




Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

 <https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.86844.1396>

# **Spatial and Temporal Changes of Tourism Climate in Ardabil Province using Physiological Equivalent Temperature (PET) and its Prediction Using Multivariable Regression Equation<sup>1</sup>**

**Tohid Ahmadzadeh**

**PhD student in Climatology, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran**

**Parviz Rezaei<sup>2</sup>**

**Associate Professor of Climatology, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran**

**Youssef Zeinalabedin Amoghin**

**Associate Professor of Political Geography, Department of Geography, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran**

*Received: 13 February 2024    Revised: 16 March 2024    Accepted: 13 April 2024*

## **Abstract**

Climate is one of the environmental factors that plays a seminal role in human activities including tourism. In this research, the human-biometeorological climatic conditions of Ardabil province have been investigated using physiological equivalent temperature (PET) based on body-atmosphere energy balance and multivariate regression. The data was collected from the National Meteorological Organization for 8 synoptic stations over 30 years (1991 to 2020). The results suggest that out of 9 climate classes of PET index, only 5 classes of “very cold, cold, relatively cool, cool and comfortable” can be found in this region and 4 classes of “relatively hot, hot, hot and very hot” do not exist in this province. In this regard, it turned out that very cold conditions prevail over the entire province in 5 months of the cold season, i.e., January, February, March, November and December, and the spatial distribution of these conditions is fully homogenous. This is relatively heterogeneous in the summer and the climatic conditions of this area are more variable in the hot season of the year. In general, in June, July and August, ideal

---

1. The article is extracted from the doctoral thesis of the first author of the article at Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

2. Corresponding Author: Email: rezaei@iaurasht.ac.ir

conditions prevail in parts of this province. As such, the it was found that the major controlling factor of comfortable climatic conditions among longitude, latitude and altitude was altitude, so that there is a strong inverse relationship between altitude and PET index in 12 months of the year at a significant level of  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$ . The multivariate regression relationship of longitude, latitude and altitude with the PET indicate that Adj.R2 value of PET from January to December for the reference period is 0.713, 0.820, 0.783, 0.807, 0.807, 0.559, 0.841, 0.693, 0.745, 0.731, 0.824 and 0.662. The highest variations in the dependent variable were observed in the regression model. In this model, altitude has an inverse relationship with PET so that its value declines as altitude increases. This is true for two variables of latitude and longitude, but the effect of longitude is less substantial than that of latitude, both of which are eclipsed by altitude.

**Keywords:** Human bioclimatic, Physiological equivalent temperature (PET), Comfort, Multiple Regression, Ardabil Province





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

[doi:https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.86844.1396](https://doi.org/10.22067/jgrd.2024.86844.1396)

مقاله پژوهشی - مطالعه موردی

مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال بیست و دوم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، شماره پیاپی ۴۶

تغییرات مکانی و زمانی اقلیم گردشگری استان اردبیل با استفاده از دمای معادل  
فیزیولوژیک (PET) و پیش‌بینی آن با استفاده از معادله رگرسیون چندمتغیره<sup>۱</sup>

توحید احمدزاده ( دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت،  
ایران)

[tohidahmadzadeht@gmail.com](mailto:tohidahmadzadeht@gmail.com)

پرویز رضائی (دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، نویسنده مسئول)  
[rezaei@iaurasht.ac.ir](mailto:rezaei@iaurasht.ac.ir)

یوسف زین‌العابدین عموقین (دانشیار جغرافیای سیاسی، گروه جغرافیا، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت،  
ایران)

[y.zeinolabedin@gmail.com](mailto:y.zeinolabedin@gmail.com)

صص ۲۸۴ - ۲۵۳

## چکیده

آب و هوا یکی از عوامل محیطی است که نقش مهمی در فعالیت‌های انسانی از جمله گردشگری ایفا می‌کند؛ از این رو، در این پژوهش شرایط اقلیمی انسانی - زیست‌هواشناختی استان اردبیل با استفاده از دمای معادل فیزیولوژیک (PET) براساس بیلان انرژی بدن - جو و رگرسیون چندمتغیره بررسی شده است. داده‌های مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور برای ۸ ایستگاه هم‌دید به مدت ۳۰ سال (۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰) دریافت گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که از ۹ طبقه اقلیمی شاخص PET، فقط ۵ طبقه خیلی سرد، سرد، نسبتاً خنک، خنک و آسایش در این ناحیه وجود داشته و ۴ طبقه نسبتاً گرم، گرم، داغ و خیلی داغ در این استان وجود ندارد. در همین راستا مشخص شد که شرایط خیلی سرد بر کل مساحت

۱. مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول مقاله در دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت است.

این استان در ۵ ماه فصل سرد سال یعنی ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر حکمفرما بوده و توزیع مکانی این شرایط کاملا یکنواخت است. این مهم در فصل تابستان نسبتا ناهمگن بوده و تنوع شرایط اقلیمی این ناحیه در فصل گرم سال نیز بیشتر است. بطور کلی در ماه‌های ژوئن، ژولای و آگوست شرایط ایده‌آل در بخش‌هایی از این استان حاکم بوده است. در این راستا مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده شرایط اقلیم آسایش از بین طول، عرض و ارتفاع نیز ارتفاع تعیین شد بطوریکه بین ارتفاع و مقدار شاخص PET رابطه معکوس قوی در ۱۲ ماه سال برقرار بوده و در سطح معنی‌داری  $\alpha = 0.05$  و  $\alpha = 0.01$  به اثبات رسید. رابطه رگرسیونی چند متغیره بین طول، عرض و ارتفاع با مقدار PET بیانگر آن است که مقدار  $Adj.R^2$  دمای معادل فیزیولوژیک (PET) از ماه ژانویه تا دسامبر برای دوره مرجع برابر با ۰/۷۱۳، ۰/۸۲۰، ۰/۷۸۳، ۰/۸۰۷، ۰/۸۰۷، ۰/۵۵۹، ۰/۸۴۱، ۰/۶۹۳، ۰/۷۴۵، ۰/۷۳۱، ۰/۸۲۴ و ۰/۶۶۲ بوده و بیشتر تغییرات متغیر وابسته در مدل رگرسیونی دیده شده است. در این مدل متغیر ارتفاع با متغیر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) رابطه معکوس داشته و با افزایش ارتفاع از مقدار آن کاسته می‌شود. این مهم در مورد دو متغیر طول و عرض جغرافیایی هم صدق می‌کند اما تاثیر طول جغرافیایی کمتر از عرض جغرافیایی بوده و تاثیر هر دو آنها از متغیر ارتفاع نیز کمتر می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** بیوکلیماتیک انسانی، دمای معادل فیزیولوژیک (PET)، آسایش، رگرسیون چندگانه، استان اردبیل.

#### ۱. مقدمه

صنعت گردشگری امروزه در چهارچوب طرح‌های آمایشی ملی، منطقه‌ای، و محلی یکی از ابزارها و مؤلفه‌های مهم توسعه و محرومیت‌زدایی به شمار می‌رود. گردشگری که از مهم‌ترین عوامل عمران ناحیه‌ای است، فعالیتی است که موجب توسعه اقتصادی و اجتماعی در سطح منطقه و توزیع عادلانه درآمد شده و همچنین بالا رفتن سطح اشتغال را به همراه دارد. توسعه صنعت گردشگری در ایران ضمن ایجاد اشتغال برای گروه‌های مختلف، رونق صنایع دستی، توسعه حمل و نقل وابسته به گردشگری را به دنبال دارد و این امر منبع قابل توجهی برای کسب درآمدهای ارزی و عامل بازدارنده مهم در مقابل خروج ارز از کشور است. امروزه درآمد حاصل گردشگری به صورت یکی از بزرگ‌ترین منابع درآمد کشورهاست که در جهان از آن به‌عنوان «صادرات نامرئی» نام می‌برند. از طرف دیگر صنعت گردشگری به‌طور مستقیم متأثر از شرایط

جوی و اقلیمی است. با توجه به تفاوت زیاد افراد با یکدیگر، احساس آن‌ها از یک وضعیت جوی یا اقلیمی ممکن است متفاوت باشد؛ از این رو، نه می‌توان هیچ اقلیمی را کاملاً نامطلوب و نه برای همه نوع فعالیت افراد، کاملاً مطلوب دانست. به دنبال تلاش‌های صورت گرفته برای پهنه‌بندی اقلیمی مناطق مختلف دنیا، اقلیم‌شناسان به ارزیابی و تقسیم‌بندی اقلیم از نظر انسانی گرایش پیدا کرده‌اند که بیشتر یک زمینه بین رشته‌ای است و حاصل همکاری رشته‌های اقلیم‌شناسی کاربردی و زیست‌هواشناسی انسانی و دستاوردهای مدرن اقلیم‌زیستی است. بنابراین شرایط آب و هوایی برای بیشتر گردشگران، برای انتخاب مقصد بسیار مهم بوده و در واقع اقلیم، بخش مهمی از ظرفیت گردشگری یک منطقه را به خود اختصاص می‌دهد.

نظر به اینکه ایران جزو ۱۰ کشور تاریخی جهان به شمار می‌رود، می‌تواند سالانه میلیون‌ها جهانگرد و گردشگر را جذب کند ولی از نظر میزان پذیرش گردشگر خارجی، جزو ۷۰ کشور جهان به شمار می‌رود. کشور ما می‌تواند با گسترش و توسعه امکانات و تسهیلات و برنامه‌ریزی مناسب جهت توریسم، به کسب درآمد هنگفتی برسد. به همین دلیل است که دولت به منظور ارائه الگوهای صحیح و همچنین کسب درآمد ارزی و شناسایی و ترویج فرهنگ اسلامی و ملی و همچنین معرفی جاذبه‌های طبیعی و فرهنگی کشورمان، چند سالی است که به ایجاد امکانات و آمایش جاذبه‌های جهانگردی توجه می‌کند، از این رو، یکی از مسائلی که باید مد نظر باشد، مبحث اقلیم‌آسایش و در نتیجه یک برنامه‌ریزی مناسب برای اقلیم گردشگری در راستای توسعه گردشگری است.

از آنجاکه بخش اعظمی از گردشگری مدرن بر مبنای استفاده از ویژگی‌های طبیعی - فیزیکی استوار است، توسعه مکان‌های گردشگری متکی به یک منبع نبوده، بلکه مستلزم طیف گسترده‌ای از منابع و به ویژه منابع طبیعی است (تولایی، ۱۳۹۳)؛ به طوری که در بسیاری از کشورها، آب و هوا و اقلیم یک سرمایه با ارزش برای گردشگری به شمار می‌روند (اگنیو و پالوتیکاف، ۲۰۰۱). اطلاع از آسایش اقلیمی آن روزهایی که گردشگران به دیدن اماکن می‌روند، برای برنامه‌ریزان بسیار ارزشمند است و برنامه‌ریزان به اطلاعات اقلیمی قبل، بعد و در زمان بازدید اماکن نیاز دارند. بنابراین تعیین شاخصی برای آسایش هرچه بیشتر گردشگری اهمیت بسیاری دارد

(فريتاس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸). وضعیت آب و هوایی یک منطقه از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر برای جذب گردشگر و یا برعکس تضعیف آن است. یکی از اطلاعات مورد نیاز گردشگران برای سفر، شرایط اقلیمی مقصد است و بیشتر گردشگران برای انتخاب مقصد گردشگری، به ملاحظات اقلیمی توجه می‌کنند. اقلیم از دیدگاه برنامه‌ریزی گردشگری بسیار اهمیت دارد و گردشگران معمولاً در جستجوی اقلیم مطلوب یا اقلیم آسایش هستند که در آن، فرد هیچ گونه احساس نارضایتی و عدم آسایش حرارتی و اقلیمی ندارد و این عامل نقش مهمی در تصمیم‌گیری برای مقصد گردشگری دارد. به این منظور، برای بررسی هرچه بهتر تأثیر اقلیم بر گردشگری، مدل‌های گوناگونی تاکنون ارائه شده است که از بین آن‌ها می‌توان از شاخص‌های مرتبط با فیزیولوژی انسانی که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده‌اند، بهره جست که امروزه اعتبار بیشتری در مطالعات زیست اقلیم انسانی و همچنین آب و هواشناسی گردشگری دارد (ماتزاراکیس<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). یکی از مدل‌های کارآمد درباره اقلیم - آسایش نیز دمای معادل فیزیولوژیک<sup>۳</sup> (PET) است. شاخص PET این مزیت را در مقایسه با سایر مدل‌های اقلیم گردشگری داراست که نه تنها دمای محیط را در داخل بافت ساختمان در نظر می‌گیرد بلکه دمای محیط را در خارج از ساختمان برای آسایش گردشگران لحاظ می‌کند.

## ۲. پیشنهاد تحقیق

در راستای اقلیم - آسایش مطالعات گسترده‌ای در داخل و خارج کشور انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) از بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. شاخص PET دمایی است که طی آن در یک محیط مرجع توازن حرارتی بین دمای پوست و دمای مرکزی بدن با محیط بیرون در تعادل باشد. محیط مرجع محیطی است که فشار بخار آب ۱۲ هکتوپاسکال (۵۰ درصد رطوبت نسبی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، سرعت باد ۰/۱ متر بر ثانیه، سوخت و ساز فعالیت ۸۰ وات، مقاومت حرارتی لباس ۰/۹ کلو (CLO) و دمای تابشی متوسط با دمای هوا برابر باشد. تأثیر رطوبت بر PET به شار گرمای نهان

1. Freitas

2. Matzarakis

3. Physiological Equivalent Temperature

از طریق تنفس و انتشار از پوست محدود شده است (هوپی<sup>۱</sup>، ۱۹۸۴، ۱۹۹۹). نتایج بررسی شرایط زیست اقلیم حرارتی شهرهای کامپیناس، سائو پائولو و سانتوس برزیل با شاخص PET نشان داد که نه تنها تابش خورشید و سرعت باد در آسایش حرارتی تأثیر دارد، بلکه استرس گرما نیز باید در شرایط مختلف اقلیمی مد نظر باشد. علاوه بر این، می‌توان با مدیریت جنگل و فضای سبز، در راه‌های عابر پیاده و همچنین با استفاده از نماها، سایه بیشتری داشت و زیست اقلیم حرارتی در هر دو شهر را کنترل کرد؛ همچنین، باد می‌تواند آسایش حرارتی در داخل و خارج از ساختمان را بهبود بخشد. بهبود آسایش حرارتی در فضای باز با طراحی شهری مناسب یک گام مهم برای رسیدن به پایداری در فضاهای شهری است (آبروهاریچ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). مناطق آسایش حرارتی برای برنامه‌ریزی تفریحی در فضای باز اربیل (عراق) بیانگر آن است که کمترین میزان PET در حدود ۷/۲ درجه سانتی‌گراد در ماه ژانویه و بالاترین مقدار PET در حدود ۵۶/۴ درجه سانتی‌گراد در ماه جولای بوده است. همچنین دو ماه مارس و نوامبر نیز بهترین ماه‌های آسایش در طول سال هستند و ماه‌های سپتامبر، ژانویه و فوریه به‌عنوان سردترین ماه‌های سال و ماه‌های می تا سپتامبر به‌عنوان گرم‌ترین ماه‌های سال (به‌ویژه در ماه جولای) شناسایی شدند (حمد و اوغوز<sup>۳</sup>، ۲۰۲۰). ویژگی‌های شاخص آسایش حرارتی در فضای باز<sup>۴</sup> (OCTI) به روش دمای معادل فیزیولوژیک در سایت گردشگری منده<sup>۵</sup> نشان می‌دهد که ویژگی‌های OCTI سالانه در این منطقه تحت تسلط طبقه کمی گرم (۹۸٪) و آسایش (۲٪) است. همچنین در طی سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۵، تغییر در PET رخ داده و روند در طبقه کمی گرم از نوع افزایشی و در طبقه آسایش از نوع کاهش‌ی بوده است (وبلیس<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). استفاده از دمای معادل فیزیولوژیک (PET) برای تعیین اثرهای رخدادهای شدید گرمایی در آنکارا در تابستان ۲۰۲۰ بیانگر آن است که مقدار این شاخص بالای ۲۷ درجه سانتی‌گراد بوده و همچنین در یک روز بسیار گرم، مقدار آن بین ۲۹ تا ۳۲/۹ درجه سانتی‌گراد در طی ۲۴ ساعت تغییر می‌کند

1. Hoppe
2. Abreu-Harbich
3. Hamad & Oguz
4. Outdoor Thermal Comfort Index
5. Mandeh
6. Willis

(نوری و همکاران، ۲۰۲۲). تحلیل شاخص آسایش حرارتی منطقه گردشگری ساحلی شهر پادانگ<sup>۱</sup> با استفاده از روش دمای معادل فیزیولوژیک (PET) نشان داد که احساس حرارتی شاخص PET برای منطقه ساحلی شهر پادانگ در طول سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ در طبقه «گرم» برای فعالیت‌های گردشگری گنجانده شده است. به همین ترتیب، اندازه‌گیری‌های مستقیم طبقه «بسیار داغ» را با مقدار PET برابر با ۴۰/۳ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. با این حال، مصاحبه با بازدیدکنندگان نشان داد که شرایط کلی آسایش «خستگی» بوده (۶۲٪)، و این به دلیل شرایط محیطی است که آسایش را برای بازدیدکنندگان فراهم می‌کند (سوهادا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در فضای باز پیست اسکی بزرگ صربستان در ۳۰ سال گذشته وجود تنش سرمای غالب در تمام طول سال را با روش PET تایید می‌کند. همچنین روزهایی با تنش گرمایی متوسط، شدید و خیلی شدید ثبت نشده و تنش سرمای خیلی شدید و شدید در فصل زمستان و تنش سرمای خفیف و متوسط در تابستان بر این منطقه تسلط داشته است. فصول انتقالی بسیار سرد بوده، اما پاییز در مقایسه با بهار از آسایش بیشتری برخوردار است. همچنین با گرم شدن کره زمین، تعداد روزهای با گرمای مناسب سالانه افزایش و از تعداد روزهای با تنش سرمایی خیلی شدید و شدید کاسته می‌شود. تداوم این روند می‌تواند به طور قابل توجهی بر گردشگری در آینده تأثیر بگذارد و از این رو برای سازگاری با تغییر اقلیم نیاز به استراتژی‌های جدیدی در پیست‌های اسکی خواهد بود (مالینوویچ-میلیسویچ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین بررسی رابطه بین برنامه‌ریزی گردشگری و آسایش زیست اقلیم مناطق روستایی کوفچاز<sup>۴</sup>، کرکلارلی<sup>۵</sup> به روش PET در ترکیه بیانگر تغییرات زمانی و مکانی شرایط آسایش زیست اقلیمی در آن‌ها است. به طوری که ماه‌های می، ژوئن و سپتامبر در طبقه آسایش قرار گرفته و از مناسب‌ترین ماه‌ها برای فعالیت‌های گردشگری بوده و ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه در طبقه تنش سرمایی شدید واقع بوده و برای گردشگری نامناسب هستند (آتس<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۳).

1. Padang
2. Suhada
3. Malinovic-Milicevic
4. Kofçaz
5. Kirklareli
6. Ates



در پژوهشی با عنوان «کمی‌سازی اقلیم گردشگری شمال غرب ایران» به روش دمای معادل فیزیولوژیک مشخص شد که در ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست ساحل دریاچه ارومیه در طبقه آسایش قرار داشته و از مناسب‌ترین ماه‌ها برای فعالیت‌های گردشگری هستند (فرج‌زاده و ماتزاراکیس، ۲۰۰۹). این دو پژوهشگر با ارزیابی شرایط آسایش حرارتی دریاچه ارومیه به روش PET نشان دادند که مناسب‌ترین دوره برای گردشگری، ورزش و تفریح در این دریاچه بین خرداد تا شهریور است. تنش سرما (PET کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد) از انتهای اکتبر تا آغاز آوریل با بیشترین درصد فراوانی (در حدود ۹۶٪) اتفاق می‌افتد. همین‌طور تنش گرمایی (PET بیشتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد) از ژوئن تا اوایل اکتبر مشاهده می‌شود. از این‌رو، ماه‌های ژوئن، آگوست، سپتامبر و ژولای مناسب‌ترین دوره سال برای فعالیت‌های گردشگری در این منطقه به شمار می‌روند (فرج‌زاده و ماتزاراکیس، ۲۰۱۲). به منظور تعیین برنامه مناسب گردشگری در گرگان با روش PET مشخص شد که دوره آسایش اقلیمی گرگان ۵۲ روز بوده و دو دوره، اول تا ۲۵ مارس و ۲۷ اکتبر تا ۱۵ نوامبر را شامل می‌شود. همچنین ماه دسامبر و ژانویه همراه با روزهای تنش سرمایی کم، ۲۵ مارس تا پایان ماه و از ابتدای اکتبر تا ۱۶ ژانویه با تنش گرمایی کم برای فعالیت‌های گردشگری قابل برنامه‌ریزی هستند. ماه ژوئن و جولای با تنش گرمایی بالا، آگوست با تنش گرمایی متوسط، روزهای آخر نوامبر و برخی از روزهای فوریه با تنش سرمایی متوسط از جمله محدودیت‌های زمانی برای فعالیت‌های گردشگری این ناحیه به شمار می‌روند (اسماعیلی و همکاران، ۲۰۱۵). شرایط زیست اقلیمی حرارتی برای گردشگران غرب و شمال غرب ایران با استفاده از دمای معادل فیزیولوژیک نشان می‌دهد که ماه‌های اسفند و آذر در غرب کرمانشاه، ماه‌های فروردین، اردیبهشت و مهر در کرمانشاه و کردستان و خرداد و شهریور در مناطق شمالی منطقه مانند آذربایجان و همدان در طبقه آسایش قرار گرفته‌اند که مناسب‌ترین ماه‌ها برای گردشگری و فعالیت‌های گردشگری به شمار می‌روند (حنفی و آتشگاهی، ۲۰۱۷). آسایش‌سنجی اقلیم - گردشگری با استفاده از شاخص PET در استان گیلان نشان می‌دهد که ۶ ماهه اول سال (فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور) برای ورود گردشگر مناسب است. همچنین ماسوله با توجه به دارا بودن ۴ ماه بدون تنش (خرداد، تیر، مرداد و شهریور)، در

مقایسه با بقیه نقاط استان برای ورود گردشگر برتری دارد (داوودی و همکاران، ۱۳۹۹). در همین راستا، تحلیل مکانی شاخص PET در شرق استان گیلان حاکی از آن است که این شاخص در نواحی کوهستانی دارای کمترین مقدار و در نواحی جلگه‌ای دارای بیشترین مقدار است. همچنین تغییرات مکانی در شرایط مطلوب گردشگری از جلگه به کوهستان در فصل گرم و برعکس در فصول انتقالی اتفاق می‌افتد (خوشدل و همکاران، ۱۳۹۹). ارزیابی شرایط اقلیم گردشگری در سه ایستگاه نوشهر، رامسر و رشت به روش PET نشان می‌دهد که بهترین شرایط اقلیمی برای گذراندن اوقات فراغت و فعالیت‌های گردشگری در این منطقه در دو دوره مجزا یعنی اواسط بهار (اردیبهشت و خرداد) و آغاز فصل پاییز (مهر) است. همچنین تداوم تنش گرمایی متوسط از تیر تا مرداد و تنش سرما در دوره‌های مختلف از آبان تا پایان فصل زمستان عاملی برای محدودیت‌های گردشگری در این ماه‌ها است. ماه‌های دیگر در شرایط حرارتی کمی گرم و کمی خنک نیز شرایط آب و هوایی نسبتاً خوبی از نظر دما و رطوبت دارند (کاکوان و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی تقویم اقلیم گردشگری شهرستان پل دختر به روش PET حاکی از آن است که شرایط مطلوب اقلیم گردشگری در مقیاس روزانه تنها در ماه آوریل و اکتبر فراهم می‌شود و انسان در این دو ماه نیاز به هیچ اقدامی برای تغییر شرایط دمای محیط ندارد و از وضعیت دمایی محیط، احساس رضایتمندی دارد. همچنین در ماه‌های نوامبر و مارس نیز با وجود تنش‌های گرمایی و سرمایی بسیار اندک، شرایط کم و بیش مطلوبی برای گردشگری ایجاد می‌شود. در مقیاس بلندمدت، تنش سرمایی بسیار شدید با کمترین فراوانی روزانه در هیچ کدام از ماه‌ها مشاهده نشد. در صورتی که تنش گرمایی بسیار شدید، متناظر با شاخص PET بیش از ۴۱ درجه سلسیوس از ژوئن تا سپتامبر رخ می‌دهد و شرایط غیرقابل تحملی در اقلیم گردشگری پلدختر پدید می‌آید (میرهاشمی و همکاران، ۱۴۰۰). در بندر چابهار وضعیت اقلیمی و شرایط حرارتی در بیشتر ماه‌های سال خارج از محدوده آسایش قرار دارد و بیشتر تنش‌های گرمایی، محدودیت‌هایی برای فعالیت‌های گردشگری ایجاد می‌کند. براساس خروجی شاخص PET، بهترین زمان گردشگری در منطقه مورد مطالعه، اواسط پاییز و اواخر زمستان و در سه ماه دسامبر (آذر تا دی) و به‌ویژه نوامبر (آبان تا آذر) و مارس (اسفند تا فروردین) است (رضایی و همکاران، ۱۴۰۱).

در پژوهش حاضر اقلیم گردشگری استان اردبیل به روش شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) بررسی شده است؛ زیرا اقلیم با اثرات مستقیم خود، نه تنها باعث تنوع زیستی می‌شود، بلکه با اثرات اجتماعی مرتبط بوده و رشد اقتصادی و ثبات سیاسی کشورها را تضمین می‌کند. در نتیجه به علت رابطه مستقیم اقلیم گردشگری با شرایط اقلیمی هر مکان، اطلاع از شرایط اقلیم آن مکان می‌تواند متضمن زمان گردشگری پذیرای آن باشد و به مدیران اجرایی و دست‌اندرکاران مرتبط با این بخش، برای تدوین برنامه‌های اصولی در راستای درآمد اقتصادی از پتانسیل‌های گردشگری استان کمک بگیرد.

### ۳. روش‌شناسی تحقیق

به منظور بررسی شرایط اقلیم گردشگری استان اردبیل از دمای معادل فیزیولوژیک استفاده شد. دمای معادل فیزیولوژیک از مدل بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است (هوپی، ۱۹۸۴، ۱۹۹۹). شاخص PET دمایی است که طی آن در یک محیط مرجع توازن حرارتی بین دمای پوست و دمای مرکزی بدن با محیط بیرون در تعادل باشد. محیط مرجع محیطی است که فشار بخار آب ۱۲ هکتوپاسکال (۵۰ درصد رطوبت نسبی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد)، سرعت باد ۰/۱ متر بر ثانیه، سوخت و ساز فعالیت ۸۰ وات، مقاومت حرارتی لباس ۰/۹ کلو (CLO) و دمای تابشی متوسط با دمای هوا برابر باشد. تأثیر رطوبت بر PET به شار گرمای نهان از طریق تنفس و انتشار از پوست محدود شده است (ماتزاراکیس<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۹). مزیت مهم شاخص PET واحد درجه‌بندی آن است که برحسب درجه سانتی‌گراد است. در نتیجه فهم آن برای گردشگران، برنامه‌ریزان و سرمایه‌گذاران گردشگری آسان بوده و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص آسایش حرارتی کاربردی به شمار رود (لین<sup>۲</sup> و ماتزاراکیس، ۲۰۰۸). داده‌های هواشناسی مورد نیاز این شاخص، دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و جریان‌های تابش امواج کوتاه و بلند بوده و برای محاسبه آن از نرم‌افزار RayMan استفاده می‌شود (ماتزاراکیس و همکاران، ۲۰۱۷). در جدول ۱ وضعیت آسایش انسان براساس شاخص PET ارائه شده است.

1. Matzarakis

2. Lin

## جدول ۱. آستانه‌های تعیین‌کننده در شاخص PET و شرایط آسایش

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

PET	<4	4-8	8-13	13-18	18-23	23-29	29-35	35-41	> 41
درجه آسایش	خیلی سرد	سرد	خنک	نسبتاً خنک	آسایش	نسبتاً گرم	گرم	داغ	خیلی داغ

برای محاسبه PET از مدل بیلان انرژی برای افراد یا همان MEMI استفاده می‌شود که از طریق روابط ریاضی ۱ تا ۱۲ به دست می‌آید. در معادلات زیر  $M$  نرخ سوخت و ساز (وات بر متر مربع)،  $\eta$  کارایی مکانیکی،  $f_{cl} * f_{cfl}$  نسبت مساحت شخص پوشیده به مساحت بدون پوشش،  $T_a$  دمای هوا به درجه سانتی‌گراد،  $T_{cl}$  دمای سطح لباس به درجه سانتی‌گراد،  $P_{vr}$  فشار بخار اشباع در دمای پوست،  $C_p, C_b, C_f$  گرمای ویژه هوا، غذا و خون به ترتیب،  $m_f$  معادل غذا در واحد وات،  $\epsilon$  قابلیت انتشار پوست،  $I_{cl}$  مقاومت لباس در برابر انتقال حرارت،  $S$  حرارت خالص ذخیره‌شده در هسته،  $A_{sk}$  سطح پوست بر حسب متر مربع،  $T_{sk}$  دمای پوست،  $T_r$  دمای تابش متوسط به درجه سانتی‌گراد،  $P_a$  فشار بخار جزئی به پاسکال،  $hc$  ضریب انتقال حرارت همرفتی  $r_{tm}$  جرم هوای تعریقی در هر ثانیه،  $\delta$  ضریب ثابت استفان بولتزمن،  $r$  حرارت نهانی تبخیر و  $C_b$  حرارت ویژه خون است.

$$Q_b = (6/3 + 75 (T_c - 36 / 6)) / (1 + 0/5 (34 - t_{sk})) \quad (1)$$

$$S_w = 8/4710^{-5} ((1t_{sk} + 0/9t_c) - 35/6) \text{ kg/sm}^2 \quad (2)$$

$$H = M (1 - \eta) \quad (3)$$

$$C = A_{sk} f_{cl} (T_a - T_{sk}) \quad (4)$$

$$R = A_{sk} f_{cl} f_{cfl} \epsilon \delta (T_r^4 - T_{sk}^4) \quad (5)$$

$$E_D = m r (P_a - P_{vsk}) \quad (6)$$

$$E_{sr} = r_{tm} C_p (T_a - T_r) \quad (7)$$

$$E_{lr} = r_{tm} r (P_a - P_{vr}) / P_a \quad (8)$$

$$E_{sr} = S_w r \quad (9)$$

$$E_{sw} = A_{sk} r hc 0/622 / P_a (P_a - P_{vsk}) \quad (10)$$

$$E_f = m f c_f (T_f - T_c) \quad (11)$$

$$Q_b = \rho_b C_b (T_{sk} - T_c) = (T_{sk} - T_{cl})/I_{cl} \quad (12)$$

برای محاسبه شاخص‌های حرارتی، تهیه داده‌های هواشناسی مثل دمای هوا، رطوبت هوا و سرعت باد به سادگی امکان پذیر است، ولی بعضی از داده‌ها مثل محاسبه متوسط دمای تابشی محیط ( $T_{mrt}$ ) که یکی از مهم‌ترین پارامترهای ورودی هواشناسی در محاسبه بیلان انرژی بدن انسان در شرایط گرم تابستان است به سادگی در دسترس نیست. با توجه به اینکه دمای متوسط تابشی بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های مهم دما - فیزیولوژیک مثل  $PMV$  و  $PET$  دارد، نحوه محاسبه آن توضیح داده می‌شود. برای محاسبه  $T_{mrt}$ ، خصوصیات مربوط به ابعاد سطوح تابشی و عامل منظر آسمان از یک سو و شرایط بدن انسان (نحوه نشستن و یا ایستادن) از دیگر سو باید معلوم شود. اطراف انسان به صورت  $n$  سطح حرارتی با درجه حرارت‌های  $(T_i = 1, n)$  و ضرایب انتشار  $\varepsilon_i$  و زاویه برخورد اشعه  $F_i$ ، نیز باید معلوم شود.

$$E_i = \varepsilon_i \delta T_{si}^4 \quad (13)$$

در معادله بالا،  $\delta$  = ضریب ثابت استفان بولتزمن برابر با  $5.67 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2/\text{k}^4$ ،  $T_{si}$  = دمای سطح  $i$ ام. تابش طول موج کوتاه پخش شده ( $D_i$ ) نیز از هر سطحی در محیط اطراف منتشر می‌شود و بدین ترتیب از معادله زیر می‌توان برای محاسبه  $T_{mrt}$  استفاده کرد.

$$T_{mrt} = \left[ 1.6 \sum (E_i + a_k - D_i/\varepsilon_p) F_i \right]^{0.25} \quad (14)$$

در این معادله،  $\varepsilon_p$  = ضریب انتشار بدن انسان (مقدار استاندارد برابر ۰/۹۷ است).

$D_i$  = مجموع تابش خورشیدی پخش شده و تابش جهانی انعکاسی

$a_k$  = ضریب جذب امواج کوتاه بازتابیده سطح بدن انسان (استاندارد برابر با ۰/۷). اگر

تابش مستقیم نیز وجود داشته باشد معادله به صورت زیر در می‌آید.

$$T_{mrt} = \left[ T_{mrt}^4 + f_p a_k I / (\varepsilon_p \delta) \right]^{0.25} \quad (15)$$

$I^*$  = شدت تابش خورشید در یک سطح عمود بر جهت تابش دریافتی و  $f_p$  نیز تابعی از

جهت تابش دریافتی و وضع بدن انسان است. در کاربردهای عملی زیست اقلیم‌شناسی به طور

معمول تعیین این عامل برای شخصی که در حال گردش و قدم زدن است، کافی است. دامنه

$f_p$  از ۰/۳۰۸ برای زاویه صفر تا ۰/۰۸۲ برای ۹۰ درجه ارتفاع خورشیدی تغییر می‌کند. مشکل

اساسی درباره تعیین عامل زاویه  $F_i$  است. در صورت وجود سطوح بزرگ‌تر و بدون حضور موانع افقی، تعیین کمیت  $F_i$  آسان‌تر است و در این صورت زاویه برخورد را می‌توان  $0/5$  در نظر گرفت. روش‌های متفاوتی برای برآورد شارهای تابشی پیشنهاد شده است. برآورد شارهای تابشی براساس پارامترهای هواشناسی مثل دمای هوا، رطوبت هوا، میزان ابرناکی آسمان، شفافیت هوا و روز و سال نیز از طرف محققان پیشنهاد شده است. بدیهی است ضریب انعکاس محیط اطراف، زاویه انعکاس تابش، همچنین خصوصیات ژئومتری ساختمان، پوشش گیاهی و غیره نیز نباید از نظر دور بماند. برای محاسبه رگرسیون چندمتغیره مقدار دمای فیزیولوژیک (متغیر وابسته) و ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی (متغیرهای مستقل) از رابطه زیر استفاده شد.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (16)$$

که در این رابطه،  $\beta_0$  برابر با ثابت معادله،  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  برابر با ضریب متغیر  $x_1, x_2, \dots, x_n$  و  $\varepsilon$  نیز خطای مدل هستند. ضرایب این رابطه با استفاده از قاعده کرامر قابل محاسبه است (بالان و همکاران، ۱۹۹۹). این مدل در فرم ماتریسی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (17)$$

که در آن  $\beta$  بردار ضرایب رگرسیون،  $\varepsilon$  ماتریس خطای برازش،  $Y$  نیز بردار نظیر متغیر وابسته و  $X$  نیز ماتریس متغیرهای مستقل است. ماتریس فوق به صورت زیر قابل تنظیم است.

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

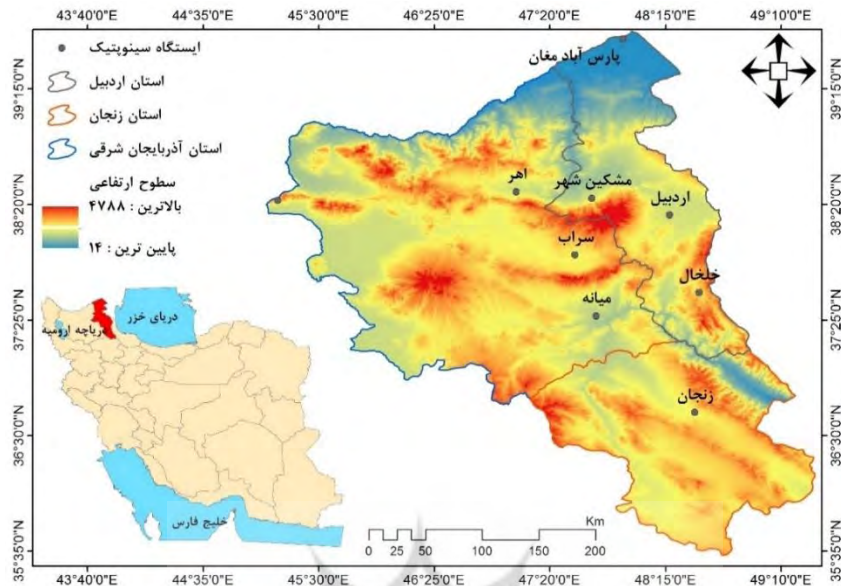
با حل رابطه بالا براساس  $\beta$  خواهیم داشت:

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}(X'Y) \quad (19)$$

که در آن  $X'$  ترانهاده ماتریس  $X$  است. برای محاسبه معکوس ماتریس  $(X'X)$ ، لازم است دترمینان عبارت بالا صفر نشود (خداشناس و همکاران، ۱۳۸۷؛ نوری و همکاران، ۱۳۸۷).

#### منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل یکی از استان‌های ایران به مرکزیت شهر اردبیل است که در منطقه آذربایجان قرار دارد. مساحت این استان ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع است. این استان از شمال به جمهوری آذربایجان، از سمت غرب به استان آذربایجان شرقی، از سمت شرق به استان گیلان و از سمت جنوب به استان زنجان محدود شده است. استان اردبیل، طبق آخرین تقسیمات کشوری، از ۱۲ شهرستان، ۲۹ بخش، ۲۶ شهر و ۶۶ دهستان تشکیل شده است. چهره عمومی شهرستان اردبیل متأثر از ارتفاعات کوهستان‌های سبلان، طالش و بزغوش است که این عوامل طبیعی سبب محصور شدن آن شده‌اند. بیشتر زمین‌های این بخش از استان ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارند. شمال غربی آن بین ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر بلندی دارد و رشته‌کوه سبلان با ۴۸۱۱ متر ارتفاع، در این قسمت واقع است. وجود کوهستان سبلان در غرب این شهرستان، در اعتدال هوای آن نقش عمده‌ای دارد و آب‌های جاری شده از این کوهستان سبب آبدی منطقه شده است. آثار فرعی آتشفشان سبلان به صورت چشمه‌های معدنی آب گرم سرعین و سردابه ظاهر شده است که سبب جذب انبوه مسافران می‌شود و یکی از زیباترین مناطق جهانگردی استان است. در این پژوهش برای تعیین شرایط اقلیم گردشگری استان اردبیل، از روش شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) استفاده شده است. بدین منظور از داده‌های ماهانه مربوط به ۸ ایستگاه همدید واقع در محدوده استان و استان‌های مجاور به مدت ۳۰ سال (۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰) استفاده شد که موقعیت جغرافیایی آن در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در استان اردبیل و استان‌های

مجاور

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۲

#### ۴. مبانی نظری تحقیق

امروزه اقلیم به‌عنوان یک جاذبه طبیعی در انتخاب مقصد گردشگری مطرح است و تأثیرات کلیدی بر اقتصاد یک منطقه در ارتباط با کاهش و یا افزایش میزان تقاضای گردشگری دارد (فریتاس، ۲۰۰۳). آب و هوا به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم رونق‌دهنده یا برعکس، ضعیف‌کننده گردشگری یک منطقه بوده که این خود می‌تواند تقاضای گردشگری را تحت تأثیر قرار دهد. بسیاری از کشورهای جهان با وجود دارا بودن جمعیت زیاد و شهرسازی‌های مدرن، به‌دلیل نبود وضعیت جوی مناسب، درآمدهای گردشگری قابل توجه ندارند. همچنین در بسیاری از مناطق دنیا، تغییرات جوی و تغییرات اقلیمی به‌وجودآمده نشان‌دهنده تغییرات قابل توجه در میزان گردشگران مناطق مورد نظر شده و روند اقتصادی بسیاری از آن‌ها را با تحولات وسیعی روبه‌رو کرده است. تقاضای گردشگری یک منطقه به‌طور عمده متأثر از متغیرهای اقتصادی منطقه، وضعیت آب و هوایی آن و همچنین جاذبه‌های گردشگری موجود در آن است. اما بهترین نوع مطالعات، آن دسته مطالعاتی است که همه جنبه‌های اقلیمی مؤثر بر آسایش گردشگران را مد



نظر قرار داده است (مادیسون<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). مطالعات اخیر روشن کرده است که تعداد گردشگران در یک مکان بر اساس دو متغیر وضعیت شرایط جوی و اقلیم از یک طرف، و اطلاعات ارائه شده از این دو متغیر از طرف دیگر قابل تفسیر است. اقلیم در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و شرایط جوی در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت توریستی یک مکان نقش کلیدی ایفا می‌کنند. بنابراین نهادها و سازمان‌های توریستی به دلایل ذیل ملزم هستند مطابق شرایط جوی و اقلیم یک مکان، برای بهبود فعالیت‌های صنعت گردشگری برنامه‌ریزی کنند:

- اقلیم در یک فضایی شکل می‌گیرد که فعالیت‌های گردشگری در آن فضا انجام می‌شود. به‌عنوان مثال توریسم تابستانی تابع خورشید، دریا و ماسه بوده و در توریسم زمستانی برف یک عامل مهم اقلیمی، نقش تعیین‌کننده‌ای در فعالیت‌های توریستی دارد.
- اصلی‌ترین عامل موسمی شدن فعالیت‌های توریستی، اقلیم است و هر نوع فعالیتی نیازمند اقلیم مخصوص به خود است. بر این اساس توریسم آفتابی - ساحلی، توریسم سلامتی، ورزش‌های آبی و ... کاملاً با اقلیم یک مکان در ارتباط است و نقش کلیدی در انتخاب مقصد گردشگران ایفا می‌کند.
- در برنامه‌ریزی‌های توریستی باید شرایط فرین‌های جوی و اقلیمی یک مکان بررسی شده و به مخاطرات احتمالی این شرایط و ضرر و زیان‌های برآمده از آن به گردشگران و زیرساخت‌های گردشگری توجه ویژه‌ای شود.
- شرایط جوی و اقلیم تأثیر قابل توجهی بر زیرساخت‌های گردشگری مانند ساختمان‌های اقامتی، ابنیه تاریخی و فرهنگی، دستگاه‌های حمل و نقل (جاده، ماشین‌ها، فرودگاه‌ها و ...) دارد. بنابراین در ساخت، تعمیر و مرمت این زیرساخت‌ها باید به ویژگی‌های هواشناسی و اقلیم‌شناختی توجه کافی شود.
- شرایط جوی و اقلیم اساسی‌ترین عامل رضایت‌مندی گردشگران در منطقه است. در تحقیقی ۸۹ درصد گردشگران داخلی و ۹۳ درصد گردشگران خارجی رضایت خود از فعالیت‌های توریستی را وابسته به این دو عامل دانسته‌اند.

#### ۴-۱. آسایش حرارتی و اقلیم

آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت‌بخش باشد. تعریف آسایش حرارتی تعریف ساده‌ای نیست، چراکه عوامل محیطی و اختصاصی فراوانی در به وجود آمدن آن دخالت دارند. مطابق استاندارد اشری آسایش حرارتی هر شخص، شرایط ذهنی است که میزان رضایتمندی او از محیط دمایی را بیان می‌کند (حیدری، ۱۳۸۸).

از آنجایی که تفاوت‌هایی گوناگونی میان افراد درباره رضایت روانشناسی و فیزیولوژیکی وجود دارد، پیدا کردن دمای ایده‌آل برای هر فرد در یک فضای مشخص، کار سختی است. داده‌های آزمایشگاهی و میدانی برای شرایط تعریف‌شده برای آسایش درصد خاصی از ساکنان، جمع‌آوری شده‌اند. عواملی را که به‌طور مستقیم بر آسایش حرارتی تأثیر می‌گذارند، می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

- عوامل شخصی شامل سن، جنس، میزان متابولیک، نوع کار و فعالیت و مقاومت حرارتی لباس است. به اعتقاد فانگر موقعیت جغرافیایی، سن و جنس، دخالت مؤثری بر آسایش حرارتی افراد ندارند. مشابه این یافته توسط کولین در سال ۱۹۷۹، چانگ و تونگ ۱۹۹۰، یانگ ۱۹۹۱، کاریونو ۱۹۹۶ و یانگ وی ۲۰۱۴ به دست آمده است. لباس مانند یک عایق عمل می‌کند. در هوای سرد با پوشیدن لباس می‌توانیم احساس راحتی داشته باشیم و از حرارت تولیدشده بدن استفاده کنیم. برای پیش‌بینی آسایش حرارتی باید از عادت‌های پوششی منطقه مورد نظر اطلاع داشت. برای هر واحد لباس، واحدی به نام کلو clo وجود دارد که نشان دهنده میزان عایق بودن آن است.
- عوامل محیطی که شامل دمای هوا، دمای میانگین تابشی، سرعت باد و رطوبت است. این پارامترها تأثیر قابل توجهی بر آسایش حرارتی انسان دارند، زیرا آن‌ها تعادل گرمایی بدن انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، برای مثال، فرایند متابولیک تعادل گرمایی تولید می‌کند و گرما را با فرآیند هدایت، همرفت، تابش و تبخیر از دست می‌دهد. دمای هوا یک عامل مهم میکرو اقلیمی مؤثر بر آسایش حرارتی است. پاسخ اولیه بدن انسان به تغییرات دما است و آن به این صورت است که انسان در تلاش است که خود را در

شرایط آسایش نگه دارد. گرمای همرفتی و گرمای برآمده از تنفس از دست رفته با افزایش دما کاهش می‌یابد. رطوبت کم، اثر مستقیم اندکی در آسایش حرارتی در شرایط سرد دارد. در حالی که در شرایط گرم، بدن انسان نیاز به افزایش تلفات حرارتی دارد تا آسایش حرارتی را حفظ کند. این تا حد زیادی با کاهش لباس، از طریق عرق کردن و تلفات حرارتی مرتبط با گرمای نهان تبخیر قابل دست‌یابی است. کاهش بازدهی تبخیر، همراه با افزایش رطوبت نسبی است، رطوبت نسبی یک پارامتر بسیار مهم در اقلیم گرم است. در تلفات همرفتی و تبخیری، اثرات دما و رطوبت، ارتباط نزدیک با شرایط باد دارد و نمی‌تواند جدا از سرعت باد باشد. دمای تابشی یکی از مهم‌ترین متغیرهای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز است. به دلیل آنکه تأثیر دمای تابشی بر انسان چندجانبه است، میانگین دمای تابشی، مجموع تابش‌های جذب‌شده توسط بدن انسان از سطوح تابشی مختلف است. دمای تابشی متوسط را نمی‌توان به طور مستقیم اندازه‌گیری کرد، اما به طور تقریبی می‌توان به وسیله دماسنج کروی اندازه‌گیری کرد. دماسنج‌های کروی استاندارد در مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه با گرمای محیط به تعادل می‌رسند.

#### ۲-۴. تفاوت آسایش حرارتی در فضای باز و بسته

احساس حرارتی خارج از منزل متفاوت‌تر از داخل خانه است و استانداردهای آسایش حرارتی داخل ساختمان قابل اجرا برای فضای بیرون نیست (پاتر و دی دیر، ۲۰۰۰). در این زمینه سه جنبه تفاوت بین آسایش حرارتی در محیط داخلی و فضای باز که شامل روانی، ترمو - فیزیولوژیکی و تفاوت تعادل گرمایی است توسط هوپ شناسایی شد (هوپی، ۲۰۰۲). جنبه روانی تفاوت بین آسایش محیط داخلی و خارجی مربوط به انتظارات انسان است. انسان می‌تواند تنوع بزرگ‌تر از شرایط آب و هوایی را در خارج از منزل در مقایسه با داخل خانه تحمل کند. فضای باز، دارای امکانات بهتر برای سازگاری رفتار فرد و فضاهای اجتماعی مناسب است. تفاوت ترمو - فیزیولوژیکی حرارتی بین آسایش محیط داخلی و خارجی به دلیل تفاوت در لباس، سطح و زمان فعالیت است. سومین جنبه تفاوت بین آسایش حرارتی در محیط داخلی

و فضای باز تفاوت در تعادل گرمایی است. در حالی که شرایط پایدار در داخل خانه امکان‌پذیر است، اما به‌ندرت می‌توان این شرایط را در فضای باز ایجاد کرد. از تفاوت‌های بالا، می‌توان نتیجه گرفت که آسایش حرارتی در فضای باز با آسایش حرارتی در محیط داخلی متفاوت‌تر است و به‌علت پیچیدگی‌های خاصی که آسایش حرارتی در فضای باز دارد، نمی‌توان آن را با شاخص‌های آسایش حرارتی ساده یا شاخص‌هایی که به جنبه‌های روانی، ترمو- فیزیولوژیک و بیلان گرمایی توجه ندارد، ارزیابی کرد.

##### ۵. یافته‌های تحقیق

در جدول ۲ تغییرات شرایط اقلیمی از جنبه گردشگری براساس مقادیر ماهانه دمای معادل فیزیولوژیک (PET) آورده شده است. مقدار این شاخص نیز به ۹ طبقه «خیلی سرد»، «سرد»، «خنک»، «نسبتاً خنک»، «آسایش»، «نسبتاً گرم»، «گرم»، «داغ» و «خیلی داغ» تقسیم می‌شود. چنانچه مشاهده می‌شود از ۹ طبقه، فقط ۵ طبقه آن در ایستگاه‌های استان اردبیل و ایستگاه‌های همجوار آن وجود دارد. یکی از دلایل اصلی نبود ۴ طبقه «نسبتاً گرم»، «گرم»، «داغ» و «خیلی داغ» نیز ارتفاع نسبتاً بالای ناحیه مورد مطالعه از سطح دریا است که از گرم شدن بیش از حد هوا در فصل گرم جلوگیری می‌کند. اما ارتفاع ایستگاه‌ها در فصل سرد باعث ایجاد شرایط «خیلی سرد» در استان اردبیل می‌شود. از این‌رو، در ماه‌های زمستان یعنی ژانویه، فوریه، مارس و ماه‌های نوامبر و دسامبر در فصل پاییز، شرایط این استان «خیلی سرد» با دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد می‌شود. در ماه آوریل فصل بهار در ۶ ایستگاه منطقه شرایط «خیلی سرد» بوده و در دو ایستگاه پارس‌آباد مغان و میانه شرایط «سرد» برقرار است. در ماه‌های می و ژوئن نیز سه طبقه «سرد»، «خنک»، «نسبتاً خنک» و «آسایش» شرایط اقلیم گردشگری این منطقه را کنترل می‌کند. به عبارت دیگر، در ماه ژوئن شرایط «آسایش» در دو ایستگاه پارس‌آباد مغان و میانه پدیدار شده و گردشگران می‌توانند از نواحی پست شمالی این استان برای استفاده از آب و هوای مطلوب این ناحیه دیدن کنند. شرایط آسایش در دو ایستگاه بالا نیز در ماه‌های ژولای و آگوست فصل تابستان نیز برقرار بوده و در سایر ایستگاه‌ها شرایط «خنک» و «نسبتاً خنک» تسلط دارد. به‌طور کلی در ماه‌های ژوئن، ژولای و آگوست، شرایط برای گردشگری در این ناحیه از کشور برای گردشگران

از مطلوبیت خاصی برخوردار است. در ماه اکتبر، اقلیم منطقه به سمت شرایط «خنک»، «سرد» و «خیلی سرد» تغییر حالت داده و در نوامبر و دسامبر در کل استان شرایط سرد با دمای خیلی پایین حاکم می‌شود.

جدول ۲. درجهٔ آسایش دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در ایستگاه‌های اردبیل و استان‌های مجاور

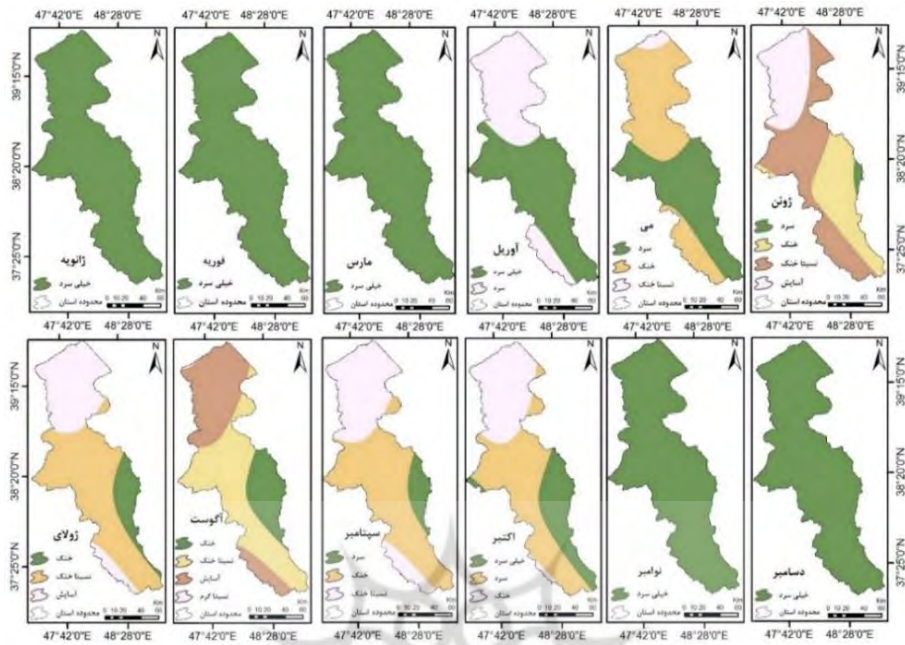
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیرها	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
پارس آباد مغان	خ-س	خ-س	خ-س	س	ن-خ	آ	آ	آ	ن-خ	خ	خ-س	خ-س
اردبیل	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	س	خ	ن-خ	خ	خ	خ-س	خ-س	خ-س
مشکین شهر	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	س	ن-خ	ن-خ	ن-خ	خ	سرد	خ-س	خ-س
خلخال	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	س	خ	ن-خ	ن-خ	خ	خ-س	خ-س	خ-س
اهر	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	خ	ن-خ	ن-خ	ن-خ	خ	س	خ-س	خ-س
سراب	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	س	خ	ن-خ	ن-خ	خ	خ-س	خ-س	خ-س
میانه	خ-س	خ-س	خ-س	س	خ	آ	آ	آ	ن-خ	خ	خ-س	خ-س
زنجان	خ-س	خ-س	خ-س	خ-س	س	خ	ن-خ	ن-خ	خ	س	خ-س	خ-س
درجه آسایش	خیلی داغ		داغ	گرم	نسبتاً گرم	آسایش		نسبتاً خنک	خنک	سرد	خیلی سرد	

در شکل ۲ پهنه‌بندی شرایط اقلیم گردشگری استان اردبیل براساس دمای معادل فیزیولوژیک (PET) به روش اسپلاین نشان داده شده است. براساس این شکل، در ماه ژانویه، تمام مساحت استان اردبیل در شرایط «خیلی سرد» قرار دارد. شرایط بالا نیز در ماه فوریه و مارس در این استان وجود دارد. در ماه آوریل کل پهنه استان به دو قسمت با شرایط اقلیمی «خیلی سرد» از مرکز تا جنوب و شرایط اقلیمی «سرد» از مرکز تا شمال و بخش کوچکی در منتهی‌الیه جنوبی آن تقسیم می‌شود. که از کل مساحت استان (۱۷۸۰۳/۳۸ کیلومتر مربع)، ۴۴/۷۴ و ۵۵/۲۶ درصد آن را شرایط «خیلی سرد» و «سرد» تشکیل می‌دهند. در ماه می بیشتر مناطق استان تحت پوشش شرایط اقلیمی «سرد» و «خنک» قرار دارد و فقط بخش کوچکی واقع در شمال آن از شرایط «نسبتاً خنک» برخوردار است. از ۱۰۰ درصد مساحت استان، ۴۴/۵۱، ۵۲/۹۵ و ۲/۵۵ درصد آن تحت

تسلط شرایط اقلیمی «سرد»، «خنک» و «خیلی خنک» هستند. در ماه آخر فصل بهار شرایط اقلیمی «آسایش» در بخش‌های نسبتاً کم ارتفاع شمالی استان برقرار شده و قسمت اعظم مساحت استان در سیطره شرایط «نسبتاً خنک» و «خنک» قرار داشته و بخش بسیار کوچکی واقع در شرق استان، دارای شرایط اقلیمی «سرد» است. در نتیجه از کل مساحت استان اردبیل،  $1/4$ ،  $28/73$ ،  $44/62$  و  $25/25$  درصد دارای شرایط اقلیمی «سرد»، «خنک»، «نسبتاً خنک» و «آسایش» هستند.

با شروع فصل تابستان شرایط اقلیم گردشگری «آسایش» علاوه بر بخش شمالی استان، در جنوب آن به صورت باریکه‌ای در ماه ژولای ظاهر می‌شود. علاوه بر این، شرایط «نسبتاً خنک» و «خنک» قسمت‌های مرکزی تا جنوب آن را تحت پوشش قرار می‌دهند. در مجموع محدوده «خنک»، «نسبتاً خنک» و «آسایش» در حدود  $11/09$ ،  $54/24$  و  $34/67$  درصد مساحت استان را در بر می‌گیرند. در ماه آگوست تعداد طبقات شرایط اقلیمی در این ناحیه به ۴ افزایش یافته و شامل شرایط «خنک»، «نسبتاً خنک»، «آسایش» و «نسبتاً گرم» با مساحت  $16/78$ ،  $46/42$ ،  $36/55$  و  $0/24$  است. شرایط «آسایش» در این ماه نیز همانند ماه ژولای علاوه بر بخش شمالی، به صورت باریکه‌ای در بخش جنوبی آن در راستای شمال غرب - جنوب شرق کشیده شده است. در ماه سپتامبر اثری از شرایط «آسایش» در استان اردبیل وجود نداشته و سه حالت «سرد»، «خنک» و «نسبتاً خنک» بر کل منطقه مستولی شده و به ترتیب  $7/53$ ،  $53/98$  و  $38/49$  درصد مساحت استان را در بر می‌گیرند. در ماه اکتبر شرایط اقلیمی استان به حالت «خیلی سرد»، «سرد» و «خنک» تغییر حالت داده و  $20/94$ ،  $46/81$  و  $32/25$  درصد از پهنه استان اردبیل را تحت سیطره خود دارند. در دو ماه نوامبر و دسامبر شرایط یک‌نواخت اقلیمی «خیلی سرد» بر این ناحیه مستولی شده و دمای خیلی پایین را تجربه می‌کند. در مجموع شرایط اقلیمی در اواخر فصل بهار و ماه‌های تابستان برای گردشگری بسیار مناسب بوده و در این موقع از سال گردشگران می‌توانند شرایط مطبوع اقلیمی را در استان اردبیل تجربه کنند (شکل ۲).



شکل ۲. تغییرات مکانی شاخص دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در استان اردبیل در ماه‌های مختلف

سال

مأخذ: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۲



شکل ۳. درصد مساحت واقع در شرایط مختلف دمای معادل فیزیولوژیک (PET) در استان اردبیل

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

در جدول ۳ میزان ضریب همبستگی ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مختلف با مقادیر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه‌های سال به روش پیرسون محاسبه و آورده شده است. میزان ضریب  $\alpha$  برای تعیین معناداری رابطه نیز در دو سطح ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با ۰/۰۵ و ۰/۰۱ در نظر گرفته شد. چنانچه از جدول پیداست رابطه بین طول جغرافیایی و مقدار PET ماه‌ها بیانگر نبود معناداری رابطه در هر دو سطح تعیین شده است. به عبارت دیگر، طول جغرافیایی تأثیر معناداری بر تغییرات دمای معادل فیزیولوژیک در استان اردبیل ندارد. اما بررسی رابطه بین عرض جغرافیایی و مقدار PET ماهانه ایستگاه نشان‌دهنده رابطه معنادار بین این دو متغیر در ماه ژانویه بوده و بین ضریب PET سایر ماه‌ها با عرض جغرافیایی رابطه معنادار قابل شناسایی نیست. اما رابطه بین ارتفاع و مقدار PET ماه‌های مختلف بیانگر رابطه معنادار بین این دو متغیر در ۱۲ ماه است. به عبارت دیگر، مقدار رابطه بین ارتفاع و دمای معادل فیزیولوژیک ماهانه، از ژانویه تا دسامبر به ترتیب برابر با ۰/۹۱، -۰/۹۴، -۰/۸۱، -۰/۸۵، -۰/۸۷، -۰/۷۷، -۰/۸۱، -۰/۷۲، -۰/۷۶، -۰/۷۹، -۰/۸۹ و -۰/۸۷ به دست آمد که معناداری رابطه در برخی از ماه‌ها در هر دو سطح تعیین شده و در برخی از ماه‌ها فقط در سطح ۰/۰۵ به اثبات رسید. در نتیجه باید گفت ارتفاع به طور معکوس بر مقدار PET تأثیرگذار است. در نتیجه با افزایش ارتفاع نیز مقدار PET کاهش یافته و با کاهش ارتفاع بر مقدار PET افزوده می‌شود. مقدار رابطه در ماه‌های سرد سال شدیدتر از ماه‌های گرم سال بوده و این موضوع نیز تأثیر افزایش ارتفاع بر کاهش مقدار PET را که بیانگر شرایط نامناسب اقلیم گردشگری است، ثابت می‌کند. البته رابطه معکوس ارتفاع و مقدار PET در فصل گرم از شدت کمتری برخوردار بوده و ایستگاه‌های دارای ارتفاع کمتر در این استان از شرایط مطلوب‌تری برای گردشگری در فصل گرم برخوردار هستند.



جدول ۳. ضریب همبستگی بین ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با مقادیر PET در ماه‌های مختلف

سال

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر
طول	۱	-۰/۳۸	۰/۱۳	-۰/۲۳	-۰/۱۶	-۰/۰۸	-۰/۱۸	-۰/۲۲	-۰/۳۳	-۰/۲۲	-۰/۱۹	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۲	-۰/۲
عرض	-۰/۳۸	۱	-۰/۷۶*	۰/۷۲*	۰/۶۳	۰/۳	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵
ارتفاع به	۰/۱۳	-۰/۷۶*	۱	-۰/۹۱**	-۰/۹۲**	-۰/۸۱*	-۰/۸۵**	-۰/۸۷**	-۰/۷۷*	-۰/۸۱*	-۰/۷۲*	-۰/۷۶*	-۰/۷۹*	-۰/۸۹**	-۰/۸۷**	-۰/۸۷**	-۰/۸۷**
ژئومرف	-۰/۲۳	۰/۷۲*	-۰/۹۱**	۱	۰/۹۸**	۰/۶۶	۰/۸۳**	۰/۸۵**	۰/۸۸**	۰/۸۳*	۰/۷۹*	۰/۸*	۰/۸۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
فوریته	-۰/۱۶	۰/۶۳	-۰/۹۲**	۰/۹۸**	۱	۰/۷۶*	۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۹*	۰/۸۶**	-۰/۸۷**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**
مارس	-۰/۰۸	۰/۳	-۰/۸۱*	۰/۶۶	۰/۷۶*	۱	۰/۹۱**	۰/۹*	۰/۷۳*	-۰/۸۹**	-۰/۸۲*	-۰/۸۶**	۰/۸۱*	۰/۸۳*	۰/۷۵*	۰/۷۵*	۰/۷۵*
آوریل	-۰/۱۸	۰/۳۹	-۰/۸۵**	۰/۸۳**	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۱	۰/۹۹**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
می	-۰/۲۲	۰/۴۵	-۰/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۹۲**	۰/۹*	۰/۹۹**	۱	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۳**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
ژوئن	-۰/۲۳	۰/۴۳	-۰/۸۷**	۰/۸۸**	۰/۹۱**	۰/۷۳*	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۱	۰/۹۵**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۹۵**	۰/۹۵**
ژوئای	-۰/۲۲	۰/۳۳	-۰/۸۱*	۰/۸۳*	۰/۹*	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۹۸**	۰/۹۵**	۱	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
اکتوس	-۰/۱۹	۰/۲۳	-۰/۷۶*	۰/۷۶*	۰/۸۶**	۰/۸۲*	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۱	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۲**
سپتامبر	-۰/۲۳	۰/۲۸	-۰/۷۶*	۰/۸*	۰/۸۷**	۰/۸۶**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۹**	۱	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
اکتبر	-۰/۲۵	۰/۳۶	-۰/۷۹*	۰/۸۱**	۰/۹۳**	۰/۸۱*	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۱	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
نوامبر	-۰/۲	۰/۵	-۰/۸۹**	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۸۳*	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۱	۰/۹۸**	۰/۹۳**	۰/۹۳**
دسامبر	-۰/۲	۰/۵۵	-۰/۸۷**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۷۵*	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۹۳**	۰/۹۳**	۱	۰/۹۸**	۰/۹۳**

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

در همین راستا از مدل رگرسیون چندجانبه برای تعیین مقدار تأثیر سه متغیر طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع بر روی مقدار دمای معادل فیزیولوژیک (PET) استفاده شد. در این مدل مقدار PET به‌عنوان متغیر وابسته و متغیرهای طول جغرافیایی ( $\phi$ )، عرض جغرافیایی ( $\lambda$ ) و ارتفاع (H) به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. در جدول‌های ۴ تا ۱۵ نتایج مدل رگرسیونی چندجانبه مقدار دمای معادل فیزیولوژیک ۱۲ ماه استان اردبیل آورده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود در این جدول‌ها میزان ضریب همبستگی چندجانبه ( $R$ )، ضریب تبیین  $R^2$ ،  $Adj.R^2$  (ضریب تبیین تنظیم‌شده)، آزمون دوربین - واتسون، مقدار F، معناداری (Sig.)، مقدار ثابت معادله رگرسیونی (Constant) و همچنین ضرایب آن برای متغیرهای مستقل درگیر در معادله رگرسیونی ( $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ ) قرار داده شده است. میزان R بین متغیرهای مورد بررسی

از ماه ژانویه تا دسامبر به ترتیب برابر با ۰/۹۱۴، ۰/۹۴۷، ۰/۹۳۶، ۰/۹۴۳، ۰/۹۴۳، ۰/۸۶۵، ۰/۹۵۳، ۰/۹۰۸، ۰/۹۲۴، ۰/۹۲۰، ۰/۹۴۸ و ۰/۸۹۸ به دست آمد، این در حالی است که ضریب تبیین این رابطه برای متغیرهای بالا به ترتیب برابر با ۰/۸۳۶، ۰/۸۹۷، ۰/۸۷۶، ۰/۸۹۰، ۰/۸۹۰، ۰/۷۴۸، ۰/۹۰۹، ۰/۸۲۵، ۰/۸۵۵، ۰/۸۴۷، ۰/۸۹۹ و ۰/۸۰۷ محاسبه شد. ضریب تبیین محاسبه شده نشان‌دهنده آن است که ۸۳/۶، ۸۹/۷، ۸۷/۶، ۸۹، ۸۹، ۷۴/۸، ۹۰/۹، ۸۲/۵، ۸۵/۵، ۸۴/۷، ۸۹/۹ و ۸۰/۷ درصد تغییرات متغیر وابسته (مقدار PET) توسط متغیرهای مستقل مورد بررسی، قابل تبیین است؛ به عبارت دیگر، این مقدار نسبت تغییر در نظر گرفته شده مدل رگرسیونی در بالا و پایین میانگین است. اما تفاوت بین  $R^2$  و  $Adj.R^2$  را باید در نظر داشت زیرا  $R^2$  نشان می‌دهد چه تعداد نقاط داده با خط رگرسیون با فرض اینکه هر تک متغیر، تغییر در متغیر وابسته را تبیین می‌کند متناسب است، این در حالی است که  $Adj.R^2$  می‌گوید: «نقاط داده تا چه اندازه متناسب با یک خط رگرسیون هستند که در واقع درصد تغییرات را فقط با متغیرهای مستقلی که بر متغیر وابسته تأثیر می‌گذارد نشان می‌دهد.» بنابراین  $Adj.R^2$  نسبت به  $R^2$  از کارایی بیشتری برخوردار بوده و از ورود متغیرهای غیر مؤثر در رابطه جلوگیری می‌کند. با این وصف مقدار  $Adj.R^2$  نسبت به  $R^2$  کوچک‌تر خواهد شد. به این ترتیب مقدار  $Adj.R^2$  رابطه رگرسیونی چندجانبه مقدار دمای معادل فیزیولوژیک (PET) از ماه ژانویه تا دسامبر برای دوره مرجع برابر با ۰/۷۱۳، ۰/۸۲۰، ۰/۷۸۳، ۰/۸۰۷، ۰/۸۰۷، ۰/۵۵۹، ۰/۸۴۱، ۰/۶۹۳، ۰/۷۴۵، ۰/۷۳۱، ۰/۸۲۴ و ۰/۶۶۲ محاسبه شد. آزمون دوربین - واتسون در جدول‌های مورد نظر نشان‌دهنده استقلال باقی‌مانده‌ها است، زیرا مقدار این آزمون بین ۲/۴ تا ۲/۶ متغیر بوده و چون به عدد ۲ نزدیک است استقلال باقی‌مانده‌ها از آن استنتاج می‌شود. با توجه به بزرگ بودن مقدار  $F$  و مقدار  $Sig = 0.000 < 0.05$  نتیجه می‌گیریم که مدل رگرسیونی مناسب بوده و بیشتر تغییرات متغیر وابسته در مدل رگرسیونی دیده شده است. با توجه به مدل رگرسیونی چندجانبه، کاملاً واضح است که متغیر ارتفاع با متغیر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) رابطه معکوس داشته و با افزایش ارتفاع از مقدار آن کاسته می‌شود. این مهم درباره دو متغیر طول و عرض جغرافیایی نیز صدق نمی‌کند. از این‌رو، رابطه بین طول و عرض جغرافیایی (به‌استثنای ماه ژولای برای عرض جغرافیایی) با مقدار دمای معادل فیزیولوژیک در تمامی ماه‌ها بی‌معنی است. در نتیجه متغیر دمای معادل فیزیولوژیک از متغیر

ارتفاع، بیشترین تأثیرپذیری را دارد و معناداری رابطه آن بر مقدار PET در تمامی ماه‌ها به اثبات می‌رسد.

جدول ۴. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه ژانویه در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.914, R2=0.836, Adjusted R2=0.713, Durbin-Watson=2.495, F=6.797 & Sig.=0.048							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده Beta	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE				Tolerance	VIF
ژانویه	ثابت معادله	۱۶/۱۶	۸۸/۸		۰/۱۸۲	۰/۸۶۴		
	طول جغرافیایی به	-۰/۵۵	۱/۲۸	-۰/۰۹۶	-۰/۴۲۷	۰/۶۹۲	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی	۰/۱۶۹	۱/۰۹	۰/۰۵۱	۰/۱۵۵	۰/۸۸۴	۰/۳۷۵	۲/۶۷
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	-۰/۸۵۷	-۲/۷۸	۰/۰۵	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۵. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه فوریه در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.947, R2=0.897, Adjusted R2=0.820, Durbin-Watson=2.493, F=11.646 & Sig.=0.019							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده Beta	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE				Tolerance	VIF
فوریه	ثابت معادله	۴۷/۶۷	۶۵/۷۲		۰/۷۲۵	۰/۵۰۸		
	طول	-۰/۵۳۲	۰/۹۵	-۰/۱	-۰/۵۶	۰/۶۰۵	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض	-۰/۶۲۲	۰/۸۱	-۰/۲۰۱	-۰/۷۶۸	۰/۴۸۵	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۷۳	-۴/۳۹۷	۰/۰۱۲	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۶. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه مارس در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.936, R2=0.876, Adjusted R2=0.783, Durbin-Watson=2.480, F=9.429 & Sig.=0.028							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده Beta	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE				Tolerance	VIF
مارس	ثابت معادله	۱۵۷/۷۱۶	۷۹/۳۹۶		۱/۹۸۶	۰/۱۱۸		
	طول جغرافیایی به	-۱/۱۰۸	۱/۱۴۸	-۰/۱۸۹	-۰/۹۶۵	۰/۳۸۹	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۲/۶	۰/۹۷۸	-۰/۷۶۴	-۲/۶۵۸	۰/۰۵۷	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	-۱/۳۴۸	-۵/۰۲۹	۰/۰۰۷	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۷. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

آوریل در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.943, R2=0.890, Adjusted R2=0.807, Durbin-Watson=2.529, F=10.764 & Sig.=0.022							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
آوریل	ثابت معادله	۱۴۷/۱۸۱	۶۳/۹۱		۲/۳۰۳	۰/۰۸۳		
	طول جغرافیایی به	-۱/۳۰۳	۰/۹۲۴	-۰/۲۶۱	-۱/۴۱	۰/۲۳۱	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۱/۹۲۸	۰/۷۸۷	-۰/۶۶۴	-۲/۴۴۹	۰/۰۷۱	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	-۱/۳۰۳	-۵/۱۵۵	۰/۰۰۷	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۸. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه می

در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.943, R2=0.890, Adjusted R2=0.807, Durbin-Watson=2.505, F=10.735 & Sig.=0.022							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
می	ثابت معادله	۱۶۵/۱۰۹	۷۲/۴۶۶		۲/۲۷۸	۰/۰۸۵		
	طول جغرافیایی به	-۱/۵۷۴	۱/۰۴۸	-۰/۲۷۸	-۱/۵۰۳	۰/۲۰۷	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۱/۹۱۲	۰/۸۹۳	-۰/۵۸۲	-۲/۱۴۲	۰/۰۹۹	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	-۱/۲۵۸	-۴/۹۷۱	۰/۰۰۸	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۹. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه ژوئن

در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.865, R2=0.748, Adjusted R2=0.559, Durbin-Watson=2.459, F=3.955 & Sig.=0.109							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
ژوئن	ثابت معادله	۲۲۱/۲۷۵	۱۲۶/۲۴۹		۱/۷۵۳	۰/۱۵۵		
	طول جغرافیایی به	-۲/۵۲	۱/۸۲۶	-۰/۳۸۶	-۱/۳۸	۰/۲۴	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۲/۰۴۸	۱/۵۵۵	-۰/۵۴	-۱/۳۱۷	۰/۲۵۸	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	-۱/۱۱۳	-۲/۹۱	۰/۰۴۴	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۰. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

ژولای در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.953, R2=0.909, Adjusted R2=0.841, Durbin-Watson=2.493, F=13.312 & Sig.=0.015							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد		ضرایب	t	p- value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
ژولای	ثابت معادله	۲۷۸/۵۵۹	۸۴/۵۲۲		۳/۲۹۶	۰/۰۳		
	طول جغرافیایی به	-۲/۵۵	۱/۲۲۲	-۰/۳۵۱	-۲/۰۸۶	۰/۱۰۵	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۳/۳۷۱	۱/۰۴۱	-۰/۷۹۸	-۳/۲۳۷	۰/۰۳۲	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۱	-۱/۳۵۲	-۵/۸۸۲	۰/۰۰۴	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۱. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

آگوست در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.908, R2=0.825, Adjusted R2=0.693, Durbin-Watson=2.596, F=6.276 & Sig.=0.054							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب	t	p- value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
آگوست	ثابت معادله	۲۹۶/۰۷۹	۱۱۷/۸۸۳		۲/۵۱۲	۰/۰۶۶		
	طول جغرافیایی به	-۲/۶۲۲	۱/۷۰۵	-۰/۳۵۹	-۱/۵۳۸	۰/۱۹۹	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۳/۷۴۸	۱/۴۵۲	-۰/۸۸۲	-۲/۵۸۱	۰/۰۶۱	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	-۱/۳۲۵	-۴/۱۵۸	۰/۰۱۴	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۲. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

سپتامبر در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.924, R2=0.855, Adjusted R2=0.745, Durbin-Watson=2.514, F=7.831 & Sig.=0.038							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p- value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
سپتامبر	ثابت معادله	۲۵۱/۴۸۲	۹۱/۹۳۵		۲/۷۳۵	۰/۰۵۲		
	طول جغرافیایی به	-۲/۳۷۲	۱/۳۲۹	-۰/۳۷۹	-۱/۷۸۴	۰/۱۴۹	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۳/۰۵۴	۱/۱۳۳	-۰/۸۴	-۲/۶۹۶	۰/۰۵۴	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	-۱/۳۲۵	-۴/۵۶۲	۰/۰۱	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۳. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

اکتبر در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.920, R2=0.847, Adjusted R2=0.731, Durbin-Watson=2.449, F=7.355 & Sig.=0.042							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد		ضرایب	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
اکتبر	ثابت معادله	۱۸۸/۲۲۱	۸۰/۴۹۲		۲/۳۳۸	۰/۰۸		
	طول جغرافیایی به	-۱/۸۹۳	۱/۱۶۴	-۰/۳۵۵	-۱/۶۲۷	۰/۱۷۹	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۲/۲	۰/۹۹۲	-۰/۷۱	-۲/۲۱۸	۰/۰۹۱	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	-۱/۲۷۳	-۴/۲۶۸	۰/۰۱۳	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۴. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

نوامبر در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.948, R2=0.899, Adjusted R2=0.824, Durbin-Watson=2.420, F=11.911 & Sig.=0.018							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t	p-value	Collinearity Statistics	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
نوامبر	ثابت معادله	۱۱۰/۴۱۲	۵۸/۷۸۶		۱/۸۷۸	۰/۱۳۴		
	طول جغرافیایی به	-۱/۱۰۳	۰/۸۵	-۰/۲۲۹	-۱/۲۹۷	۰/۲۶۴	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۱/۳۶۱	۰/۷۲۴	-۰/۴۸۷	-۱/۸۸	۰/۱۳۳	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۱/۲۲۵	-۵/۰۶۸	۰/۰۰۷	۰/۴۳۱	۲/۳۲

جدول ۱۵. نتایج مدل رگرسیون چندجانبه متغیرهای مؤثر بر دمای معادل فیزیولوژیک (PET) ماه

دسامبر در استان اردبیل مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

متغیر وابسته	R=0.898, R2=0.807, Adjusted R2=0.662, Durbin-Watson=2.482, F=5.580 &							
	ضریب ثابت و متغیرها	ضرایب استاندارد		ضرایب	t	p-value	Collinearity	
		B	SE	Beta			Tolerance	VIF
دسامبر	ثابت معادله	۷۴/۷۷۸	۸۰/۷۲۵		۰/۹۲۶	۰/۴۰۷		
	طول جغرافیایی به	-۰/۸۳۶	۱/۱۶۷	-۰/۱۸۱	-۰/۷۳۹	۰/۵۰۱	۰/۸۰۵	۱/۲۴۲
	عرض جغرافیایی به	-۰/۸۸۵	۰/۹۹۵	-۰/۳۱۹	-۰/۸۹	۰/۴۲۴	۰/۳۷۵	۲/۶۶۹
	ارتفاع به متر	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	-۱/۰۸۴	-۳/۲۴۱	۰/۰۳۲	۰/۴۳۱	۲/۳۲

## ۶. نتیجه گیری

در این پژوهش شرایط آسایش بیوکلیماتیک انسانی به روش دمای معادل فیزیولوژیک (PET) براساس داده‌های ۸ ایستگاه همدید واقع در استان اردبیل و استان‌های مجاور انجام شد. بدین منظور از مدل ریمن برای آسایش زیست اقلیمی و محاسبه PET استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه شاخص PET نشان داد که مقدار آن از لحاظ زمانی و مکانی تغییر می‌کند. به‌طوری که این وضعیت بر شرایط آسایش اقلیمی و ترجیحات افراد در انتخاب مکان و زمان گردشگری تأثیر گذاشته و عامل مهم در تحرک گردشگران بین مکان‌ها خواهد بود. درحقیقت یکی از آثار مستقیم اقلیم بر گردشگری نیز اثر فصلی است که در این پژوهش ماه‌های ژوئن، ژولای، اگوست و سپتامبر به‌عنوان ماه‌های مناسب اقلیمی با شرایط «نسبتاً خنک»، «خنک» و «آسایش» برای فعالیت‌های گردشگری در استان اردبیل شناسایی شدند. همچنین شرایط تنش سرمایی شدید نیز برای ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، اکتبر، نوامبر و دسامبر با شرایط «خیلی سرد» و «سرد» تعیین شد. بنابراین فصول سرد این ناحیه، برای گردشگری نامناسب و فصول گرم آن مناسب بوده و فقط در دو ایستگاه پارس‌آباد مغان و میانه در سه ماه تابستان شرایط «ایده‌آل» با دمای بین ۱۸ تا ۲۳ برای گردشگران وجود دارد. در این راستا، براساس نقشه‌های ماهانه دمای معادل فیزیولوژیک (PET) مشخص شد که تغییرات مکانی این شاخص در ماه‌های فصل سرد از تنوع طبقاتی کمتری در مقایسه با فصل گرم برخوردار است به‌طوری که در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر شرایط «خیلی سرد» با دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد بر کل پهنه استان حکم‌فرما بوده و این مهم در ماه‌های فصل گرم بین چهار حالت «سرد»، «خنک»، «نسبتاً خنک» و «ایده‌آل» در تغییر است. از این‌رو، تنوع شرایط اقلیمی برای گردشگران در فصل گرم بیشتر از فصل سرد این ناحیه است؛ به عبارت دیگر، فصل گرم از لحاظ شرایط بیوکلیماتیک انسانی ناهمگن‌تر از فصل سرد (کاملاً همگن) است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با مطالعات خوشدل و همکاران (۱۳۹۹) و اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۵) همسو بوده است و تغییرات زمانی و مکانی شرایط اقلیم گردشگری با روش دمای معادل فیزیولوژیک تأیید می‌شود. علاوه بر این، نقش ارتفاع بر شرایط اقلیم گردشگری این ناحیه، کاملاً محرز شناخته شد و ثابت شد که بین ارتفاع و میزان شاخص PET رابطه معکوس وجود داشته و به‌دلیل ارتفاع منطقه مورد بررسی، ۴

طبقه شاخص PET در این استان وجود ندارد. بنابراین دمای شاخص PET در تمامی ایام سال از ۲۳ درجه سانتی‌گراد کمتر است.

#### ۷. پیشنهادها

در نهایت باید گفت نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌تواند برای تصمیم‌گیران در سطوح مختلف از جمله بخش سلامت، گردشگری و برنامه‌ریزی منطقه‌ای بسیار مفید و مثمر ثمر باشد. همچنین آگاهی از شرایط آینده اقلیم گردشگری تحت سناریوهای تغییر اقلیم از جمله ضروریات مطالعاتی در این ناحیه و سایر نواحی کشور به شمار آمده و از جایگاه مناسبی برای مطالعات آینده برخوردار هستند.

#### کتابنامه

۱. تولایی، س. (۱۳۹۳). مروری بر صنعت گردشگری (چاپ اول). تهران: انتشارات دانشگاه خوارزمی.
۲. حیدری، ش. (۱۳۸۸). دمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران. *هنرهای زیبا*، ۳۸، ۵-۱۴.
۳. خداشناس، س. ر.، قهرمان، ب.، داوری، ک.، و ناظریان، ح. (۱۳۸۷). ارائه مدل‌های رگرسیونی چند متغیره برآورد رسوب در حوضه‌های شمال استان خراسان. *مجله آب و خاک*، ۲۲(۲)، ۶۷-۷۶.
۴. خوشدل، ن.، رضایی، پ.، متولی، ص.، و جانباز قبادی، غ. ر. (۱۳۹۹). تبیین اقلیم گردشگری شرق استان گیلان و طبقه‌بندی مکانی آن به روش آماری چند متغیره. *فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۵(۴)، ۱۱۱۹-۱۱۳۶.
۵. داوودی، م.، نظریور، ع.، و مشیری‌نژاد، ف. (۱۳۹۹). آسایش سنجی اقلیم-گردشگری با استفاده از شاخص‌های (PMV, PET, SET, TCI) (مطالعه موردی: استان گیلان). *اندیشه جغرافیایی*، ۱۲(۲۱)، ۲۶-۴۶.
۶. رضایی، ا.، رحیمی، م.، و محمودیان عطاآبادی، ح. (۱۴۰۱). تعیین زمان مناسب گردشگری در بندر چابهار بر اساس شرایط آب و هوایی. *مجله گردشگری فرهنگ*، ۳(۱)، ۵-۱۶.
۷. میرهاشمی، ح.، شرفی، س.، و آری‌ن‌تبار، ح. (۱۴۰۰). تعیین تقویم اقلیم گردشگری و آزمون روند تغییرات بر پایه مدل‌های RayMan و ITA (مطالعه موردی: شهرستان پلدختر). *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی*، ۲(۶)، ۶۷-۸۲.



۸. نوری، ر.، اشرفی، خ.، و اژدرپور، ا. (۱۳۸۷). مقایسه کاربرد روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندمتغیره براساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای پیش‌بینی غلظت میانگین روزانه کربن مونوکسید: بررسی موردی شهر تهران. فیزیک زمین و فضا، ۳۴(۱)، ۱۳۵-۱۵۲.

9. Abreu-Harbich, L. V., Labaki, L. C., & Matzarakis, A. (2014). Thermal bioclimate as a factor in urban and architectural planning in tropical climates- The case of Campinas, Brazil. *Urban Ecosystems*, 17(2), 489-500.
10. Agnew, M. D., & Palutikof, J. P. (2001). *Climate impacts on the demand for tourism*. Paper presented at the International Society of Biometeorology Proceedings of the First International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. Retrieved from <http://www.mif.unifreiburg.de/isb/ws/report.htm>
11. Ateş, O., Kiper, T., & Uzun, O. (2023). The relationship between tourism planning and bioclimatic comfort in rural areas: The case of Kofçaz/Kirklareli/Türkiye. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(4), 883-896.
12. Balan, B., Mohaghegh, S., & Ameri, S. (1995). *State-Of-The-Art in permeability determination from well log data: Part 1- A comparative study, model development*. Paper presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Morgantown, West Virginia.
13. de Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: Evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*, 48, 45-54.
14. Esmaeili, A., Zeidi, Z., & Bakhti, S. (2015). *Determining an appropriate tourism schedule in Gorgan using physiologic equivalent temperature (PET)*. Paper presented at the International conference on sustainable development, strategies and challenges with a focus on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, Tabriz, Iran.
15. Farajzadeh, H., & Matzarakis, A. (2009). Quantification of climate for tourism in the northwest of Iran. *Meteorological Applications*, 16, 545-555.
16. Farajzadeh, H., & Matzarakis, A. (2012). Evaluation of thermal comfort conditions in Ourmieh Lake, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 107, 451-459.
17. Freitas, C. R. D., Scott, D., & McBoyle, G. (2008). A second generation climate index for tourism (CIT): Specification and verification. *International Journal of Biometeorology*, 52, 399-407.
18. Hamad, T. A., & Oguz, H. (2020). Determining thermal comfort zones for outdoor recreation planning: A case study of Erbil-Iraq. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(1), 133-145.
19. Hanafi, A., & Atashgahi, H. (2017). Determination of thermal bioclimatic conditions for tourists in West and North West of Iran using PET. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 2(1), 61-71.

20. Höpfe, P. (2002). Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, 34, 661-665.
21. Hoppe, P. (1984). *Die Energiebilanz des Menschen*. Wiss Mittl Meteorol Inst Uni München 49.
22. Hoppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature-a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43, 71-75.
23. Kakvan, R., Alijani B., & Saliqeh, M. (2020). Evaluation of tourism climate conditions at three stations of Noshahr, Ramsar and Rasht using the physiological equivalent temperature and average predicted polling index. *REGET, Santa Maria*, 24(13), 1-36.
24. Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2008). Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *International Journal of Biometeorology*, 52, 281-290.
25. Maddison, D. (2001). In search of warmer climates? The impact of climate change on flows of British tourists. *Climatic Change*, 49(1/2), 193-208.
26. Malinović-Miličević, S., Petrović, M. D., & Radovanović, M. M. (2023). Evaluation of outdoor thermal comfort conditions: Evidence from the Serbian major ski resort over the last 30 years. *International Journal of Biometeorology*, 67, 807-819.
27. Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). Applications of a universal thermal index: Physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, 43, 76-84.
28. Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments-application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51, 323-334.
29. Spagnolo, J., & de Dear, R. (2000). Field study to calibrate an outdoor thermal comfort index. In R. de Dear, J. Kalma, T. Oke, & A. Auliciems (Eds.), *Biometeorology and urban climatology at the turn of the millennium* (pp. 315-320). Geneva: World Meteorological Organization.
30. Santos Nouri, A., Charalampopoulos I., & Matzarakis A. (2022). The application of the physiologically equivalent temperature to determine impacts of locally defined extreme heat events within vulnerable dwellings during the 2020 summer in Ankara. *Sustainable Cities and Society*, 81(2022), 103833.
31. Suhada, S. T., Sudiar, N. Y., Rifai, H., & Dwiridal, L. (2023). Thermal comfort index analysis of Padang city coastal tourism area using the Physiological Equivalent Temperature (PET) Method. *Journal of Climate Change Society (JCCS)*, 1(1), 29-40.
32. Wilis, R., Nugroho, S., Barlian, E., & Syah, N. (2020). Characteristics of Outdoor Thermal Comfort Index (OCTI) at Mandeh tourism site. *International Journal of Geomate*, 19(73), 250-256.