهای تغییرات اقلیمی است. بنابراین با عنایت به مهم‌ترین پیامدهای حاصل از تغییرات اقلیمی که شامل کاهش بارش سالانه و بحران خشکسالی، افزایش دما و پیدایش جزایر حرارتی، افزایش رواناب‌ها و وقوع سیل و افزایش آلودگی هوا و وقوع طوفان گردو غبار هستند؛ عمده‌ترین چالش‌های تغییرات اقلیمی را می‌توان به شرح زیر ارائه نمود:



شکل ۱. مهم‌ترین چالش‌های تغییرات اقلیمی

۲-۲. متاورس

یکی از راهکارهای مقابله با تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن بکارگیری فناوری‌های صنعت متاورس است. مفهوم متاورس اولین بار در سال ۱۹۹۲ در رمان علمی تخیلی تصادف برف[1] نوشته نیل استفنسون[2] رمان نویس آمریکایی ظاهر شد. این اصطلاح به یک فضای واقعیت مجازی یا یک جهان مجازی جمعی اشاره دارد که در آن افراد می‌توانند با یکدیگر و موجودات دیجیتال در زمان واقعی، تعامل داشته باشند (kim, 2020). این تعامل از طریق دستگاه‌های مختلف، مانند هدست واقعیت مجازی، رایانه یا دستگاه‌های تلفن همراه امکان پذیر است (Contreras et al, 2022.). متاورس با مخفف متا، به معنای ماورا و روی دیگری از جهان هستی است. این جهان دیجیتال است که در نتیجه ترکیب فناوری‌های مختلف پدیدار می‌شود. هدف، ادغام کامل این جهان دیجیتال با واقعیت است، به طوری که تمام فعالیت‌ها و عوامل دنیای فیزیکی ما می‌تواند به این فضای مجازی منتقل شود (Pino-Yancovic et al, 2020).

یکی از کاربردهای کلیدی متاورس، کاهش خطر بلایا و تصویرسازی آن‌ها است. بدین ترتیب افراد می‌توانند با استفاده از آواتارهای خود، شرایط وقوع بلایای طبیعی در محیط مجازی را تجربه کنند. این شبیه سازی به شهروندان و برنامه ریزان کمک می‌کنند تا خطرات را بهتر و ملموس تر درک و آمادگی بیشتری برای مواجه با شرایط و بحران‌های واقعی پیدا کنند. متاورس فرصتی بی‌نظیر برای یادگیری عمیق برای شهروندان، سیاست گذاران و مدیران فراهم می‌کند تا تاثیر بلایا و راهکارهای پیشگیری از بحران را بهتر درک کنند. استفاده از فناوری‌های واقعیت مجازی به واسطه استفاده از متاورس، امکان آگاهی بیشتر و بهبود اقدامات پیشگیرانه برای کاهش خطرات بلایا را فراهم کرده است (محمودی و همکاران، ۱۴۰۱)

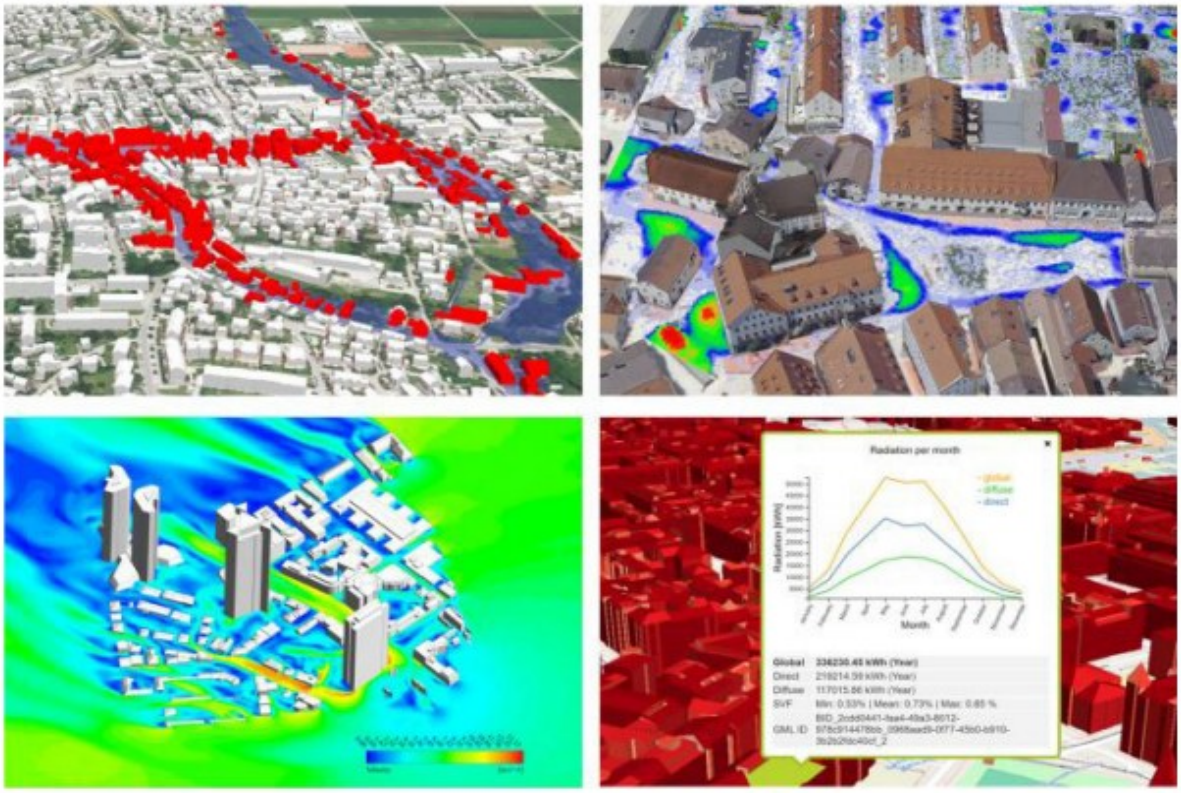
این صنعت به عنوان یک پلتفرم مجازی پیشرفته مبتنی بر فناوری‌های نوین، پتانسیل قابل توجهی نیز برای کاهش پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهرها دارد. مطالعات محمدنژاد و عابدینی (۱۴۰۳)؛ پیرامون متاورس و تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که متاورس با پتانسیل بالای خود می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهبود سیستم‌های هشدار زودهنگام، و ایجاد فرصت‌های اقتصادی جدید کمک کند. همچنین، این فناوری می‌تواند نیاز به سفرهای فیزیکی را کاهش داده و به بهبود پیش بینی بلایای طبیعی و افزایش آمادگی در برابر تغییرات اقلیمی کمک نماید. با این حال، چالش هایی نظیر مصرف بالای انرژی، نابرابری در دسترسی به فناوری، مسائل امنیتی و حریم خصوصی و مقاومت های فرهنگی و اجتماعی وجود دارد.

۲-۲-۱. مفاهیم مطرح در حوزه متاورس

صنعت متاورس به عنوان یک محیط مجازی یکپارچه و تعاملی، ترکیبی از واقعیت فیزیکی و دیجیتال است که از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR)، هوش مصنوعی (AI)، بلاکچین و اینترنت اشیا (IOT)، بهره می‌برد (رضائی، ۱۴۰۲) مهم‌ترین مفاهیم در این حوزه عبارتند از:

۱- مدلسازی سه بعدی شهری : این مدل یک اکوسیستم دیجیتالی بزرگ را تشکیل می‌دهد که از چندین منبع دادهٔ پیوسته تشکیل شده است (Luan et al, 2008) و برای نمایش، کاوش، و تجزیه وتحلیل مناطق شهری استفاده می‌شوند. ابزارهای مختلفی برای مدل‌سازی دیجیتالی سیستم های شهری مانند سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای زیرساخت‌های شهری، مدلسازی اطلاعات ساختمانی (BIM) برای ساختمان‌ها، مدلسازی زیرساخت‌های عمرانی(CIM) برای زیرساخت‌های عمران ایجاد شده است. این مدل‌های سه بعدی (شکل ۲) در حوزه‌های شهر هوشمند، برنامه‌ریزی زیرساخت‌ها، ارتباطات از راه دور، مدیریت حوادث، خدمات املاک و مستغلات، آموزش، گردشگری، تشخیص تغییرات در طول زمان، واقعیت افزوده، بازی سازی، و فیلم سازی استفاده مجازی می‌شوند (Lafioun & st-jacques, 2020). علاوه بر اهداف تجسم بصری، مدل‌های سه بعدی شهری نیز می‌توانند با کاربرد حاملان اطلاعات استفاده شوند. بصری سازی سه بعدی به تسهیل بازخورد افکار عمومی و ایجاد آگاهی عمومی کمک می‌کند. درواقع، با ادغام داده‌های GIS با فرایند مدلسازی سه بعدی، مدل‌های شهری قابلیت دربرگیری و انتقال اطلاعات به کاربران را خواهند داشت (قربانیان و شریعت پور، ۱۳۹۹).

1- Snow Crash
2- Neal Stephenson



شکل ۲. نمونه‌های کاربردی مدلسازی سه بعدی شهری (Yao et al, 2018)

۲- شهر هوشمند (Intelligent or Smart City **) :** شهری است که زیرساخت‌های فیزیکی، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات، زیرساخت های اجتماعی و زیرساخت کسب وکار شهر را به منظور تقویت هوش جمعی به هم وصل می‌کند (Harrison et al,2010). مفهوم شهر هوشمند فناوری اطلاعات و ارتباطات و دستگاه‌های مختلف فیزیکی و حسگرهای متصل به شبکه اینترنت اشیا را برای بهینه‌سازی کارایی خدمات شهری و ارتباط بهتر با شهروندان ادغام می‌کند (Peris-ortiz et al, 2017).

مفهوم شهر هوشمند مبتنی بر استفاده از داده‌های مربوط به اجزای بدنه شهر (زیرساخت‌ها، ساختمان‌ها، فضای عمومی)؛ محیط طبیعی (کیفیت هوا، فضای سبز، منابع آبی، انتشار گازهای گلخانه‌ای)، خدمات شهری (حمل و نقل، آب تأمین، تأمین انرژی، پسماندهای شهری، آموزش، بهداشت، فرهنگ، ورزش، فعالیت اقتصادی) و شهروندان است (شکل ۳). تجزیه و تحلیل این داده‌ها در مقیاس‌ها و زمینه‌های مختلف امکان درکی کامل تر از عملکرد سیستم‌های پیچیده شهری و ارتقا امنیت و کارآیی آن‌ها را فراهم می‌کند.

شکل ۳. مفهوم شهر هوشمند مبتنی بر داده (عنابستانی و همکاران، ۱۴۰۲)

۳- دوقلوی دیجیتال (Digital Twins)**:** مفهومی است که در آن یک دنیای مجازی براساس مدلسازی سه بعدی ایجاد و به دنیای واقعی متصل می‌گردد و داده‌های واقعی در فضای مجازی استفاده می‌شوند و به دنیای واقعی باز می‌گردند (Yang and kim, 2021). ایجاد شهرهای دوقلوی دیجیتال برای شبیه‌سازی تأثیر تغییرات اقلیمی (مانند سیل، گرمایش شهری، یا آلودگی هوا) و استفاده از داده‌های واقعی و هوش مصنوعی برای پیش بینی سناریوها و آزمایش راه حل‌ها قبل از اجرای فیزیکی می‌باشد (شریعت پور و بهزادفر، ۱۴۰۱). در این راستا می‌توان شبیه سازی اثرات کاشت درختان بر کاهش جزایر گرمایی شهری با استفاده از متاورس را مثال زد.

شکل(۴) نمونه‌هایی از دوقلوهای دیجیتال را نشان می‌دهد که هرکدام با هدف خاصی طراحی شده‌اند. الف) دوقلوی دیجیتالی دوبلین برای شبیه‌سازی تأثیر ساخت و سازهای جدید در شهر و ایجاد مشارکت شهروندان در طرح و ب) دوقلوی دیجیتال برای مقاومت در برابر سیل در هلسینکی و ج) دوقلوی دیجیتالی پارک علمی هنگ کنگ برای کنترل و مدیریت زیرساخت‌ها و همچنین راهی برای دسترسی به اسناد ساختمانی و د) دوقلوی دیجیتال سئو برای حل مشکلات مدیریتی و محیط زیستی در فضای مجازی

شکل ۴. کاربردهای گوناگون دوقلوی دیجیتال در طراحی، برنامه‌ریزی، و مدیریت شهری (شریعت پور و بهزادفر، ۱۴۰۱).

۴- اقتصاد دیجیتال (Digital Economy): که از آن به عنوان اقتصاد اینترنتی، اقتصاد مبتنی بر شبکه، اقتصاد مبتنی بر وب و اقتصاد جدید هم نام برده می‌شود، به صورت ساده، اقتصادی است که قسمت اعظم آن بر پایهٔ فناوری‌های دیجیتال شامل شبکه‌های ارتباطی، رایانه ها، نرم افزارها و سایر فناوری‌های اطلاعاتی است (فتحیان و مهدوی نور، ۱۳۹۸). انواع تجارت الکترونیک، بازارهای الکترونیک، دریافت و پرداخت، کارت‌های هوشمند و پول الکترونیک و تراکنش مالی را شامل می‌شود. همچنین می‌تواند اقتصاد دیجیتال را از نظر حضور بازارهای الکترونیک درصحنه تجارت، ویژگی‌های اقتصاد شبکه، مشاغل نوین مرتبط با جستجو و تولید اطلاعات، شیوه تولید در اقتصاد شبکه و تعامل زمینه‌هایی که برشمرده شد، مورد مطالعه قرار داد (نوری وطباطبایی نیا، ۱۳۹۸). استفاده از فناوری‌های دیجیتال فرصت‌های جدیدی را برای کسب وکارها، ازجمله مشاغلی که در روستاها واقع شده‌اند، به منظور افزایش رشد کسب وکار و توسعهٔ اقتصادی ایجاد می‌کند که به طور قابل توجهی به رونق آن کمک می‌کند (Tiwasing et al, 2022).

۵- اینترنت اشیا (IOT): به معنی یک شبکه جهانی از اشیاء مرتبط و متصل است که هر یک دارای آدرس مختص به خود بوده و بر اساس قراردادهای استانداردشده‌ای با یکدیگر در ارتباطاند (Perera et al, 2014). اینترنت اشیا یک عنصر حیاتی برای شهر هوشمند محسوب می‌شود چراکه ارتباط میان اینترنت اشیا و شهر هوشمند باعث به وجود آمدن کاربردهای مهمی اعم از حمل و نقل هوشمند، مدیریت جریان ترافیک‌های شهری و نظارت تصویری هوشمندانه در شهر می‌گردد. (صفوی و شاهمیرانی، ۱۴۰۱). اینترنت اشیا بستری جهت جمع آوری داده های شهری را فراهم می‌کند تا با دستیابی به ابر داده‌های شهری و با تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی به تصمیم گیری‌هایی همه جانبه و فعالانه، پیش از وقوع رویدادهای بحرانی در سطح شهری بتوان دست یافت. شکل (۵) به برخی از کاربردهای اینترنت اشیا به همراه شبکه عصبی در بحث شهر هوشمند، اشاره دارد.

شکل ۵. برخی از کاربردهای اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند (صفوی و شاهمیرانی، ۱۴۰۱).

۲-۲-۲. دیدگاه های مطرح در حوزه متاورس

دیدگاه های نظری و تحلیلی مطرح در حوزه متاورس را می توان مطابق شکل (۶) به شرح زیر ارائه داد:

شکل ۶. دیدگاه‌های مطرح در حوزه متاورس (منصوری و طایفه محمودی، ۱۴۰۲)

دیدگاه فناورانه- محیط زیستی: متاورس می‌تواند به عنوان ابزاری برای کاهش مصرف منابع فیزیکی باشد. مثلاً جایگزینی ساختمان های اداری با دفاتر مجازی؛ اما انتقادی که بر این دیدگاه وارد شده است؛ این است که انرژی مصرفی سرورهای متاورس ممکن است خود به افزایش انتشار کربن منجر شود، لذا در این مورد باید از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده نمود.

دیدگاه اجتماعی-اقتصادی: متاورس می‌تواند نابرابری در دسترسی به راه حل‌های اقلیمی را کاهش دهد؛ مثلاً آموزش مجازی رایگان به جوامع محروم. اما در این شرایط خطر تمرکز قدرت در شرکت‌های فناوری بزرگ وجود دارد که ممکن است اولویت‌های زیست محیطی را نادیده بگیرند.

دیدگاه رفتاری-روانشناختی: تأثیر متاورس بر تغییر نگرش شهروندان نسبت به محیط زیست مساله‌ای است که در این دیدگاه مطرح شده است. تجربه مستقیم پیامدهای تخریب محیط زیست در دنیای مجازی از جمله مواردی است که توجه صاحب‌نظران حوزه متاورس را به این دیدگاه جلب نموده است. لذا احتمال دوری افراد از مشارکت در اقدامات واقعی به دلیل احساس کاذب حل مشکل در متاورس پیش می‌آید که نگرانی متخصصین محیط زیست و صاحب‌نظران حوزه متاورس را دوچندان نموده است.

دیدگاه سیاستگذاری و حکمرانی: این دیدگاه نقش دولت‌ها را در تنظیم مقررات برای ادغام متاورس با برنامه‌های مقابله با تغییرات اقلیمی مورد تاکید قرار می‌دهد. الزام پلتفرم‌ها به استفاده از انرژی سبز و امکان ایجاد قراردادهای هوشمند (Smart Contracts) در بلاکچین برای تضمین شفافیت در پروژه‌های زیست محیطی از مهم‌ترین مسایل مطرح در این دیدگاه است (منصوری و طایفه محمودی، ۱۴۰۲).

۲-۳. پیشینه تحقیق

اکثر مطالعاتی که در سال‌های اخیر، پیرامون تغییرات اقلیمی انجام شده است، هرکدام بخشی از چالش‌های تغییرات اقلیمی اعم از بحران خشکسالی و کم آبی (ایلدرمی و نوری، ۱۴۰۱؛ اربابی سبزواری و فرزانه، ۱۴۰۰؛ افضلی و همکاران، ۱۳۹۹؛ حسینی زاده و همکاران، ۱۳۹۵)، خطر بارندگی شدید و سیل آسا و وقوع سیلاب (ایرانی و همکاران، ۱۴۰۴؛ پناهی و همکاران، ۱۴۰۲؛ مرادی و همکاران، ۱۴۰۲؛ آرخی و همکاران، ۱۴۰۲ ؛ حجازی زاده و همکاران، ۱۴۰۱؛ گودرزی و فاتحی فر، ۱۳۹۸)؛ آلودگی هوا و انتشار گردو خاک و ریزغبارها (حسینی، ۱۴۰۱؛ نعیمی و همکاران، ۱۴۰۰؛ قربانی سپهر و همکاران، ۱۳۹۹؛ خدام و همکاران، ۱۳۹۸) و افزایش دما و پیدایش جزایر حرارتی (قربابی و سجادزاده، ۱۴۰۳؛ زکوی و همکاران، ۱۴۰۳؛ محمدی و همکاران، ۱۴۰۳؛ خداجو و همکاران، ۱۴۰۰؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۹) را مورد تاکید قرار داده و راهکارهایی برای کاهش آن‌ها ارائه نموده اند. مقالاتی نیز موجود است که تاب آوری شهری را در مواجهه با تغییرات اقلیمی موردبررسی قرار داده‌اند که از آن میان می‌توان به مطالعات قاسمی و همکاران(۱۴۰۳)؛ساکت حسنلوئی و همکاران(۱۴۰۲)؛ منافلویان و همکاران(۱۳۹۹)؛ شیرگیر و همکاران(۱۳۹۸) اشاره کرد.

تغییر اقلیم و ساختار محیط طبیعی در منطقه پیامدها و اثراتی ازجمله تغییر الگوی بارش، به وجود آمدن ناهمگنی در سری داده‌های تاریخی، تغییر سطح آب رودخانه‌ها و کاهش تولیدات کشاورزی، تغییر در ترکیب و تولید گیاهی مراتع، تغییر سطح آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلات اجتماعی و اقتصادی و ... بوجود آورده است. عوامل فیزیوگرافی همچون شیب، بافت خاک، کاربری اراضی و نفوذپذیری سنگ‌ها موجب پاسخ‌های هیدرولوژیکی متفاوت به رخداد بارش در حوضه‌های مختلف منطقه شده و این امر بر ایجاد و ویژگی‌های سیلاب ناگهانی تأثیرگذار بوده است (پناهی و همکاران، ۱۴۰۲)

در این میان مقالاتی که با تاکید بر متاورس به ارائه راهکارهای اجرایی پرداخته باشد، بسیار محدود است. مهم‌ترین این مقالات مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محمد محمدنژاد با عنوان « واکاوی تاثیر و کاربردهای فناوری نوظهور متاورس بر حوزه مدیریت شهری» است که در سال ۱۴۰۳ در چندین نشریه معتبر داخلی به انتشار رسیده است (محمدنژاد، ۱۴۰۳). در این مقالات نویسندگان ضمن بررسی تاثیرات متاورس و دوقلوهای دیجیتال در توسعه شهرهای هوشمند؛ فرصت‌ها و چالش‌های متاورس در پایداری شهرهای آینده به ویژه صنعت حمل و نقل را مورد واکاوی قرار داده‌اند. نتایج آن ها نشان می‌دهد که متاورس می‌تواند از طریق بهینه‌سازی مدیریت منابع، کاهش مصرف انرژی در حمل‌ونقل فیزیکی، و ایجاد فرصت‌های جدید برای تعاملات اجتماعی مجازی، نقش بسزایی در تقویت پایداری شهری ایفا کند. همچنین، متاورس با ارائه محیط‌های شبیه‌سازی‌شده برای آموزش، طراحی شهری و برنامه‌ریزی، به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند. این فناوری می‌تواند ابزار مؤثری برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی از طریق مدل‌سازی دقیق و اجرای سیاست‌های هوشمند باشد. با این حال، توسعه متاورس با چالش‌های قابل‌توجهی نیز همراه است، از جمله مصرف بالای انرژی برای زیرساخت‌های دیجیتال، تعمیق شکاف‌های اقتصادی و اجتماعی ناشی از دسترسی نابرابر به فناوری، و نگرانی‌های اخلاقی و حریم خصوصی. علی‌رغم این چالش‌ها، متاورس ظرفیت بی‌نظیری برای بازتعریف محیط‌های شهری و تقویت ابعاد مختلف پایداری دارد و افق‌های جدیدی برای تحقیقات و نوآوری‌های آینده فراهم می‌کند. (محمدنژاد و عابدینی، ۱۴۰۳).

در همین راستا، ایران پور و همکاران (۱۴۰۱)؛ با تحلیل سناریوهای مدلسازی رفتاری در زمینه بهداشت، انرژی و حمل و نقل و مقایسه آن با شهر هوشمند به این نتایج دست یافتند که با تعیین توانمندی‌های متاورس در این زمینه ها و استفاده از راهکارهای عملی برای پیاده سازی آن، می‌توان شاهد پیشروی شهرها به سمت متاورس و ایجاد شهرهای هوشمند بود.

پالاک و همکاران (۲۰۲۳)؛ در مطالعات خود به این نتیجه دست یافتند که ایده نوآورانه‌ای به نام متاورس، فناوری‌های مختلفی را با هم ترکیب می‌کند تا تجربه‌ای واقعی در یک محیط مجازی ارائه دهد. برای دستیابی به پتانسیل کامل این ایده، هنوز نیاز به پالایش دارد. نظرات مردم در مورد این مفهوم متناقض است. اینکه آی متاورس مفید خواهد بود یا به آینده ما آسیب خواهد زد، به شدت مورد بحث قرار گرفته است. بسیاری از منتقدان معتقدند که ممکن است متاورس بیشتر از آنکه مفید باشد، آسیب رسان باشد، در حالی که بسیاری دیگر آن را گام منطقی بعدی برای بشریت پس از اینترنت می‌دانند. تأثیر متاورس بر اقلیم تنها یکی از بسیاری از نگرانی‌ها است. قدرت پردازشی عظیم مورد نیاز برای پیاده‌سازی تکنیک‌های هوش مصنوعی (AI) می‌تواند به افزایش انتشار کربن منجر شود. همچنین، متاورس ممکن است نیاز به سفرهای فیزیکی را کاهش داده و در نتیجه، مقدار قابل توجهی انرژی و منابع را صرفه جویی کند و مصرف سوخت و انتشار

گازهای سمی را کاهش دهد. این مقاله به بررسی فناوری‌های مختلفی می‌پردازد که برای ارائه تجربه‌ای فراگیر در دنیای مجازی استفاده می‌شوند و نقش کلی آن‌ها در تغییرات اقلیمی محیط زیست را تحلیل می‌کند (Palak & et al, 2023)

همچنین اسپوزیتو و همکاران (۲۰۲۳)؛ به بررسی تأثیرات زیست محیطی و اقلیمی فناوری‌های متاورس و پیامدهای اجتماعی این تأثیرات می‌پردازند. ادبیات موجود عمدتاً بر اثرات منفی یا مثبت متاورس بر محیط زیست و تغییرات اقلیمی تمرکز دارد علاوه بر این، توجه کمی به پیامدهای اجتماعی این تأثیرات زیست محیطی بر مسائل جهانی مانند نابرابری‌های اجتماعی، شکاف دیجیتالی و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها داده شده است. این مرور جامع ادبیات به دنبال ارائه درک عمیق‌تری از چگونگی تأثیر فناوری‌های متاورس بر پایداری زیست محیطی و اقلیم است و همچنین این مرور ادبیات جامع بر سه مفهوم ارائه شده استوار است که برای توضیح اثرات آلودگی ناشی از متاورس استفاده می‌شود: ۱- توسعه، استفاده و کاربرد فناوری‌ها و ابزارهای دیجیتال مختلف انرژی زیادی مصرف می‌کند، ۲- ذخیره‌سازی پردازش و انتقال داده‌ها برای استفاده از متاورس می‌تواند منجر به انتشار قابل توجه دی اکسید کربن (CO_2) شود، و ۳ – زباله‌های الکترونیکی از محصولات الکترونیکی می‌تواند تأثیرات زیادی بر محیط زیست داشته باشد. روش تحقیق مورد استفاده طراحی مرور ادبیات جامع بود که در آن منابع متعدد برای ارائه درک جامع از موضوع تحلیل شد. نتایج پنج حوزه بحرانی را نشان داد که متاورس احتمالاً تأثیرات قابل توجهی بر پایداری زیست محیطی و اقلیم و پیامدهای اجتماعی مرتبط خواهد داشت: الف) مصرف انرژی، ب) زباله‌های الکترونیکی، ج) فلزات کمیاب و مواد معدنی درگیری، د) تغییرات در سفرهای فیزیکی، و هـ) تشویق به رفتارهای پایدار. نتایج تأکید می‌کند بر اهمیت منابع تجدیدپذیر و جایگزین، ابتکارات بازیافت، شمول اجتماعی و همکاری بین سازمانی در کاهش تأثیرات منفی مرتبط. این یافته‌ها پیامدهای مهمی برای پایداری زیست محیطی و تضمین یک جامعه عادلانه و برابر دارند که در آن متاورس فرصت‌های برابر را برای جمعیت های مختلف ارائه می‌دهد. توصیه های تحقیق آینده شامل مطالعات تجربی بیشتر برای آزمایش منابع انرژی پایدار و راه حل‌های سخت افزاری برای متاورس و مطالعات تکرارپذیر بیشتر که پیامدهای اجتماعی راه حل‌های پایداری متاورس را به ویژه در کشورهای در حال توسعه و میان جمعیت های محروم بررسی کنند، می‌شود (Esposito & et al,2023)

لذا با توجه به شکاف تحقیقاتی که در زمینه متاورس و اثرات تغییرات اقلیمی وجود دارد از یکسو ؛ و هدف تحقیق حاضر مبنی بر ارائه راهکارهای مبتنی بر متاورس برای کاهش تاثیرات منفی تغییر اقلیم از سوی دیگر؛ مقاله حاضر در صدد است تا با شناسایی چالش های مطرح در حوزه تغییرات اقلیمی، نحوه مقابله با آن ها از طریق متاورس، راه حل‌هایی برای افزایش تاب آوری شهری در مواجهه با پیامدهای حاصل از تغییرات اقلیمی ارائه دهد.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر بر اساس هدف از نوع پژوهش‌های توسعه ای بوده که به روش توصیفی- تحلیلی تهیه شده است. روش تحلیل در این پژوهش، از نوع تحلیل محتواست. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، از میان مقالات منتشر شده در سال‌های اخیر از پایگاه‌های Google scholar ، Web of science وNoormags استفاده شد. بررسی کلیدواژگان پرتکرار اعم از «تغییر اقلیم» همراه با « آلودگی هوا» و «طوفان گردو غبار»، « پدیده جزایر حرارتی»، « بحران خشکسالی» «بحران بی آبی» و « وقوع سیلاب» و « متاورس» در مطالعات ایران مورد توجه قرار گرفت. در این پایگاه‌ها، تنها مقالات اخیر مرتبط با سال‌های ۲۰۲۲ به بعد بررسی شدند. با عنایت به اینکه در این پژوهش سعی بر آن بوده تا با استفاده از فناوری‌های صنعت متاورس، راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی در شهرها ارائه گردد؛ لذا ابتدا چالش های مطرح در حوزه تغییرات اقلیمی از میان ادبیات نظری تحقیق استخراج و سپس مفاهیم و دیدگاه‌های مطرح در حوزۀ متاورس بررسی و نقش فناوری‌های این صنعت در مقابله با پیامدهای تغییرات اقلیمی شناسایی شده است. بررسی تجارب موفق کشورهای مختلف، اعم از کشورهای توسعه یافته و برخوردار از فناوری‌های پیشرفته تا کشورهای کمتر توسعه یافته و برخوردار از دانش بومی محلی، در مقابله با تغییرات اقلیمی نیز ازجمله مواردی است که می‌توانست در این مطالعه به آن پرداخته شود. با این حال اساس تحلیل بر پایه محتوای مطالعات پیشین بوده و اگر در مقاله‌ای تجربیات موفقی بررسی شده است، بالطبع در این تحقیق نیز مورد توجه قرار گرفته است.

۴- بحث و بررسی

پس از شرح مفاهیم مهم پیرامون صنعت متاورس، در ادامه به تحلیل محتوای آخرین مطالعات انجام شده پیرامون چالش‌های تغییرات اقلیمی پرداخته شد و دیدگاه‌های مطرح در ادبیات تحقیق مورد شناسایی قرار گرفت. با عنایت به تقسیم بندی چالش‌های مربوط به تغییر اقلیم در چهار بخش ۱- وقوع سیلاب، ۲- بحران خشکسالی و بی آبی، ۳- پیدایش طوفان گردوغبار، ۴- وقوع تنش‌های گرمایی و سرمایی اعم از جزیره حرارتی و یخبندان؛ جستجو و شناسایی مطالعات انجام شده به این چهار حوزه محدود گردید. در این راستا از هر حوزه تعداد ۱۰ مقاله اخیر انتخاب و مورد بحث و بررسی قرار گرفت که جمع بندی آن‌ها در جداول (۱) الی (۴) ارائه شده است.

جدول ۱. تحلیل محتوای مقالات پیشین پیرامون موضوع تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن با تاکید بر خطر وقوع سیلاب

نویسندگان و سال	عنوان مقاله	نتایج و یافته ها
ایرانی و همکاران (۱۴۰۴)	تحلیل تهدیدات تغییر اقلیم و تغییرکاربری اراضی بر افزایش ریسک سیلاب حوضه آبخیز شهرچای	افزایش رواناب در اکثر بخش‌های حوضه آبخیز شهرچای و احتمال وقوع سیلاب برای سال ۲۰۳۰
علیزاده و همکاران (۱۴۰۳)	ساخت، ارزیابی و پیش بینی مدل سیلاب حوضه تحت تاثیر تغییر اقلیم با مدل ریاضی HEC-HMS	افزایش گسترده میزان سیلاب‌ها در سال‌های آتی
حجازی زاده و همکاران (۱۴۰۳)	واکاوی اثر تغییر اقلیم بربارش‌های حدی در استان آذربایجان شرقی	وقوع پیامدهای جدی افزایش شدت و فراوانی بارش‌های شدید از جمله خطر سیل، فرسایش خاک، خسارات به زیرساخت‌ها و کشاورزی و منابع آب
پناهی و همکاران (۱۴۰۲)	سنجش و پیش‌بینی پتانسیل وقوع سیلاب تحت شرایط تغییر اقلیم	قرارگیری ۸۹ ٪ از سطح حوضه در معرض خطر سیلاب شدید
مرادی و همکاران (۱۴۰۲)	تاثیرتغییرات اقلیم و عوامل موثر جغرافیایی در سیلاب های شهری مورد مطالعه استان یزد	منطقه موردمطالعه از مناطق بسیار پرخطر از لحاظ ایجاد خطر سیلاب است که عواملی چون ارتفاع، شیب، مقداربارش، شبکه آبراهه ها، کاربری اراضی، به ترتیب مهم‌ترین عوامل ایجاد آن به شمار می آیند.
حسین زاده کوهی (۱۴۰۲)	بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب‌پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر	کاهش ۱۰٫۵ ٪ حجم رواناب در سناریوی اول، ۱۷ ٪ در سناریو دوم و ۲۱ ٪ در سناریو سوم با بکارگیریLIDs، و کاهش آسیب‌پذیری تا ۸٫۳ ٪ و افزایش اطمینان‌پذیری تا ۹۸٫۹ ٪
حجازی زاده و همکاران (۱۴۰۱)	بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سیل آسا در استان تهران	روبرویی با تغییر اقلیم ناشی از گرمایش جهانی و گرم تر شدن تهران، کاهش بارش سالانه، افزایش نوسانات آن و احتمال وقوع سیل.
ایمانی و همکاران (۱۴۰۱)	تأثیر تغییر اقلیم بر حجم و دبی پیک سیلاب (مطالعهٔ موردی: زیرحوضهٔ قران تالار)	افزایش بارش در ماه‌های سرد و کاهش بارش در ماه‌های گرم و افزایش حدود ۳۵ ٪ تا ۱۱۰ ٪ مقدار دبی و حجم سیلاب با دورهٔ بازگشت‌های مختلف
علی پور و همکاران (۱۴۰۰)	ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر شدت و بزرگی سیلاب در دوره های آتی	افزایش تعداد سیل ها و قدرت تخریب آن ها در شرایط تغییر اقلیم در آینده
زرین و داداشی رودباری (۱۴۰۰)	تأثیر تغییر اقلیم بر بارش های سنگین ایران با بکارگیری مدل هامدی CMIP۶	افزایش خطرسیل و مشکل ساز شدن دسترسی به منابع آب در ایران در اثر افزایش رخداد بارش سنگین در آینده

جدول ۲. تحلیل محتوای مقالات پیشین پیرامون موضوع تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن با تاکید بر بحران خشکسالی

نویسندگان و سال	عنوان مقاله	نتایج و یافته ها
آریاصدر و رحیمی (۱۴۰۳)	مقایسه آماری –همدیدی بارش ایران در خشکسالی و تر سالی (۲۰۲۱-۱۹۹۱)	افزایش نوسان‌پذیری بارش ایران از سالی به سال دیگر و بالا رفتن رخداد سال‌های کم‌بارش از پر بارش
رستمی و مریدی (۱۴۰۳)	بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شدت، مدت و دوره بازگشت خشکسالی در محدوده مطالعاتی اردبیل	افزایش میانگین دما ۳-۱/۵ درجه سانتیگراد و کاهش بارش سالانه به میزان ۱۸/۳- تا ۴/۸ ٪ و افزایش خشکسالی به شدت دو برابر و مدت ۲/۲ برابر
جهانگیری و همکاران (۱۴۰۳)	بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی با شاخص‌های SPI و SPEI (مطالعه موردی حوضه آبریز کارون سه)	افزایش شدت خشکسالی و کاهش بارش در ایستگاه کوهرنگ متأثر از تغییر اقلیم
مرادزاده و پورحسین (۱۴۰۳)	ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی (بخشی از حوضه کارون)	افزایش شدت خشکسالی ناشی از افزایش۲۲/۲ درجه سانتیگرادی میانگین دمای سالانه و کاهش ۴۲/۲۲ ٪ میانگین بارندگی سالانه در منطقه
اسدی و همکاران (۱۴۰۳)	پیش یابی شرایط خشکسالی آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم و بررسی نیاز خالص آبی در کهگیلویه و بویر احمد	افزایش تداوم خشکسالی‌ها و رخداد بیشتر خشکسالی‌های ملایم ناشی از تغییر اقلیم
ایلدرمی و نوری (۱۴۰۱)	ارزیابی خشکسالی و تغییر اقلیم در دوره آتی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو (حوضه آبخیز گرگانرود)	وقوع کم‌آبی و کاهش ذخیره آب و تشدید خشک‌سالی در اثر افزایش نسبی شرایط خشک‌سالی و کاهش بارندگی ها طی سال های آینده
اربابی سبزواری و فرزانه (۱۴۰۰)	واکاوی خشکسالی ایستگاه های ایران در دوره سرد سال	فراوانی و تداوم بالای خشکسالی در مقیاس‌های مختلف زمانی و برخورداری از خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید در جنوب و جنوب شرق ایران
افضلی و همکاران (۱۳۹۹)	مطالعه تطبیقی تغییر اقلیم و چالش های امنیتی بحران آب در شهرهای دو حوضه آبریز مرکزی و دریاچه ارومیه	تحت تأثیر قرار گرفتن حوزه های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی در اثر تغییرات اقلیمی و شکل گیری بحران آب
نادری (۱۳۹۹)	مخاطرات سیل و خشکسالی در مناطق خشک و نیمه خشک تحت شرایط تغییر اقلیم: شمال استان فارس	در آینده نزدیک (۲۰۵۵-۲۰۲۶) تعداد سال‌های ترسالی افزایش ولی تعداد سال‌های خشک‌سالی کاهش خواهد داشت، اما در آینده دورتر (۲۰۸۵-۲۰۵۶) تعداد سال‌های خشک‌سالی و شدت آن ها افزایش می یابد.
حسینی زاده و همکاران (۱۳۹۵)	تحلیل شدت و دوره بازگشت خشکسالی در شرایط تغییر اقلیم آتی(مطالعه موردی: دشت دزفول- اندیمشک)	افزایش تداوم خشکسالی های شدید و ضعیف و کاهش تداوم خشکسالی های با شدت متوسط

مرور نتایج تحقیقات پژوهشگران طی سال‌های اخیر نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی اثرات متفاوتی بر روی مولفه‌های اقلیم و مولفه‌های هیدرولوژیکی دارد که باعث ایجاد خشکسالی و یا سیلاب می‌گردد (پناهی و همکاران، ۱۴۰۲). برای نمونه سیل سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۹۵ و سیل‌های سال ۱۳۹۸ که در ۲۴ استان کشور به خصوص در استان‌های مازندران، گلستان، فارس، لرستان و خوزستان اتفاق افتاد؛ نتیجه رخداد بارش‌های سنگین و بسیار سنگین پیوسته بوده که در نتیجه آن سیلاب‌های گسترده‌ای در کشور رقم خورد (زرین و داداشی رودباری ، ۱۴۰۰).

جدول ۳. تحلیل محتوای مقالات پیشین پیرامون موضوع تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن با تاکید بر خطر آلودگی هوا

نویسندگان و سال	عنوان مقاله	نتایج و یافته ها
رهنما و همکاران (۱۴۰۴)	پایش و پهنه‌بندی تغییرات بلندمدت شاخص طوفان گردوغبار نیمه شرقی ایران	شکل‌گیری مراکز کم‌فشار در جنوب غربی افغانستان، شمال غربی پاکستان و شرق ایران همزمان با استقرار مراکز پرفشار در شمال افغانستان و شمال شرقی ایران سبب شکل‌گیری شیو فشاری و ایجاد بادهای نسبتاً شدید سطحی شده و چشمه‌های گردوغبار داخلی و فرامرزی را در محدوده موردمطالعه تقویت کرده و گسیل و انتقال گردوغبار را به نیمه شرقی ایران به همراه دارد.
ابراهیمی خوسفی و همکاران (۱۴۰۳)	تحلیل غبارآلودگی هوا در مناطق خشک با استفاده از یک شاخص مبتنی بر رویدادهای محلی و فرامحلی	افزایش فراوانی و شدت‌های مختلف آلودگی هوا در مناطق خشک ناشی از رویدادهای گرد و غبار محلی و فرا محلی
موریانی زاده و همکاران (۱۴۰۳)	مدل‌سازی توفان گردوخاک بر مبنای شاخص‌های طیفی شناسایی ریزگردها و هوش مصنوعی در استان هرمزگان	افزایش درجه حرارت سبب افزایش تبخیر وتعرق و خشکی خاک و در نهایت فرسایش خاک می شود که در اثروزش بادهای نسبتاً شدید ذرات خاک از بستر خود جدا شده و به صورت توفان گردوخاک وارد جو می شود .
بیرانوند و همکاران (۱۴۰۳)	نقش باد شمال تابستانه و زمستانه در رخداد توفان‌های گردوغبار در غرب ایران	در توفان‌های ناشی از باد شَمال زمستانه نقش دریاچه‌های مرکزی عراق در خیزش گردوغبار ۱۵٪ و نقش کانون‌های واقع در شرق و جنوب شرق عراق، شمال عربستان، کویت و جنوب غرب ایران نسبت به توفان‌های ناشی از باد شمال تابستانه بیشتر است.
باقری (۱۴۰۳)	بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی: مطالعه موردی ایران	رشد اقتصادی در ابتدا منجر به آلودگی و در ادامه سبب کاهش آلودگی می شود. تولید ناخالص داخلی، مصرف انرژی، سرمایه گذاری مستقیم خارجی موجب انتشار گاز کربنیک شده و آلودگی هوا را در پی دارد.
حسینی (۱۴۰۱)	پیش بینی میزان دید افقی سالیانه حاصله از گرد و غبار در منطقه کم فشار حرارتی سیستان	افزایش آلودگی هوا و کاهش میزان دید افقی در ناحیه سیستان به دلیل افزایش ذرات آلاینده های جوی
باقرآبادی و معین الدینی (۱۴۰۱)	ردیابی منابع طوفان‌های گردوغبار غرب ایران (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)	جهت‌های غربی بیشترین سهم ورودی گردوغبار را به شهر کرمانشاه را دارند و منشأ گردوغبار بیشتر در مناطق مرزی و خشک شمال غربی عراق و بیابان های سوریه هستند.
نعیمی و همکاران (۱۴۰۰)	تحلیل آثار تغییرات اقلیم و شرایط خاک سطحی بر فراوانی رخدادهای گرد و غبار	افزایش شدت خشک‌سالی و تعداد روزهای غبارآلود در محدودهٔ مطالعاتی به دلیل تغییرات اقلیمی
قربانی سپهر و همکاران (۱۳۹۹)	بررسی اثر تغییر اقلیم بر آلودگی هوای کلانشهرها	تأثیرگذاری تغییرات اقلیمی بر کیفیت هوای کلانشهرها از طریق؛ گرمایش جهانی، تشدید انتشار آلاینده‌های اصلی مثل ازن و ذرات معلق، آتش سوزی جنگل‌ها، مهاجرت، افزایش جمعیت کلانشهرها، تهدیدات سلامتی انسان شهرنشین، وارونگی و ایجاد جزایر حرارتی.
خدام و همکاران (۱۳۹۸)	رخدادهای توفان گردوخاک در فصل تابستان در سیستان و بلوچستان در دوره ۳۰ ساله	کاهش شدت شاخص موسمی هند در طی این دوره و افزایش شدت شاخص کاسپین–هندوکش و تقویت جریان‌های شمالی در مرزهای شرقی ایران و غرب افغانستان

گردوخاک پدیده‌ای است که از لحاظ وسعت مکانی بسیار وسیع است و به صورت ملی موردمطالعه قرار می‌گیرد. همچنین از بعد زمانی گردوخاک پدیده‌ای که به شدت پویا بوده و از ساعتی به ساعت دیگر، موقعیت و مسیر حرکتش تغییر می‌کند. از آنجا که بین شاخص آلودگی هوا با عوامل اقلیمی رابطه معنی داری وجود دارد؛ لذا متغیرهای آب و هوایی از عوامل تاثیرگذار برآلاینده‌های هوا به شمار می‌آیند. مرور مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در میان عناصر اقلیمی، متغیر پیش بینی کننده دما از اهمیت بیشتری نسبت به بقیه داده‌ها برخوردار است؛ به گونه‌ای که افزایش درجه حرارت سبب افزایش تبخیر و تعرق و خشکی خاک و در نهایت فرسایش خاک شده و در اثر وزش بادهای نسبتاً شدید ذرات خاک از بستر خود جدا شده و به صورت توفان گرد و خاک وارد جو می‌گردد (موریانی زاده و همکاران، ۱۴۰۳).

جدول ۴. تحلیل محتوای مقالات پیشین پیرامون موضوع تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن با تاکید بر تنش گرمایی و سرمایی

نویسندگان و سال	عنوان مقاله	نتایج و یافته ها
قربابی و سجادزاده (۱۴۰۳)	تاثیر تغییرات پوشش گیاهی بر شدت جزیره گرمایی در شهر (نمونه موردی: کلانشهر کرج)	کمبود پوشش گیاهی؛ مهم ترین عامل گسترش جزایر گرمایی و افزایش دماست. در نتیجه فضاهای سبز و پوشش گیاهی جزایر حرارتی شهری را تعدیل می بخشند.
زکوی و همکاران (۱۴۰۳)	دورنمایی از شرایط تغییر اقلیم ۵۰ سال آینده استان خوزستان با تاکید بر عنصر دما	افزایش فراوانی امواج گرمایی در شرق، مرکز و جنوب غربی استان در ۵۰ سال آینده
رحیمی و همکاران (۱۴۰۳)	بررسی نقش پارامترهای اقلیمی در تشکیل جزایر حرارتی شهری (UHII) با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: کلانشهر تبریز)	مناطق برهنه و عاری از پوشش گیاهی و مناطق نزدیک به صنایع و فرودگاه، بالاترین دمای سطح و UHII را دارند. در مقابل، مناطق با تراکم ساختمانی بالا و فضای سبز فراوان، دمای سطح و کمتری دارند. همچنین با حرکت از غرب به شرق در محدوده مورد مطالعه، دمای هوا و فشار سطح کاهش می یابد، در حالی که بارش افزایش می یابد.
درگاهیان و همکاران (۱۴۰۳)	آشکارسازی تغییر روند شاخص‌های یخبندان به‌عنوان پیامد تغییر اقلیم، مطالعه موردی جنگل‌های زاگرس شمالی (آذربایجان‌غربی)	با توجه به روند افزایش دما در سال‌های آینده روند کاهش شاخص های یخبندان ادامه خواهد داشت و زمینه برای تنش‌های دمایی و رطوبتی و رشد و طغیان بیشتر آفات و بیماری‌ها فراهم خواهد شد. جنگل‌های زاگرس به‌ویژه درختان بلوط اهمیت بسزایی در پوشش منابع طبیعی، ذخیره آب زیرزمینی، کاهش اثرها و کند شدن تغییرات اقلیمی داردکه باید نسبت به حفظ آن ها اقدام نمود.
محمدی و همکاران (۱۴۰۳)	آشکارسازی تاثیر تغییر اقلیم بر مکانیزم جزایر حرارتی تهران	افزایش تغییرات دمای شبانه در مناطق شمالی و غرب تهران نسبت به سایر مناطق به دلیل اثر جزیره گرمایی
طحانی یزدلی و همکاران (۱۴۰۲)	بررسی تغییرات ماهانه جزایر حرارتی شبانه شهرستان اصفهان در دو دهه اخیر با استفاده از فرآورده های چندزمانه سنجنده مودیس	شهرستان اصفهان نیز مانند اغلب شهرهای دنیا، یکپارچه تحت تأثیر تغییرات اقلیم جهانی قرار دارد اما بسته به موقعیت جغرافیایی و مکان گزینی متمرکزی که صنایع در هر بخش از این استان دارد، دمای سطح زمین و روند رخداد جزایر حرارتی متفاوت است. افزایش شهرنشینی، مهاجرت پذیری، افزایش مصرف سوخت های فسیلی، کاهش پوشش گیاهی، تشدید خشکسالی در سال های اخیر و تغییر کاربری ها نقش اساسی در افزایش رخداد این پدیده در شهرستان اصفهان دارد.
تیموری و همکاران (۱۴۰۲)	مطالعه و پایش روند تغییرات جزایر حرارتی در استان تهران و رابطه آن با متغیرهای اقلیمی و آلاینده‌ها	در بین متغیرهای مورد مطالعه؛ بیشترین ضریب تأثیرکلی بر افزایش دمای شبانه سطح زمین به ترتیب مربوط به دمای روزانه سطح زمین، بخار آب و مونوکسیدکربن بوده است. همچنین ذرات PM بیشترین ضریب تأثیر کلی را در کاهش دمای شبانه به خود اختصاص داده است.
خداجو و همکاران (۱۴۰۰)	تأثیر الگوهای همدیدی جو بر شدت جزیره گرمایی شهررشت و تغییرات عناصر اقلیمی	افزایش میانگین حداقل دما، رطوبت، سرعت باد، ساعات آفتابی و تبخیر در ماه های مختلف سال
ملکی مرشت و همکاران (۱۴۰۰)	بررسی اثر رخ داد امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی شهر سنندج طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۹	براساس نتایج، چه در ماه های گرم و چه در ماه های سرد اغلب در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی در روز جزیره سرمایی در مرکز سنندج تشکیل شده که در شرایط موج گرما گاهی جزیره گرمایی در مرکز شهر ایجاد شده است. در شب هم-زمان با امواج گرمایی اغلب جزیره گرمایی ایجاد شده که گاهی تا ۲/۵ درجه نیز افزایش یافته. در مجموع میزان تأثیرپذیری جزایر حرارتی از امواج گرمایی در ماه های گرم بیشتر از ماه های سرد بوده است.
رنجبر و همکاران (۱۳۹۹)	برآورد توزیع زمانی رخداد تنش‌های گرمایی و سرمایی شدید در فضای باز منطقه ۹ شهر تهران	خارج از محدوده شرایط آسایش حرارتی بودن منطقه ۹ شهر تهران در۸۶ ٪ از کل سال (۵۹ ٪ تنشهای سرمایی (PET) و ۲۷٪ تنشهای گرمایی (PET>23C°)

بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که موضوع جزایر حرارتی باتوجه به اهمیت آن در گرمایش جهانی، ازجمله دغدغه‌های اصلی پژوهشگران در سال‌های اخیر بوده است که در این راستا در اکثر مطالعات انجام شده به دنبال کشف عوامل و علل تأثیرگذار بر شدت جزایر حرارتی در سطح شهر بوده‌اند. یافته های آن‌ها نشان می‌دهد مهم‌ترین عامل پیدایش جزایر حرارتی شامل افزایش شهرنشینی، مهاجرت‌پذیری، افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی، کاهش پوشش گیاهی، تشدید خشکسالی و تغییر کاربری‌هاست.

۵- راهکارهای افزایش تاب آوری شهری در مواجهه با تغییرات اقلیمی

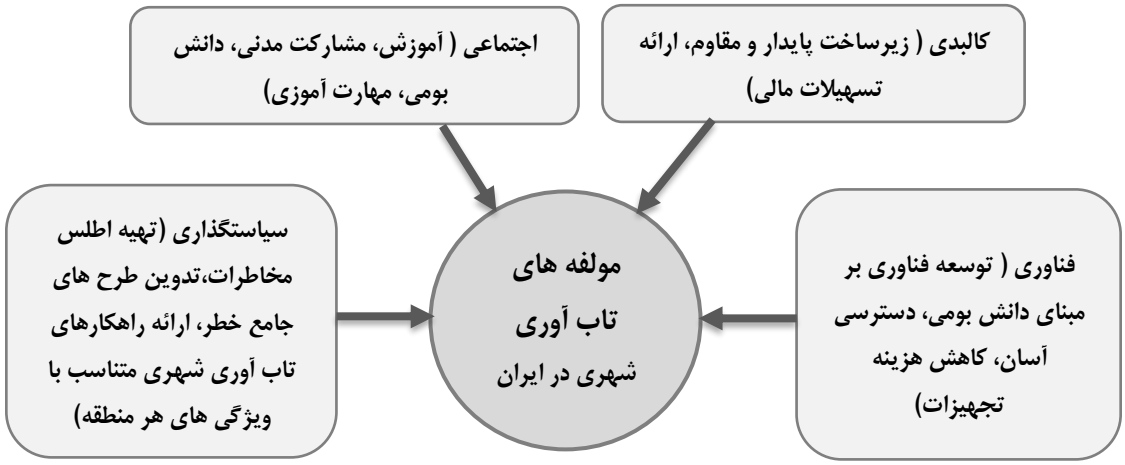
در کشور ایران با توجه به شکنندگی محیط ایران و آسیب پذیری آن در برابر بحران‌های محیط زیستی و اقلیمی و ادامهٔ روندهای تخریبگر محیط زیستی، ضرورت تأکید بر تاب آوری محیطی برای کاهش خسارت و تلفات و جلوگیری از سایر معضلات اجتماعی همچون جابه جایی

و مهاجرت بیش ازپیش احساس می‌شود. در ادامه فرایند تحقیق، با توجه به اینکه هدف این مقاله ارائه راهکارهایی برای افزایش تاب‌آوری شهری در برابر چالش‌های اقلیمی است، لذا مقالاتی که با جستجوی کلید واژگان « تاب آوری » و «تغییر اقلیم» نیز یافت شد، به شرح جدول (۵) برای تحلیل محتوا شناسایی گردید.

جدول ۵. تحلیل محتوای مقالات پیشین پیرامون موضوع تاب آوری و سازگای شهری با تغییرات اقلیمی

نویسندگان و سال	عنوان مقاله	نتایج و یافته ها
قاسمی و همکاران (۱۴۰۳)	شناسایی پیشران های کلیدی موثر بر آینده تغییر اقلیم و تاب آوری شهر اصفهان	شناسایی۳۰ متغیر به‌عنوان متغیرهای کلیدی مؤثر برتاب آوری شهر اصفهان که فقط متغیر اعتبارات نقش متغیر راهبردی را داشته و نحوه پراکنش متغیرها در محورهای تاثیرگذاری – تاثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم نشان از ناپایداری سیستم دارد.
کیاست و اینانلو (۱۴۰۳)	تغییر اقلیم و سازگاری با آن در جوامع شهری: نمونه موردی، ژاپن	ژاپن در راستای کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی با رویکرد جدیدی، ازجمله توسعه زیرساخت‌های متشکل از دیوارهای سبز و مناطقی شناور و تصویب قوانین سازگاری با تغییرات آب‌وهوا و استفاده از صنعت متاورس روی آورده است.
جانعلی پور و عباس زاده طهرانی (۱۴۰۳)	علم سنجی مطالعات انجام شده درخصوص کاربرد علم و فناوری سنجش دور در پایش پدیده تغییر اقلیم	استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای تحلیل حجم زیادی از داده‌ها بنظر راهکار پیشنهادی محققین جهان است. نتایج نشان دهنده توجه محققین به زمینه تغییر اقلیم در کشور بوده است اما عمده مطالعات در ایران متمرکز به خشکسالی، بارش، تغییرات دما شده است که می‌توان از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه محصولات مرتبط با آلودگی هوا و آب نیز استفاده کرد. در واقع، بدلیل مشکلات مرتبط با خشکسالی و آب در ایران، عمده پژوهشگران در این زمینه‌ها پژوهش کرده‌اند.
سلاجقه (۱۴۰۳)	اثرات تغییرات اقلیمی بر سلامت انسان و راهکارهای افزایش تاب‌آوری جوامع	ارائه راهکارهایی مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، بهبود سیستم‌های سلامت، آگاهی‌بخشی و آموزش جوامع، حکمرانی یکپارچه و مشارکت جمعی در جهت تقویت و ارتقای تاب‌آوری جوامع در برابر پیامدهای اقلیمی
نظری پور و همکاران (۱۴۰۳)	محدودیت‌های مقابله و تاب‌آوری در برابر مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی نمونه موردی: شهرستان زاهدان	ارزیابی تاب‌آوری اجتماعات محلی در برابر تغییرات اقلیمی و محدودیت‌ها و موانع آن، یک گام مهم برای شناسایی سازوکارهای مؤثر و اولویت‌بندی مدیریت است که باعث ارتقای قابلیت انعطاف‌پذیری و افزایش ظرفیت سازگاری می‌شود.
حسینی و همکاران (۱۴۰۳)	تحلیل عوامل مؤثر بر تاب‌آوری شهری در مواجهه با بحران آب در شهرهای کوچک مطالعه موردی: شهر کبودرآهنگ	ضعف مدیریتی و برنامه‌ریزی نادرست در استقرار نیروگاه شهید مفتح در دشت کبودرآهنگ عامل اصلی بحران آب در محدوده موردمطالعه می‌باشد. همچنین عدم آگاه‌سازی اقتصادی (بعد اقتصادی) توسعه عمرانی و فناوری‌های جدید(بعد کالبدی)، عدم مدیریت صحیح سازمانی (در مصرف، منبع و توزیع) (بعد نهادی)، عدم آگاه‌سازی مردم در فضای حقیقی و مجازی با ارائه گزارش‌های واقعی(بعد اجتماعی)، بهره‌برداری و برداشت آب بیش‌ازحد از سفره‌های زیرزمینی (بعد زیست‌محیطی) و نیز ناامیدی به آینده در بین مردم شهر (بعد روان‌شناختی) از مهم‌ترین عوامل موثر بر تاب آوری شهری هستند.
ساکت حسنلوئی و همکاران (۱۴۰۲)	واکاوی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری با تأکید بر تغییرات اقلیمی مطالعه موردی: ارزیابی تطبیقی شهرهای نقده و قروه	میان متغیرهای بهبود سطح تاب‌آوری شهری و کاهش مخاطرات طبیعی ارتباط مستقیم و معنادار و همبستگی بسیار قوی برقرار است. بعد ساختاری ـ کالبدی و مؤلفه برخورداری از ساختار و بافت شهری مطلوب و سازگار و بعد اجتماعی–فرهنگی و مؤلفه وضعیت پویایی و تنوع اقتصادی به ترتیب بیشترین و کمترین سطح اهمیت و اولویت و مطلوبیت را نسبت به سایر ابعاد و مؤلفه‌های مطالعاتی به خود اختصاص داده‌اند.
یادگاری فر و همکاران (۱۴۰۲)	ارزیابی تاب آوری شهرستان زاهدان در برابر بحران آب و خشکسالی	وضعیت تاب آوری اقتصادی، اجتماعی و نهادی در شهرستان زاهدان پایین تر از میانگین مطلوب است و این شهرستان از نظر تاب آوری در برابر خشکسالی و بحران آب در وضعیت نامناسبی قرار دارد.
جلیلی صدر آباد و همکاران (۱۴۰۲)	تاب‌آوری در برابر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی در طرح‌های توسعه	لزوم تهیه برنامه مراقبت و نگهداری از زیرساخت‌های موجود با فازهای زمان‌بندی مشخص، ایجاد ارتباط بین سازمانی دستگاه‌ها و سازمان‌های مختلف برای همکاری و تعامل چندجانبه در برنامه تأسیسات حفاظتی شهرها، نظارت بر حسن اجرای قوانین مربوط به حرایم استحفاظی و تاکید بر مشارکت‌های مردمی، از الزامات برنامه‌ریزی طرح‌های توسعه با رویکرد تاب‌آوری است.
بارزمان و همکاران (۱۴۰۰)	تاب‌آوری شهری با تأکید بر جنبه‌های اقلیمی در شهر ورامین	شهر ورامین در شرایط تغییر اقلیم از جنبه محیطی با افت سطح آبهای زیرزمینی و شور شدن منابع آب دشت تهدید می شود. همچنین اراضی زراعی وسیع و برداشت بی رویه و تخلیه فراوان آب سفره های زیرزمینی، فرونشست زمین از تهدیدهای بزرگ دشت ورامین است.

مرور مطالعات فوق و تحلیل محتوای آن‌ها نشان می‌دهد اگرچه مولفه‌های متعددی در ارتقای تاب‌آوری شهری در مواجهه با پیامدهای تغییر اقلیم موثرند. با این حال جمع‌بندی این مولفه ها را می‌توان مطابق شکل (۷) ارائه نمود.



شکل ۷. مولفه‌های تاب آوری شهری در ایران

چالش‌های مطرح در حوزه تغییرات اقلیمی از یکسو و مولفه‌های تاب آوری شهری در ایران از سوی دیگر؛ ضرورت چاره اندیشی برای کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و افزایش تاب آوری شهری از طریق متاورس را بیش از پیش مطرح می‌نماید. جمع بندی بررسی‌ها پیرامون این موضوع و ارائه راهکارهای متاورسی قابل اجرا در جدول (۶) ارائه شده است که علاوه بر ارائه راهکار برای هر چالش، روش اجرا و مصداق آن در کشورهای دیگر را نیز مطرح نموده است. اگر چه تمامی این راهکارها در ایران به دلیل کمبود زیرساخت‌های لازم قابلیت اجرا ندارد، اما ایجاد مدل‌های مجازی و سه بعدی در خصوص هر چالش در مطالعات متعددی از پژوهشگران ایرانی مشاهده می‌گردد که در صورت همکاری بین نهادهای دولتی، دانشگاه‌ها، و استارت آپ‌ها می تواند زمینه را برای اجرای پروژه‌های پایلوت در شهرهای پیشرو فراهم سازد.

جدول ۶. ارائه راهکاری متاورسی برای مقابله با پیامدهای تغییرات اقلیمی و افزایش تاب آوری شهری

چالش ها	راهکارها	روش اجرا	مصداق خارجی	مصداق داخلی
مدیریت منابع آب	شبیه سازی سیستم آبی با دیجیتال دوقلو	ایجاد مدل‌های دیجیتال از شبکه‌های آبی شهر (مانند سدها، قنات ها و سیستم های فاضلاب) برای پیش بینی تأثیر تغییرات اقلیمی (خشکسالی، سیل) و بهینه سازی توزیع آب.	پروژه AquaMeta در متاورس که به شهرداری ها اجازه می دهد سناریوهای خشکسالی را شبیه سازی و راهکارهایی مانند بازیافت آب خاکستری را آزمایش کنند.	ایجاد مدل‌های مجازی سه بعدی از شبکه‌های آبی (مانند سدها، قنات ها، و سیستم‌های توزیع آب) در متاورس و پایش هوشمند منابع آب با اینترنت اشیا و اجرای پروژه‌های پایلوت در شهرهای کم آب مانند یزد یا کرمان
	آموزش مجازی برای مصرف بهینه	استفاده از VR برای آموزش روش‌های صرفه جویی در مصرف آب به شهروندان مانند شبیه سازی پیامدهای کم آبی در خانه‌های مجازی)		
	پایش بلادرنگ با اینترنت اشیا (IoT)	ادغام داده های حسگرهای واقعی (مثل سطح آب زیرزمینی) با پلتفرم متاورس برای مدیریت هوشمند منابع آب.		
بهبود زیرساختها	طراحی زیر ساخت مقاوم در متاورس	استفاده از دیجیتال دوقلو برای شبیه‌سازی مقاومت پل ها، جاده‌ها، و ساختمان‌ها در برابر سیل یا زلزله قبل از ساخت.	استفاده از Microsoft Mesh برای طراحی مجازی یک شهر هوشمند با سیستم روشنایی کم مصرف و جاده های مقاوم در برابر گرما.	استفاده از شبکه‌های مرکزی برای مکاتبات اداری و پلتفرم های مجازی برای آموزش در دوران کرونا در ایران
	بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان	ایجاد نسخه‌های مجازی از ساختمان برای تحلیل مصرف انرژی و ارائه راهکارهای کاهش کربن (نصب پنل های خورشیدی مجازی).		
	زیرساخت های مجازی جایگزین	توسعه دفاتر کار، مدارس، و بیمارستان های مجازی برای کاهش نیاز به ساخت وساز فیزیکی.		
مدیریت فضای سبز	طراحی پارک های مجازی و واقعی	استفاده از AR برای نمایش اثرات کاشت درختان بر کاهش دمای شهری و جذب CO_2 قبل از اجرای پروژه.	پلتفرم GreenVerse که کاربران می توانند	ساخت و راه اندازی سامانه‌ها و اپلیکشین های پایش سلامت

	گیمیفیکیشن برای مشارکت شهروندان	ایجاد بازی‌های متاورسی که به کاربران امتیاز می‌دهند اگر در کاشت درختان واقعی (از طریق NFT های مرتبط) مشارکت کنند.	درختان مجازی بکارند و هر درخت مجازی معادل یک درخت واقعی در شهر کاشته می‌شود.	گیاهان با همکاری وزارت جهاد کشاورزی و سازمان محیط زیست و منابع طبیعی و شرکت های فناوری ایرانی
	پایش سلامت گیاهان با AI	ادغام داده های ماهواره ای و حسگرهای IOT در متاورس برای نظارت بر سلامت فضای سبز شهری.		
بهبود کیفیت هوا	شبیه سازی منابع آلاینده	استفاده از دیجیتال دوقلو برای شناسایی نقاط آلودگی هوا و تست محدودیت ترافیک یا توسعه حمل و نقل سبز.	اپلیکیشن AirMetaکه داده های آلودگی هوای شهر را در زمان واقعی روی نقشه مجازی نمایش می دهد و مسیرهای کم آلاینده پیشنهاد می‌کند.	راه اندازی سامانه‌هایی برای گزارش ترافیک و آلودگی ناشی از انتشار دود و گاز های آلاینده و شبیه سازی وضعیت ترافیک و هوای شهرها در نرم افزارهای تخصصی
	آموزش تعاملی درباره آلودگی	ایجاد تجربه های VR که اثرات سلامت ناشی از آلودگی هوا (مثلاً بیماری های تنفسی) را به صورت بصری نشان می‌دهد		
	سیستم های پایش مشارکتی	شهروندان با استفاده از اپلیکیشن هایAR ، داده های کیفیت هوا را در متاورس به اشتراک بگذارند.		
مدیریت ریسک بلایای طبیعی	شبیه سازی بلایا برای آمادگی	ایجاد سناریوهای مجازی از سیل، زلزله، یا آتش سوزی برای آموزش شهروندان و تیم‌های امداد.	پروژه DisasterReady در متاورس که به شهروندان آموزش می دهد چگونه در برابر سیل واکنش نشان دهند و مسیرهای تخلیه ایمن را شناسایی کنند	اگرچه آموزش مجازی مواجهه با بلایا و سوانح طبیعی و انسان ساخت در ایران محدود است، اما شبیه سازی بحران‌ها به صورت ابتدایی انجام می‌گیرد.
	پلتفرم‌های هماهنگی بحران	استفاده از متاورس برای هماهنگی بلادرنگ بین سازمان ها در مواقع اضطراری (توزیع منابع با کمک نقشه های مجازی).		
	پیش بینی بلایا با AI	ادغام داده‌های اقلیمی و تاریخی در متاورس برای پیش بینی احتمال وقوع بلایا و برنامه ریزی پیشگیرانه.		
توسعه شهری پایدار	طراحی مشارکتی شهرها	همکاری شهروندان و کارشناسان در متاورس برای طراحی محله پایدار (با دسترسی به انرژی های تجدیدپذیر و حمل و نقل سبز)	شهر Neom در عربستان که بخشی از طراحی آن در متاورس انجام شده تا اطمینان حاصل شود تمام زیرساخت ها با استانداردهای پایداری سازگارند.	شبیه سازی انرژی و فضای سبز و تاثیر کربن و گازهای آلاینده بر شهر در مطالعات متعددی در شهرهای مختلف ایران انجام پذیرفته است.
	بازارهای دیجیتال پایدار	فروش مصالح ساختمانی بازیافتی یا محصولات کمکربن در پلتفرم های متاورس با استفاده ازNFT ها.		
	شبیه سازی اثرات کربنی پروژه ها	تحلیل ردپای کربن یک ساختمان یا پروژه شهری قبل از اجرا در محیط مجازی		
افزایش آگاهی و مشارکت عمومی	تجربه های همه جانبه آموزشی	استفاده از VR برای نشان دادن پیامدهای گرمایش جهانی (مثل ذوب یخ های قطبی) به شهروندان	پروژه ClimateAction VR که کاربران را به یک شهر مجازی آینده می برد که در اثر تغییرات اقلیمی نابود شده و آنها را به اقدام عملی ترغیب می کند.	استفاده از VR برای آموزش تغییرات اقلیمی در مراکز آموزشی ایران به صورت پراکنده وجود دارد.
	شهروندان مجازی در حکمرانی	برگزاری جلسات شهرداری در متاورس برای مشارکت بیشتر مردم در تصمیم گیری های زیست محیطی		
	پویش های مجازی برای اقدامات واقعی	ایجاد چالش هایی در متاورس که کاربران با انجام فعالیت های پایدار (مثل دوچرخه سواری) امتیاز کسب کنند و به پروژه های واقعی کمک مالی شود.		

۶. نتیجه گیری

با توجه به اهمیت تهدیدات تغییرات اقلیمی در شهرها، این مقاله با هدف ارائه راهکارهایی برای مقابله با پیامدهای تغییرات اقلیمی به بررسی نقش متاورس در افزایش تاب‌آوری شهرها می‌پردازد. در این راستا با مرور مطالعات پیشین و تحلیل محتوای آن ها عمده‌ترین چالش‌های تغییرات اقلیمی را در چهار حوزه ۱- بحران کم آبی و خشکسالی، ۲- پیدایش جزایر حرارتی ۳- وقوع سیلاب ۴- وقوع طوفان گرد و غبار

شناسایی می‌نماید. در ادامه، با بررسی ادبیات تحقیق پیرامون متاورس و با تاکید بر این نکته که متاورس با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین (نظیر واقعیت مجازی، هوش مصنوعی، و اینترنت اشیا) می‌تواند به عنوان یک ابزار مکمل در کنار اقدامات فیزیکی عمل کند؛ به ارائه راهکارهایی برای افزایش تاب آوری شهری می‌پردازد. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که شبیه‌سازی بحران‌های اقلیمی در محیط مجازی، کاهش سفرهای فیزیکی، آموزش تعاملی شهروندان و مدیریت هوشمند منابع از جمله راهکارهای کلیدی متاورس برای مقابله با تغییرات اقلیمی هستند. برای مثال، استفاده از شهرهای دیجیتال دوقلو امکان آزمایش راهکارهای سازگاری با تغییرات اقلیمی را پیش از اجرای فیزیکی فراهم می‌کند که این امر هزینه‌ها و ریسک‌های مرتبط با خطاهای انسانی را کاهش می‌دهد. اما متاورس نمی تواند جایگزین اقدامات فیزیکی شود، تنها با کاهش هزینه ها، افزایش مشارکت، و تسریع نوآوری، می تواند نقش کلیدی در مقابله با تغییرات اقلیمی ایفا کند. البته در این راستا چالش‌هایی از جمله مصرف انرژی بالای سرورهای متاورس (نیاز به استفاده از انرژی های تجدیدپذیر)، وابستگی به فناوری، شکاف دیجیتالی و دسترسی نابرابر به فناوری و خطر سبزشویی توسط شرکت‌ها نیز وجود دارد که نباید از آن‌ها غافل شد.

مقایسه یافته های این مطالعه با نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که پژوهشگران در این مطالعات عمدتاً بر جنبه‌های مثبت متاورس (مانند کاهش سفرها یا آموزش مجازی) تمرکز داشته‌اند (Wang & Medvegy, 2022؛ محمدنژاد و عابدینی، ۱۴۰۳)، اما این مقاله با نگاهی متوازن، هم فرصت‌ها و هم چالش‌های متاورس را بررسی می‌کند. برای مثال، در حالی که پژوهش‌های گذشته نقش متاورس در کاهش انتشار کربن را تأیید می‌کنند، این مطالعه تأکید می‌کند که این مزیت تنها در صورت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر محقق می‌شود. همچنین، برخلاف تحقیقاتی که متاورس را جایگزینی کامل برای اقدامات فیزیکی می‌دانند (Palak et al, 2023) . این مقاله بر مکمل بودن متاورس و ضرورت ادغام آن با سیاست‌های واقعی محیط‌زیستی تأکید دارد و خاطر نشان می کند که متاورس به عنوان یک ابزار مکمل (نه جایگزین) می‌تواند در کاهش پیامدهای تغییرات اقلیمی شهرها نقش ایفا کند، مشروط بر اینکه: الف) با انرژی‌های پاک پشتیبانی شود. ب) دسترسی عادلانه به آن فراهم گردد. ج) همراه با اقدامات واقعی در دنیای فیزیکی باشد. در اینصورت متاورس، با ادغام خلاقانه فناوری و تعهد زیست محیطی، می‌تواند به شهرها کمک کند تا به سمت آینده‌ای کم کربن و مقاوم حرکت نمایند.

در پایان برای محققان و پژوهشگران علاقمند به مطالعه و تحقیق در حوزه متاورس پیشنهاد می‌گردد که ضمن بررسی تأثیر متاورس بر جوامع محروم و طراحی راهکارهای فراگیر برای کاهش شکاف دیجیتالی موارد زیر را نیز به عنوان موضوعات پیشنهادی در نظر بگیرند:

- تحلیل هزینه–فایده راهکارهای متاورسی در مقایسه با روش‌های سنتی،
- مطالعه تجربیِ مصرف انرژی سرورهای متاورس و راهکارهای بهینه‌سازی آن،
- توسعه چارچوب‌های قانونی برای جلوگیری از سبزشویی و شفاف‌سازی اقدامات زیست‌محیطی شرکت‌ها.

۷. منابع

۱. ابراهیمی خوسفی، زهره؛ ابرهیمی خوسفی، محسن و میراکبری، مریم . (۱۴۰۳). تحلیل غبارآلودگی هوا در مناطق خشک با استفاده از یک شاخص مبتنی بر رویدادهای محلی و فرامحلی .*مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۵(۵۵): ۱۹-۳۶.
doi: 10.22034/jargs.2023.425069.1071

۲. اربابی سبزواری، آزاده؛ فرزانه، مهسا . (۱۴۰۰). واکاوی خشکسالی ایستگاه‌های ایران در دوره سرد سال، *پژوهش‌های اقلیم شناسی*، ۱(۴۸): ۵۵-۶۸.

۳. آرخی، صالح؛ کرکز، سمیرا؛ عمادالدین، سمیه . (۱۴۰۲). پهنه‌بندی خطر سیلاب تحت تاثیر تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز قره‌سو، استان گلستان)، *پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۴(۱۴): ۱-۲۶.

۴. آریا صدر، مریم و رحیمی، داریوش . (۱۴۰۳). مقایسه آماری –همدیدی بارش ایران در خشکسالی و تر سالی (۲۰۲۱-۱۹۹۱). مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۵(۵۶):۱۴۰-۱۲۳. doi: 10.22034/jargs.2023.416873.1056

۵. اسدی، اشرف؛ بی نیاز، ارسلان؛ جاعل، آرش و شاکری, سیروس . (۱۴۰۳). پیش یابی شرایط خشکسالی دوره های آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم و بررسی نیاز خالص آبی در استان کهگیلویه و بویر احمد .*راهبردهای توسعه روستایی*، در دست انتشار. doi: 10.22048/rdsj.2025.414629.2130 .

۶. افضلی، رسول؛ ذکی، یاشار؛ کاویانی راد، مراد و محمدخانی، عماد. (۱۳۹۹). مطالعه تطبیقی تغییر اقلیم و چالش‌های امنیتی بحران آب در شهرهای دو حوضه آبریز مرکزی و دریاچه ارومیه. *جغرافیای اجتماعی شهری*، ۷(۱ (پیاپی ۱۶))، ۱۶۷-۱۸۹.

۷. ایرانپور مبارکه، زهرا؛ نوذریان، مهدی؛ غفوریان نصیری، محمد و فریدونیان، علیرضا (۱۴۰۱). ارزیابی نقش متاورس در مدیریت شهر هوشمند با مدلسازی رفتاری، در حوزه‌های انرژی، سلامت، حمل و نقل و مطالعه موردی بازار انرژی محلی، *هشتمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و سیستم‌ها*، مشهد، https://civilica.com/doc/1537567

۸. ایرانی، طیبه؛ عبقری، هیراد و رسولی، علی اکبر . (۱۴۰۴). تحلیل تهدیدات تغییر اقلیم و تغییرکاربری اراضی بر افزایش ریسک سیلاب حوضه آبخیز شهرچای .*مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۴(۴۴): ۱۰۵-۱۲۶.doi: 10.22111/jneh.2024.49039.2053

۹. ایلدرمی، علیرضا و نوری، حمید . (۱۴۰۱). ارزیابی خشک‌سالی و تغییر اقلیم در دوره‌ی آتی با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز گرگان رود–قره‌سو – ایران) .*مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۷(۲۶): ۱۱۱-۱۲۴.

۱۰. ایمانی, تکتم؛ دلقندی, مهدی؛ امامقلی زاده, صمد و گنجی نوروزی, زهرا . (۱۴۰۱). تأثیر تغییر اقلیم بر حجم و دبی پیک سیلاب (مطالعهٔ موردی: زیرحوضهٔ قران تالار) .*اکوهیدرولوژی*، ۹(۱): ۲۵۹-۲۷۲. doi: 10.22059/ije.2022.333410.1576

۱۱. بارزمان، سپیده؛ فرجی، عبدالله و شمسی پور، علی اکبر. (۱۴۰۰). تاب‌آوری شهری با تأکید بر جنبه‌های اقلیمی در شهر ورامین، *مسکن و محیط روستا*، ۴۰ (۱۷۴) :۱۴۸-۱۳۵. DOI: 10.22034/40.174.135

۱۲. باقرآبادی، رسول؛ معین‌الدینی، مظاهر. (۱۴۰۱). ردیابی منابع طوفان‌های گردوغبار غرب ایران (مطالعه موردی شهر کرمانشاه). *مدیریت بیابان*، ۴(۱۰):۲۱-۳۸.

۱۳. باقری، سمانه . (۱۴۰۳). بررسی عوامل مؤثر بر مصرف انرژی و انتشار آلودگی: مطالعه موردی ایران .*محیط زیست و توسعه فرابخشی*، ۹(۸۳): ۳۱-۴۴. doi: 10.22034/envj.2024.409623.1303 .

۱۴. بیرانوند، آذر؛ عزیزی، قاسم و علیزاده، امید . (۱۴۰۳). نقش باد شمال تابستانه و زمستانه در رخداد توفان‌های گردوغبار در غرب ایران .پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۶(۴): ۱-۱۹. doi: 10.22059/jphgr.2025.372219.1007809

۱۵. پناهی، عبدالحافظ؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ متولی، صدرالدین و خالدی، شهریار . (۱۴۰۲). پیش‌بینی و پهنه‌بندی پتانسیل وقوع سیلاب برحسب الگوریتم‌های تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود) .*جغرافیا* ، ۲۱(۷۸): ۱۰۹-۱۳۴.

۱۶. پناهی، عبدالحافظ؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ متولی، صدرالدین؛ خالدی، شهریار . (۱۴۰۲). سنجش و پیش‌بینی پتانسیل وقوع سیلاب تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود) .مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی، ۴(۲): ۴۵-۶۱.

۱۷. تیموری، علی؛ جهانبخش اصل سعید؛ محمد و خورشیددوست، علی.(۱۴۰۲). مطالعه و پایش روند تغییرات جزایر حرارتی در استان تهران و رابطه آن با متغیرهای اقلیمی و آلاینده‌ها. *مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی*. ۴ (۳) :۱۲۵-۱۴۲.

۱۸. جانعلی پور، میلاد، ؛ عباس زاده طهرانی، نادیا. (۱۴۰۳). علم سنجی مطالعات انجام شده درخصوص کاربرد علم و فناوری سنجش دور در پایش پدیده تغییر اقلیم .*مطالعات کاربردی علم سنجی*، ۱(۴): - doi: 10.22091/apss.2024.11812.1019

۱۹. جلیلی‌صدرآباد، سمانه؛ ضابطیان طرقی، الهام و مرادی، پگاه. (۱۴۰۲). تاب‌آوری در برابر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی در طرح‌های توسعه. دانش پیشگیری و مدیریت بحران.۱۳ (۱) :۳۵-۴۹. http://dpmk.ir/article-1-577-fa.html

۲۰. جهانگیری اریسا؛ معتمدوزیری، بهارک و کیادلیری، هادی. (۱۴۰۳). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی با شاخص‌های SPI و SPEI)مطالعه موردی حوضه آبریز کارون سه). *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۱۸ (۶۵) :۸۵-۹۷. http://jwmsei.ir/article-1-1116-fa.html

۲۱. حجازی زاده، زهرا ، کربلایی دریی، علیرضا و کاظمی آذر، مهسا . (۱۴۰۳). واکاوی اثر تغییر اقلیم بربارش‌های حدی در استان آذربایجان شرقی .*جغرافیا* ، ۲۲(۸۳): ۱-۲۰.doi: 10.22034/jiga.2025.2048574.1363

۲۲. حجازی زاده، زهرا ؛ اکبری، مهری؛ ساسانپور، فرزانه؛ حسینی، علیرضاو محمدی، نیلوفر . (۱۴۰۱). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش‌های سیل آسا در استان تهران .*مدل سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۲): ۸۷-۱۰۵.

۲۳. حسین‌زاده کوهی، حسین . (۱۴۰۲). بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب‌پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر .مدیریت جامع حوزه های آبخیز، ۳(۲): ۳۰-۴۶. doi:10.22034/iwm.2023.2002072.1077

۲۴. حسینی زاده، عطیه؛ سید کابلی، حسام؛ زارعی، حیدر و آخوند علی، علی محمد . (۱۳۹۵). تحلیل شدت و دوره بازگشت خشکسالی در شرایط تغییر اقلیم آتی(مطالعه موردی: دشت دزفول– اندیمشک) .*علوم و مهندسی آبیاری*، ۳۹(۱): ۳۳-۳۴.

۲۵. حسینی، احمد. (۱۴۰۱). پیش بینی میزان دید افقی سالیانه حاصله از گرد و غبار در منطقه کم فشار حرارتی سیستان .*پژوهش های اقلیم شناسی*، ۱(۵۱): ۱۲۷-۱۰۷.

۲۶. خداجو، محمدعلی؛ متولی، صدرالدین؛ جانبازقبادی، غلامرضا و گندمکار، امیر . (۱۴۰۰). تأثیر الگوهای همدیدی جو برشدت جزیره گرمایی شهررشت وتغییرات عناصر اقلیمی، *جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)*، ۱۱(۴۴): ۸۵-۹۷.

۲۷. خدام، نوشین ؛ تاج‌بخش، سحر؛ علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی؛ صحت کاشانی، ساویز و رنجبرسعادت آبادی، عباس . (۱۳۹۹). اقلیم‌شناسی رخدادهای توفان گردوخاک در فصل تابستان در استان سیستان و بلوچستان در دوره ۳۰ ساله، *پژوهش های اقلیم شناسی*، ۱(۴۰): ۸۱-۸۹.

۲۸. درگاهیان، فاطمه ، قاسمی آریان، یاسر و حیدرنژاد، سمیه . (۱۴۰۳). آشکارسازی تغییر روند شاخص‌های یخبندان به‌عنوان پیامد تغییر اقلیم، مطالعه موردی جنگل‌های زاگرس شمالی (آذربایجان‌غربی) .تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۲۲(۱):۳۰-۴۶. doi: 10.22092/ijfrpr.2024.363591.1601

۲۹. رحیمی، اکبر ، آقازاده، فیروز و رستم زاده، هاشم . (۱۴۰۳). بررسی نقش پارامترهای اقلیمی در تشکیل جزایر حرارتی شهری (UHII) با استفاده از سنجش از دور مطالعه موردی: کلانشهر تبریز . *کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۴(۱۰): ۱۲۲-۹۵. doi: 10.22034/rsgi.2024.61462.1073

۳۰. رستمی, فرهاد و مریدی, علی . (۱۴۰۳). بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شدت، مدت و دوره بازگشت خشکسالی در محدوده مطالعاتی اردبیل .*مدیریت آب و آبیاری*، ۱۴(۴):۸۷۷-۸۹۵ doi: 10.22059/jwim.2024.379156.1173

۳۱. رضایی، مسعود. (۱۴۰۲). ضرورت اقدام ملی برای ارتقای سازگاری با تغییرات اقلیمی، ماهنامه گزارش های کارشناسی مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی، ۳۱(۷):

۳۲. رنجبر، عباس ، نوری، فائزه ، مرادی، محمد و فتاحی، ابراهیم . (۱۳۹۹). برآورد توزیع زمانی رخداد تنش‌های گرمایی و سرمایی شدید در فضای باز شهر تهران (مطالعه موردی: منطقه ۹) .*پژوهش های اقلیم شناسی*، ۱(۴۲): ۱-۱۵.

۳۳. رهنما، مهدی ، نوری، فائزه ، صحت کاشانی، ساویز و خدام، نوشین . (۱۴۰۴). پایش و پهنه‌بندی تغییرات بلندمدت شاخص طوفان گرد و غبار نیمه شرقی ایران .*مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۴(۴۴): ۱۹-۳۶. doi: 10.22111/jneh.2025.48604.2040

۳۴. زرین, آذر و داداشی رودباری, عباسعلی . (۱۴۰۰). یادداشت تحلیلی: تأثیر تغییر اقلیم بر بارش‌های سنگین ایران با بکارگیری مدل همادی CMIP6. *آب و توسعه پایدار*، ۸(۴): ۱۱۹-۱۲۴.

۳۵. زکوی، یاسر؛ برنا، رضا؛ مرشدی، جعفر و قربانیان، جبرائیل . (۱۴۰۳). دورنمایی از شرایط تغییر اقلیم ۵۰ سال آینده استان خوزستان با تاکید بر عنصر دما .پژوهش های اقلیم شناسی، ۱(۵۷): ۱۱۹-۱۳۷.

۳۶. ساکت حسنلوئی، میثم؛ آقابگلو، شاهین؛ اسدی، هیوا و سلگی، میلاد . (۱۴۰۲). واکاوی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهری با تأکید بر تغییرات اقلیمی ارزیابی تطبیقی شهرهای نقده و قروه .*رهپویه معماری و شهرسازی*, ۲(۱):۳۹-۸۱. doi: 10.22034/rau.2023.2005071.1047

۳۷. سلاجقه، سوسن . (۱۴۰۳). اثرات تغییرات اقلیمی بر سلامت انسان و راهکارهای افزایش تاب‌آوری جوامع .*حکمرانی منابع طبیعی*، ۱(۳):۲۵۳-۲۶۶. doi: 10.22059/jnrg.2025.390793.1027 .

۳۸. شریعت پور، فرشاد؛ بهزادفر، مصطفی . (۱۴۰۱). دوقلوی دیجیتال؛ گامی نوین به سمت هوشمندسازی شهر در زمینهٔ برنامه‌ریزی، طراحی، و مدیریت شهری نمونهٔ موردی: محلهٔ نارمک شهر تهران .*صفه*، ۳۲(۴): ۹۳-۱۰۶.doi: 10.52547/sofeh.32.4.93 .

۳۹. شیرگیر، المیرا؛ خیرالدین، رضا؛ بهزادفر، مصطفی . (۱۳۹۸). تبیین الگوی مداخله در زیرساخت های سبز شهری با هدف ایجاد تاب آوری اکولوژیک شهری با تاکید بر تغییرات اقلیمی (نمونه موردی: محله یوسف آباد شهر تهران) .*محیط شناسی*، ۴۵(۳): ۵۴۵-۵۶۵.

۴۰. صفوی، سیدعلی؛ شاهمیرانی، کاووس. (۱۴۰۱). تأثیر اینترنت اشیا (IOT) در ارتقا شاخص های کالبدی کیفیت زندگی شهری (نمونه پژوهش: محله اکباتان شهر تهران)، *مدیریت شهری* ، ۲۱(۶۶): ۲۳-۴۱.

۴۱. طحانی یزدلی، مصطفی؛ حسینی، سید محمد؛ خرم آبادی، فرحناز و محترم، محمد . (۱۴۰۲). بررسی تغییرات ماهانه جزایر حرارتی شبانه شهرستان اصفهان در دو دهه اخیر با استفاده از فرآورده های چندزمانه سنجنده مودیس . *علوم محیطی*، ۲۱(۴): ۴۱-۶۰. doi: 10.48308/envs.2023.1265

۴۲. علی پور، حسن ، سلاجقه، علی ، مقدم نیا، علیرضا ، خلیقی سیگارودی، شهرام و نساجی زواره، مجتبی . (۱۴۰۰). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر شدت و بزرگی سیلاب در دوره‌های آتی، *محیط زیست و مهندسی آب*، ۷(۴): ۶۰۱-۶۱۴.10.22034/jewe.2021.272475.1513

۴۳. علیزاده، بهناز ، حصاری، بهزاد و صمدیان، مرتضی . (۱۴۰۳). ساخت، ارزیابی و پیش بینی مدل سیلاب حوضه تحت تاثیر تغییر اقلیم با کمک مدل ریاضی (HEC-HMS) .*مدیریت آب و آبیاری*، ۱۴(۴):۹۵۳-۹۶۸.doi: 10.22059/jwim.2024.378868.1172

۴۴. عنابستانی، علی اکبر ، کلانتری، محسن و نیکنامی، نسیم . (۱۴۰۲). تحلیل فضایی شاخص‌های شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلانشهر مشهد .برنامه ریزی فضایی، ۱۳(۴): ۷۱-۹۶. doi: 10.22108/sppl.2023.138037.1732

۴۵. فتحیان، محمد و مهدوی نور، حاتم (۱۳۹۸). مبانی مدیریت فناوری اطلاعات، چاپ بیستم، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۴۶. فیضی، فرهاد؛ برک پور، ناصر. (۱۴۰۱). ارزیابی برنامه توسعهٔ کلانشهر تهران و منطقهٔ آن از دیدگاه پیامدهای تغییرات اقلیمی، *صفه*، ۳۲(۲): ۴۴۷-۴۶۲.

۴۷. قاسمی سجاد، هادیانی زهره، حمیدیان پور محسن. (۱۴۰۳). شناسایی پیشران های کلیدی موثر بر آینده تغییر اقلیم و تاب آوری شهر اصفهان. فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده. ۵ (۱) :۴۵-۷۰. http://jvfc.ir/article-1-293-fa.html

۴۸. قاسمی، سجاد؛ هادیانی، زهره و حمیدیان پور، محسن. (۱۴۰۳). شناسایی پیشرانهای کلیدی موثر بر آینده تغییر اقلیم و تاب آوری شهر اصفهان. *چشم انداز شهرهای آینده*. ۵ (۱) :۴۵-۷۰.

۴۹. قربانی سپهر، آرش؛ امرایی، مهتاب؛ قالوجه، مریم و دانشور، پروین . (۱۳۹۹). بررسی اثر تغییر اقلیم بر آلودگی هوای کلانشهرها .*جغرافیا و روابط انسانی*، ۳(۲): ۳۳۰-۳۵۱.

۵۰. قربانی، خلیل؛ بذر افشان دریا سری، مهرناز؛ مفتاح هلقی، مهدی و قهرمان، نوذر.(۱۳۹۵). تاثیرات تغییر اقلیم بر پهنه بندی اقلیمی استان گلستان با روش دمارتن گسترش یافته، *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۴۷(۲):۳۱۹-۳۳۲.

۵۱. قربانی، فاطمه؛ سجادزاده، حسن . (۱۴۰۳). تاثیر تغییرات پوشش گیاهی بر شدت جزیره گرمایی در شهر (نمونه موردی: کلانشهر کرج)،. *مطالعات شهری*، ۱۳(۵۲): ۳-۱۶.

۵۲. قربانیان، مهشید، شریعت‌پور، فرشاد.(۱۳۹۹). کاربست فناوری مدل‌سازی اطلاعات شهر؛ رهیافتی نوین در مدیریت شهری هوشمند؛ موردکاوی: کوی کالاد تهران. *مدیریت شهری و روستایی*، ۵۹: ۷-۲۵.

۵۳. کیاست شیما، ایلانلو مریم. (۱۴۰۳). تغییر اقلیم و سازگاری با آن در جوامع شهری: نمونه موردی، ژاپن. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*.۱۴ (۴) : ۴۶۰-۴۷۷. http://dpmk.ir/article-1-681-fa.html

۵۴. گودرزی، محمدرضا؛ فاتحی فر، آتیه. (۱۳۹۸). پهنه بندی خطر سیلاب در اثر تغییرات اقلیمی تحت سناریو RCP ۸،۵ با استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه آذرشهر چای)، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*،۱۹ (۵۳) :۱۱۷-۹۹ .

۵۵. محمدنژاد، محمد. (۱۴۰۳). *واکاوی تاثیر و کاربردهای فناوری نوظهور متاورس بر حوزه مدیریت شهری*، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مدیریت شهری، دانشکده معماری شهرسازی، دانشگاه ارومیه.

۵۶. محمدنژاد، محمد؛ عابدینی، اصغر . (۱۴۰۳). بررسی تاثیرات متاورس و دوقلوهای دیجیتال در توسعه شهرهای هوشمند . *مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای*، ۵(۴): ۱۸۲-۱۹۹.

۵۷. محمدنژاد، محمد؛ عابدینی، اصغر . (۱۴۰۳). متاورس؛ فرصت‌ها و چالش‌ها در پایداری شهر های آینده، *شهر پایدار*، انتشار آنلاین.

۵۸. محمدنژاد، محمد؛ عابدینی، اصغر . (۱۴۰۳). واکاوی فرصت‌ها و چالش‌های یکپارچه سازی متاورس و حمل و نقل، *مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای*، ۵(۳): ۴۸-۶۵.

۵۹. محمدنژاد، محمد؛ عابدینی، اصغر. (۱۴۰۳). چالش ها و فرصت های متاورس در سازگاری با تغییرات اقلیمی شهری، *جغرافیا و روابط انسانی*،۷(۳): ۳۸-۵۲.

۶۰. محمدی، نیلوفر؛ حجازی زاده، زهرا؛ ضیائیان فیروزآبادی، پرویز و کربلائی، علیرضا . (۱۴۰۳). آشکارسازی تاثیر تغییر اقلیم بر مکانیزم جزایر حرارتی استان تهران .*نیوار*، ۴۸(۱۲۴-۱۲۵): ۲۰۳-۲۲۴.

۶۱. مرادزاده، میلاد و پورحسین، هادی . (۱۴۰۳). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی (مطالعه موردی: بخشی از حوضه کارون) .*مطالعات علوم محیط زیست*، ۹(۴): ۹۴۱۵-۹۴۰۵.doi: 10.22034/jess.2024.435259.2212 .

۶۲. مرادی، نادر ، شیدایی مجد، نسرین و حاتمی، حمیده . (۱۴۰۲). تاثیرتغییرات اقلیم وعوامل موثرجغرافیایی درسیلاب‌های شهری مورد مطالعه استان یزد . *مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای*، ۴(۴): ۶۷-۷۷.

۶۳. مصری علمداری، پریچهر و رسولی, سید حسن . (۱۴۰۰). تحلیل تأثیر تغییرات اقلیم شهری بر میزان توزیع فضایی جمعیت با تأکید بر جزایر حرارتی نمونه موردی: شهر ساری. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵(۷۷):۲۳۱-۲۴۳. doi: 10.22034/gp.2021.41734.2703

۶۴. ملکی مرشت، رقیه ، سبحانی، بهروز و مرادی، مسعود . (۱۴۰۰). بررسی اثر رخ داد امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی شهر سنندج طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۹ .*آب و خاک*، ۳۵(۵): ۷۳۵-۷۴۷. doi: 10.22067/jsw.2021.71049.1061

۶۵. منافلویان، ساناز؛ سعیده زرآبادی، زهرا سادات؛ بهزادفر، مصطفی . (۱۳۹۹). شناسایی و بررسی وضعیت موجود تغییرات اقلیمی و چالش‌های آن در تاب‌آوری بوم شناسانه، *جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای)*، ۱۰(۳۹): ۴۴۷-۴۶۲.

۶۶. منصوری، علیرضا، طایفه محمودی، مریم (۱۴۰۲). *متاورس؛ چالش ها و فرصت ها*، پژوهشکده فناوری اطلاعات، پژوهشکده مطالعات راهبردی، پژوهشکده امنیت فاوا. تهران. ایران.

۶۷. موریانی زاده، صدیقه ، خورانی، اسداله و شریف، محمد . (۱۴۰۳). مدل‌سازی توفان گردوخاک بر مبنای شاخص‌های طیفی شناسایی ریزگردها و هوش مصنوعی در استان هرمزگان،*ژئوفیزیک ایران*، ۱۸(۴): ۳۹-۵۷. doi: 10.30499/ijg.2024.418114.1543

۶۸. نادری، مصطفی . (۱۳۹۹). مخاطرات سیل و خشکسالی در مناطق خشک و نیمه خشک تحت شرایط تغییر اقلیم: شمال استان فارس .*پژوهش آب ایران*، ۱۴(۱): ۸۵-۹۷.

۶۹. نظری پور، حمید ، طاوسی، تقی و براهویی، فاطمه . (۱۴۰۳). محدودیت‌های مقابله و تاب‌آوری در برابر مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیمی (نمونه موردی: شهرستان زاهدان) .*پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۵(۱۷): ۱-۱۶. Doi: 10.30488/ccr.2024.403162.1146

۷۰. نعیمی، مریم؛ خسروشاهی، محمد؛ میراکبری، مریم؛ گوهردوست، آزاده؛ زندی فر، سمیرا و انصافی مقدم، طاهره . (۱۴۰۰). تحلیل آثار تغییرات اقلیم و شرایط خاک سطحی بر فراوانی رخدادهای گرد و غبار (مطالعهٔ موردی: استان خراسان رضوی)، *آمایش سرزمین ، ۱۳(۲): ۴۹۱-۵۲۱.*

۷۱. نوری، مهدی و طباطبایی‌نیا، سید بهزاد . (۱۳۹۸). عوامل مؤثر بر رشد اقتصاد دیجیتال، فرصت‌ها و تهدیدات آن و راهبردهای مناسب جمهوری اسلامی ایران در قبال آن، *اقتصاد دفاع و توسعه پایدار*، ۴(۱۱):۱۱۷-۱۴۷.

۷۲. یادگاری فر، فاطمه؛ پودینه، محمدرضا و اسمعیل نژاد، مرتضی. (۱۴۰۲). ارزیابی تاب آوری شهرستان زاهدان در برابر بحران آب و خشکسالی، *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۳ (۶۸) :۳۴۵-۳۶۴. http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3573-fa.html .

73. Almutairi، A.، Mourshed، M.، & Fawzi Mohammed Ameen، R. (2020). Coastal community resilience frameworks for disaster risk management، *Natural Hazards* ،101:595–630، https://doi.org/10.1007/s11069-020-03875-3.
74. C40 Cities. (2018). Consumption-based GHG Emissions of C40 Cities، London: C40 Cities.

75. Chan، E. Y. Y.، Ho، J. Y.، Hung، H. H.، & Lam، H. C. (2019). Health impact of climate change in cities of middle-income countries: the case of China، *British Medical Bulletin*، 130:5–24.
76. Contreras، G. S.، González، A. H.، Fernández، M. I. S.، Cepa، C. B. M.، & Escobar، J. C. Z. (2022). The importance of the application of the metaverse in education. *Modern Applied Science*، 16 (3) 34.
77. Du، Z.، Lawrence، W. R. Zhang، W.، Zhang، D.، Yu، S.، & Hao، Y. (2019). Interactions between climate factors and air pollution on daily HFMD cases: a time series study in Guangdong، China. *Sci. Total Environ*. 656، 1358–1364.doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.391.
78. Esposito، M.، Halkias، D.، Tse، T.، & Harkiolakis، T. (2023). Environmental and Climate Impacts of the Metaverse. Available at SSRN 461-669. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4616695
79. Forster، P. M. Smith، C. JJ. Walsh، T.، Lamb، W. F. Lamboll، R.، Hauser، M.، ... & Zhai، P. (2023). Indicators of Global Climate Change 2022: annual update of large-scale indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*، 15(6) 2295-2327. https://doi.org/10.5194/essd-15-2295-2023
80. Gao C، He Z، Pan S، Xuan W، Xu YP. (2020). Effects of climate change on peak runoff and flood levels in Qu River Basin، East China. Journal of Hydro-Environment Research. (28): 34–47.
81. Harrison، C. & B. Eckman & R. Hamilton & P. Hartswick & J. Kalagnanam & J. Paraszczak & P. Williams. (2010). Foundations for Smarter Cities. Journal of Research and Development، 54(4):1-16.
82. Kim، S. (2020). *Metaverse: digital world، world of emerging items*. Hwaseong: PlanB Design،376.
83. Kumar، P. (2021). Climate Change and Cities: Challenges Ahead، Specialty Grand Challenge article، Front. Sustain. Cities، https://doi.org/10.3389/frsc.2021.645613.
84. Lafioune، N. & M. St-Jacques. (2020). Towards the Creation of a Searchable 3D Smart City Model. Innovation & Management Review.
85. Luan، X. & Y. Xie & L. Ying & L. Wu. (2008). Research and Development of 3D Modeling، International Journal of Computer Science and Network Security، 8(1): 49-52.
86. Mi، Zh.، Guan، D.، Li، Zh.، Liu، J.، Viguié، V.، & Wang، Y. (2019). Cities: The core of climate change mitigation، Journal of Cleaner Production، Volume 207، 10 January 2019، Pages 582-589
87. Ojomo، E.، Elliott، M.، Amjad، U and Bartram، J. (2015). Climate change preparedness: a knowledge and attitudes study in Southern Nigeria، Environments، 2، 435-448.
88. Palak، S، Preeti G، Nasib S. G & Jyotir M. Ch (2023)، Metaverse and Its Impact on Climate Change، pp 211–222.
89. Perera، C.، Zaslavsky، A.، Christen، P.، & Georgakopoulos، D. (2014). Sensing as a service model for
90. Peris-Ortiz، M. & D.R. Bennett & D.P.B. Yábar. (2017). Sustainable Smart Cities. In Innovation، Technology، and Knowledge Management. Cham: Springer International Publishing Switzerland.
91. Pino-Yancovic، M.، Gonzalez Parrao، C.، Ahumada، L.، & Gonzalez، A. (2020). Promoting collaboration in a competitive context: school improvement networks in Chile. Journal of educational administration، 58 (2)، 208-226. doi:10.1108/JEA-11-2018-0213.
92. Resende NC، Miranda JH، Cooke R، Chu ML، Chou SC. (2019). Impacts of regional climate change on the runoff and root water uptake in corn crops in Parana، Brazil. Agric Water Manag. (221): 556–565.
93. smart cities supported by internet of things. Transactions on emerging telecommunications technologies، 25(1)، 81-93. https://doi.org/10.1002/ett.2704
94. Thomson، G.، & Newman، P. (2018). Urban fabrics and urban metabolism– from sustainable to regenerative، cities، Resources، Conservation and Recycling (132)، 218-229.
95. Tiwasing، P.، Clark، B.، & Gkartzios، M. (2022). How can rural businesses thrive in the digital economy? A UK perspective. Heliyon، e10745. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10745
96. UCCRN. (2018). Climate Change and Cities; Second Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network، Cambridge University Press، New York.
97. Wang، Jie and Medvegy، Gabriella، (2022). Exploration of the future of the metaverse and smart cities. ICEB 2022 Proceedings (Bangkok، Thailand). https://aisel.aisnet.org/iceb2022/12
98. Xu، Y.، & Lamarque، J. F. (2018). Isolating the meteorological impact of 21st century GHG warming on the removal and atmospheric loading of anthropogenic fine particulate matter pollution at global scale. Earth Future 6، 428–440.doi: 10.1002/2017EF000684.
99. Yang Y، Weng B، Man Z، Yu Z، Zhao J. (2020). Analyzing the contributions of climate change and human activities on runoff in the Northeast Tibet Plateau. J Hydrol Reg Stud. (27): 100639.
100. Yang، S. & H. Kim. (2021). Urban Digital Twin Applications as a Virtual Platform of Smart City. International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development، 12(4):363-379.
101. Yao, Z. & C. Nagel & F. Kunde & G. Hudra & P. Willkomm & A. Donaubauer ... & T.H. Kolbe. (2018). 3DCityDB-a 3D Geodatabase Solution for the Management, Analysis, and Visualization of Semantic 3D City Models Based on CityGML. In Open Geospatial Data, Software and Standards, 3(1) :1-26.
102. Zeng، X.، Yu، Y.، Yang، S.، & Islam Sarker، M. (2022). Urban Resilience for Urban Sustainability: Concepts، Dimensions، and Perspectives، Sustainability، 14، 2481. https://doi.org/10.3390/su14052481.
103. Zhai R، Tao F. (2017). Contributions of climate change and human activities to runoff change in seven typical catchments across China. Sci Total Environ. 605–606: 219–229.
104. Zhang Q، Liu J، Singh VP، Shi P، Sun P. (2017). Hydrological responses to climatic changes in the Yellow River basin، China: Climatic elasticity and streamflow prediction. J Hydrol. (554): 635–645.