

بررسی اثر تابش خورشید بر میزان ابتلا به نایبایی در نواحی روستایی استان چهارمحال و بختیاری

عباسعلی آروین^۱ - استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۳۱

چکیده

تابش خورشید با تمام مزایایی که دارد، در برخی مناطق به دلیل ویژگی اقلیمی و ریخت‌شناسی زمین، دارای اثرات منفی از جمله شیوع بیماری‌ها مانند آب‌مرورید است که منجر به نایبایی و کم‌بینایی در انسان می‌شود. در روستاهای استان چهارمحال و بختیاری تعداد ۹۰۰ نفر نابینا و کم‌بینا وجود دارد که تعداد بالای آن می‌تواند ناشی از عوامل محیطی باشد. برای بررسی این موضوع از داده‌های تعداد مبتلایان به نایبایی در سطح روستاهای نمونه استان و داده‌های تابش تخمین زده شده در سطح افقی و شیب‌دار روستاها استفاده شد. روش کار مبتنی بر تخمین مقدار تابش در سطح افقی بر اساس معادله آنگستروم و معادله شدت تابش بر اساس عوامل اقلیمی و تخمین تابش در سطح شیب‌دار بر اساس معادله دافی و بکمن بود. نتایج نشان داد با افزایش ارتفاع روستاها، تعداد مبتلایان به نایبایی زیادتر می‌شود. همچنین با افزایش مقدار شیب و تغییر جهت شیب روستاها به سمت جنوب، تعداد مبتلایان به نایبایی افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی بین مقدار تابش و نرخ افزایش تابش در سطح شیب‌دار برابر با $R=0/892$ و ضریب همبستگی بین جهت شیب با نرخ افزایش تابش در سطح شیب‌دار برابر با $R=0/820$ که هر دو در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردند. نتایج نشان داد ۴۵/۹ درصد جمعیت روستایی با ابتلای بالای آب‌مرورید در شیب‌های رو به جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق زندگی می‌کنند و ارتباط معناداری بین مقدار شیب و جهت شیب به سمت جنوب با نرخ نایبایی وجود دارد. همچنین ارتباط بین افزایش ارتفاع روستاها و افزایش تعداد مبتلایان به نایبایی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است و بیشتر نابینایان (۶۰ درصد) در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر زندگی می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: آب‌مرورید، شدت تابش، شیب، جهت شیب، استان چهارمحال و بختیاری.

مقدمه

اگرچه انرژی تابشی خورشید یکی از منابع تأمین انرژی تجدید پذیر، رایگان و پاک است. با این حال فرارگیری مداوم در معرض تابش خورشیدی بخصوص تشعشعات UV عوارضی مانند بیماری‌های پوستی، جنین ناقص، مشکلات ناباروری و آب‌مروراید (ستورم، ۲۰۰۳)، ضعف سیستم ایمنی بدن و افزایش حساسیت بخصوص کودکان به پذیرش بیماری (هویوس باچیلوگا و همکاران، ۲۰۱۴) آب‌مروراید (ترامپسین و سیگموند، ۲۰۰۱؛ بلاکلی و همکاران، ۲۰۱۰؛ لئو تی جیلاک، ۲۰۱۰؛ چودیک و همکاران، ۲۰۱۰؛ نیکولاس بروان و همکاران، ۱۹۸۹؛ میدل فارت، ۲۰۰۵) را در انسان موجب می‌شود.

آمارها نشان می‌دهد هم اکنون ۱۶ میلیون انسان نابینا ناشی از آب‌مروراید وجود دارد و حدود ۱۱۰ میلیون نفر در دنیا مشکلات بینایی شدید ناشی از آب‌مروراید دارند. در ایران نیز این بیماری ۵۰ تا ۹۰ درصد از موارد نابینایی را به وجود آورده است (مباشری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶۸) در حال حاضر حدود ۷۰۰ هزار تا یک میلیون نفر در ایران مبتلا به آب‌مروراید هستند (زالی، ۱۳۹۳). عوامل متعددی از جمله افزایش سن که معمولاً در سنین بالای ۵۰ سال بروز می‌کند، ضربه خوردن چشم، مصرف داروها و ژنتیک از علل بروز آب‌مروراید هستند (عظیمی، ۱۳۹۵) ولی بسر بردن بیشتر اوقات روز در مقابل نور آفتاب بدون استفاده از عینک که در میان روستائیان بیشتر رایج است نیز یکی از علل اصلی این بیماری می‌باشد (محمدی، ۱۳۹۴).

نابینایی و کم‌بینایی از جمله امراضی است که در استان چهارمحال و بختیاری شیوع قابل توجهی دارد. بر اساس آمار اداره بهزیستی استان چهارمحال و بختیاری تعداد ۱۹۱۲ نفر در این استان از جمله مددجویان دارای مشکل نابینایی می‌باشند که به اشکال مختلف از امراض چشمی رنج می‌برند که تعداد ۹۰۰ نفر آن در نقاط روستایی می‌باشند. بر اساس فرض اولیه، کم‌بینایی و نابینایی تحت تأثیر عوامل و عناصر اقلیمی از جمله شدت و طول مدت تابش خورشید است. از این رو هدف اصلی این تحقیق مطالعه ارتباط عوامل اقلیمی و تعداد مبتلایان به بیماری نابینایی و بررسی نقش عوامل اقلیمی بر شیوع بیماری نابینایی و کم‌بینایی در استان چهارمحال و بختیاری است. در ادامه راهکارهای مفید در جهت اصلاح شرایط میکروکلیمایی به منظور کاهش تعداد مبتلایان به این بیماران ارائه گردد.

در خصوص علل محیطی نابینایی و کم‌بینایی در کشور تاکنون تحقیق مدونی صورت نگرفته است. فقط کیفیت زندگی بیماران بالای ۵۰ سال قبل و بعد از عمل آب‌مروراید در روستاهای استان چهارمحال و بختیاری بررسی شده و نتایج نشان داده در حد قابل قبولی کیفیت زندگی بعد از عمل بهبود یافته است، ولی تحقیقات بسیاری در خارج از کشور این موضوع را مورد کنکاش قرار داده‌اند. برای مثال تحقیقات بروان و همکاران نشان داده قرار گرفتن در معرض مدام تشعشعات خورشیدی موجب بروز آب‌مروراید زیر کپسولی در ناحیه خلفی چشم می‌گردد. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین تغییرات در سطح حساسیت تشعشع بین بیماران و گروه کنترل وجود دارد (برون و

همکاران^۱، ۱۹۸۹: ۹۵۸) بررسی مقاومت در برابر تشعشعات فوق شدید UV و نایبایی خورشیدی ناشی از فوتوکاتدهای CsI و KBr نشان می‌دهد زاویه برخورد برای کاهش حساسیت به تشعشعات UV خیلی مهم نیست درحالی‌که تغییر در وزنی نور مرئی (برای مثال کاهش نایبایی خورشیدی) به زاویه برخورد بستگی دارد. افزایش حساسیت به نور مرئی می‌تواند توسط مجموع دوز جمع شده تعیین گردد و ارتباطی با جریان تابش در خلال فعالیت و طغیان تابش خورشید و انتشار حداکثر UV ندارد (ترمسین و سیگموند^۲، ۲۰۰۱: ۴۲۳).

تشعشع دارای دو اثر کوتاه مدت بلافاصله بعد از تشعشع و بلند مدت تقسیم می‌شود. تشعشع شدید خورشیدی با آستانه تشعشع ۲، ۱۰ و ۵۰ گری سه عارضه و مرض متفاوت با نام‌های اختلال در خون‌سازی^۳ مغز استخوان، مشکلات دستگاه گوارش^۴ و سندروم عروق مغزی^۵ بر بدن انسان دارد. دوزهای بالاتر علت ۵۰ درصد مرگ انسان ناشی از اختلال در خون‌سازی مغز استخوان است. عدم تکامل جنین، از دست دادن آبستنی، شیوع و گسترش نازایی و تخریب باروری و آب‌مروراید (کدروی کریستالی عدسی چشم) از علائم شناخته شده آن است. در افرادی که ۲ گری تشعشع دریافت می‌دارند ۱۰ درصد، با ۵ گری ۵۰ درصد و با ۱۰ گری دریافت تشعشع ۹۰ درصد مردم به بیماری کدروی عدسی مبتلا می‌شوند (ستورم^۶، ۲۰۰۳: ۴). قرارگیری در معرض تابش نور ماوراءبنفش خورشیدی (UVR) یکی از علل افزایش خطر ابتلا به آب‌مروراید است. تأثیرپذیری چشم از تشعشع خورشیدی به عوامل مختلفی، مانند شرایط جوی، میزان انعکاس نور از محیط، موقعیت جغرافیایی و موقعیت آناتومیک چشم بستگی دارد. نتایج تحقیقات نشان داده چشم‌های جوان آسیب‌پذیری بیشتری به تشعشعات فوق شدید دارند و ویتامین E موجب می‌شود چشم در برابر خطر ابتلا به بیماری آب‌مروراید مقاومت بیشتری داشته باشد. اگرچه راه حل ایمن و مؤثر برای بهبود بینایی عمل جراحی است اما در پیش گرفتن استراتژی برای پیشگیری اولیه می‌تواند میزان ابتلا به آب‌مروراید را به‌طور بالقوه کاهش دهد و از هزینه‌های عمل جراحی و مراقبت‌های بهداشتی کاست (میدلفورت^۷، ۲۰۰۵: ۶۴۴). بر اساس نتایج تحقیق میشل و همکاران کاهش تعداد روزهای ابرناکی و افزایش درخشندگی خورشید در برخی مناطق می‌تواند شرایط بینایی انسان‌ها را بشدت تحت تأثیر قرار دهد (مک میشل^۸، ۲۰۰۶: ۲۷). نرخ پذیرش آنافیلاکسی (ضعف سیستم ایمنی بدن و واکنش حاد حساسیت به یک عامل بیماری‌زا) در کودکان عرض‌های جغرافیایی بالا با کمترین میزان دریافت تابش خورشیدی به‌عنوان نماینده ویتامین D به بالاترین میزان می‌رسد.

1 Brown et al.

2 Trensins and Siegmund

3 hematopoietic

4 Gastrointestinal (GI)

5 Cerebrovascular (CV)

6 Strom

7 Midelfart

8 McMichael

درحالی که در عرض‌های جنوبی نرخ پذیرش آنافیلاکسی ممکن است ناشی از رژیم بد غذایی باشد. نتایج نقش احتمالی کمبود ویتامین D به‌عنوان علت اصلی در پذیرش بالای آنافیلاکسی در نواحی جنوب شیلی را ثابت کرد. اگرچه سایر تحقیقات افزایش بیماری آلرژی را به بالا بودن ویتامین D نسبت می‌دهند. باین‌حال افزایش تشعشع فوق شدید اثرات مستقل از ویتامین D بر عملکرد سیستم ایمنی بدن دارد (هایوس بچیلوگو^۱، ۲۰۱۴: ۳۴۲).

در ۹ و ۱۰ مارس ۲۰۰۹ در هیرو شیم، ژاپن سمینار بین‌المللی در مورد پرتوهای خورشید و شیوع آب‌مروراید توسط دکتر کازوئو نریشی سازماندهی و برگزار شد. عنوان سمینار تحقیقات بنیادین در خصوص اثرات تابش (RERF) بود که ۳۴ اپیدمیولوژیست، چشم‌پزشک و رادیوبیولوژیست شواهد موجود در مورد تابش و آب‌مروراید، بروز و آستانه پتانسیل دوز تابش را در انسان بررسی کردند که برخی نتایج به شرح زیر است. بلاکلی و همکاران^۲ (۲۰۱۰: ۷۱۷-۷۰۹) شرایط زیست‌شناختی و شیوع آب‌مروراید در ارتباط با تابش خورشید را بررسی کردند. نتایج تحقیقی که بر روی شیوع آب‌مروراید بر اساس اطلاعات NASA انجام شد مشخص ساخت خطر ابتلا فضاانوردان به آب‌مروراید بیشتر است. زیرا این افراد مدت‌زمان زیادی در معرض نور آفتاب هستند (چیلاک^۳، ۲۰۱۰: ۷۱۰). چودیک و همکاران^۴ متغیرهای مؤثر بر شیوع آب‌مروراید را که شامل در معرض تشعشع UV خورشیدی قرار گرفتن، چاقی، دیابت، فشارخون بالا و ورم مفاصل بود را اندازه گرفتند. نتایج نشان داد اشعه X خورشیدی بیشترین تأثیر را در بروز آب‌مروراید دارد. حتی در افرادی که به‌واسطه شغلی مجبور بودند در زمان طولانی‌تر در معرض دوز کمتر تشعشع X خورشیدی باشند، خطر ابتلا بالاتر است (چودیک و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۰۹).

در این پژوهش از نتایج و تجربیات تحقیقات کومار و همکاران^۵ (۱۹۹۷)، وانگ و همکاران^۶ (۲۰۰۲)، کمالی و همکاران (۲۰۰۶)، آلن و همکاران^۷ (۲۰۰۶)، شیمام و گراوال^۸ (۲۰۱۱: ۴۵)، باسونیان و همکاران^۹ (۲۰۱۲)، گراوال (۲۰۱۳) در اتخاذ روش مناسب برای برآورد تابش در سطح شیبدار استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع است که بین عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱

1 Hoyos-Bachilloglu

2 Blakely et al.

3 Chylack

4 Chodick et al.

5 Kumar et al.

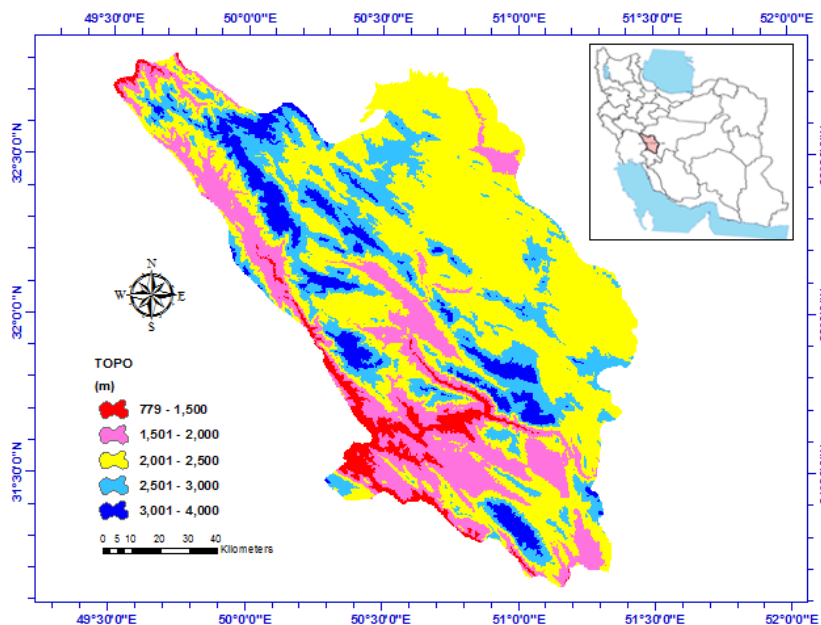
6 Wang et al.

7 Allen et al.

8 Shyam & Aggarwal

9 Bassuna et al.

درجه و ۲۵ دقیقه شرقی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ در استان چهارمحال و بختیاری ۱۰۴۸ روستا وجود دارد که داده‌ها تعداد مبتلایان به نایبایی در ۱۹۷ روستا از طرف اداره بهزیستی استان ارائه شد و در نهایت اطلاعات نایبایی و کم‌بینایی ۵۷ روستا برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفت.



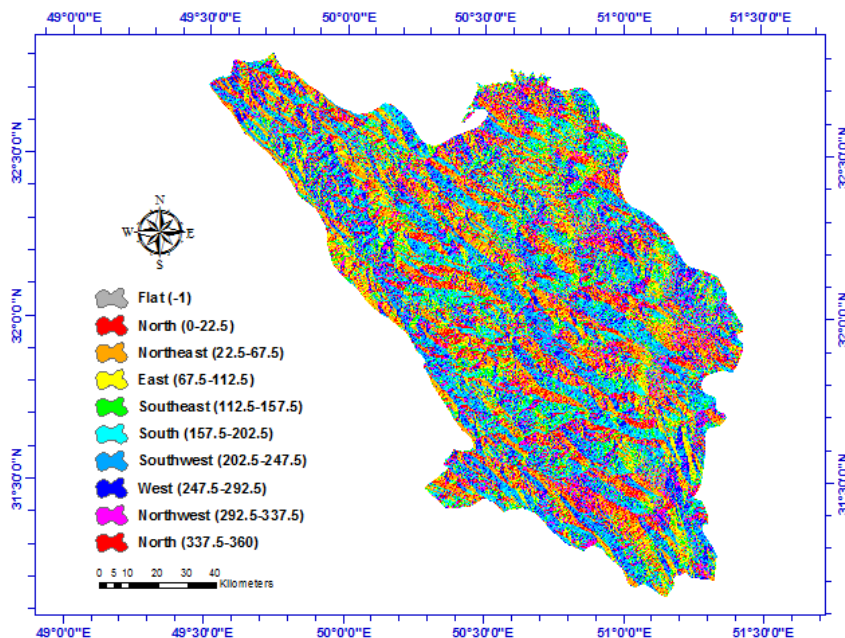
شکل ۱: موقعیت استان چهارمحال و بختیاری در کشور ایران

مواد و روش‌ها

انجام این پژوهش مبتنی بر استفاده از سه سری داده‌ها بود:

۱. داده‌های مربوط به میزان تابش و سایر عناصر اقلیمی مؤثر بر تابش از جمله؛ ساعات آفتابی، دما، رطوبت نسبی، ابرناکی در کلیه ایستگاه‌های استان چهارمحال و بختیاری. شدت تابش خورشید فقط در ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شهرکرد اندازه‌گیری می‌شود که مبنای برآورد تابش در سایر ایستگاه‌های استان قرار گرفت. مقدار تابش در سایر ایستگاه‌های استان بر اساس روابط تجربی و ارتباط تابش با سایر عوامل اقلیمی برآورد شد.
۲. داده‌های مربوط به نایبایی و کم‌بینایی در ۱۸۹ نقطه روستایی استان چهارمحال و بختیاری که از مرکز مبارزه با بیماری‌های واگیر اداره کل بهزیستی استان چهارمحال و بختیاری تهیه شد. در مراکز روستایی استان تعداد ۹۰۰ نفر نایبنا وجود دارد. با توجه به نیاز به مطالعه موردی بر روی شرایط اقلیمی و فیزیوگرافی روستاها، نمونه مورد مطالعه در این پژوهش، روستاهایی با حداقل ۵ نفر نایبنا بود که فراوانی این روستاها ۵۷ عدد است. در این ۵۷ روستا تعداد ۵۵۵ نفر نایبنا وجود دارد؛ یعنی ۶۱/۷ درصد نایبناها در ۵۷ روستا یا ۳۰/۲ درصد روستاها هستند.

۳. فایل رقومی نقشه DEM استان چهارمحال و بختیاری در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ که مبنای سنجش مقدار و جهت شیب در محل روستاها و تخمین سایر پارامترهای اقلیمی قرار گرفت (شکل شماره ۲).



شکل ۲: نقشه شیب و جهت شیب استان چهارمحال و بختیاری

روش کار در این پژوهش چند مرحله بود که به ترتیب ذکر می‌کنیم:

مرحله نخست: با توجه به اینکه مقدار و شدت تابش خورشید فقط در ایستگاه سینوپتیک شهرکرد اندازه‌گیری می‌شود و هدف مطالعه بررسی وضعیت تابش در سطح روستاهای استان چهارمحال و بختیاری بود؛ لذا ابتدا با استفاده از روش‌های تخمین تابش بر اساس الف؛ معادله آنگستروم مبتنی بر ضریب روشنایی و ب: روابط تابش با سایر عناصر اقلیمی از جمله دما T ، رطوبت نسبی RH و مقدار ابرناکی CL ، اقدام به تخمین تابش در سطح ایستگاه‌های استان شد و سپس با استفاده از روش‌های میان‌یابی مقدار تابش در محل روستاها تعیین گردید.

مرحله دوم: تخمین تابش در محل روستاها؛ با توجه به اینکه مقدار تابش در محل روستاها به عوامل مورفولوژیکی از جمله شیب زمین و جهت شیب در محل روستا بستگی دارد؛ لذا به تخمین تابش بر اساس ویژگی‌های مورفولوژیکی زمین پرداخته شد. جهت تخمین مقدار تابش بر اساس شیب زمین روش‌های مختلفی ارائه شده است که در این پژوهش از روش دافی بکمن (۱۹۸۰) استفاده شد که رابطه آن به شکل زیر است.

$$\cos \theta = \cos \theta_z \cos \beta + \sin \theta_z \cos \beta \cos(\gamma_s - \gamma)$$

رابطه ۱

در این معادله:

θ زاویه برخورد تابش: زاویه بین پرتو تابش به سطح و خط برخورد نرمال

δ زاویه میل تابش خورشید

ϕ عرض جغرافیایی محل

β زاویه شیب

γ آزیموت سطح شیب، نسبت به جنوب صفر، در جه شرق منفی از 0° تا 180° - درجه و به سمت غرب مثبت از 0° تا 180° +

ω زاویه ساعتی خورشید، در صبح منفی و در بعدازظهر مثبت به ازاء هر ساعت 15° درجه.

γ_s جهت زاویه تابش خورشید، جنوب صفر، در جهت شرق منفی و از 0° تا 180° - درجه و به سمت غرب مثبت

که از 0° تا 180° + تغییر می کند.

همانطور که در رابطه ۱ و ۲ مشخص است برای محاسبه مقدار تابش تحت شرایط مورفولوژیکی روستا به زاویه

زیت یا سر سو پرتو تابش و نیز زاویه جهت تابش نیاز است و این زاویه تحت شرایط آبی خورشید در طول روز

قابل اندازه گیری و محاسبه است لذا باید مقدار تابش خورشید در ساعات معین روز محاسبه گردد. برای محاسبه تابش

خورشید در ساعت معین روز از رابطه ۳ بهره گیری شد.

$$r_t = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \omega_s}{180} \cos \omega_s} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه:

r_t نسبت تابش در هر ساعت از روز به تابش کلی روزانه است.

a و b ضرایب معادله هستند که از روابط ۴ و ۵ به دست می آیند.

$$a = 0409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \quad \text{رابطه ۴}$$

ω_s زاویه ساعتی غروب خورشید است که از رابطه ۶ به دست می آید:

$$\omega_s = -\frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} = -\tan \phi \tan \delta \quad \text{رابطه ۵}$$

سوم؛ تعیین مقدار شیب در محل روستاها: با توجه به اینکه مقدار شیب و جهت آن تأثیر قابل توجهی در دریافت

شدت تابش در سطح زمین دارد، مقدار و جهت شیب روستاها بر اساس نقشه توپوگرافی استان محاسبه شد. این کار

با استفاده از نقشه رستری مدل رقومی ارتفاع (DEM)^۱ و مدل رقومی ارتفاع در حالت برداری (شبکه نامنظم مثلث

بندی (TIN)^۱ در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ انجام شد. بر روی این نقشه کلیه نقاط استان با توان تفکیک ۲۵۰ متر در راستای محوره‌های x, y و ۱۰ متر در راستای محور z (ارتفاع) مشخص شده‌اند.

با توجه به اینکه در نیمکره شمالی حداکثر میزان تابش در دامنه‌های جنوبی بخصوص در فصل سرد سال دریافت می‌شود. برای بررسی روابط آماری جهت شیب با تابش و نایبایی حداکثر جهت شیب ۱۸۰ درجه جنوبی لحاظ شد که از جنوب به سمت شرق در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و از جنوب به سمت غرب در جهت عقربه‌های ساعت از میزان آن کاسته می‌شود. آزمون جهت شیب به‌طور طبیعی از جنوب به سمت شرق و شمال از میزان آن کاسته می‌شود و در شمال صفر می‌شود. جهت اعمال همین رویه در جهت غرب و شمال غرب در شیب‌های با آزمون جهت شیب بیش از ۱۸۰+ درجه از رابطه ۷ بهره گرفته شد:

$$D = 180 - (AZ - 180) \quad \text{رابطه ۷}$$

در این رابطه:

D: زاویه جهت شیب نسبت به جنوب و AZ: آزمون جهت شیب در شیب‌های بیشتر از ۱۸۰ درجه است

بحث و نتایج

بررسی وضعیت نایبایی در ارتباط با وضعیت فیزیوگرافی روستاها

همان‌طور که پیشتر ذکر شد در مراکز روستایی استان چهارمحال و بختیاری تعداد ۹۰۰ نفر نایبنا وجود دارد که تعداد ۵۴۷ نفر نایبنا در ۵۷ روستا ثبت شده است. از میان آنها روستای پردنجان با تعداد ۲۹ نفر، بالاترین تعداد نایبایی و کم‌بیینایی را دارد. بررسی تعداد نایبایی در هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت نشان می‌دهد، بالاترین شدت این مشکل در روستای شیخ علی خان است که ۴۹ در هزار نفر جمعیت، نایبنا در این روستا وجود دارد. روستای صمصامی با ۴۴ و بهشتی با ۲۸ در هزار در رده دوم و سوم قرار می‌گیرند. در مجموع بعد از این سه روستا، روستاهای رستم‌آباد با ۱۷، سرآقا سید ۱۸، کران ۲۱، فیل آباد ۲۰، اشکفتک ۱۷ و ده چشمه ۱۷ نفر و به ترتیب با ۱۵/۶، ۱۳/۲، ۵، ۴/۴، ۴/۲، ۳/۶ در هزار نفر، بالاترین شدت نایبایی را دارا هستند. در ۲۳ روستا، بالای ده در هزار نایبایی وجود دارد. در دو روستا بین ۵ تا ۱۰ نفر در هزار و در ۳۲ روستا بین ۱/۵ تا ۵ نفر در هزار نفر نایبایی مشاهده می‌شود.

از ۵۷ روستایی که تعداد نایبایی و کم‌بیینایی در آن بالای ۵ نفر است، تعداد ۲۴ یعنی حدود ۴۵/۶ درصد روستاها دارای جهت شیب بین ۱۳۵ تا ۲۲۵ درجه یعنی، جنوب شرق، جنوبی و جنوب غرب بوده‌اند (جدول ۱). تعداد نایبانیان در روستاهای با جهت‌های جنوب و جنوب شرق و جنوب غرب ۲۵۶ نفر (۴۶/۸ درصد)، در جهت‌های غربی و شرقی ۱۴۱ نفر (۲۵/۸ درصد) و جهت شمال، شمال غرب و شمال شرق ۱۵۰ نفر (۲۷/۴ درصد) بوده‌اند.

روابط همبستگی بین مقدار شیب و تعداد نایبایی در هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت معنادار و در سطح اطمینان ۹۹ درصد با ضریب همبستگی $R=0/373$ تأیید می‌شود. بر این اساس با افزایش شیب بر تعداد مبتلایان به نایبایی در استان چهارمحال و بختیاری افزوده می‌گردد. بررسی وضعیت شیب و جهت آن در روستاهای بالای ۵ نفر نایبایی نشان می‌دهد. روابط همبستگی بین جهت شیب نسبت به جنوب و مقدار تابش دریافتی در سطح شیب‌دار و درصد افزایش مقدار تابش دریافتی در سطح شیب‌دار به ترتیب با ضرایب همبستگی $R=0/795$ و $R=0/820$ در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شود. از میان روستاهای با شیب جنوب غربی، روستای سرآقاسید هم شیب زیادی دارد و هم جهت شیب جنوبی غربی است و هم تعداد آمار نایبایان و کم‌بینایان (۱۳/۲ در هزار) در این روستا بالا است. روستای شیخ علی خان نیز با بالاترین نرخ نایبایی (۴۹/۰۲ در هزار) نیز دارای شیب جنوب غربی و مقدار شیب ۱۴/۶ درجه است.

جدول ۱ فراوانی روستاها و تعداد نایبایان در هشت جهت اصلی و جهت متناسب با حداکثر تابش

جهت شیب	جنوب	جنوب شرق	جنوب غرب	شرق	غرب	شمال	شمال شرق	شمال غرب
فراوانی تعداد روستاها	۸	۷	۱۱	۱۰	۶	۸	۷	۰
فراوانی تجمعی تعداد روستاها در جهت‌های خاص	جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب			شرق و غرب		شمال و شمال شرق و شمال غرب		
	۲۶			۱۶		۱۵		
درصد فراوانی تجمعی تعداد روستاها در جهت‌های خاص	جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب			شرق و غرب		شمال و شمال شرق و شمال غرب		
	۴۵/۶			۲۸/۱		۲۶/۳		
جهت شیب	جنوب	جنوب شرق	جنوب غرب	شرق	غرب	شمال	شمال شرق	شمال غرب
فراوانی تعداد نایبایان	۸۹	۸۲	۸۵	۸۳	۵۸	۸۲	۶۸	۰
فراوانی تجمعی تعداد نایبایان در جهت‌های خاص	جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب			شرق و غرب		شمال و شمال شرق و شمال غرب		
	۲۵۶			۱۴۱		۱۵۰		
درصد فراوانی تجمعی تعداد نایبایان در جهت‌های خاص	جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب			شرق و غرب		شمال و شمال شرق و شمال غرب		
	۴۶/۸			۲۵/۸		۲۷/۴		

بررسی وضعیت ارتفاعی روستاها نشان می‌دهد همه روستاهای استان در ارتفاع بیش از ۱۱۷۰ متری قرار دارند و روستای شیخ علی خان با بالاترین نرخ نایبایی در ارتفاع ۲۴۹۹ متری از سطح دریا واقع شده است. از ۵۷ روستا تعداد ۳۰ روستا با ۳۳۳ نایبانا (۶۰ درصد) در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر، ۲۰ روستا با ۱۷۳ نفر نایبانا (۳۱/۲ درصد) در

ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر و فقط ۷ روستا با ۴۹ نفر نابینا (۸/۸ درصد) در ارتفاع ۱۵۰۰-۱۱۷۰ متری قرار دارند (جدول ۲). بین تعداد مبتلایان به نابینایی و ارتفاع روستاها رابطه همبستگی مثبت با $R=0/266$ در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود دارد. به این ترتیب با افزایش ارتفاع روستاها و کوتاه شدن ارتفاع جو، شدت تابش بخصوص تابش UV افزایش یافته، بر تعداد نابینایان افزوده می‌گردد. کوهستانی و مرتفع بودن روستاها باعث می‌گردد تعداد روزهای برفی افزایش یابد. به طوری که در ایستگاه‌های کوه‌رنگ با ارتفاع ۲۲۸۵ متر، شهرکرد (۲۰۴۸ متر)، بروجن (۲۱۹۷ متر) و لردگان (۱۵۸۰ متر) به ترتیب ۵۲، ۲۲، ۱۷ و ۸ روز توأم با ریزش برف است. با توجه اینکه ضریب آلودگی برف نسبت به امواج UV و مرئی ۹۰-۸۰٪ است (وارن و همکاران^۱، ۱۹۸۰: ۲۷۱۳) این عامل نیز می‌تواند در افزایش ابتلا به آب‌مروراید نقش داشته باشد.

جدول ۲ فراوانی تعداد روستاها و تعداد افراد دارای مشکل کم‌بینایی و نابینایی بر اساس ارتفاع

طبقه ارتفاعی	۱۵۰۰-۱۱۰۰	۲۰۰۰-۱۵۰۰	>۲۰۰۰
تعداد روستا	۷	۲۰	۳۰
درصد	۱۲/۳	۳۵/۱	۵۲/۶
تعداد نابینا	۴۹	۱۷۳	۳۳۳
درصد	۹	۳۱/۶	۵۹/۴

ارتباط تابش با عوامل اقلیمی در سطح روستاها

بررسی ضرایب همبستگی بین مقدار تابش دریافتی در سطح روستاها و عناصر اقلیمی دما و رطوبت نسبی نشان می‌دهد میزان تابش در سطح روستاها با دما رابطه مثبت و با رطوبت نسبی رابطه معکوس دارد که این روابط در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردد. باین حال ارتباط تابش در سطح افق با متوسط حداقل رطوبت نسبی ساعت ۱۲/۵ قوی‌تر است (جدول ۳). بر این اساس با افزایش رطوبت نسبی از شدت تابش کاسته می‌شود.

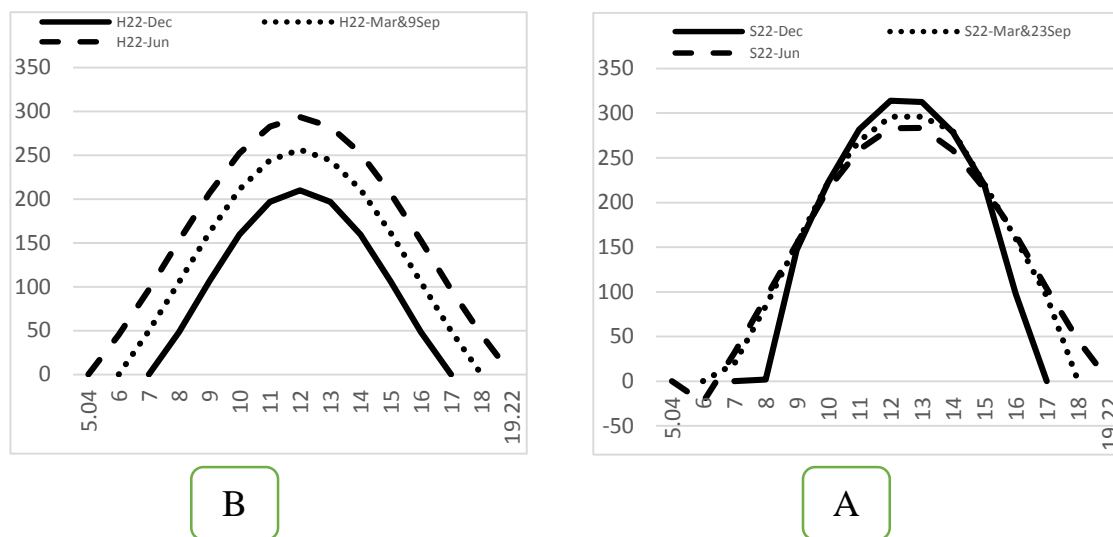
جدول ۳ ماتریس همبستگی بین عناصر اقلیمی و تابش در سطح روستاها

		متوسط حداکثر دما	متوسط دمای روزانه	متوسط حداقل رطوبت نسبی	متوسط رطوبت نسبی
تابش	ضریب همبستگی پیرسون ^۲	**۰/۴۰۶	**۰/۴۶۳	**۰/۸۳۴-	**۰/۷۹۰-
	سطح معناداری	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	تعداد	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷

1 Warren et al.

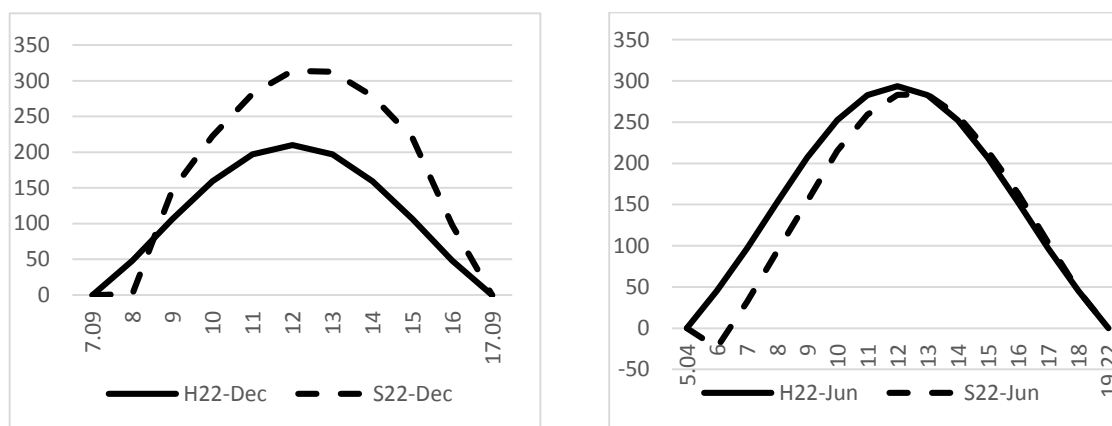
2 Pearson Correlation

جهت تعیین اثر شیب زمین بر میزان تابش و نایبایی، مقدار تابش بر رویه افقی و سطح شیبدار روستاها با هم مقایسه شد. با توجه به اینکه شدت تابش در سطح شیبدار به زاویه سرسوی^۱ خورشید در ساعت معین روز بستگی دارد از این رو مقدار تابش در روزهای خاصی از سال که زاویه تابش در ساعات مختلف روز حداکثر یا حداقل است با هم مقایسه شد. اگرچه بر اساس روش‌های میان‌یابی مقدار تابش در تمام روستاها با توجه به اثر عوامل اقلیمی بر مقدار تابش، در روز ۲۳ جولای و کمترین آن در روز ۲۲ دسامبر رخ داده است. ولی برای مقایسه اثر شرایط حداکثر و حداقل ارتفاع خورشید بر مقدار تابش، این مقادیر برای روزهای ۲۲ ژوئن و ۲۲ دسامبر و ۲۳ مارس محاسبه شده است. همچنین با توجه به محدودیت مقاله فقط وضعیت تابش در سطح شیبدار روستای سرآقاسید که هم شیب قابل توجهی دارد و روبه جنوب غرب است و هم دارای تعداد بالای نایبایی است برای نمونه ذکر می‌شود. مقایسه میزان تابش در سطح افقی (شکل ۳-B) و شیبدار (شکل ۳-A) نشان می‌دهد، در روز اول تابستان با بلندترین طول روز، مقدار تابش در سطح افقی بیشترین مقدار در سال است و بر عکس روز اول دی ماه، طول روز کوتاه‌ترین و کمترین میزان تابش را دریافت می‌کند. اما در سطح شیبدار (A) در روستای سرآقاسید با شیب ۲۵/۸ درجه، مقدار تابش در ظهر روز اول زمستان بیشتر از مقدار تابش در ظهر روز اول تابستان است و مقدار تابش در سطح شیبدار در روز اول دی ماه که ارتفاع خورشید کوتاه‌تر است افزایش بیشتری داشته است. در روز اول زمستان مقدار تابش ۵۳ درصد افزایش پیدا کرده و از ۱۲۳۱ وات بر متر مربع در روز به ۱۸۷۶ وات بر متر مربع در روز رسیده است. در صورتی که در روز اول تابستان از ۲۳۳۸ به ۲۱۰۷/۲ بر روی شیب کاهش یافته و عملاً مقدار تابش بر روی شیب ۱۱ درصد نسبت به مقدار تابش در سطح افق کاهش داشته است. به‌طور کلی به علت شیب ۲۵/۸ درجه‌ای روستای سرآقاسید، مقدار تابش ۱۹/۲ درصد در سال افزایش دارد.



شکل ۳ نمودار میزان تابش در سطح افقی (B) و شیبدار (A) در چهار روز سال در روستای سرآقاسید

در شکل ۴ میزان تابش بر روی سطح افقی و سطح شیبدار در روز اول تابستان و اول زمستان در روستای سرآقاسید با هم مقایسه شده است. در روز اول تیر میزان تابش در سطح شیبدار در صبح تا ظهر بسیار کمتر از مقدار تابش دریافتی در سطح افقی است و از ساعت ۱۳ به بعد، تابش در سطح شیبدار افزایش می‌یابد و میزان تابش دریافت شده در سطح شیبدار بیشتر از میزان تابش در سطح افقی است ولی اختلاف ناچیز می‌باشد. در روز اول دی میزان اختلاف بخصوص در ساعات ۱۳ و ۱۴ به حداکثر میزان خود می‌رسد. در روستای سر آقا سید با شیب $25/8$ درجه اختلاف تابش از سطح شیبدار به سطح افقی به شکل قابل قبولی به ۵۲ درصد افزایش می‌یابد. بررسی مجموع تابش دریافتی بر روی سطح افقی و شیبدار نشان می‌دهد به‌طور میانگین در سطح شیبدار مقدار تابش $19/2$ درصد بیشتر از مجموع تابش دریافتی در سطح افقی است. این میزان در روز اول دی ماه به ۵۲ درصد افزایش می‌یابد ولی در روز اول تیر مقدار تابش در سطح شیبدار ۱۱ درصد کمتر از سطح افقی است. بررسی نمودار شکل ۴ نشان می‌دهد از ساعت ۹ صبح مقدار تابش بر روی سطح شیبدار شروع به افزایش می‌کند و در ساعت ۱۴ و ۱۵ به حداکثر میزان اختلاف خود می‌رسد و از ساعت ۱۷ شروع به کاهش می‌نماید.

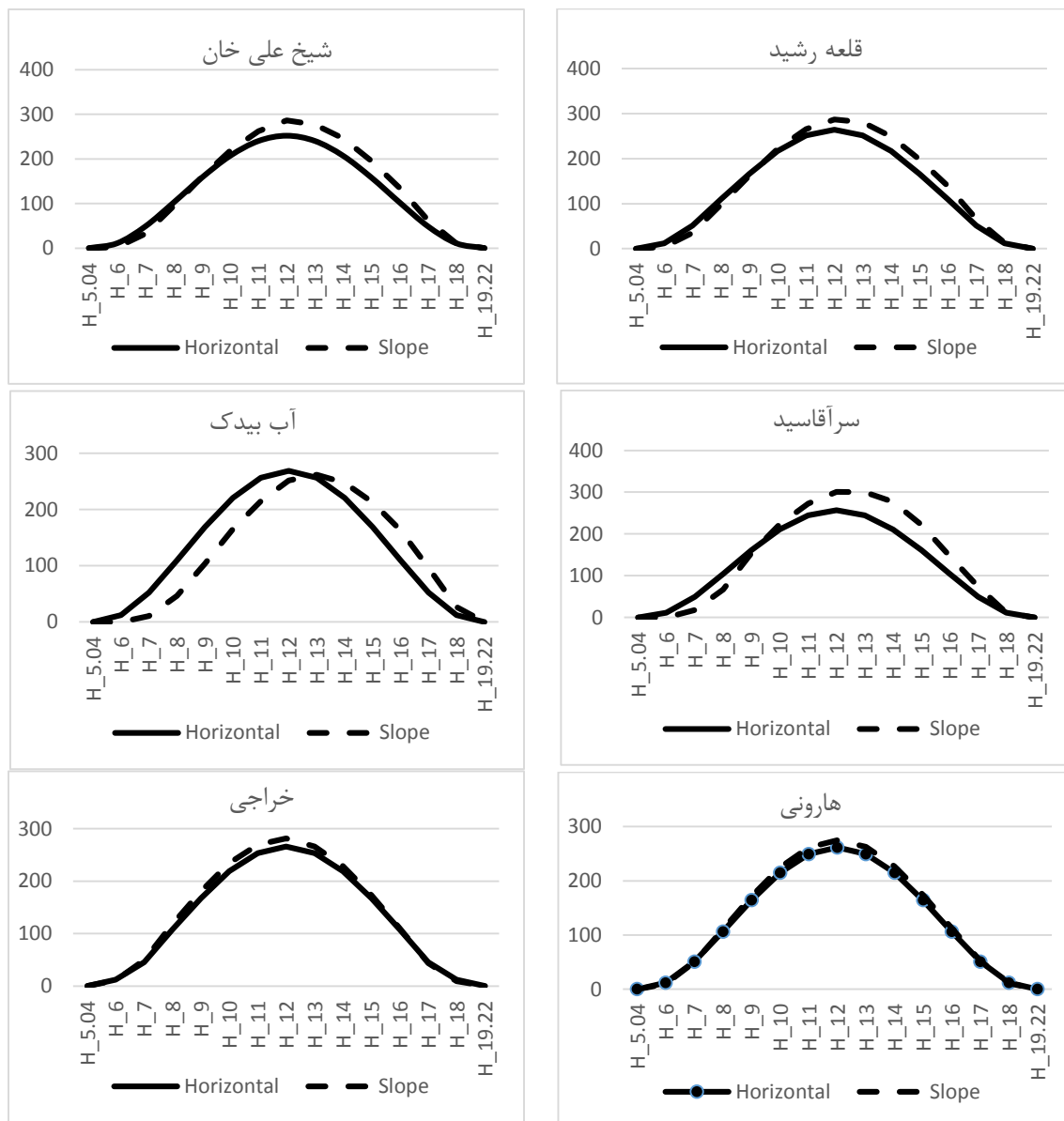


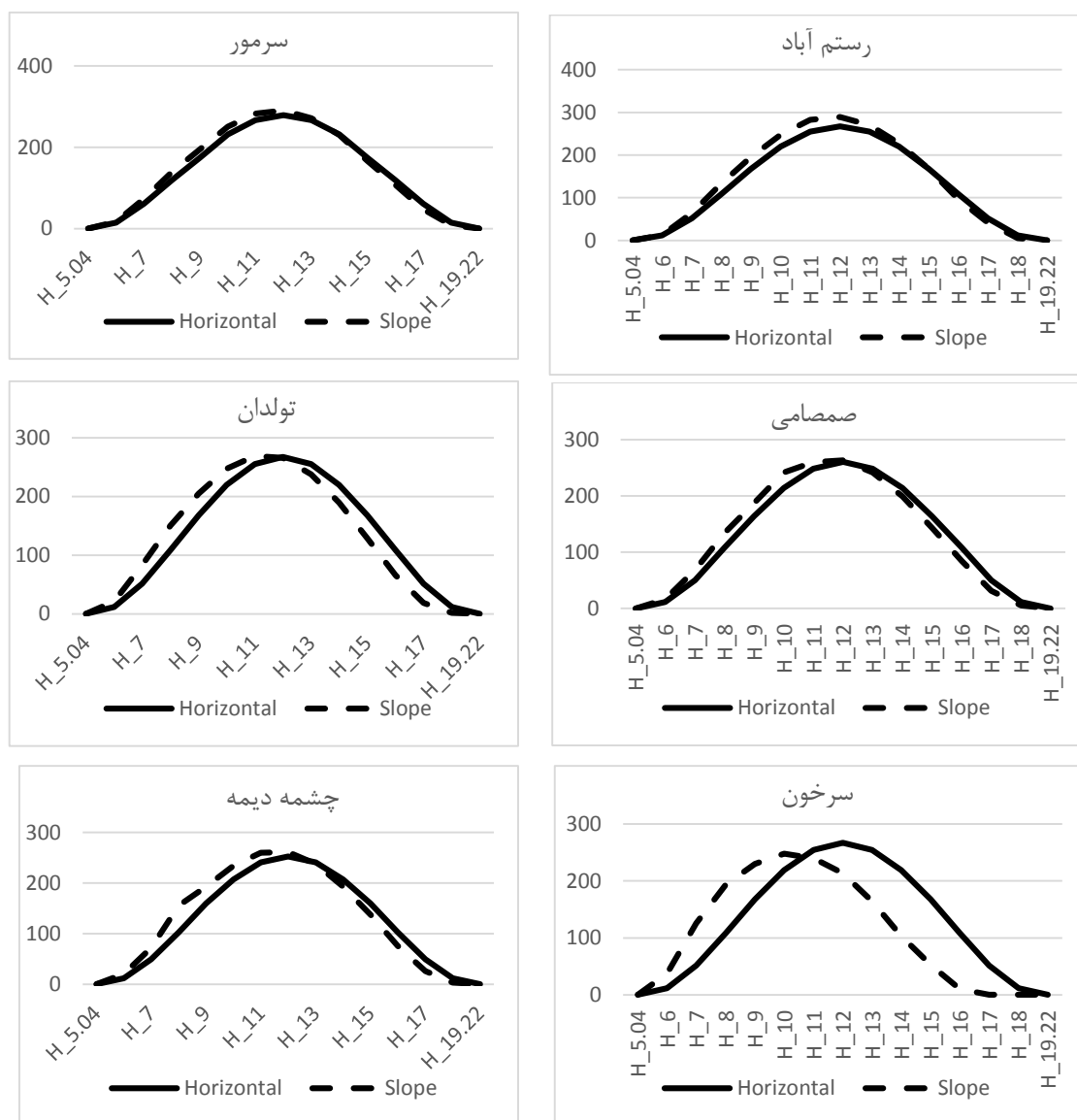
شکل ۴ نمودار مقایسه میزان تابش بر روی سطح افقی و سطح شیبدار ۲۵/۸ درجه در روز اول تابستان (سمت چپ) و اول زمستان (سمت راست) در روستای سرآقاسید

تغییرات میانگین سالانه تابش ساعتی در ساعات شبانه‌روز برای روستاهای نمونه با شیب‌های متفاوت و درصد نسبتاً بالای ابتلا به بیماری نابینایی در شکل ۵ نشان داده شده است. خط بریده بریده میزان تابش در سطح شیبدار و خط ممتد تابش در سطح افقی روستا را نشان می‌دهد. تغییر در جهت خطوط نمودار به علت آزیموت جهت شیب روستا است. درصد افزایش تابش در سطح شیبدار نسبت به سطح افقی با توجه به آزیموت شیب روستا تغییر می‌کند. در روستاهای با شیب بیشتر اختلاف بین خط بریده بریده و خط ممتد بیشتر است. در روستاهای با شیب جنوب غربی و غربی، افزایش تابش (میزان و شدت آن به شیب بستگی دارد) از ساعت ۱۲ تا غروب خورشید مشاهده می‌شود (روستاهای قلعه رشید، شیخ علی خان، سرآقاسید و آب بیدک). در حالی که در روستاهای با جهت شیب جنوب شرقی و شرقی، افزایش تابش بر روی سطح شیبدار از صبح تا ساعت ۱۲ ظهر مشاهده می‌شود (روستاهای دیمه، رستم‌آباد، سرمور، صمصامی، سرخون و تولدان). در روستاهای با شیب جنوبی، افزایش تابش روی سطح شیبدار، در حوالی ظهر مشاهده می‌گردد (روستای هارونی و خراجی). بیشترین درصد افزایش شدت تابش مربوط به شیب‌های رو به جنوب و جنوب غرب و جنوب شرق است و لذا ارتباط نزدیکی بین حداکثر شدن تابش و افزایش شیب و جهت شیب در محل روستاها وجود دارد.

روابط همبستگی بین جهت شیب نسبت به جنوب و مقدار تابش در سطح شیبدار و درصد افزایش مقدار تابش در سطح شیبدار به ترتیب $R=0.795$ و $R=0.820$ است که هر دو در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شود. در مجموع میزان تابش در سطح شیبدار ۳/۵ درصد نسبت به سطح افقی افزایش داشته است که از حداکثر ۱۳/۴ درصد در روستای سرآقاسید تا حداقل ۱۴/۵- درصد در روستای سرخون متفاوت بوده است. ضریب همبستگی بین مقدار تابش در سطح شیبدار و درصد افزایش تابش در سطح شیبدار $R=0.892$ و در سطح اطمینان ۹۹٪ تأیید

می‌گردد. ضریب همبستگی بین درصد افزایش مقدار تابش در سطح شیب‌دار روستاها و میزان ابتلا به بیماری ۰/۵۶۲ R= که در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید می‌گردد.





شکل ۴ متوسط میزان تابش در طول سال در بر روی سطح افقی (H) و سطح شیبدار (S) در روستاهای نمونه با شیب‌های متفاوت و درصد نسبتاً بالای ابتلا به نابینایی

نتیجه‌گیری

بر اساس تحقیقات صورت گرفته، تابش خورشید مقدار ابتلا به بیماری‌های چشم از جمله آب‌مروارید را افزایش می‌دهد؛ برای مثال (ترمسین و سیگموند، ۲۰۰۱) نشان دادند افزایش حساسیت به نور مرئی می‌تواند با افزایش طول مدت در معرض تشعشع، افزایش یابد و آب‌مروارید (کدری کریستالی عدسی چشم) از علائم شناخته شده تشعشع شدید خورشیدی است (ستورم، ۲۰۰۳). قرارگیری در معرض تابش نور ماوراءبنفش خورشیدی (UVR) یکی از علل افزایش خطر ابتلا به آب‌مروارید است. تأثیرپذیری چشم از تشعشع خورشیدی به عوامل مختلفی، مانند شرایط جوی، میزان انعکاس نور از محیط، موقعیت جغرافیایی و موقعیت آناتومیک چشم بستگی دارد (میدل‌فورت، ۲۰۰۵) و کاهش تعداد روزهای ابرناکی و افزایش درخشندگی خورشید در برخی مناطق می‌تواند شرایط بینایی انسان‌ها را بشدت تحت تأثیر قرار دهد (مک‌میشل، ۲۰۰۶). همچنین تحقیقات نشان داده تعداد مبتلایان به بیماری‌های چشمی و از جمله آب‌مروارید در مناطق روستایی استان چهارمحال و بختیاری بیشتر است (مباشری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷۰). بررسی این موضوع در روستاهای استان چهارمحال و بختیاری که مردمان آن از میزان بالای بیماران چشمی بخصوص آب‌مروارید رنج می‌برد نشان داد کوهستانی بودن استان و نیز ارتفاع زیاد روستاهای آن موجب حداکثر شدن تابش خورشید در سطوح شیب‌دار رو به جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق می‌شود که وجود برف در فصل زمستان، درخشندگی خورشید در سطح براق برف را افزایش داده، باعث افزایش ابتلا به بیماری‌های چشم می‌گردد. برای مثال در ایستگاه کوه‌رنگ به‌طور متوسط هر سال ۵۲ روز توأم با ریزش برف است. کما اینکه شدت تابش در شیب‌های روبه جنوب در زمستان افزایش بیشتری دارد. نتایج نشان داد ۴۵/۹ درصد جمعیت روستایی و ۴۲/۱ درصد روستاهای با ابتلای بالای آب‌مروارید در شیب‌های روبه جنوب و جنوب غرب و جنوب شرق قرار دارند. ارتباط معناداری بین مقدار شیب و جهت شیب به سمت جنوب با نرخ نایبایی وجود دارد. از این رو با افزایش مقدار شیب و تغییر جهت شیب به سمت جنوب، بر تعداد مبتلایان به نایبایی در روستاها افزوده می‌گردد. همچنین ارتباط معناداری بین افزایش ارتفاع روستاها و افزایش تعداد مبتلایان به نایبایی وجود دارد و بیشتر نایبایان (۶۰ درصد) در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر زندگی می‌کنند. زیرا با افزایش ارتفاع روستا، ارتفاع جو کوتاه‌تر و رقیق‌تر شده و شدت تابش بخصوص تابش UV افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج به دست آمده میزان تابش در سطح روستاها با دما رابطه مثبت و با رطوبت نسبی رابطه معکوس دارد و ارتباط تابش در سطح افق با متوسط حداقل رطوبت نسبی که در ساعت ۱۲/۵ قوی‌تر است. از این رو با افزایش رطوبت نسبی از شدت تابش کاسته می‌شود. بر این اساس می‌توان با کاشت درخت در محدوده و معابر روستا، رطوبت نسبی هوا بخصوص در میانه روز را افزایش داد و به این ترتیب از میزان درخشندگی خورشید کاست و میزان ابتلا به بیماری چشمی را کاهش داد. بررسی‌ها نشان داده در روستاهای نواحی کوهستانی سایت روستا در اراضی غیر

قابل کشت بنا می‌شود. این اراضی، بعضاً سنگلاخی بوده و برای کاشت درخت مناسب نیستند که می‌توان با تصمیم مناسب که با مطالعه بیشتر به دست می‌آید، نسبت به حل مشکل اقدام کرد.

تشکر و قدردانی

از م‌سئولین محترم اداره بهداشتی استان چهارمحال و بختیاری، بخصوص سرکار خانم دکتر ع‌سکری، معاون محترم مبارزه با بیماری‌های واگیر که داده‌های نابینایی در روستاهای استان را در اختیار قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

کتابنامه

- زالی، علیرضا؛ ۱۳۹۳. مصاحبه با رئیس‌کل سازمان نظام پزشکی کشور. سایت خبری www.tasnimnews.com
- عظیمی، عباس؛ ۱۳۹۵. مصاحبه با عضو هیات مدیره انجمن اپتومتری ایران. سایت خبرنگار علمی ایرنا www.irna.ir
- مباشری، محمود؛ بارونی، محسن؛ علیدوستی، معصومه؛ یوسفی، محمود؛ معمارزاده، سیدعزت‌الله؛ بهزادی، یوسف؛ ۱۳۹۲. مقایسه کیفیت زندگی بیماران بالای ۵۰ سال قبل و بعد از عمل جراحی آب‌مروارید در استان چهارمحال و بختیاری. مجله علمی- پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام. دوره ۲۱. شماره ۶. صص ۱۷۳-۱۶۷.
- محمدی، سید فرزاد؛ ۱۳۹۴. رئیس اداره پیشگیری از بیماری‌های چشم وزارت بهداشت. سایت خبری www.behdasht.gov.ir/news
- Aggarwal, R.K. (2013). Estimation of Total solar radiation on tilted surfaces. *Journal of Environmental Engineering and Technology*, 2(1), 4-6.
- Allen, R.G., Trezza, R., & Tasumi, M. (2006). Analytical integrated functions for daily solar radiation on slopes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 139, 55-73.
- Basunia, M.A., Yoshiob, H., & Abe, T. (2012). Simulation of Solar Radiation Incident on Horizontal and Inclined Surfaces. *TJER*, 9(2), 27-35.
- Blakely, E. (2010). Studies of the biological mechanisms of cataract induction by space radiation. *Meeting Report on Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Blakely, E.A., Kleiman, N.J., Neriishi, K.G., Chylack, L.T., Cucinotta, F.A., Minamoto, A., Nakashima, E., Kumagami, T., Kitaoka, T., Kanamoto, T., Kiuchi Y, Chang, P., Fujii, N., & Shore, R.E. (2010). *Radiation Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Brown, N.A.P., Shun-Shin, G.A., Lewis, P., Cramp, W.A., Arlett, C., Cole, J., Waugh, A.P.W., & Stephens, G. (1989). Relationship of cataract to radiation sensitivity. *British Journal of Ophthalmology*, 73, 955-959.
- Chandel, S.S. & Aggarwal, R.K. (2011). Estimation of Hourly Solar Radiation on Horizontal and Inclined Surfaces in Western Himalayas. *Smart Grid and Renewable Energy*, 2, 45-55.
- Chodick, G. (2010), The NCI Study of U.S. Radiologic Technologists. *Meeting Report on Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.

- Chylack, L.T. (2010). The NASA Study of Cataract in Astronauts (NASCA). *Meeting Report on Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Duffie, J.A., & Beckman, W.A. (1980). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Second Edition; New York: John Wiley & Sons.
- Hoyos-Bachilloglu, R., Morales, P.S., Cerda, J., Talesnik, E., Gonzalez, G., Camargo J.R.C.A., & Borzutzky, A. (2014). Higher latitude and lower solar radiation influence on anaphylaxis in Chilean children. *Pediatric Allergy and Immunology*, 25, 338-343.
- Kamali, Gh.A., Moradi, I., & Khalili, A. (2006). Estimating solar radiation on tilted surfaces with various orientations: a study case in Karaj (Iran). *Theoretical and Applied Climatology*, 84, 235-241.
- Kanamoto, T.A. (2010). Review of the numerous mechanisms and risk factors. *Meeting Report on Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Kumagami, T. (2010). A review of clinical epidemiology studies of radiation Cataract. *Meeting Report on Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Kumar, L., Skidmore, A.K., & Knowles, E. (1997). Modelling topographic variation in solar radiation in a GIS Environment. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(5), 475- 497.
- McMichael. A.J., Woodruff, R.E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*, 367, 859-69.
- Midelfart, A. (2005). Ultraviolet radiation and Cataract. *ACTA OPHTHALMOLOGICA SCANDINAVICA*, 83, 642-644.
- Nakashima, E. (2010). The RERF prevalence and incidence studies of cataract extraction surgery in the Adult Health Study of atomic bomb survivors. *Cataractogenesis: Epidemiology and Biology. Radiation Research*, 173(5), 709-717.
- Strom, D.J. (2003). Health Impacts from Acute Radiation Exposure. Report Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract. *Pacific Northwest National Laboratory: DE-AC06-76RL01830*.
- Tremsin, A.S., & Siegmund, O.H.W. (2001). UV radiation resistance and solar blindness of CsI and KBr photocathodes. *IEEE Transaction on Nuclear Science*, 48(3), 421-425.
- Wang, S., Chen, W., & Cihlar, J. (2002). New calculation methods of diurnal distribution of solar radiation and its interception by canopy over complex terrain. *Ecological Modelling*, 155(2), 1-30.
- Warren, J.W., & Warren, S.G. (1980). A Model For Spectral Albedo of Snow I: Pure Snow, *Journal of Atmospheric Sciences*, 37, 2712-2733.