

ارزیابی آسایش حرارتی انسان با استفاده از شاخص جهانی اقلیم حرارتی، مطالعه موردی: استان کردستان

غلامعباس فلاح قاله‌ری^{۱*}، فاطمه میوانه^۲، فهیمه شاکری^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۱۱

چکیده:

زمینه و هدف: بررسی وضعیت زیست اقلیم انسانی، پایه و اساس بسیاری از برنامه‌ریزی‌ها به ویژه بهداشتی و درمانی است. در این مطالعه به بررسی آسایش حرارتی انسان و ارتباط آن با بروز بیماری‌ها در استان کردستان پرداخته شده است.

روش بررسی: از داده‌های روزانه درجه حرارت، سرعت باد، رطوبت نسبی و ابرناکی بین سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۹۵ استفاده شده است. ابتدا پارامتر میانگین‌های تابشی در محیط نرم افزار Ray Man محاسبه و با استفاده از نرم افزار Bioklima مقادیر شاخص جهانی اقلیم حرارتی استخراج گردید. در نهایت همبستگی ارتفاع منطقه مورد مطالعه و مقدار شاخص جهانی اقلیم حرارتی محاسبه و نقشه پهنه‌بندی مناطق آسایشی در محیط Arc Map تهیه شد.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد مقادیر شاخص جهانی اقلیم حرارتی بین ۲۰ تا ۲۳- متغیر است و ایستگاه بیجار و زرینه دارای بیشترین شرایط تنش سرد هستند. همچنین مقادیر محاسبه شده نشان داد که در اکثر ماه‌های سال و در اکثر نقاط استان شرایط تنش سرد شدید حکم فرماست. همبستگی بین مقادیر شاخص جهانی اقلیم حرارتی با ارتفاع نیز نشان داد بیشترین ارتباط در ماه‌های فصل زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) قابل مشاهده است. نتایج حاصل از پهنه‌بندی مقادیر شاخص با استفاده از سطوح ارتفاعی نیز نشان داد که قسمت‌های مرکزی استان که منطبق بر مناطق با ارتفاع بیشتر هستند، دارای شرایط تنش قوی هستند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج نشان داد که استان کردستان از حیث شرایط زیست اقلیم انسانی دارای تنش‌های سرمای متوسط تا شدید است که در دوره سرد سال این موضوع شدت بیشتری می‌یابد و نقاط مرتفع استان شرایط تنش سرمای بیشتری را تجربه می‌کند.

واژگان کلیدی: زیست اقلیم انسانی، شاخص جهانی اقلیم حرارتی، میانگین‌های تابشی، آسایش حرارتی

ab_fa789@yahoo.com

۱- (نویسنده مسئول): دکتری اقلیم‌شناسی، استادیار اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۲- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری
۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی شهری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

مقدمه

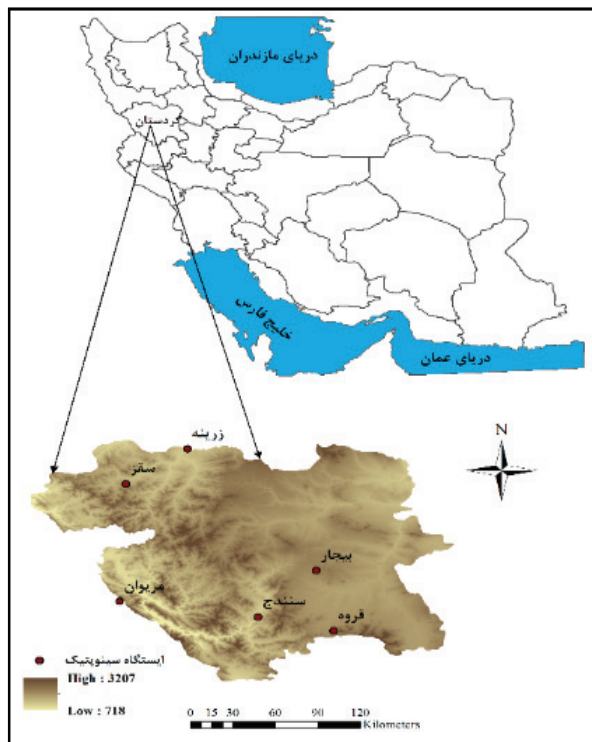
شرایط آب و هوایی مهمترین عامل مؤثر بر فعالیت روزانه و طولانی مدت انسان است. امروزه مطالعه تاثیر وضعیت آب و هوا بر روی زندگی و رفتار انسانی در قالب یکی از شاخه‌های علمی با عنوان زیست‌اقلیم انسانی مطالعه و بررسی می‌شود (۱). آسایش و عدم آسایش حرارتی انسان از طریق شاخص‌های تئوری و تجربی زیادی محاسبه می‌شوند که داده‌های ورودی این شاخص‌ها بسیاری از عناصر آب و هوایی از جمله سرعت باد، درجه حرارت، رطوبت، تابش خورشید و غیره هستند (۲). انسان در هر شرایطی متأثر از حرارت پیرامون خویش است (۳) و از مدت‌ها پیش تاثیر آب و هوا را در بروز و گسترش بیماری‌های همه‌گیر به رسمیت شناخت. مشاهدات بقراط در قرن پنجم پیش از میلاد از بیماری‌های فصلی، پایه بررسی اپیدمی‌ها در رساله ایشان شد (۴، ۵). تنوع آب و هوایی یکی از عوامل خطر در مرگ و میر به شمار می‌رود. در بسیاری از مطالعات عوارض جانبی ناشی از تنش‌های سرمایی و گرمایی بر مرگ و میر گزارش شده است (۶، ۷). در اکثر این مطالعات درجه حرارت و یا معیار ساده‌ای مانند شاخص‌های تجربی که اثرات درجه حرارت، رطوبت و سرعت باد را نشان می‌دهد، استفاده شده است (۸). آسایش حرارتی انسان نتیجه تعادل انرژی بین سطح بدن و محیط زیست است که بر فیزیولوژی، روانشناسی و رفتار انسان اثرگذار هستند (۹، ۱۰). از سوی دیگر مدل‌های آسایش حرارتی علاوه بر استفاده از پارامترهای جوی (درجه حرارت، فشار بخار آب، سرعت باد و میانگین دمای تابشی) (۱۱) از فرایندهای پیچیده متابولیکی مانند سطح فعالیت فیزیکی و پوشش لباس نیز استفاده می‌کنند (۹). همچنین این مدل‌ها ابزار مفیدی برای خلاصه‌سازی اثرات متقابل تنش‌زای محیطی و واکنش‌های انسان محسوب می‌شوند که بصورت طبقه‌بندی‌های تجربی یا منطقی بر اساس محاسبات مربوط به تعادل انسان بیان می‌شوند (۱۲، ۱۳). یکی از پیشرفته‌ترین مدل‌ها بر اساس جدیدترین پیشرفت‌ها در تمام رشته‌ها نظیر فیزیولوژی حرارتی، بهداشت حرفه‌ای، فیزیک، هواشناسی،

هواشناسی زیستی (Biometeorology) و علوم محیطی در تنظیم و تعادل حرارتی انسان مدل چندگانه فیالا (Fiala) است که از شاخص جهانی اقلیم حرارتی (Universal Thermal Climate Index) (۱۴) مشتق شده است. این شاخص به منظور ایجاد یک معیار استاندارد برای شرایط حرارتی مناسب در زمینه‌های عمده زیست‌هواشناسی انسانی انسان توسعه یافته است (۱۵) که در مقایسه با شاخص‌های دیگر حساسیت بیشتری نسبت به تغییرات اندک درجه حرارت، تابش خورشیدی، رطوبت و سرعت باد از خود نشان می‌دهد و توصیف بهتری از شرایط اقلیمی مختلف دارد (۱۶). در راستای بررسی شرایط آسایش اقلیمی مطالعات گوناگونی انجام شده است. Cheng و همکاران (۱۷) آسایش حرارتی هنگ کنگ را با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژیک و میانگین نظرات حاصل از پرسشنامه مطالعه کردند آنها در این پژوهش اثر تغییر شرایط باد و تابش خورشیدی را روی احساس دمایی افراد در منطقه بررسی کردند و نتایج پژوهش بصورت روابط ریاضی جهت بررسی این عوامل ارائه شد. Nastos و همکار (۷) نقش اقلیم در مرگ و میر شهر آتن را با استفاده از شاخص‌های آسایش اقلیمی مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد یک ارتباط معنی‌دار و خطی بین مرگ و میر با شاخص‌های آسایش اقلیمی وجود دارد. Yahia و همکار (۱۸) به مقایسه نتایج شاخص‌های حرارتی مختلف در محیط‌های شهری و در هوای آزاد شهر گرم و خشک سوریه پرداختند که با توجه به آستانه بالا و پایین هر کدام از شاخص‌ها، میزان آسایش اقلیمی را برآورد کردند. Hartz و همکاران (۱۹) به تجزیه و تحلیل شرایط جوی مرتبط با گرما در بخش‌هایی از ایالات متحده آمریکا از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ پرداختند. در این پژوهش از دو شاخص دمای معادل فیزیولوژیک و شاخص جهانی اقلیم حرارتی استفاده شد. پژوهش Kunst و همکاران (۳) در هلند با عنوان ارتباط بین دو شاخص سوزباد و تغییرات مرگ و میر روزانه نشان داد که مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی ارتباط قوی و مثبتی با شاخص سوزباد است. من نسبت به شاخص پاسیل و درجه حرارت دارد.

اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست ترین نقاط استان به حدود ۲۴۰۰ m می‌رسد. کوه شاهو با ارتفاع ۳۳۰۰ m بلندترین و منطقه آلت در بانه با ارتفاع حدود ۹۰۰ m کم ارتفاع ترین نقطه استان هستند.

میانگین سالانه درجه حرارت، ۱۳ و در ارتفاعات تا ۸ °C است. میانگین بارندگی سالانه استان نیز حدود ۵۰۰ mm است که در ارتفاعات غرب و شمال غربی منطقه به بیش از ۸۰۰ mm می‌رسد.

به دلیل شرایط خاص جغرافیایی، ارتفاع زیاد شهرهای استان و وجود ارتفاعات بلند، بارش‌های جوی زمستانه اغلب به صورت برف است که در این رابطه کمینه دما و تعداد روزهای یخبندان در این ناحیه حائز اهمیت است و بر اساس بررسی‌های انجام شده تعداد روزهای یخبندان در بیجار ۱۶۰، سنندج ۱۱۰، سقز ۱۱۳ و در مریوان و بانه به ۸۵ روز در سال می‌رسد که از این حیث زمینه‌های بسیار مناسبی را برای دوام بیشتر برف و حفظ ارتفاع برف جهت ورزش‌های زمستانه به ویژه اسکی به وجود می‌آورد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Omonijo و همکاران (۲۰) شرایط اقلیمی محیط نیجریه را در ارتباط با سلامتی انسان با استفاده از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که ایالت اوندو مکان مستعدی برای برخی از بیماری‌های مرتبط با گرما و مرگ و میرهای ناشی از آن است. Barimani و همکار (۲۱) بررسی شاخص‌های زیست‌اقلیمی مؤثر بر گردشگری را در نواحی جنوبی ایران بررسی کرده‌اند. نتایج مطالعه نشان داده است ماه‌های ژانویه و فوریه از بالاترین شرایط آسایش جهت گردشگری برخوردار هستند. برآورد و تحلیل زمانی آسایش اقلیم شهر تبریز عنوان مطالعه Ghavidel Rahimi و همکار (۲۲) است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که فصول تابستان و بهار بیشترین شرایط آسایش اقلیمی را دارا هستند. Esmaili و همکاران (۲۳) اقلیم آسایش شهر مشهد را به صورت ساعتی مورد بررسی قرار داده است. نتایج مطالعه حاکی از آن است که شرایط آسایش اقلیمی در شهر مشهد اوایل بهار و اوایل پاییز است. بررسی استرس‌های حرارتی با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مردان در محیط کار گرم و مرطوب نیز مطالعه Golbabaie و همکاران (۲۴) است. نتایج مطالعه نشان داده است برای ارزیابی استرس حرارتی شاخص دمای ترکیبی بهترین شاخص محسوب می‌شود.

با توجه به اهمیت اثرات عناصر آب و هوایی بر سلامت و بروز بیماری‌های انسان، هدف پژوهشی حاضر استفاده از مدل ترموفیزیولوژیکی UTCI برای شناسایی مناطق آسایش و عدم آسایش حرارتی در استان کردستان است.

منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با مساحت 29137 km^2 در غرب ایران بین ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی قرار دارد. آب و هوای استان بیشتر متأثر از ارتفاع و جهت کوه‌های زاگرس و جریان‌های آب و هوایی متأثر از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه است که عامل عمده بارش برف و باران در منطقه است. به طور کلی استان کردستان به علت داشتن کوهستان‌های متعدد از نقاط سردسیر کشور به شمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر از داده‌های هواشناسی درجه حرارت، سرعت باد، فشار بخار آب، ابرناکی و رطوبت نسبی (تهیه شده از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان کردستان) بصورت روزانه در بازه زمانی (۲۰۱۴-۱۹۹۵) استفاده شده است. برای محاسبه شاخص UTCI ابتدا میانگین های تابشی (Tmrt) از طریق نرم افزار Ray man محاسبه شد و خروجی های حاصل وارد نرم افزار Bioklima شدند و مقادیر شاخص بصورت روزانه برای استان کردستان محاسبه گردید و آستانه های تنش حرارتی در دوره مطالعه استخراج شدند. سپس با استفاده از مدل همبستگی پیرسون ارتباط بین UTCI با ارتفاع نیز مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعدی با استفاده از نرم افزار Arc Map نقشه پهنه بندی این شاخص بصورت فصلی ترسیم و در نهایت مناطق آسایشی و زمان های آسایش استخراج گردید.

شاخص جهانی اقلیم حرارتی

در سال ۱۹۹۹ انجمن بین المللی بیومتئورولوژی کمیسیونی جهت توسعه شاخص جهانی اقلیم حرارتی تاسیس نمود که هدف این شاخص استخراج یک شاخص حرارتی بر اساس پیشرفته ترین مدل های ترموفیزیولوژیکی (Thermo-physiological) بود. بعد از آن در سال ۲۰۰۵ این تلاش ها توسط سازمان همکاری های توسعه فناوری و علوم اروپا

COST: Cooperation in Science and Technical)

(Development) با کارشناسان برجسته در زمینه های مختلف شامل ترموفیزیولوژی انسان، مدل سازی فیزیولوژیکی، آب و هوا و اقلیم شناسی تقویت شد. این شاخص بعنوان درجه حرارت شرایط مرجع که منجر به پاسخ مدل مشابه در شرایط مساوی می شود شناخته شده است. مقدار شاخص به درجه حرارت، سرعت باد، رطوبت نسبی و میانگین دمای تابشی بستگی دارد و بصورت زیر نیز نوشته می شود (۲۵):

(۱)

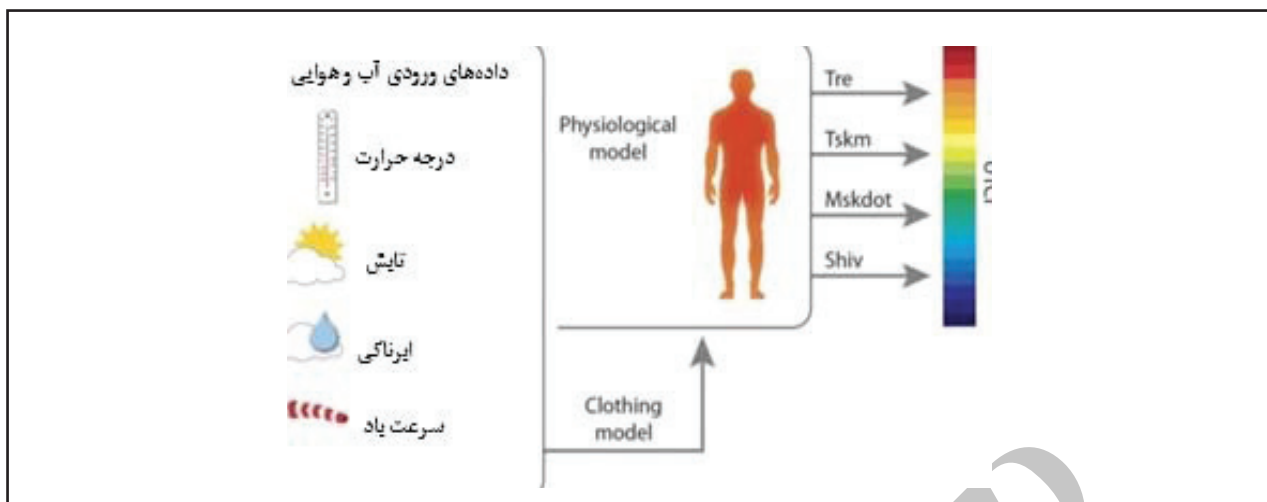
$$UTCI = f(Ta; Tmrt; Va; vp) = Ta + offset(Ta; Tmrt; Va; vp)$$

در رابطه فوق Ta: دمای هوا، Tmrt: میانگین دمای تابشی، Va: سرعت باد، Vp: فشار بخار آب است.

نهایتا این شاخص قصد دارد تا کمیت یک بعدی واکنش های فیزیولوژیکی انسان نسبت به شرایط حرارتی واقعی را منعکس نماید همانطور که شکل ۲ نشان می دهد مقدار شاخص بصورت یک مدل دینامیکی چند متغیره محاسبه خواهد شد (۱۴، ۲۶). خروجی های حاصل از مدل نیز فرایندهای فیزیولوژیکی وابسته به تنظیم حرارت را شامل می شود که در جدول ۱ نشان داده شده است. این خروجی ها در واکنش انسان نسبت به شرایط حرارتی طبیعی، متوسط و شدید مهم هستند (۲۷، ۲۸).

جدول ۱- متغیرهای موجود در خروجی های مدل ترموفیزیولوژیکی شاخص جهانی اقلیم حرارتی

متغیرها	اختصارات	واحد
درجه حرارت رکتال (Rectal)	Tre	°C
میانگین درجه حرارت پوست	Tskm	°C
درجه حرارت صورت	Tskfc	km
میزان عرق	Mskdot	g/min
گرمای ایجاد شده توسط لرزیدن	Shiv	W
خشکی پوست	wetta	% of body area
جریان خون پوست	VblSk	% of basal value



شکل ۲- ورودی و خروجی حاصل از شاخص جهانی اقلیم حرارتی

انجام گرفته است به گونه‌ای که این پاسخ‌ها در شرایط مرجع و با کاهش بار گرمایی یا سرمایی ایجاد می‌شوند. جدول ۲ طبقه‌بندی‌های این شاخص را بر اساس معیارهای اقلیمی و فیزیولوژیکی نشان می‌دهد (۲۵).

مقیاس ارزیابی شاخص جهانی اقلیم حرارتی مقادیر مختلف شاخص $UTCI$ از نظر تنش‌های حرارتی طبقه‌بندی شده‌اند. این طبقه‌بندی‌ها در واقع بر اساس پاسخ‌های فیزیولوژیکی جاندار نسبت به شرایط محیطی واقعی

جدول ۲- آستانه‌های تنش حرارتی شاخص $UTCI$

شرایط تنش حرارتی	$UTCI$ ($^{\circ}C$)
تنش گرمایی شدید	بالاتر از ۴۶
تنش گرمایی بسیار زیاد	۳۸ تا ۴۶
تنش گرمایی زیاد	۳۲ تا ۳۸
تنش گرمایی متوسط	۲۶ تا ۳۲
بدون تنش حرارتی	۹ تا ۲۶
تنش سرمایی اندک	۰ تا ۹
تنش سرمایی متوسط	۰ تا -۱۳
تنش سرمایی زیاد	-۱۳ تا -۲۷
تنش سرمایی بسیار زیاد	-۲۷ تا -۴۰
تنش سرمایی شدید	پایین‌تر از -۴۰

در رابطه فوق T : درجه حرارت به $^{\circ}C$ ، $Tmrt$: میانگین درجه حرارت تابشی به $^{\circ}C$ ، V : سرعت باد به m/s و RH : رطوبت نسبی به درصد هستند (۲۹). یکی از داده‌های

این شاخص بر اساس روابط ریاضی نیز قابل محاسبه است:
(۲):

$$UTCI = 3.21 + 0.872.T + 0.2459.Tmrt + (-2.5078.V) - 0.0176.RH$$

مربیان به وقوع پیوسته است که این مقدار در هر دو ایستگاه در تنش‌های سرمایی کم و متوسط قرار دارند. به طوری که طبق شکل (۳، ۴) در این ماه‌ها احتمال عدم آسایش انسان به دلیل قرارگیری در برابر سرما و آسیب دیدن بافت‌های بدن، وقوع فیبریلاسیون بطنی، و دیگر بیماری‌های مرتبط و نهایتاً مرگ و میر وجود دارد. همچنین اثر استرس‌زای دما بر مرگ و میر توسط محققان فراوانی به اثبات رسیده است (۳۱)، به این صورت که هر قدر دما از محدوده آسایش انسان بیشتر فاصله گیرد، میزان استرس نیز افزایش می‌یابد (۳۲، ۳۳). بررسی ضریب همبستگی بین شاخص UTCI و ارتفاع ایستگاه‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که این ضریب برای همه ماه‌ها منفی و در سطح $p\text{-value} < 0.05$ معنی‌دار بوده است، بدین معنی که با کاهش ارتفاع، مقادیر شاخص افزایش، با افزایش ارتفاع مقادیر شاخص کاهش می‌یابد. بالاترین ضریب همبستگی برای ماه‌های دوره سرد سال به ثبت رسیده است. روابط رگرسیونی بین ارتفاع ایستگاه‌ها و شاخص UTCI در جدول (۳) ارائه شده است. در این معادلات Y مقادیر شاخص UTCI و X ارتفاع ایستگاه‌ها هستند.

ورودی دخیل جهت محاسبه UTCI میانگین درجه حرارت تابشی (T_{mrt}) است این ورودی ویژگی اثر حرارتی تابش خورشیدی و درجه حرارت را بر روی انسان بیان می‌کند و نشان‌دهنده دمای یک سطح یکنواخت از یک محوطه فرضی است که شخص را احاطه کرده است و بر اساس رابطه ریاضی زیر قابل محاسبه است:

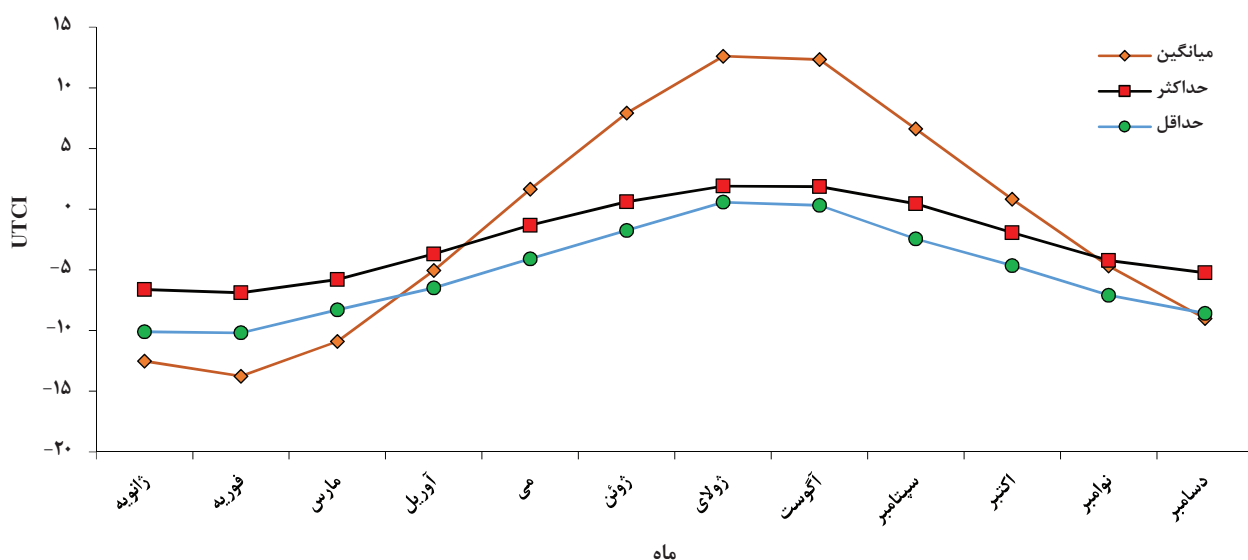
$$T_{mrt} = \left[\frac{(R' + 0.5.Lg + 0.5.La)}{(S_h.S)} \right]^{0.25} + (-273)$$

در رابطه فوق R' : تابش خورشیدی جذب شده توسط انسان برهنه، Lg : تابش زمین، La : تابش برگشتی، S_h : ضریب قابلیت انتشار برای بدن انسان که برابر ۰/۹۵ است و S : ثابت استفان بولتزمان ($5.667 \times 10^{-8} W.m^{-2}..k^{-4}$) (۳۰).

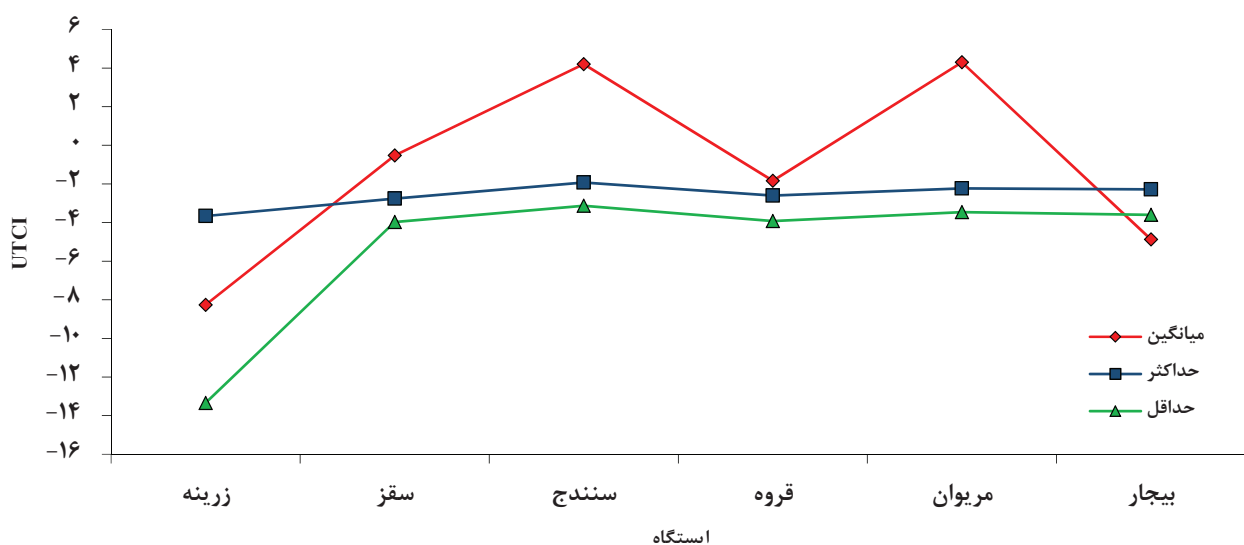
یافته‌ها

ارزیابی مقادیر شاخص UTCI

در پژوهش حاضر میزان شاخص UTCI از حیث طبقات تنشی استخراج شد. کمترین و بیشترین مقادیر UTCI به ترتیب در ماه‌های فوریه و ژوئیه در ایستگاه‌های زرینه و



شکل ۳- مقادیر ماهانه UTCI در دوره مورد مطالعه



شکل ۴- مقادیر UTCI به تفکیک ایستگاه در دوره مورد مطالعه

جدول ۳- مقادیر همبستگی و روابط رگرسیونی UTCI و ارتفاع ایستگاه ها

روابط رگرسیونی	P-Value	R	ماه
$y = -0.0182x + 18.195$	۰/۰۰۳	-۰/۹۵	ژانویه
$y = -0.0205x + 20.183$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	فوریه
$y = -0.0183x + 19.944$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	مارس
$y = -0.0163x + 22.462$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	آوریل
$y = -0.0135x + 24.359$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	مه
$y = -0.0098x + 24.484$	۰/۰۰۲	-۰/۸۷	ژوئن
$y = -0.0079x + 25.938$	۰/۰۰۴	-۰/۸۲	ژوئیه
$y = -0.0079x + 25.676$	۰/۰۰۳	-۰/۸۵	اوت
$y = -0.0097x + 23.009$	۰/۰۰۱	-۰/۹۱	سپتامبر
$y = -0.0122x + 21.386$	۰/۰۰۴	-۰/۹۴	اکتبر
$y = -0.0158x + 21.998$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	نوامبر
$y = -0.017x + 19.636$	۰/۰۰۲	-۰/۹۶	دسامبر

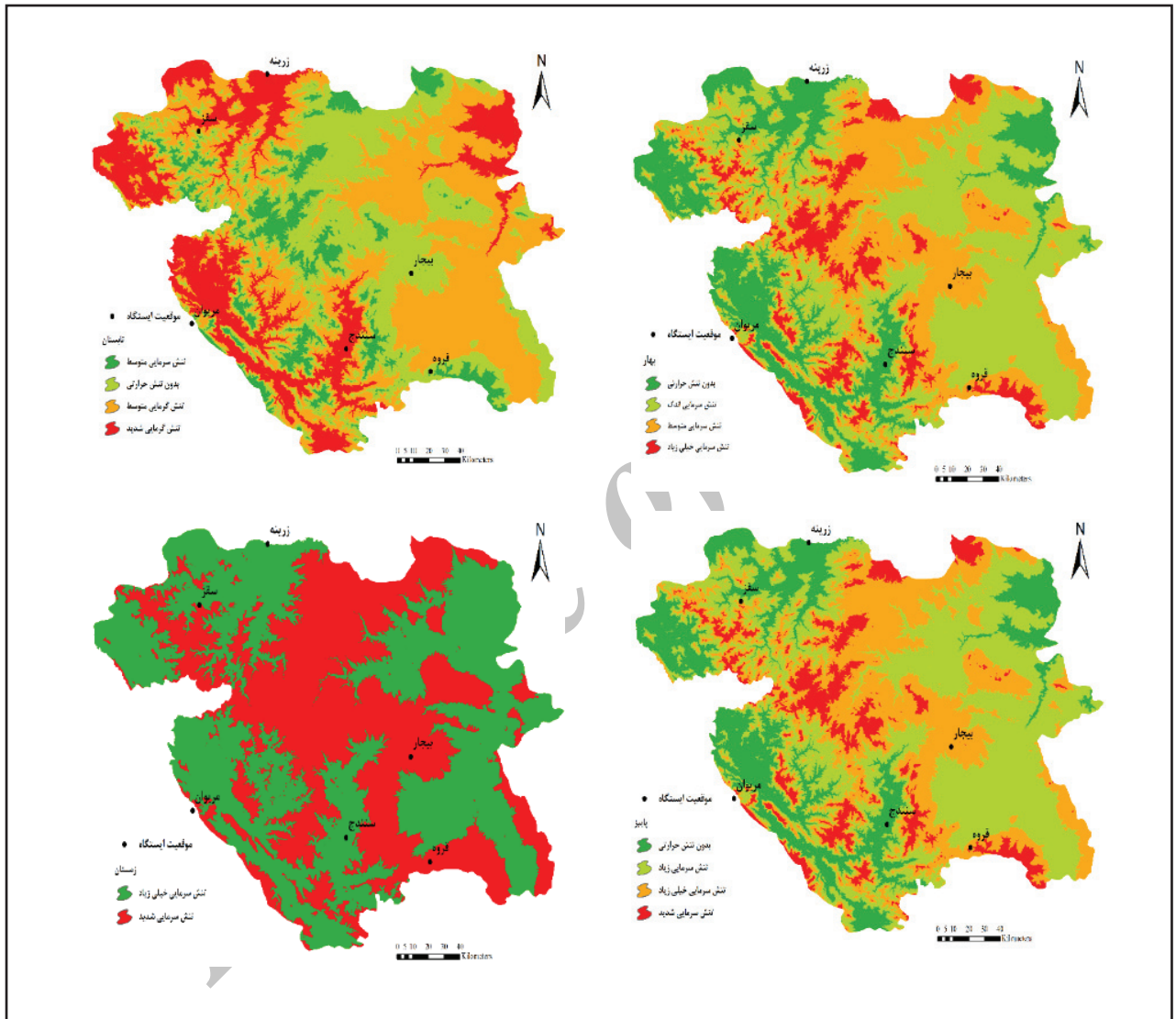
فصول زمستان، بهار و پاییز پایین ترین مقادیر UTCI برای مناطق مرتفع استان با تنش های سرماییهی ثبت شده است. با افزایش ارتفاع، خشکی هوا بیشتر می شود که به دنبال آن کم آبی بیشتر و متابولیسم بدن کندتر می شود، خون رسانی به

پهنه بندی شاخص UTCI

بر اساس روابط رگرسیونی و با مبنای قرار دادن مدل رقومی ارتفاعی منطقه، نقشه های پهنه بندی مقادیر شاخص UTCI برای فصول مختلف سال تهیه شد (شکل ۵)، بر این اساس در

بیشترین مقادیر مثبت UTCI را داشته است. به گونه‌ای که از حیث طبقه‌بندی تنش، تنش‌های گرمایی شدید و احتمال وقوع حمله گرمایی، کرامپ عضلانی ناشی از گرما، سینکوب (غش گرمایی) و هیپوترمیای بدن در این فصل وجود دارد.

اندام‌ها کاهش می‌یابد و همراه با این عوامل در صورت مساعد بودن شرایط برای بیماری ارتفاع، این بیماری نیز بروز می‌کند. لذا کسالت، کم‌تحركی، رخوت و سستی نیز پدیدار می‌گردند که همه این عوامل بر وخامت اوضاع می‌افزایند. فصل تابستان



شکل ۵- پهنه‌بندی فصلی مقادیر UTCI در منطقه مورد مطالعه

غربی، جنوب غربی و بخش‌هایی از شمال غرب استان را تحت پوشش قرار داده است. که وجود این شرایط از عوامل محدودکننده ورزش‌ها و تفریحات زمستانی توسط کوهنوردان و گردشگران است.

تنش‌های سرمایی شدید در فصل زمستان و در اکثر مناطق مرکزی و جنوبی استان و تنش‌های سرمایی خیلی زیاد و متوسط نیز بیشتر در فصول پاییز و بهار قابل مشاهده است. تنش‌های گرمایی شدید هم در فصل تابستان در نواحی

بحث

گرم و خشک به همراه دارد، فرار دارند و باعث ایجاد تنش های گرمایی شدید می شود. نتایج حاصل از همبستگی و روابط رگرسیونی مقادیر UTCI با سطوح ارتفاعی منطقه نیز بیانگر ارتباط معنی دار و معکوس است که در دوره سرد سال این ارتباط بیشترین نمود را داشته است. بررسی نقشه های پهنه بندی فصول مختلف نیز نشان می دهد که در فصل زمستان شدیدترین تنش های گرمایی در نواحی مرکزی و منطبق بر ارتفاعات استان قابل مشاهده است. در فصول بهار و پاییز نیز تنش های گرمایی خیلی زیاد منطبق بر ارتفاعات هستند. همچنین در فصل تابستان تنش های گرمایی شدید نواحی غرب، جنوب غرب و شمال غرب استان را تحت پوشش قرار داده است.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که از بین شاخص های آسایش حرارتی، شاخص UTCI به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای محیطی و فیزیولوژیکی بدن انسان جهت برآورد آسایش مناسب تر است. همچنین فصول و مکان های دارای آسایش و بدون تنش حرارتی نیز مشخص شد به گونه ای که شرایط بدون تنش در فصول انتقالی سال (پاییز و بهار) و مناطق شرق و شمال شرق استان وجود دارد در مناطق شمال غرب، غرب و جنوب غربی استان شرایط تنشی سرد شدید وجود دارد که باعث بروز و تشدید بیماری های مربوط به درجه حرارت می شود. در فصل تابستان نیز تنش های گرمایی شدید در اکثر نقاط استان قابل مشاهده است.

منابع

1. Burton I, Ebi KL, McGregor G. *Biometeorology for Adaptation to Climate Variability and Change*. 3rd ed. Netherlands: Springer; 2009.
2. Tseliou A, Tsiros IX, Lykoudis S, Nikolopoulou M. An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. *Building and Environment*. 2010;45(5):1346-52.

مطالعه حاضر، به دلیل اهمیت عناصر آب و هوایی در آسایش انسان به جهت کاهش تنش های حرارتی (سرمایی و گرمایی) و بیماری های ناشی از آن در استان کردستان انجام شده است. با توجه به مطالعه Braga و همکاران (۳۴) و Hampel و همکاران (۳۵) مبنی بر وجود ارتباطات قوی مرگ و میر بیماری های تنفسی (ذات الریه و ویروسی، آنفولانزا، پنومونی) با درجه حرارت سرد، نتایج مطالعه حاضر نیز نشان می دهد که ارتباط قوی و معنی دار بین UTCI و ارتفاع جهت استخراج آستانه های تنش سرمایی و اثرات آن بر بروز بیماری ها و مرگ و میر وجود دارد. علاوه بر این محققان معتقدند که سطح فیبریونژن با درجه حرارت هوا ارتباط معکوس دارد و با افزایش سطح فیبریونژن میزان بروز عفونت های تنفسی فصلی افزایش می یابد (۳۶). همچنین در این پژوهش به بررسی و پهنه بندی شاخص جهانی اقلیم حرارتی که یک مدل ترموفیزیولوژیکی در آسایش انسان به حساب می آید جهت مشخص کردن ایام و مکان های دارای آسایش حرارتی برای افراد آسیب پذیر در برابر تنش های حرارتی نیز پرداخته شده است. نتایج مطالعه نشان می دهد که بیشترین تنش های گرمایی شدید در فصل زمستان به ویژه در ماه فوریه به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی، ارتفاعات بلند منطقه، یورش توده های هوای سرد، طول دوره یخبندان و ورود بادهای غربی که در ایام سرد سال به این منطقه می رسند، به وقوع پیوسته است و تنش های گرمایی شدید در فصل تابستان رخ داده است. در این فصل تمام کشور ایران تحت تسلط پرفشار جنب حاره ای آזור که با خود هوای

3. Kunst AE, Groenhof F, Mackenbach JP. The association between two windchill indices and daily mortality variation in the Netherlands. *American Journal of Public Health*. 1994;84(11):1738-42.
4. Parsons K. *Human Thermal Environments: the Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance*. Boca Raton: CRC Press; 2014.

5. Meade MS. Medical Geography. New York: Wiley; 2010.
6. Cheng X, Su H. Effects of climatic temperature stress on cardiovascular diseases. *European Journal of Internal Medicine*. 2010;21(3):164-67.
7. Nastos PT, Matzarakis A. The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theoretical and Applied Climatology*. 2012;108(3-4):591-99.
8. Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Journal of Environmental Health*. 2009;8(40):1-13.
9. Jendritzky G, de Dear R, Havenith G. UTCI—Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*. 2012;56(3):421-28.
10. McGregor GR. Human biometeorology. *Progress in Physical Geography*. 2012;36(1):93-109.
11. Kántor N, Unger J. The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment—the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*. 2011;3(1):90-100.
12. Blazejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz B. Comparison of UTCI to selected thermal indices. *International Journal of Biometeorology*. 2012;56(3):515-35.
13. Steadman RG. The assessment of sultriness. Part II: effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *Journal of Applied Meteorology*. 1979;18(7):874-85.
14. Fiala D, Havenith G, Bröde P, Kampmann B, Jendritzky G. UTCI-Fiala multi-node model of human heat transfer and temperature regulation. *International Journal of Biometeorology*. 2012;56(3):429-41.
15. Blazejczyk K, Broede P, Fiala D, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B. UTCI – new index for assessment of heat stress in man. *Journal of Polish Geographical Review*. 2010;82(1):49-71.
16. Urban A, Davidková H, Kyselý J. Heat and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*. 2014;58(6):1057-68.
17. Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B. Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*. 2012;56(1):43-56.
18. Yahia MW, Johansson E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometeorology*. 2013;57(4):615-30.
19. Hartz DA, Brazel AJ, Golden JS. A comparative climate analysis of heat-related emergency 911 dispatches: Chicago, Illinois and Phoenix, Arizona USA 2003 to 2006. *International Journal of Biometeorology*. 2013;57(5):669-78.
20. Omonijo AG, Adeofun CO, Oguntoke O, Matzarakis A. Relevance of thermal environment to human health: a case study of Ondo State, Nigeria. *Theoretical and Applied Climatology*. 2013;113(1-2):205-12.
21. Barimani F, Esmaeel Nejad M. Review of bioclimatic indicators affecting on determining tourism season. *Geography and Development Iranian Journal*. 2011;23:27-46(in Persian).
22. Ghavidel Rahimi Y, Ahmadi M. Estimation and time analysis of climatic comfort in Tabriz Megalopolis. *Geography and Development Iranian Journal*. 2014;33:173-82(in Persian).
23. Esmaili R, Montazeri M. The determine of the Mashad bioclimatic condition base on hourly data. *Geography and Environmental Planning Journal*. 2013;49:215-29(in Persian).
24. Golbabaie F, Monazam Esmaili MR, Hemmatjou R, Yaaghoub P, Reza G, Hosseini M. Comparing the heat stress (DI, WBGT, SW) indices and the men physiological parameters in hot and humid environment. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2012;5(2):245-52(in Persian).
25. Blazejczyk K, Jendritzky G, Bröde P, Fiala D, Havenith G, Epstein Y, et al. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*. 2013;86(1):5-10.
26. Havenith G, Fiala D, Blazejczyk K, Richards M, Bröde P, Holmér I, et al. The UTCI-clothing model. *International Journal of Biometeorology*. 2012;56(3):461-70.
27. Bröde P, Fiala D, Blazejczyk K, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, et al. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology*.

- ogy. 2012;56(3):481-94.
28. Kampmann B, Bröde P, Havenith G, Jendritzky G. The level of development of climatic stress index UTCI (Universal Thermal Climate Index). 54th Congress of the Society of Industrial Engineering; 2008; Dortmund.
 29. Blazejczyk K. Mapping of UTCI in local scale (the case of Warsaw). *Journal of the Work and Studies Geographical UW WGiSR*. 2011;47:275-83.
 30. Blazejczyk K. Assessment of regional bioclimatic contrasts in Poland. *Miscellanea Geographica-Regional Studies on Development*. 2011;15:79-91.
 31. Carder M, McNamee R, Beverland I, Elton R, Cohen G, Boyd J, et al. The lagged effect of cold temperature and wind chill on cardiorespiratory mortality in Scotland. *Occupational and Environmental Medicine*. 2005;62(10):702-10.
 32. Marmor M. Heat wave mortality in New York City, 1949 to 1970. *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 1975;30(3):130-36.
 33. Farajzadeh Asl M, Darand M, Faghihzadeh S. Climatic factors associated with mortality in the population of Tehran. *Journal of Planning and Space Planning*. 2009;14(2):290-302(in Persian).
 34. Braga AL, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities. *Environmental Health Perspectives*. 2002;110(9):859.
 35. Hampel R, Breitner S, Rückerl R, Frampton MW, Koenig W, Phipps RP, et al. Air temperature and inflammatory and coagulation responses in men with coronary or pulmonary disease during the winter season. *Occupational and Environmental Medicine*. 2010;67(6):408-16.
 36. Halonen JI, Zanobetti A, Sparrow D, Vokonas PS, Schwartz J. Associations between outdoor temperature and markers of inflammation: a cohort study. *Environmental Health*. 2010;9(1):42.

Evaluation of the thermal comfort and human health by using universal thermal climate index (UTCI)

Case Study: Kurdistan province

G.A. Fallah Ghalhari^{1*}, F. Mayvaneh², F. Shakeri³

¹ Assistant Professor, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

² PhD student of urban climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

³ PhD student of urban climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: 6 July 2015; Accepted: 3 October 2015

ABSTRACT

Background and Objectives: Assessing human bioclimatic is foundation for many programs and plans, especially in the field of healthcare. In this study, human thermal comfort and its relationship with the incidence of diseases were investigated in Kurdistan province.

Materials and Method: The daily data of temperature, wind speed, relative humidity, and cloudiness between the years 1995-2014 were used. In the First step, Tmrt parameter was calculated in the Ray Man software environment. Then, UTCI index values were calculated using Bioklima software. In the final step, the climatic comfort zones were drawn in the ArcMap software.

Results: It was found that the UTCI values change from 20 to -23. Bijar and Zarrineh stations have the highest cold stress conditions. The calculated values showed that severe cold stress conditions prevail in most parts of the province almost throughout the year. The correlation coefficient values showed that the highest correlation with the height was observed in the cold months of the year (December- February). The results of UTCI zoning also showed that the central parts of the province consistent with the higher altitude areas had severe stress conditions.

Conclusion: The research showed that the province is faced with moderate to severe stresses in terms of human stress conditions. In the cold periods of the year, it will be more severe and more cold conditions are experienced in high places.

Key words: stress conditions, UTCI, Tmrt, diseases

*Corresponding Author: ab_fa789@yahoo.com

Tel: +985144013309 Mob: +989132639881