



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۴۰۰، دوره ۴، شماره ۲، صص ۲۱۶-۱۹۴

شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی طی دوران کوتاه‌تر در استان اردبیل

نازیلا یعقوب نژاد اصل

دانش آموخته دکترا، مخاطرات ژئومورفولوژیک، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه آموزشی جغرافیای

طبیعی، اردبیل - ایران

nazila.yaghoob.nejad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۸

چکیده

استان اردبیل یکی از مناطق گردشگری در ایران است. بخش‌هایی از این استان تغییرات اقلیمی را تجربه کرده‌اند؛ اما تاکنون در زمینه شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی طی دوره‌های زمین‌شناسی گذشته کار علمی جامع و دقیقی انجام نشده است تا از نتایج آن بتوان در زمینه تغییرات در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی، منابع آب، تأثیرات تغییر اقلیم در متغیرهای اقلیمی، محیط‌زیست و پیش‌بینی آن‌ها در آینده استفاده کرد. لذا این پژوهش با استفاده از داده‌های اقلیمی و سینوپتیک (۱۹۵۱-۲۰۱۰) و روش آماری دمارتن به ارزیابی تغییرات اقلیمی تحت سه سناریو یعنی عصر حاضر، دوره هلوسن و عصر پلیستوسن به منظور حفاظت از محیط‌زیست، بررسی انواع مخاطرات ژئومورفولوژیکی موجود در این استان در راستای امر آمایش محیط، مدیریت و برنامه‌ریزی می‌پردازد. رویکرد پژوهش حاضر مبتنی بر دیدگاه سیستمی، آماری و تحلیلی است. نتایج این پژوهش نشان داد که تغییر اقلیم برای کل استان یکسان نبوده است. ایستگاه‌های اردبیل و مشکین‌شهر که در حال حاضر دارای اقلیم خشک هستند طی عصر پلیستوسن اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه مرطوب داشتند. ایستگاه گرمی تغییر اقلیم نداشته است. آب‌وهوای ایستگاه پارس‌آباد در عصر حاضر مشابه با آب‌وهوای عصر پلیستوسن است. آب‌وهوای ایستگاه خلخال نیز که در عصر حاضر در تیپ مدیترانه‌ای واقع گردیده است در عصر پلیستوسن مرطوب بوده است. از نتایج این پژوهش می‌توان در زمینه تغییرات در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی، منابع آب، تأثیرات تغییر اقلیم در متغیرهای اقلیمی، محیط‌زیست و پیش‌بینی آن‌ها در آینده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، دوران چهارم زمین‌شناسی، روش دمارتن، استان اردبیل



دوره کوتاه‌تر دربرگیرنده تغییرات اقلیمی چشمگیری است که این بر اشکال ناهمواری‌ها و فرآیندهای مرتبط با آن‌ها اثر می‌گذارد. یکی از پیامدهای تغییرات اقلیمی، تغییرات در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی هست. به طوری که بعضی از این سیستم‌های فرسایشی که در گذشته فعال بودند، در حال حاضر غیرفعال هستند. همین‌طور به‌طور متقابل نیز بعضی از سیستم‌های فرسایشی که در گذشته فعال نبودند، در حال حاضر فعال هستند. برای مثال می‌توان به انواع حرکات توده‌ای، فرسایش خاک، سیل و غیره اشاره کرد. تغییرات اقلیمی بر سلامتی انسان، محیط‌زیست و رفاه و آسایش انسانی نیز تأثیر می‌گذارند. برای مثال می‌توان به علل تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی در کشور نیجریه (وانک و آلا، ۲۰۱۵: ۲۲۴)، تأثیرات اجتماعی - اقتصادی تغییرات اقلیمی بر نواحی روستایی کشور ایالات متحده آمریکا (رالفا، ۲۰۱۱: ۱)، اثر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم، زیستگاه‌ها در خلیج مین ایالات متحده آمریکا (انجمن خلیج مین در محیط دریایی، ۲۰۱۰: ۱) اشاره کرد؛ علاوه بر این، تغییرات اقلیمی خود یکی از نتایج افزایش انتشار آلاینده‌ها در مناطق شهری است که در حال حاضر تمام جوانب زندگی بشر را تحت شعاع خود قرار داده است (قربانی سپهر و همکاران، ۱۳۹۹).

به دلیل مطلوب بودن آب‌وهوای استان اردبیل این استان یکی از مناطق گردشگری در ایران شده است. مطالعات انجام شده توسط محققین داخلی نشان داده که تغییرات اقلیمی در کل استان رخ داده به طوری که منجر به تغییر شرایط آب‌وهوایی منطقه به مدیترانه‌ای و خشک شده است که این تغییر اقلیم بر برخی از ویژگی‌های هیدرولوژیکی منابع آب استان، تأثیر آن بر تغییرات دبی رودخانه هروچای اردبیل، اثرات تغییر اقلیم بر رواناب در برخی از حوضه‌های آبخیز استان اردبیل و محیط‌زیست شده است (مدنی و همکاران، ۱۳۹۱: ۱؛ ملکیان و همکاران، ۱۳۹۸: ۶۹۵؛ آقاییگی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۸). این پژوهش به شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی تحت سه سناریوی عصر حاضر، دورره هلوسن و عصر پلیستوسن می‌پردازد تا از نتایج تأثیر این شبیه‌سازی در زمینه تغییرات در سیستم‌های ژئومورفولوژیکی، منابع آب، تأثیرات تغییر اقلیم در متغیرهای اقلیمی، محیط‌زیست و غیره و پیش‌بینی آن‌ها در آینده استفاده گردد.

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تغییرات اقلیمی انجام شده که از جدیدترین این تحقیقات می‌توان به تحقیقات آژانس حفاظت از محیط‌زیست ایالات متحده^۱ (۲۰۱۰) اشاره کرد که با طرح مباحثی از قبیل تنوع زیستی، اقیانوس‌ها، جنگل‌ها، زیستگاه‌ها، گونه‌های مهاجم، مهاجرت و رویدادهای چرخه زندگی^۲ به بررسی تغییر اقلیم و اکوسیستم‌ها پرداخت. انجمن خلیج مین در

^۱- Nwankwoala

^۲- Ralph

^۳- Gulf of Maine council on the Marine Environment

^۱- United States Environmental Protection Agency

^۲- Biodiversity

^۳- Migrations and Life Cycle Events

محیط دریایی (۲۰۱۰) نیز در گزارشی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر اکوسیستم‌ها، زیستگاه‌ها و جانوران^۷ مطالعه نمود. رالف نیز در سال (۲۰۱۱) در گزارش خود تأثیرات تغییرات اقلیمی بر روی منابع طبیعی و اجتماعات انسانی در کشور آمریکا را مطالعه کرد. نلسون^۸ و همکاران (۲۰۱۳) نیز به مطالعه اثر تغییرات اقلیمی بر سرویس اکوسیستم‌ها و آسایش و رفاه انسان در کشور آمریکا پرداختند و در نهایت سیاست‌های منطبق با سرویس اکوسیستم‌ها را پیشنهاد نمودند. وانگ و آلا (۲۰۱۵) به تحلیل علل تغییرات اقلیمی و محیطی در کشور نیجریه پرداخت. بشیر^۹ و همکاران (۲۰۱۶) از مدل سوات^{۱۰} و چهار مدل گردش عمومی جو سری پنجم و دو روش ریز گردانی **CF** و **QM** به بررسی آثار تغییر اقلیم بر میزان رواناب رودخانه دیندر^{۱۱} در سودان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تغییر اقلیم تأثیر مثبتی را بر اکوسیستم پارک ملی دیندر دارد. ایسلام و وینکل^{۱۲} در پژوهشی (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات اقلیمی و نابرابری‌های اجتماعی پرداختند و نتیجه گرفتند که گروه‌های محروم جامعه بیشتر در معرض اثرات نامساعد تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرند. هاووس^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۸) اثرات تغییرات اقلیمی بر جزایر اقیانوس آرام جنوبی را مطالعه کردند و به اثرات تخریبی تغییر اقلیم بر از بین رفتن زیستگاه‌ها، تخریب سواحل، آب‌گرفتگی سواحل و افزایش طوفان‌های مخرب و تنوع زیستی و افزایش هزینه‌های انرژی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی اشاره کردند. سینق^{۱۴} و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از نقشه‌های فازی-شناختی^{۱۵} به ارزیابی سازگاری بزرگ‌ترین اکوسیستم جنگل‌های حرا با تغییرات آب‌وهوایی پرداختند. نتایج نشان داد که سازگاری این جنگل‌ها با تغییرات اقلیمی مقاومت آن‌ها را تا حدی انعطاف‌پذیر کرده اما ممکن است در آینده میزان مقاومت این درختان و سازگاری کامل آن‌ها با تغییرات اقلیمی کمتر شود.

مطالعات انجام‌گرفته در کشور ایران نیز حاکی از وجود تغییرات اقلیمی در این کشور است؛ برای مثال، عباسی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل **MAGICC-SCENGEN** به ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران پرداختند و پیش‌بینی کردند که افزایش دمای در تمامی استان‌های کشورمان در دهه‌های آینده رخ خواهد داد. محمدلو و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو، تغییر اقلیم را بر روند تغییرات رواناب در حوضه آبخیز باراندوزچای استان آذربایجان غربی بررسی کردند. نتایج نشان داد حجم رواناب در دوره آتی بیشتر خواهد شد. رحیمی خوب و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها آثار تغییر اقلیم را بر سامانه‌های منابع آب و کشاورزی دشت هشتگرد ارزیابی کردند. ایشان پیش‌بینی کردند که منابع آب کشاورزی بیشتر از بخش شرب و صنعت از تغییر اقلیم و رشد جمعیت آسیب خواهد دید. اعتمادی و

4- Biota

5- Nelson

6- Basheer

7- SWAT

8- Dinder

9- Islam and Winkel

10- Howes

11- Singh

12- fuzzy cognitive maps

همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش ریزمقیاس LARS-Wg و دو روش GCM به شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی در دوره‌های گذشته و آتی پرداختند و نتیجه‌گیری کردند که دماهای ماه‌های سرد و ماه‌های گرم افزایش خواهند داشت و تفاوت دمای شبانه‌روز به حداقل مقدار ممکن خواهد رسید که این شرایط بر پروسه‌های بیولوژیک و اکولوژیک مانگروها تأثیر خواهد گذاشت. علاوه بر این، در دوره (۲۰۸۰-۲۰۹۹) افزایش بارش در ماه‌های گرم و کاهش شدید بارش در ماه‌های سرد پیش‌بینی خواهد شد. شریفی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی تغییرات اقلیمی بین زمان حال و پلیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی گذشته در حوضه دشت ابراهیم‌آباد یزد پرداختند. ایشان از شاخص‌های ژئومورفیک استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که خط برف مرز و خط تعادل آب و یخ در این منطقه تغییراتی داشته‌اند و با مقایسه نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حکایت از تفاوت دمایی در حدود ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد داشت و میزان بارندگی نیز ۲/۵ برابر زمان حال بوده است. کیانی و همکاران (۱۳۹۵) با تکیه به روش رایت، روش آلومتری^۱ و مدل پلتیر^۲ در متنی مقایسه‌ای^۳ به بررسی تغییر اقلیم حوضه گاوخونی در فاز پایانی کواترنر پرداختند و نشان دادند که میزان رطوبت منطقه نسبت به زمان حاضر نزدیک به ۱/۵ برابر و دمای محیطی حدود ۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. نیکبخت شهبازی (۱۳۹۶) اثرات تغییر اقلیم را بر بارندگی و دما در حوضه آبریز سد کارون ۳ مورد ارزیابی قرار داد. ایشان در این مطالعه از داده‌های اقلیمی ۱۰ مدل گردش عمومی جو تحت سه سناریوی انتشار از مدل آماری LARS-Wg استفاده نمودند و نتیجه گرفت که اختلاف دما در حوضه در فصول بهار و تابستان کاهش خواهد یافت. میزان بارش در فصل بهار افزایش و در فصول تابستان و پاییز کاهش خواهد یافت. بیشترین افزایش بارش در فصل زمستان و در ماه دی رخ خواهد داد. ایرانی و همکاران (۱۳۹۶) بالا آمدن سطح آب دریای خلیج فارس را با استفاده از مدل SIMCLIM تا سال ۲۱۰۰ به میزان حدود ۹۸ تا ۸۱/۳ سانتی‌متر پیش‌بینی کردند. زارع زاده مهریزی و همکاران (۱۳۹۷) تغییرات رودخانه گاماسیاب را تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که مقدار بارندگی سالانه حوضه در پنج ایستگاه بررسی شده تغییر خواهد کرد و میانگین کمترین و بیشترین دمای ماهانه در ایستگاه کرمانشاه و میزان تغییرات رواناب حاصل را پیش‌بینی کردند. حمزه و همکاران (۱۳۹۷) نیز به ارزیابی تغییر اقلیم بر تراز آب زیرزمینی در آبخوان گتوند عقیلی پرداخته است و از مدل MODFLOW برای یک دوره ده‌ساله ۱۰ ساله (۱۳۸۱-۱۳۹۱) استفاده نمودند. نتایج کار ایشان نشان داد که بیشترین میزان افت آبخوان در حدود ۱/۸ متر است و افزایش سطح آب زیرزمینی به میزان ۰/۴۳ متر طی ۱۰ سال، برای سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ پیش‌بینی شده است. فلاح قالهری و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از مدل‌های LARS-Wg و SDSM به ارزیابی تغییر اقلیم در ایستگاه بجنورد طی دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۵۰ پرداختند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که متوسط دمای ایستگاه بعد از سال ۲۰۰۰ بیشتر از میانگین درازمدت آن خواهد بود و بارش در ایستگاه تا سال ۲۰۵۰ افزایش می‌یابد. ملکی و همکاران (۱۳۹۸) به بازسازی تغییرات اقلیمی کواترنر پسین

¹- allometry

²- poltier

³- comparative method

در منطقه سعدآباد- گرگان پرداختند. ایشان از پذیرفتاری مغناطیسی لس های آن منطقه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که این منطقه در حدود ۱۴۷۰۰۰ تا ۵۷۰۰۰ سال پیش سه دوره آب و هوایی گرم و مرطوب و سه دوره سرد و خشک داشته است. دسترنج و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو (GCMs) و روش دمارتن به بررسی تغییرات اقلیمی در ایستگاه‌های سینوپتیکی بابلسر، گرگان، رامسر، رشت، قزوین، تهران و زنجان طی دوره‌های آماری (۲۰۲۰-۲۰۴۹) و (۲۰۷۰-۲۰۹۹) پرداختند و نتیجه گرفتند که بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره (۲۰۲۰-۲۰۴۹) در مقایسه با دوره مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۸) یک روند افزایشی داشت و در دوره (۲۰۷۰-۲۰۹۹) نسبت به دوره مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۸) بارش افزایش یافته ولی نسبت به دوره (۲۰۲۰-۲۰۴۹) دارای یک روند کاهشی می‌باشد و درجه حرارت حداکثر، حداقل و میانگین در دوره‌های (۲۰۷۰-۲۰۹۹) و (۲۰۲۰-۲۰۴۹) نسبت به دوره مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۸) افزایش خواهد یافت. نتایج حاصل از تعیین اقلیم با روش دمارتن نشان داد که اقلیم در ایستگاه‌های بابلسر، قزوین، رامسر و رشت نسبت به اقلیم مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۸) در دوره‌های آتی تغییر نخواهد کرد. به جز ایستگاه گرگان که در دوره (۲۰۷۰-۲۰۹۹) از اقلیم مدیترانه‌ای به اقلیم نیمه‌خشک تغییر خواهد کرد یا ایستگاه تهران در دوره (۲۰۲۰-۲۰۴۹) از اقلیم نیمه‌خشک به اقلیم خشک تغییر پیدا می‌کند. در ایستگاه زنجان نیز در دوره (۲۰۲۰-۲۰۴۹) از اقلیم نیمه‌خشک به مدیترانه‌ای و در دوره (۲۰۷۰-۲۰۹۹) از اقلیم مدیترانه‌ای به اقلیم نیمه‌خشک تغییر خواهد کرد.

همان‌طور که پیشینه تحقیق نشان می‌دهد مطالعات زیادی در زمینه تغییرات اقلیمی و تأثیر آن‌ها بر محیط‌زیست، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و غیره انجام شده اما تاکنون در زمینه شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی طی دوره‌های گذشته کار علمی جامع و دقیقی انجام نشده است و همه این‌ها در حالی است که اکثر محققین در پژوهش‌های خود بدون در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی در گذشته اقدام به شبیه‌سازی آن طی دوره‌های آتی کرده‌اند. لذا، در راستای نیل به هدف پژوهش حاضر سوالات و فرضیه‌های ذیل مطرح می‌شود:

۱- آیا تغییرات اقلیمی برای استان اردبیل یکسان بوده است؟

۲- وضعیت دمای کنونی استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با کدام دوره زمین‌شناسی است؟

فرضیات پژوهش

۱- در استان اردبیل تغییرات اقلیمی برای کل استان وجود نداشته است.

۲- وضعیت دمای کنونی استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با دوره هلوسن است.

روش تحقیق

رویکرد پژوهش حاضر مبتنی بر دیدگاه سیستمی، آماری و تحلیلی است. با توجه به ماهیت و اهداف موضوع که بررسی تغییرات اقلیمی در استان اردبیل است، هدف کاربردی این پژوهش ارزیابی تغییرات اقلیمی به منظور حفاظت از محیط زیست، بررسی انواع مخاطرات ژئومورفولوژیکی موجود در این استان در راستای امر آمایش محیط، مدیریت و برنامه ریزی است. برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات از روش‌های اسنادی، آماری و مشاهدات میدانی و نقشه‌های مختلف توپوگرافی و زمین‌شناسی استفاده شده است. در روش اسنادی فن کار بررسی دیدگاه‌ها و نظریات مختلف مربوط به پژوهش بوده که با مراجعه به کتابخانه‌ها و منابع اطلاعاتی مختلف به دست آمده است. با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی و سینوپتیک (۱۹۵۱-۲۰۱۰) و مدل رقومی ارتفاع 30^9 متر نقشه‌های توپو-اقلیمی (شکل ۴) به دست آمدند. از روش آماری دمارتن و داده‌های اقلیمی و سینوپتیک (دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۰) به منظور شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی تحت سه سناریو یعنی عصر حاضر، دوره هلسن و عصر پلیستوسن (جدول ۳) استفاده شده است. داده‌های اولیه این پژوهش عبارت از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های اقلیمی و سینوپتیک (۱۹۵۱-۲۰۱۰) و مدل رقومی ارتفاع ۳۰ متر هستند.

روش دمارتن

دمارتن روشی برای تعیین اقلیم یک منطقه بر اساس درجه حرارت و بارندگی سالانه است. در روش دمارتن دما و بارش سالانه اساس محاسبه شاخص رطوبت قرار می‌گیرند و با استفاده از این روش و بر پایه مقادیر مختلفی که برای شاخص (I) به دست می‌آید اقلیم‌های گوناگون از هم جدا می‌شوند. ضریب خشکی دمارتن از رابطه (۱) به دست می‌آید و محدوده اقلیمی آن متفاوت است (جدول ۱).

$$I = P / (T + 10) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن P: متوسط بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر و T: متوسط دمای سالانه برحسب درجه سانتی‌گراد است.

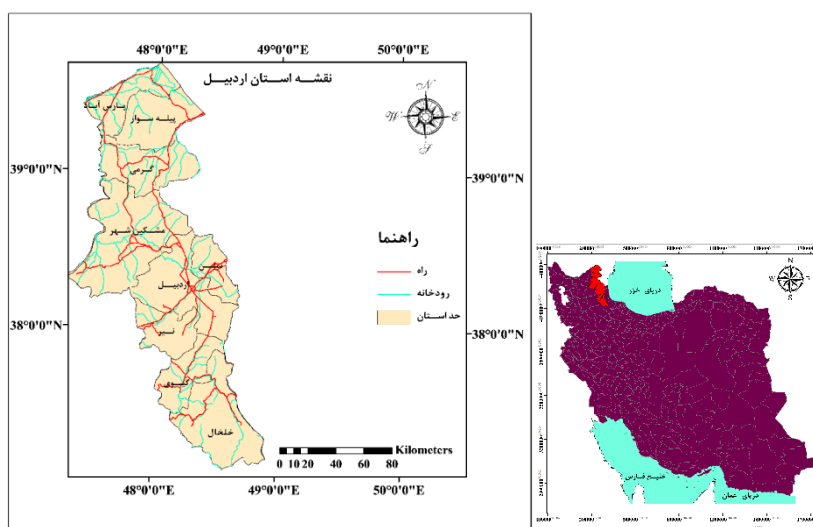
¹- Digital Elevation Model

جدول ۱- طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس روش دمارتن (مآخذ، قربانی زاده خرازی و چله مال دزفول نژاد: ۱۳۹۳)

نام اقلیم	محدوده ضریب خشکی دمارتن (I)
خشک	کوچک‌تر از ۱۰
نیمه‌خشک	۱۰ تا ۱۹/۹
مدیترانه‌ای	۲۰ تا ۲۳/۹
نیمه مرطوب	۲۴ تا ۲۷/۹
مرطوب	۲۸ تا ۳۴/۹
بسیار مرطوب	بزرگ‌تر از ۳۵

محدوده مورد مطالعه

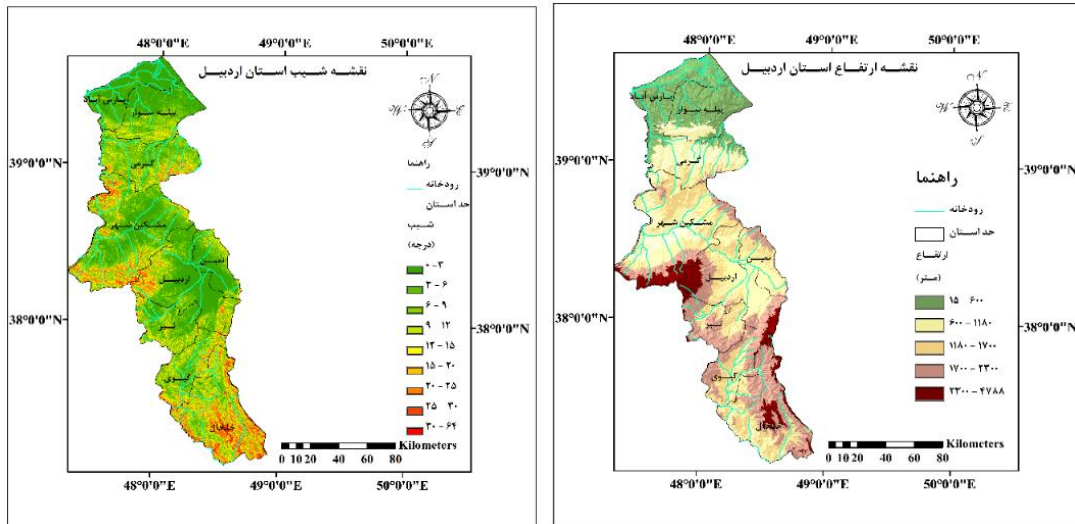
استان اردبیل در شمال غرب کشور و با طول جغرافیایی ۴۸ درجه تا ۵۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه تا ۳۹ درجه شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). این استان از غرب به استان آذربایجان شرقی، از شمال و شمال شرق به کشور جمهوری آذربایجان، از شرق و جنوب شرق به استان گیلان و از جنوب به استان زنجان محدود می‌شود.



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

در محدوده مورد مطالعه بیشترین ارتفاع با مقدار ۴۷۸۸ متر منطبق با نواحی کوهستانی است که شامل قله سبلان می‌شود و کمترین ارتفاع ۱۵ متر که منطبق با نواحی پست‌تر و کم مرتفع‌تر است (شکل ۲). نقشه ارتفاع (۱۵ متر تا ۶۰۰ متر) حکایت از توپوگرافی دشت در این استان دارد و از ارتفاع ۱۰۰۰ متر تا ۱۷۰۰ متر توپوگرافی از دشت به کوهپایه‌ها تغییر می‌یابد، به طوری که از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بالا توپوگرافی کوهستانی می‌شود. قله سبلان با ارتفاع ۴۷۸۸ متر بلندترین نقطه منطقه است. با تبعیت از این عامل ارتفاع، مقدار شیب نیز تغییر می‌یابد، به طوری که حداقل مقدار شیب با مقدار ۰ تا ۳ درجه منطبق با

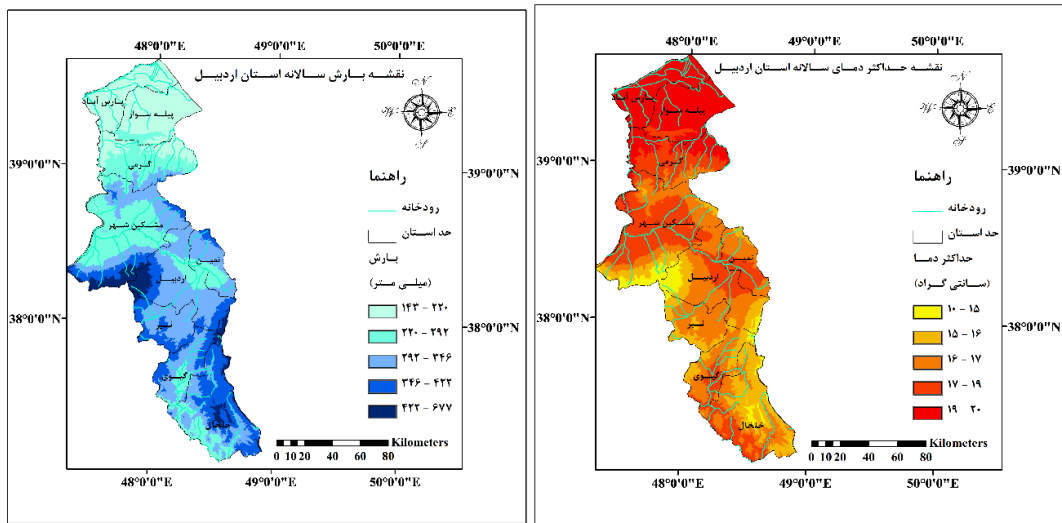
نواحی کم مرتفع تر تا ۶۴ درجه که منطبق با نواحی کوهستانی و مرتفع می شود (شکل ۳). همان طور که شکل (۳) نشان می دهد بیشترین مقدار شیب با مقدار (۳ درجه تا ۹ درجه) که منطبق با نواحی ارتفاعی (۱۵ متر تا ۶۰۰ متر) است، دلالت بر غلبه با توپوگرافی دشت دارد (منبع: نگارنده، ۱۳۹۹).



شکل ۳- نقشه شیب

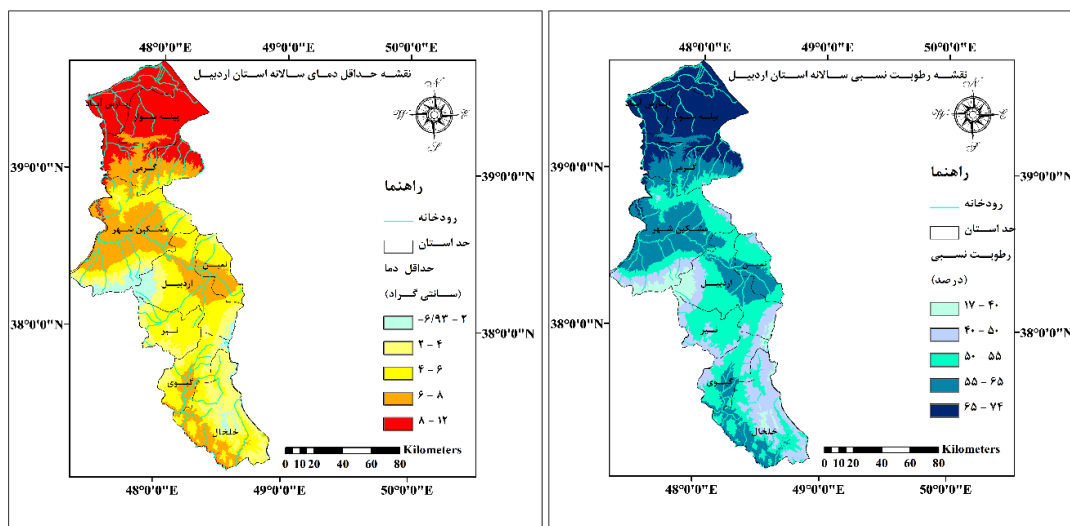
شکل ۲- نقشه ارتفاع

حداکثر بارندگی سالانه با مقدار ۶۷۷ میلی متر اختصاص به نواحی کوهستانی و حداقل میزان بارندگی سالانه با مقدار ۱۴۳ میلی متر اختصاص به نواحی دشت دارد. بیشترین مقدار رطوبت نسبی سالانه ۷۴ درصد است که منطبق با نواحی دشتی است و کمترین مقدار رطوبت نسبی سالانه با مقدار ۱۷ درصد اختصاص به نواحی مرتفع تر و کوهستانی دارد. حداکثر میزان دمای سالانه در فصول گرم ۲۰ درجه سانتی گراد است که منطبق با نواحی دشتی است و هرچه به سمت نواحی مرتفع تر و کوهستانی تر می رود از میزان دما در این فصول کاسته شده و میزان آن به ۱۱ درجه سانتی گراد می رسد. حداقل میزان دمای سالانه در طی فصول سرد ۱۲ درجه سانتی گراد مربوط به نواحی دشت می شود و با افزایش ارتفاع به تدریج مقدار آن کاهش یافته، به طوری که در نواحی کوهستانی و قله آن به $-۶/۹۳$ درجه سانتی گراد می رسد (منبع: نگارنده، ۱۳۹۹). اشکال (۴ الف تا ۴ د) به ترتیب، نقشه های توپوآقلیمی بارش، رطوبت نسبی، حداکثر دمای و حداقل دما را نشان می دهد.



(ب)

(الف)



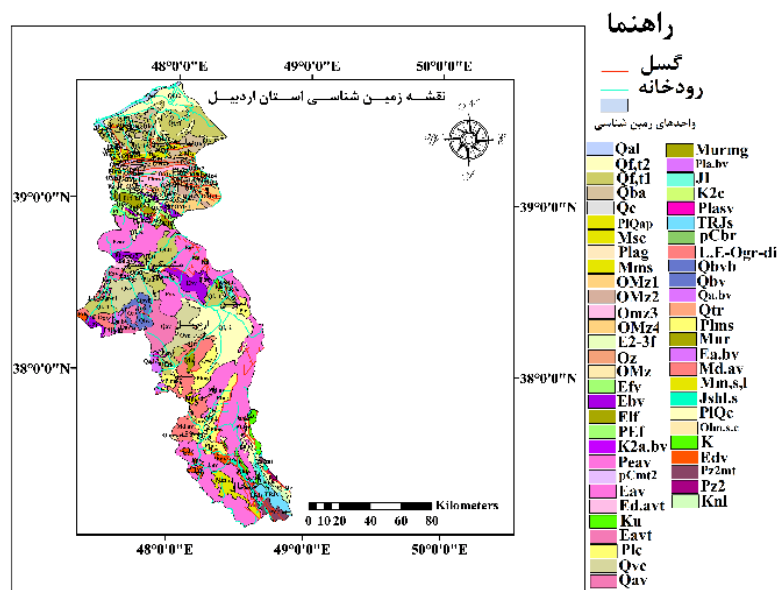
(د)

(ج)

شکل ۴- نقشه‌های توپو-اقليمی: الف)- بارش سالانه، ب)- رطوبت نسبی سالانه، ج)- حداکثر دمای سالانه، د)- حداقل دمای سالانه (دوره آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۰)

در محدوده مورد مطالعه سنگ‌های متنوعی برون‌زد دارند؛ قدیمی‌ترین سنگ‌های این استان شامل سنگ‌های با دگرگونی کم (رخساره‌های شیستی سبزرنگ) و ماسه‌سنگ، شیل و دولومیت (سازند بایندر) هستند که سنی در حدود ۴/۵ میلیارد سال دارند و متعلق به دوره پرکامبرین هستند (واحدهای PCbr, PCmt2). این سنگ‌ها گسترش چندانی ندارند و فقط محدود به جنوب شرقی شهر گرمی و شمال شهرستان نمین می‌شوند. جدیدترین سنگ‌ها، به ترتیب، مربوط به رسوبات رودخانه‌ای، کنگلومرای آبرفتی، کنگلومراهای آتشفشانی و سنگ‌های آندزیتی هستند که سنی در حدود ۱/۶ میلیون سال پیش دارند و

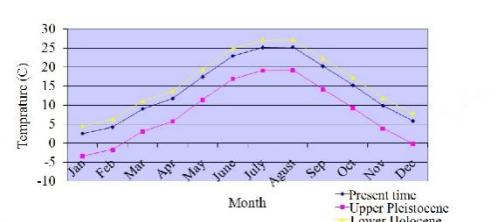
متعلق به دوره کوتاه‌تر هستند (واحدهای Qal، Qf,t1، Qf,t2، Qba و Qc). این سنگ‌ها در حوالی شهرستان‌های پيله سوار، پارس‌آباد، شرق شهرستان اردبیل و اطراف شهرستان‌های گرمی، مشکین‌شهر، نمین و نیر گسترش دارند. هرچند، این سنگ‌ها نیز گسترش چندانی ندارند؛ اما به‌طور کلی می‌توان گفت که اغلب جنس زمین در این استان متشکل از سنگ‌های آتشفشانی، مانند گدازه‌های بازالتی و سنگ‌های آندزیتی است (واحدهای Ebv، K2a.bv، Peav، Eav، Ed.avt، Eavt، Plc، Qvc، Qav، Md.av، Qa.bv، Qbv، Qv.bv، Plasv، Pla.bv). شکل (۵) نقشه زمین‌شناسی به همراه توصیف واحدها و جنس، سن و قدمت سنگ‌ها را در این استان نشان می‌دهد.



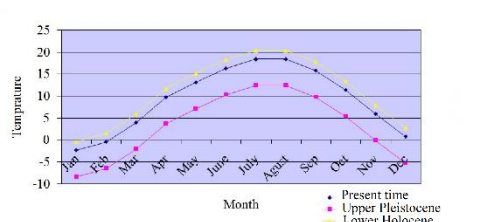
شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی

نتایج و بحث

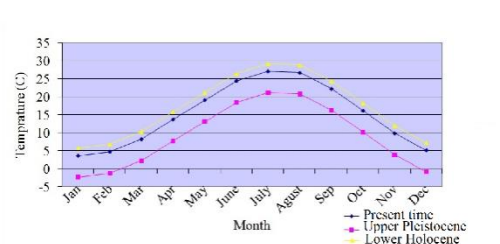
به‌منظور شبیه‌سازی در محدوده مورد مطالعه برای سناریوی دوره هلو سن به مقدار دمای ماهانه ۲ درجه سانتی‌گراد افزوده شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن ۴ تا ۸ درجه سانتی‌گراد از مقدار دمای کنونی کاسته شد و مقدار بارندگی برای این سه سناریو ثابت در نظر گرفته شد (اسفندیاری داراباد، ۱۳۸۵: ۴۵). شکل (۶) نتایج تغییرات دمایی را تحت سه سناریوی عصر حاضر، دوره هلو سن و عصر پلیستوسن را برای استان اردبیل نشان می‌دهد.



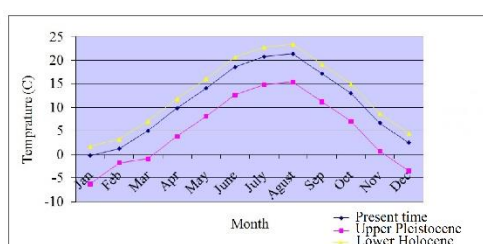
(ب)



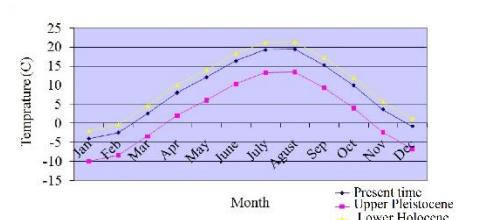
(الف)



(د)



(ج)



(و)

شکل ۶- نمودارهای تغییرات دما: (الف)- ایستگاه اردبیل، (ب)- ایستگاه گرمی، (ج)- ایستگاه مشکین شهر، (د)- ایستگاه پارس آباد، (و)- ایستگاه خلخال (راهنما): خط آبی رنگ: سناریوی عصر حاضر، خط صورتی رنگ: عصر پلیستوسن، خط زرد رنگ: دوره هلوسن)

با توجه به شکل (۶) دما در ایستگاه اردبیل برای سناریوی عصر حاضر در ماه ژانویه در حدود ۲- درجه سانتی گراد برآورد گردیده است؛ این مقدار برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱- درجه سانتی گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۸- درجه سانتی گراد تخمین زده شده است؛ در واقع می توان این طور استنباط کرد که دمای هوا در مقایسه با دوره هلوسن در حدود ۱ درجه کاهش و در مقایسه با عصر پلیستوسن در حدود ۶ درجه سانتی گراد کاهش دمایی داشته است. تغییرات دما برای ماه فوریه برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱- درجه سانتی گراد، برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱ درجه سانتی گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۷- درجه سانتی گراد برآورد گردید؛ که این بیانگر این است که دما در مقایسه با سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱ درجه سانتی گراد کاهش و در مقایسه با سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۶ درجه سانتی گراد کاهش داشته است. مقدار دما در ماه مارس برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۴ درجه سانتی گراد

تخمین زده شده که با افزایش ۲ درجه سانتی گراد به مقدار ۶ درجه سانتی گراد برای سناریوی دورره هلو سن رسید. مقدار این دما برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۳- درجه سانتی گراد برآورد گردیده است؛ یعنی دمای هوا در طی این سناریو در مقایسه با عصر حاضر در حدود ۸ درجه سانتی گراد کاهش و در مقایسه با دوره هلو سن در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد کاهش یافته است. در ماه آوریل برای سناریوی عصر حاضر دما در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد برآورد شده که در دورره هلو سن مقدار آن در حدود ۲ درجه سانتی گراد افزایش داشته به طوری که دما به حدود ۱۲ درجه سانتی گراد رسیده است و مقدار دما در همین مدت برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار در حدود ۴ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ یعنی دما در مقایسه با عصر پلیستوسن در حدود ۶ درجه سانتی گراد کاهش و در مقایسه با دوره هلو سن با ۸ درجه سانتی گراد کاهش داشته است. در ماه می برای سناریوی عصر حاضر دما در حدود ۱۴ درجه سانتی گراد برآورد شده، در حالی که برای سناریوی دورره هلو سن در مقایسه با سناریوی عصر حاضر مقدار دما فقط در حدود ۱ درجه سانتی گراد افزایش داشت به طوری که مقدار آن به حدود ۱۵ درجه سانتی گراد رسیده بود؛ در حالی که برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار آن در حدود ۷ درجه سانتی گراد برآورد شده که در مقایسه با عصر حاضر در حدود ۷ درجه سانتی گراد کاهش دما داشته و در مقایسه با سناریوی دورره هلو سن در حدود ۸ درجه سانتی گراد کاهش دمایی داشته است. در ماه ژوئن دما برای سناریوی عصر حاضر حدود ۱۶ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است؛ این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۱۸ درجه سانتی گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد برآورد تخمین زده شد. دما در ماه جولای برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۸ درجه سانتی گراد برآورد شده است و در طی همین مدت مشابه برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد بود که افزایشی در حدود ۳ درجه سانتی گراد در سناریوی دورره هلو سن داشته است؛ برای سناریوی عصر پلیستوسن دما در حدود ۱۲ درجه سانتی گراد برآورد گردید که در مقایسه با عصر حاضر ۶ درجه سانتی گراد کاهش دمایی داشته و در مقایسه با سناریوی دورره هلو سن در حدود ۹ درجه سانتی گراد از مقدار آن کاسته شده است. برای سناریوی عصر حاضر دما در ماه آگوست نیز مانند ماه جولای در حدود ۱۸ درجه سانتی گراد است؛ مانند ماه جولای مقدار آن برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد برآورد است و برای سناریوی عصر پلیستوسن نیز مانند ماه جولای در حدود ۱۲ درجه سانتی گراد تخمین زده شده است. میزان دما برای سناریوی عصر حاضر در ماه سپتامبر ۱۶ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ در حالی که برای سناریوی دورره هلو سن در همین مدت مشابه با مقدار ۲ درجه افزایش به حدود ۱۸ درجه سانتی گراد رسیده است و برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار آن در مقایسه با عصر حاضر با کاهش ۶ درجه سانتی گراد به میزان ۱۰ درجه سانتی گراد رسیده است. در مقایسه با دورره هلو سن مقدار دما در حدود ۸ درجه سانتی گراد کاهش داشته است. در ماه اکتبر دما برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۱ درجه سانتی گراد برآورد شده است و برای سناریوی دورره هلو سن مقدار آن در همین مدت مشابه در حدود ۱۳ درجه سانتی گراد بود که در مقایسه با سناریوی عصر حاضر در حدود ۲ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. برای سناریوی عصر پلیستوسن دما در حدود ۶ درجه سانتی گراد برآورد شد که

مقدار آن در مقایسه با دوره کنونی در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و در مقایسه با دوره هلو سن ۷ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است. دما در ماه نوامبر برای سناریوی دوره کنونی (کواترنر) در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد؛ این مقدار در همین مدت مشابه برای سناریوی عصر حاضر با ۲ درجه افزایش به حدود ۸ درجه سانتی‌گراد رسید و برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار آن در حدود ۰ درجه سانتی‌گراد بوده است؛ پس می‌توان گفت که دما در عصر پلیستوسن در مقایسه با عصر حاضر در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد کاهش و در مقایسه با دوره هلو سن در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد کاهش دمایی داشته است. برای سناریوی عصر حاضر دما در ماه دسامبر در حدود ۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است؛ در حالی که مقدار آن برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد بوده است که این به معنای افزایش ۲ درجه سانتی‌گرادی طی همین مدت مشابه بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار دما در حدود ۵- درجه سانتی‌گراد بوده که در مقایسه با سناریوی عصر حاضر در حدود ۷ درجه سانتی‌گراد کاهش و در مقایسه با سناریوی دوره هلو سن در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد کاهش دمایی داشته است.

دما در ایستگاه گرمی برای سناریوی عصر حاضر در ماه ژانویه در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد است؛ در حالی که برای سناریوی دوره هلو سن مقدار آن در طی این ماه در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد بود و طی دوره عصر پلیستوسن مقدار آن در حدود ۳- درجه سانتی‌گراد بوده است. در ماه فوریه برای سناریوی عصر حاضر دما رقمی در حدود ۴- درجه سانتی‌گراد دارد، در حالی که در همین مدت مشابه مقدار آن برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۳- درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. مقدار دما در ماه مارس برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۹ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده که مقدار آن در همین مدت مشابه برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. برای سناریوی عصر حاضر در ماه آوریل مقدار دما در حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است که مقدار آن در دوره هلو سن طی همین مدت مشابه در حدود ۱۳ درجه سانتی‌گراد بوده است؛ در حالی که برای سناریوی عصر پلیستوسن از مقدار دما بسیار کاسته شده به طوری که دما طی این دوره به حدود ۶ درجه سانتی‌گراد رسیده است. دما در ماه می برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. مقدار آن برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد بود؛ در حالی که برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار آن در حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. مقدار دما در ماه ژوئن برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است؛ مقدار آن برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. دما در ماه جولای برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. این مقدار برای سناریوی دوره هلو سن تقریباً در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد بوده که با کاهشی در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد مقدار آن برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. در سناریوی عصر حاضر دمای هوا برای ماه آگوست در حدود ۲۵ درجه

سانتی گراد محاسبه شده است؛ مقدار آن برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۷ درجه سانتی گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۹ درجه سانتی گراد برآورد شده است. مقدار دما برای سناریوی عصر حاضر در ماه سپتامبر در حدود ۲۰ درجه سانتی گراد بود؛ درحالی که این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۳ درجه سانتی گراد تخمین زده شد و با کاهش بسیار چشمگیر آن برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار آن در حدود ۱۴ درجه سانتی گراد بود. دما در ماه اکتبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۵ درجه محاسبه شده است. این مقدار طی سناریوی دورره هلو سن در حدود ۱۷ درجه سانتی گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۹ درجه سانتی گراد بوده است؛ مقدار دما در ماه نوامبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ این مقدار در همین مدت مشابه برای سناریوی دورره هلو سن با افزایش ۲ درجه ای به ۱۲ درجه سانتی گراد رسید و برای سناریوی عصر پلیستوسن با کاهش ۶ درجه ای به حدود ۴ درجه سانتی گراد رسید. در ماه دسامبر برای سناریوی عصر حاضر دما در حدود ۶ درجه سانتی گراد تخمین زده شده است؛ درحالی که برای سناریوی دورره هلو سن مقدار آن طی همین مدت در حدود ۸ درجه سانتی گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار دما طی همین مدت در حدود ۰ درجه سانتی گراد بوده است.

در ایستگاه مشکین شهر برای سناریوی عصر حاضر مقدار دما در ماه ژانویه در حدود ۰ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است. این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۳ درجه سانتی گراد تخمین زده شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن دما طی همین مدت مشابه در حدود -۶ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است. دمای هوا در ماه فوریه برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱ درجه سانتی گراد است، درحالی که در همین مدت مشابه دمای هوا برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۳ درجه سانتی گراد و در حدود -۱ درجه سانتی گراد برای سناریوی عصر پلیستوسن برآورد شده است. مقدار دما در ماه مارس برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۵ درجه سانتی گراد برآورد شده است که مقدار آن در همین مدت مشابه برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۶ درجه سانتی گراد برآورد گردید. برای سناریوی عصر پلیستوسن دما در حدود -۱ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. در ماه آوریل مقدار آن افزایش یافته، به طوری که مقدار آن در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد برای سناریوی عصر حاضر تخمین زده شده است که در دورره هلو سن مقدار آن افزایش یافته، به طوری که مقدار آن در حدود ۱۱ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است. این مقدار برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۴ درجه سانتی گراد برآورد تخمین زده شده است. دمای هوا در ماه می برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۴ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ در همین مدت مشابه در سناریوی دورره هلو سن دمای هوا در حدود ۱۶ درجه سانتی گراد بود؛ درحالی که در طی همین مدت برای سناریوی عصر پلیستوسن مقدار در حدود ۸ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است. برای سناریوی عصر حاضر دما در ماه ژوئن در حدود ۱۹ درجه سانتی گراد محاسبه گردید؛ این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۳ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. مقدار دما در ماه جولای برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد برآورد شده است. این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن تقریباً در حدود ۲۳ درجه سانتی گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن

در حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. در سناریوی عصر حاضر دمای هوا برای ماه آگوست در حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. مقدار دما برای سناریوی عصر حاضر در ماه سپتامبر در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد است؛ درحالی‌که این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد بوده است. دمای هوا در ماه اکتبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۳ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. این مقدار طی سناریوی دورره هلو سن در حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن طی این مدت در حدود ۷ درجه سانتی‌گراد بوده است؛ مقدار دما در ماه نوامبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۷ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است؛ این مقدار در مدت مشابه با افزایش ۲ درجه سانتی‌گرادی به ۹ درجه سانتی‌گراد برای سناریوی دورره هلو سن رسیده است. برای سناریوی عصر پلیستوسن دمای هوا طی این مدت در حدود ۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. دمای هوا در سناریوی عصر حاضر برای ماه دسامبر در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد برآورد شد؛ درحالی‌که برای سناریوی دورره هلو سن دمای هوا طی همین مدت در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۴- درجه سانتی‌گراد بوده است.

دمای هوای ایستگاه پارس‌آباد برای سناریوی عصر حاضر در ماه ژانویه در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ درحالی‌که برای سناریوی دورره هلو سن مقدار دما در این ماه در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد بود و برای عصر پلیستوسن دما در حدود ۳- درجه سانتی‌گراد بوده است. دما در ماه فوریه برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است، درحالی‌که طی همین مدت مشابه در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد برای سناریوی دورره هلو سن و حدود ۳- درجه سانتی‌گراد برای سناریوی عصر پلیستوسن بوده است. مقدار دما در ماه مارس برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است که مقدار آن در طی همین مدت مشابه برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد. در ماه آوریل مقدار دما در حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد برای سناریوی عصر حاضر برآورد شده است که مقدار آن در دورره هلو سن در حدود ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود؛ درحالی‌که در سناریوی عصر پلیستوسن از مقدار آن بسیار کاسته شده به طوری‌که دما طی این دوره در حدود ۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. دما در ماه می برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است و در طی سناریوی دورره هلو سن با افزایش ۳ درجه سانتی‌گرادی به حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد رسید؛ درحالی‌که دمای هوا برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. دما در ماه ژوئن برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است؛ این مقدار برای سناریوی دورره هلو سن در حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۹ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. مقدار دما در ماه جولای برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. این مقدار برای سناریوی دورره

هلوسن تقریباً در حدود ۲۹ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. در سناریوی عصر حاضر دما برای ماه آگوست در حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردیده است؛ این مقدار برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۲۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است. مقدار دما برای سناریوی عصر حاضر در ماه سپتامبر در حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ در حالی که این مقدار برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد بود و با کاهش چشمگیر آن برای سناریوی عصر پلیستوسن طی این مدت در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد بوده است. دما در ماه اکتبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. این مقدار طی سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن طی این مدت در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده است؛ مقدار دما در ماه نوامبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ این مقدار در همین مدت برای سناریوی دوره هلوسن با افزایش ۲ درجه سانتی‌گرادی به ۱۲ درجه سانتی‌گراد رسید و برای سناریوی عصر پلیستوسن دمای هوا در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد بوده است. در سناریوی عصر حاضر دما برای ماه دسامبر در حدود ۵ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است؛ در حالی که برای سناریوی دوره هلوسن دما طی همین مدت در حدود ۷ درجه سانتی‌گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱- درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد.

دما ایستگاه خلخال برای سناریوی عصر حاضر در ماه ژانویه حدود ۴- درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ در حالی که برای سناریوی دوره هلوسن مقدار آن در این ماه در حدود ۳- درجه سانتی‌گراد بود و طی عصر پلیستوسن دما در این ماه در حدود ۱۰- درجه سانتی‌گراد بوده است. دما در ماه فوریه برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۲- درجه سانتی‌گراد محاسبه شد، در حالی که در همین مدت مشابه مقدار آن در حدود ۱- درجه سانتی‌گراد برای سناریوی دوره هلوسن و در حدود ۹- درجه سانتی‌گراد برای سناریوی عصر پلیستوسن برآورد گردیده است. در ماه مارس برای سناریوی عصر حاضر دما در حدود ۳ درجه سانتی‌گراد برآورد شده که مقدار آن در همین مدت مشابه برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۴ درجه سانتی‌گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۶- درجه سانتی‌گراد طی همین مدت تخمین زده شد. در ماه آوریل مقدار دما در حدود ۹ درجه سانتی‌گراد برای سناریوی عصر حاضر تخمین زده شد که مقدار آن در سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده است؛ در حالی که در سناریوی عصر پلیستوسن از مقدار آن بسیار کاسته شده به طوری که دما طی این دوره به حدود ۲ درجه سانتی‌گراد رسیده است. دما در ماه می برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است؛ در همین مدت مشابه در سناریوی دوره هلوسن مقدار آن در حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد؛ در حالی که مقدار آن برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۶ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. دما در ماه ژوئن برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است؛ این مقدار برای سناریوی دوره هلوسن در حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. مقدار

دما در ماه جولای برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۹ درجه سانتی گراد تخمین زده شده است. این مقدار برای سناریوی دوره هلو سن تقریباً در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد برآورد گردیده است و برای سناریوی عصر پلیستوسن طی همین مدت در حدود ۱۴ درجه سانتی گراد بوده است. برای سناریوی عصر حاضر دما در ماه آگوست در حدود ۱۹ درجه سانتی گراد محاسبه شده است؛ این مقدار برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۲۱ درجه سانتی گراد برآورد گردید و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۱۴ درجه سانتی گراد تخمین زده شد. مقدار دما برای سناریوی عصر حاضر در سپتامبر در حدود ۱۵ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ در حالی که این مقدار برای سناریوی دوره هلو سن در حدود ۱۷ درجه سانتی گراد بوده و با کاهش چشمگیر دما برای سناریوی عصر پلیستوسن دما در حدود ۹ درجه سانتی گراد برآورد گردید. دما در ماه اکتبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد محاسبه شده است. این مقدار طی دوره هلو سن در حدود ۱۱ درجه سانتی گراد بود و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۴ درجه سانتی گراد برآورد شده است؛ مقدار دما در ماه نوامبر برای سناریوی عصر حاضر در حدود ۴ درجه سانتی گراد تخمین زده شده است؛ این مقدار در همین مدت برای سناریوی دوره هلو سن با افزایش ۱ درجه‌ای به حدود ۵ درجه سانتی گراد رسید و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۳- درجه سانتی گراد برآورد شده است. برای سناریوی عصر حاضر دما در ماه دسامبر در حدود ۱- درجه سانتی گراد بود؛ در حالی که برای سناریوی دوره هلو سن دما طی همین مدت در حدود ۱ درجه سانتی گراد بوده و برای سناریوی عصر پلیستوسن در حدود ۶- درجه سانتی گراد بوده است. جدول (۲) خلاصه‌ای از تغییرات دمایی رخ داده طی سه سناریوی عصر حاضر، دوره هلو سن و عصر پلیستوسن را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تغییرات دمایی (°C) تحت سه سناریوی عصر حاضر، دوره هلو سن، عصر پلیستوسن در استان اردبیل

ماه	دمای هوای ایستگاه اردبیل (°C)			دمای هوای ایستگاه گرمی (°C)			دمای هوای ایستگاه مشکین شهر (°C)			دمای هوای ایستگاه پارس آباد (°C)			دمای هوای ایستگاه خلخال (°C)		
	عصر	دوره	عصر	عصر	دوره	عصر	عصر	دوره	عصر	عصر	دوره	عصر	عصر	دوره	عصر
	ضرب	هلو سن	پلیستوسن	ضرب	هلو سن	پلیستوسن	ضرب	هلو سن	ضرب	هلو سن	پلیستوسن	ضرب	هلو سن	پلیستوسن	ضرب
ژانویه	-۲	-۱	-۸	۳	۴	-۳	۰	۳	-۶	۴	۵	-۳	-۳	-۳	-۱۰
فوریه	-۱	۱	-۷	۴	۶	-۳	۱	۳	-۱	۵	۶	-۲	-۱	-۲	-۹
مارس	۴	۶	-۳	۹	۱۱	۳	۵	۶	-۱	۸	۱۰	۳	۴	۳	-۶
آوریل	۱۰	۱۲	۴	۱۱	۱۳	۶	۱۰	۱۱	۴	۱۴	۱۵	۸	۹	۱۰	۲
می	۱۴	۱۵	۷	۸	۱۹	۱۲	۱۴	۱۶	۸	۱۹	۲۱	۱۴	۱۲	۱۴	۶
ژوئن	۱۶	۱۸	۱۰	۲۳	۲۵	۱۷	۱۹	۲۱	۱۳	۲۴	۲۶	۱۹	۱۶	۱۸	۱۰
جولای	۱۸	۲۱	۱۲	۲۵	۲۷	۱۹	۲۱	۲۳	۱۵	۲۷	۲۹	۲۱	۱۹	۲۱	۱۴
آگوست	۱۸	۲۱	۱۲	۲۵	۲۷	۱۹	۲۱	۲۳	۱۶	۲۶	۲۹	۲۱	۱۹	۲۱	۱۴
سپتامبر	۱۶	۱۸	۱۰	۲۰	۲۳	۱۴	۱۸	۱۹	۱۱	۲۲	۲۴	۱۶	۱۵	۱۷	۹
اکتبر	۱۱	۱۳	۶	۱۵	۱۷	۹	۱۳	۱۵	۷	۱۶	۱۸	۱۰	۱۰	۱۱	۴

نوامبر	۶	۸	۰	۱۰	۱۲	۴	۷	۹	۱	۱۰	۱۲	۴	۵	-۳
دسامبر	۱	۳	-۵	۶	۸	۰	۳	۴	-۴	۵	۷	-۱	-۱	-۶

نتایج جدول (۲) نشان می دهد که تغییرات دمایی برای استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با دوره هلو سن است و تغییرات دمایی شدید فقط بین عصر حاضر و عصر پلیستوسن وجود داشته است. پس از شبیه سازی تغییرات دمایی اقدام به شبیه سازی تغییرات اقلیمی در محدوده مورد مطالعه گردید (جدول ۳). با توجه به جدول (۳) ایستگاه اردبیل برای سناریوی عصر حاضر در اقلیم نیمه خشک واقع گردیده است. همین وضعیت برای سناریوی دوره هلو سن صدق می کند؛ در حالی که در سناریوی عصر پلیستوسن آب و هوا از تیپ مدیترانه ای بوده است. در واقع می توان گفت که تغییر اقلیم برای این ایستگاه بدین صورت بوده که در عصر پلیستوسن آب و هوای این منطقه از تیپ مدیترانه ای بوده، سپس در دوره هلو سن مجدداً تغییر اقلیم رخ داده به طوری که آب و هوا از وضعیت مدیترانه ای تغییر کرده و در وضعیت نیمه خشک قرار گرفت و این وضعیت تا عصر حاضر ادامه یافته است. برای ایستگاه گرمی می توان گفت که این ایستگاه در هر سه سناریوی زمانی اقلیم نیمه خشک داشته است. پس در این ایستگاه تغییرات اقلیمی وجود نداشته است. در ایستگاه مشکین شهر تغییر اقلیم فقط در عصر پلیستوسن وجود داشته به طوری که در طی آن دوره اقلیم در وضعیت نیمه مرطوب قرار داشته که با گذشت زمان و با نزدیک شدن به دوره هلو سن و سپس، عصر حاضر اقلیم تغییر یافته و به وضعیت نیمه خشک تغییر یافته است. در ایستگاه پارس آباد تغییر اقلیم وجود داشته به طوری که در عصر پلیستوسن اقلیم این محدوده در وضعیت نیمه خشک بوده که در دوره هلو سن به اقلیم خشک تغییر یافته و در عصر حاضر مانند عصر پلیستوسن آب و هوا در وضعیت نیمه خشک قرار گرفته است. در ایستگاه خلخال تغییر اقلیم به شدت رخ داده به طوری که وضعیت آب و هوا که طی عصر پلیستوسن در وضعیت مرطوب قرار داشته بود، در دوره هلو سن اقلیم از وضعیت مرطوب به وضعیت نیمه خشک تغییر یافته تا این که در عصر حاضر به آب و هوای از تیپ مدیترانه ای بدل شده است.

جدول ۳- تیپ اقلیم با استفاده از روش دمارتن

ایستگاه	عصر حاضر	دوره هلو سن	عصر پلیستوسن
اردبیل	نیمه خشک	نیمه خشک	مدیترانه ای
گرمی	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه خشک
مشکین شهر	نیمه خشک	نیمه خشک	نیمه مرطوب
پارس آباد	نیمه خشک	خشک	نیمه خشک
خلخال	مدیترانه ای	نیمه خشک	مرطوب

آزمون فرضیات

۱- آیا تغییرات اقلیمی برای استان اردبیل یکسان بوده است؟

۲- وضعیت دمای کنونی استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با کدام دوره زمین شناسی است؟

فرضیات پژوهش

۱- در استان اردبیل تغییرات اقلیمی برای کل استان وجود نداشته است.

۲- وضعیت دمای کنونی استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با دوره هلوسن است.

از مطالعات انجام گرفته در پژوهش موردنظر می توان به سوالات و فرضیات تحقیق این طور جواب داد که تغییر اقلیم در کل استان اردبیل صورت نگرفته و فقط بعضی از شهرستان های این استان تغییر اقلیم فاحشی را تجربه کرده اند. این شهرستان ها، شهرستان های اردبیل، پارس آباد و خلخال هستند و برخلاف آن پژوهش هایی است که ادعای تغییر اقلیم در کل استان (مدنی و همکاران، ۱۳۹۱؛ ملکیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ آقاییگی و همکاران، ۱۳۹۸) داشته اند؛ لذا، این فرضیه برای کل استان ثابت می شود. از مقایسه دوره کنونی با دوره هلوسن معلوم شد که آب و هوای اکثر ایستگاه ها مانند اردبیل، گرمی و مشکین شهر مانند آب و هوای دوره هلوسن است و در این شهرستان ها از دوره هلوسن به عصر حاضر تغییر اقلیم وجود نداشته است. اقلیم شهرستان پارس آباد به اقلیم عصر پلیستوسن شباهت دارد. در این میان می توان گفت آب و هوای ایستگاه اردبیل در مقایسه با عصر پلیستوسن این شهر اندکی خشک تر شده است؛ به طوری که آب و هوا که در طی آن دوره از تیپ مدیترانه ای بوده با نزدیک شدن به دوره هلوسن و بعد عصر حاضر به وضعیت نیمه خشک تغییر وضعیت داده است. همین قضیه برای ایستگاه خلخال صدق می کند. به طوری که آب و هوا در مقایسه با عصر پلیستوسن که از نوع مرطوب بوده است در حال حاضر به تیپ مدیترانه ای تغییر یافته است که این نشان دهنده خشک تر شدن آب و هوای این شهرستان در مقایسه با عصر پلیستوسن و مرطوب تر شدن آن در مقایسه با دوره هلوسن است. اقلیم بعضی از ایستگاه ها نیز مانند ایستگاه های گرمی و پارس آباد در مقایسه با عصر حاضر مانند عصر پلیستوسن هستند. در این میان می توان گفت که اقلیم ایستگاه پارس آباد در مقایسه با دوره هلوسن که برای این منطقه دوره خشکی بوده در حال حاضر مرطوب تر شده و در وضعیت نیمه خشک قرار گرفته است. لذا، دوم فرضیه برای کل استان رد می شود.

از نتایج شبیه سازی می توان این طور استنباط کرد که وضعیت اقلیم در محدوده مورد مطالعه در اکثر ایستگاه ها مشابه با دوره هلوسن است؛ به جز ایستگاه خلخال که در عصر حاضر دارای اقلیم از نوع مدیترانه ای است.

نتیجه گیری

از مطالعات انجام گرفته برای استان اردبیل می توان این طور نتیجه گیری کرد که تغییر اقلیم برای کل استان رخ نداده و فقط بعضی از شهرستان ها مانند شهرستان های اردبیل، مشکین شهر، پارس آباد و خلخال تغییر اقلیم را تجربه کرده اند و بعضی از شهرستان ها مانند شهرستان گرمی تغییر اقلیم نداشته است. تغییرات دمایی برای استان اردبیل در عصر حاضر مشابه با دوره هلو سن است و تغییرات دمایی شدید فقط بین عصر حاضر و عصر پلیستوسن وجود داشته است. ایستگاه های اردبیل و مشکین شهر که در حال حاضر دارای اقلیم خشک هستند طی عصر پلیستوسن اقلیم مدیترانه ای و نیمه مرطوب داشتند. ایستگاه گرمی تغییر اقلیم نداشته است. آب و هوای ایستگاه پارس آباد در عصر حاضر مشابه با آب و هوای عصر پلیستوسن است. آب و هوای ایستگاه خلخال نیز که در عصر حاضر در تیپ مدیترانه ای واقع گردیده است در عصر پلیستوسن مرطوب بوده است. نتایج شبیه سازی نشان داد که وضعیت اقلیم در محدوده مورد مطالعه برای اکثر ایستگاه ها مشابه با دوره هلو سن است؛ به جز ایستگاه خلخال که در عصر حاضر دارای اقلیم از نوع مدیترانه ای است. در اکثر پژوهش هایی که در زمینه تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر برخی از متغیرهای اقلیمی، مخاطرات ژئومورفولوژیکی و زیست محیطی و غیره انجام شده است، تغییرات اقلیمی در گذشته را بررسی نکرده اند و فقط به شبیه سازی تغییر اقلیم در آینده اکتفا کرده اند. اکثر پژوهشگران در جایی که معلوم نیست در محدوده ای تغییر اقلیم رخ داده یا نه اقدام به برقراری ارتباط مخاطرات ژئومورفولوژی، زیست محیطی کنونی و غیره با تغییرات اقلیمی کرده اند؛ بنابراین، بهتر است هنگام بررسی یک یا چندین مخاطره در ارتباط با تغییرات اقلیم حتماً به شبیه سازی تغییرات اقلیمی طی دوره های گذشته پرداخته شود. نکته مهم دیگر در زمینه اثرات تغییر اقلیم بر مخاطرات ژئومورفولوژیکی و زیست محیطی بررسی هردو عوامل تکتونیک و انسانی است؛ زیرا بعضی از مخاطرات ژئومورفولوژیکی که در حال حاضر در حال رخ دادن هستند، اغلب، به اشتباه به عنوان یکی از اثرات ناشی از تغییر اقلیم در نظر گرفته می شوند و در این بین از نقش تکتونیک و عوامل انسانی غافل می شوند؛ زیرا ممکن است در منطقه ای تغییر اقلیم در دوران گذشته زمین شناسی وجود نداشته باشد اما مخاطرات ژئومورفولوژیکی فراوانی وجود داشته باشند که در این صورت نه تنها باید گذشته تغییرات اقلیمی در این گونه مناطق بررسی شوند، بلکه باید عوامل تکتونیک و انسانی نیز به خوبی مورد مطالعه قرار گیرند. فقط در صورت انجام چنین مطالعات جامعی است که با اطمینان قطعی می توان به تأثیرات تغییر اقلیم بر مخاطرات ژئومورفولوژیکی، اقلیمی، محیط زیستی و غیره پرداخت. از نتایج این پژوهش می توان در زمینه تغییرات در سیستم های ژئومورفولوژیکی، منابع آب، تأثیرات تغییر اقلیم در متغیرهای اقلیمی، محیط زیست و پیش بینی آن ها در آینده استفاده کرد.

منابع

۱. آقاییگی، نیر؛ اسمعلی عوری، اباز و گلشن، محمد (۱۳۹۸). اثرات تغییر اقلیم بر رواناب با مدل هیدرولوژیکی IHACRES در برخی از حوزه‌های آبخیز استان اردبیل. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، دوره ۲، شماره ۱۰، ص ۱۸۱-۱۹۲.
۲. اسفندیاری داراباد، فریبا (۱۳۸۵). بررسی سیستم‌های مورفوژنز مؤثر بر دامنه شرقی کوه سبلان. رساله دکترای ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، چاپ نشده.
۳. اعتمادی، هانا؛ شریفی کیا، محمد و صمدی، سیده زهرا (۱۳۹۴). شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی آینده در منطقه جاسک و تأثیر آن بر جنگل‌های حرا. مجله جغرافیا و توسعه، دوره ۱۳، شماره ۴۱، ص ۸۷-۱۰۴.
۴. ایرانی، مریم؛ مساح بوانی، علیرضا، بهلولی، اصغر و علیزاده کتک لاهیجانی، حمید (۱۳۹۶). بالا آمدن سطح آب خلیج فارس و دریای عمان تحت تأثیر تغییر اقلیم در دوره‌های آتی. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۹، شماره ۴، ص ۶۰۳-۶۱۴.
۵. حمزه، سعید؛ باقر پورطوله لات دلقندی، مهدی و کاردان مقدم، حمید (۱۳۹۷). ارزیابی ریسک تأثیرات تغییر اقلیم بر تراز آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان گتوند- عقیلی). مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۱، ص ۱۱۱-۱۲۲.
۶. رحیمی خوب، حدیثه؛ ستوده نیا، عباس، مساح بوانی، علیرضا و گوهری، علیرضا (۱۳۹۴). ارزیابی یکپارچه آثار تغییر اقلیم بر سامانه‌های منابع آب و کشاورزی دشت هشتگرد با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۶، شماره ۲، ص ۱۸۳-۱۹۳.
۷. دسترنج، علی و رستمی خلج، محمد (۱۳۹۹). ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم در دهه‌های آینده با استفاده از ریزمقیاس نمایی مدل‌های گردش عمومی جو (GCMs). مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، شماره ۱، ص ۲۵۲-۲۶۸.
۸. زارع‌زاده مهریزی، شهاب‌الدین؛ خورانی، اسداله، بذرافشان، جواد و بذرافشان، ام‌البنین (۱۳۹۷). ارزیابی تغییرات جریان آینده تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم بر حوضه آبریز رودخانه گاماسیاب. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۵، شماره ۳، ص ۷۷۷-۷۸۹.

۹. شریفی، محمد؛ طاهری نژاد، کاظم و زارع، فاطمه (۱۳۹۵). ارزیابی تغییرات اقلیمی بین زمان حال و پلیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی گذشته با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک. مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال پنجم، شماره ۱، ص ۱۱۰-۱۲۸.
۱۰. عباسی، فاطمه؛ بابائیان، ایمان، گلی مختاری، لیلا و ملبوسی، شراره (۱۳۸۹). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده با کمک مدل MAGICC-SCENGEN. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۲، ص ۹۱-۱۰۹.
۱۱. فلاح قالهری، غلامعباس؛ یوسفی، حسین، حسین زاده، احمد، علیمرادی، محمدرضا و ریحانی، الیاس (۱۳۹۸). ارزیابی تغییر اقلیم ایستگاه بجنورد طی دوره ۲۰۱۶ تا ۲۰۵۰ با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس LARS WG و SDSM. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۱، ص ۹۹-۱۰۹.
۱۲. قربانی زاده خرازی، حسین و چله مال دزفول نژاد، مژده (۱۳۹۳). ابداع روش طبقه بندی اقلیمی جدید بر مبنای هیدرومتئورولوژی. دو فصلنامه تخصصی مهندسی آب، دوره ۲، شماره ۲، ص ۹۷-۱۰۸.
۱۳. قربانی سپهر، آرش؛ امرایی، مهتاب، قالوجه، مریم و دانشور، پروین (۱۳۹۹). بررسی اثر تغییر اقلیم بر آلودگی هوای کلان‌شهرها. مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، شماره ۲، ص ۳۳۰-۳۵۱.
۱۴. کیانی، طیبه؛ رامشت، محمدحسین، ملکی، امجد و صفاکیش، فریده (۱۳۹۵). بررسی تغییر اقلیم حوضه گاوخونی در فاز پایانی کواترنر. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره ۲، ص ۲۱۳-۲۲۹.
۱۵. مدنی، فاطمه؛ مدنی، لیلا و جهانی، داریوش (۱۳۹۱). بررسی تغییر اقلیم استان اردبیل و اثرات آن بر خشک‌سالی. در مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت جامع منابع آب (ص ۷-۱). دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ساری، خرداد ۱۳۹۱، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
۱۶. ملکیان، آرش؛ میردشتوان، مهسا و قدیمی، مهنوش (۱۳۹۸). بررسی آثار تغییر اقلیم بر برخی ویژگی‌های هیدرولوژیک منابع آب استان اردبیل. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۶، شماره ۳، ص ۶۹۵-۷۰۵.
۱۷. محمدرلو، محمد؛ حقی زاده، علی، زینی وند، حسین و طهماسبی پور، ناصر (۱۳۹۳). ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر روند تغییرات رواناب حوضه آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو. مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۱، شماره ۱، ص ۲۵-۳۴.

۱۸. ملکی، سحر؛ عزیزی، قاسم، خرما، فرهاد، شهبازی، رضا، کهل، مارتین و اصلانی، عاتکه (۱۳۹۸). بازسازی تغییرات اقلیم کوآترنری پسین با استفاده از پذیرفتاری مغناطیسی لس های سعدآباد- گرگان. فصلنامه کوآترنری ایران، دوره ۵، شماره ۳، ص ۲۷۹-۳۰۰.

۱۹. نیکبخت شهبازی، علیرضا (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر بارندگی و دما در حوزه آبریز سد کارون ۳. مجله محیطزیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۲، ص ۱۳۳-۱۴۳.

20. Basheer, A. K., Lu, H., Omer, A., Ali, A. B., and Abdelgader, A. M. S., 2016. Impacts of climate change under CMIP5 RCP scenarios on the stream flow in the Dinder River and ecosystem habitats in Dinder National Park, Sudan, *Journal of Hydrology and Earth System Sciences*, 20 (4): 1331-1353.

21. Cicerone, R.J., and Nurse, P., 2011. *Climate Change Evidence and Causes, An overview from the Royal Society and the US National Academy of Sciences: 1-36.*

22. Gulf of Maine council on the Marine Environment., 2010. *Climate Change and Its Effects on Ecosystems, Habitats and Biota: 1-20.*

23. Howes, E. L., Birchenough, S., and Lincoln, S., 2018. *Effects of Climate Change Relevant to the Pacific Islands, Pacific Marine Climate Change Report Card: 1-19.*

24. Islam., N. S., and Winkel, J., 2017. *Climate Change and Social Inequality, DESA Working Paper, Department of Economic and Social Affairs, 152 (1): 1-30.*

25. Nwankwoala, H. N. L., 2015. *Causes of Climate and Environmental Changes: The need for Environmental-Friendly Education Policy in Nigeria, Journal of Education and Practice, 30 (6): 224-234.*

26. Nelson, E.J., Kareiva, P., Ruckelshaus, M., Arkema, K., Geller, G., Girvetz, E., Goodrich, D., Matzek, V., Pinsky, M., Reid, W., Saunders, M., Semmens, D., and Tallis, H., 2013. *Climate change's impact on key ecosystem services and the human well-being they support in the US, Journal of Ecological Society of America, 11 (9): 483-493.*

27. Singh, P. K., Papageorgiou, K., and Chudasama, H., 2019. *Evaluating the Effectiveness of Climate Change Adaptations in the World's Largest Mangrove Ecosystem, Journal of sustainability, 11 (23): 1-17.*

28. *United States Environmental Protection Agency., 2010. Climate Change and Ecosystems: 1-2.*