

## روش برآورد ارتفاع خط برف مرز دائمی ایران و مقایسه آن با روش رایت

غلام‌حسن جعفری: استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران \*

وصول: ۱۳۹۰/۱۱/۱۸ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۲، صص ۹۹-۱۱۸

### چکیده

یکی از روش‌های متداول تعیین ارتفاع برف مرز دائمی کواترنر در بین محققین یخچالی ایران، روش رایت است. در این روش، پس از تشخیص تعداد و ارتفاع سیرک‌های یخچالی به کمک نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و محاسبه درصد تجمعی پراکندگی سیرک‌ها در ارتفاعات مختلف، ارتفاعی که ۶۰ درصد از سیرک‌ها بالاتر از آن هستند را به عنوان ارتفاع برف مرز دائمی و دمای صفر درجه سانتیگراد دوران یخچالی را به آن نسبت می‌دهند. این روش هر چند بسیار مطلوب و کاربردی است، ولی معمولاً تشخیص تعداد سیرک‌های یخچالی بر روی نقشه‌ی توپوگرافی و تعیین یک نقطه برای برآورد ارتفاع سیرک، به طرز تفکر و دقت محقق بستگی دارد. در این مقاله سعی شده است با استفاده از متغیرهای مؤثر بر ارتفاع برف مرز دائمی، مثل: عرض جغرافیایی، دما، مقدار و جهت شیب سطوح ارضی در ایستگاه‌های تابش سنج کشور، روابطی ارائه داد تا به کمک آن‌ها بتوان ارتفاع برف مرز دائمی را برآورد نمود. با توجه به اینکه مقدار انرژی دریافتی از خورشید در صورت مسطح بودن زمین تغییرات زیادی ندارد از ۱۶ ایستگاه اقلیمی برای کل ایران استفاده شده است. در صورتی که جهت و مقدار شیب به عنوان مهمترین پارامترهای اثرگذار در زاویه ارتفاع خورشیدی و در نتیجه انرژی دریافتی از خورشید، تغییرات زیادی دارد، سعی شده از روابطی استفاده کرد که بتوان بوسیله آن‌ها دما را با توجه به تغییر زاویه ارتفاع خورشید در جهات و شیب‌های مختلف برآورد نمود و سپس با استفاده از وضعیت دمایی و زاویه ارتفاع خورشید در ایستگاه‌ها و تغییرات زاویه ارتفاع خورشیدی در سطوح شیب دار با جهت‌های مختلف و دماهای حاصله رابط برقرار نمود و از این روابط برای برآورد ارتفاع برف مرز دائمی یا خط تعادل آب و یخ استفاده نمود. نتایج اولیه بیانگر این است که در روش ارائه شده فقط با استفاده از عرض جغرافیایی محل و جهت و مقدار شیب و طول جغرافیایی (برای تشخیص ایستگاه اقلیمی منطقه) براحتی می‌توان مقدار ارتفاع برف مرز دائمی را برآورد نمود و دیگر به روش‌های طولانی رایت و نقشه‌های توپوگرافی نیازی نیست.

واژه‌های کلیدی: روش رایت، سیرک، برف مرز دائمی، عرض جغرافیایی، یخچال کوهستانی.

## مقدمه

است (یمانی، ۱۳۸۶: ۱۲۷). مطالعات هاگه درن<sup>۱</sup> و همکاران در شیرکوه یزد حاکی از وجود توپوگرافی یخچالی قدیمی در این کوه (۴۲۰۰ متر ارتفاع) می باشد (میراحمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۵). نگارش (۱۳۷۷) حد برف های دائمی کواترنر در شمال ایران را با توجه به ارقام متفاوتی که ارائه شده است در حدود ۳۶۰۰ متر می داند (نگارش و خسروی، ۱۳۷۷: ۱۴۷). به نظر می رسد پایین ترین ارتفاع شناخته شده برای سیرک های یخچالی حدود ۱۶۰۰ تا ۱۷۰۰ متری سطح دریا باشد (زمردیان، ۱۳۸۱، ۴۱).

در جنوب غرب ازنا در اشتران کوه، راییت یخرفت های یخچالی جبهه شمالی را در دره های کوچک تا ارتفاع ۲۶۰۰ متر مشاهده کرده است (رامشت و همکار، ۱۳۸۳: ۱۲۲). در کوه های تالش، یخرفت های که در شرق و غرب قله باغروور (بکروداغ) وجود داشته، زمین های زیادی را پوشانده و در دره کرگانرود تا ارتفاع ۱۲۰۰ پایین آمده است (طاحونی، ۱۳۸۳: ۳۲). در جنوب غرب رشت، در دره ماسوله، یک یخچال دره ای مهم وجود داشته که یخرفت های آن در وورم اخیر تا ارتفاع ۴۰۰ متری دریا پائین آمده است. به نوشته پدramی یخچال دره ای بزرگ کرج ۹۰ کیلومتر طول داشته و تا محل شهر فعلی کرج گسترش یافته بود، در بخش میانی و پائینی این یخچال ضخامت یخ به ۱۵۰ متر می رسید. در وورم قدیم یخچال دره ای جاجرود نیز تا ارتفاع ۱۴۰۰ متر پائین آمده است. پدramی (۱۹۸۲) از

در شرایط کنونی هر چند که امکان تشکیل یخچال در بسیاری از ارتفاعات ایران فراهم نیست ولی باید اذعان نمود که بهره برداری از پتانسیل های آب و خاک بدون در نظر گرفتن فرایندهای اقلیمی دوران چهارم غیر ممکن است. از همین رو متخصصان علوم زمین، بخصوص در دو دهه اخیر، سعی زیادی نموده اند که ارتفاع برف مرز و خط تعادل آب و یخ کواترنر ایران را هر چه دقیق تر برآورد نمایند تا بتوانند در ارئه طرح های آمایش سرزمین موفق تر عمل نمایند.

ارتفاع برف مرز کواترنر از جمله مباحث مهم علوم زمین از اواخر قرن نوزدهم تا کنون بوده است. ژاک دومرگان<sup>۱</sup> در سال ۱۸۹۰ در توصیف از وضع طبیعی لرستان از سیرک یخچالی قدیمی اشتران کوه در ارتفاع ۳۸۰۰ متر و سیرک دیگر در قلیان کوه در ارتفاع ۲۴۴۰ متر نام برده است، همچنین در جنوب غرب ازنا، راییت<sup>۲</sup> سیرک یخچالی جبهه شمالی را در ۳۰۰۰ متر مشاهده کرده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۶). دزیو<sup>۳</sup> در سال ۱۹۳۳ در منطقه زردکوه ضمن خبر دادن از وجود چندین یخچال کوچک فعلی به آثار یخبندان های گسترده قدیمی اشاره کرده است. کریستف پروی<sup>۴</sup> (۱۹۸۰) حد پائین تر زیانه یخچالی را در زردکوه در حداکثر گسترش، در ارتفاع ۳۲۰۰ متری از سطح دریا برآورد کرده

<sup>1</sup> - De Morgan

<sup>2</sup> - Write

<sup>3</sup> - Dezio

<sup>4</sup> -Christoph preu

<sup>5</sup> -Hagedorn

۳۵۰۰ متر (هاگه درن) ۳۷۰۰ متر (درش) ۳۸۰۰ متر (گرونر)<sup>۱</sup> و ۴۰۰۰ متر (شوایتزر)<sup>۲</sup> ارائه داده اند (محمودی، ۱۳۶۷: ۱۲). ۳- گروه سوم کسانی بوده اند که به دره ها، یخ رفت ها یا مورن های یخچالی در مقیاس های متفاوت توجه کرده اند.

روش ارائه شده در این مقاله، ارتفاع برف مرز دائمی را با توجه به اثر زاویه ارتفاع خورشیدی بر مقدار انرژی دریافتی و دمای مکان، برآورد می نماید. لازم به ذکر است، ارائه این روش به معنی نادیده گرفتن مسائل زمین شناسی و سایر عواملی که منجر به تعادل و تفاوت های دمایی می شوند، نیست. برای بررسی میزان اثر گذاری زاویه ارتفاع خورشیدی بر ارتفاع برف مرز دائمی، از مطالعه موردی کوه سفید اقلید با قله ی ۳۹۶۵ متری بل در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه شمالی و طول ۵۲ درجه شرقی و شیرکوه یزد با ارتفاع ۴۰۵۰ متر در ۳۲ درجه شمالی و ۵۳ درجه شرقی، در دو جهت غالب شمال غرب و جنوب شرق این کوه با توجه به مقدار شیب، استفاده شده است.

داده ها و روش شناسی

برای تشخیص ارتفاع برف مرز دائمی و یا ارتفاع خط تعادل آب و یخ، با توجه به خطوط هم دمای ارائه شده از طرف محققین (ارتفاع دمای صفر درجه سانتیگراد برای برف مرز و پنج درجه سانتیگراد برای خط تعادل آب و یخ) لازم است تفاوت دریافت انرژی و در نتیجه تفاوت دمایی ایجاد شده در سطوح شیب دار با جهات مختلف

آثار یک یخچال دره ای در جنوب کاشان (یخچال ڈرّه) بحث می کند که یخرفت های جانبی آن به خوبی حفظ شده است. در اطراف آریابا در منطقه بانه یخچال بروژکن، یخچال رشید چال و یخچال چناره، در مریوان یخچال های بیکوس، آبخورده و کوپر حدود ۱۵ الی ۲۱ کیلومتری جنوب شرق شهر مرزی خانه از یخچال های معروف این بخش می باشد (اصغری مقدم، ۱۳۸۳: ۱۲۵).

از مطالب بالا بر می آید که هر چند آثار مرفولوژیکی یخبندان های کواترنر در ایران حداقل از اواخر قرن ۱۹ شناخته شده بود (رامشت، ۱۳۸۱: ۱۴). ولی برای مشخص کردن ارتفاع برف مرز دائمی از روش های مختلفی استفاده شده است. از جمله: ۱- نصف ارتفاع که در آن میانگین ارتفاع سطح یخچال کنونی حد برفی دائم محسوب می شود (کوروسکی<sup>۳</sup> نقل از هوم لوم<sup>۴</sup>، ۱۹۸۸). ۲- گروهی از محققین یخچال شناسی برای ارتفاع برف مرز کواترنر، ارتفاعی را پیش نهاد داده اند که گویا با اولین نشانه ها و آثار فرایندهای یخچالی قابل مشاهده، در مقیاس بزرگ، انطباق بیشتری داشته است تا ارتفاع برف مرز دائمی. شاید هم آن ها در پی بیان مشاهده ی آثار فرایندهای یخچالی در آن ارتفاع بوده اند. با توجه به این دیدگاه برف مرز های مطرح شده برای البرز ۳۴۰۰ متر (بوبک)<sup>۳</sup> و ۳۶۰۰ متر (درش)<sup>۴</sup> و در ایرن مرکزی ۳۲۰۰ متر (کهیل)<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> -kerovosky

<sup>۲</sup> - Homelom

<sup>۳</sup> -H.Bobek

<sup>۴</sup> -deresh

<sup>۵</sup> -Kuhle

<sup>۶</sup> - Groter

<sup>۷</sup> -Schweitzer

را مشخص کرد. دما، برآیندی از عوامل مختلف از جمله میزان انرژی دریافتی از خورشید است که انرژی دریافتی به عوامل مختلفی از جمله زاویه ارتفاع خورشید و مقدار انرژی رسیده به واحد سطح بستگی دارد. بدین منظور ابتدا لازم است که زاویه ارتفاع خورشیدی را در شیب‌های متفاوت برآورد نماییم. سپس به بررسی میزان انرژی دریافتی از خورشید در ایران با توجه به وضعیت متفاوت سطوح ارضی از نظر شیب، جهت شیب و زاویه ارتفاع خورشیدی پرداخته شده است. در مراحل بعد ابتدا متوسط شیب سطوح ارضی که امکان تشکیل یا ورود یخچال‌های کوهستانی را داشته‌اند، برآورد گشته و ارتفاع برف مرز و خط تعادل آب و یخ کواترنر و کنونی با توجه به قلیل مرتفع و جهت شیب سطوح ارضی ناشی از آن‌ها برآورد شده است.

#### الف) برآورد زاویه تابش در سطوح شیبدار

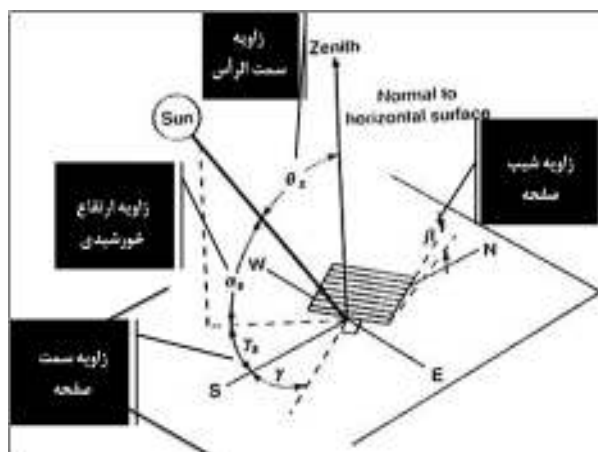
برای برآورد زاویه ارتفاع خورشید در سطوح شیب‌دار فرمول‌های متعددی ارائه شده است. در اینجا با استفاده از یکی از فرمول‌های تجربی که فاکتورهای فوق را مد نظر قرار داده و برنامه نویسی در محیط ++C، ابتدا متوسط روزانه و سپس متوسط ماهانه زاویه ارتفاع خورشید را در سطوح شیب‌دار مختلف (از صفر تا ۹۰ درجه) در (رابطه ۱)

۱۶ جهت اصلی و فرعی و در تمامی عرض‌های جغرافیایی ایران (از ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی) برآورد شده است. سپس با استفاده از ارقام برآوردی، روابط بین زاویه شیب زمین با زاویه ارتفاع خورشیدی بر حسب درجه، در ماه‌ها و عرض‌های جغرافیایی مختلف ایران و در جهات مختلف، محاسبه شده است. سپس این روابط را به روابط بین دما با زاویه شیب تبدیل کرده که به کمک آن‌ها می‌توان در هر شیب و جهتی، ارتفاع دمای مورد نظر را برآورد نمود. البته از فاکتور طول جغرافیایی، برای مشخص کردن ایستگاه مبدأ محاسبه‌ی دما در ارتفاعات مختلف ایران زمین به طور غیر مستقیم استفاده شده است (معیری و همکاران، ۱۳۸۹: ۲). پیش فرض این روش در نظر گرفتن ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کاهش دمای کواترنر نسبت به دمای کنونی است (جعفری، ۱۳۸۸: ۱۴۴).

در اثر برخورد انرژی خورشید با سطح زمین زوایای متعددی حاصل می‌شود که زاویه ارتفاع خورشیدی، زاویه تابش و زاویه سمت الرأس از آن جمله‌اند (شکل ۱).

مقدار زاویه ارتفاع خورشیدی در سطوح شیب‌دار از رابطه (۱) برآورد می‌گردد (Joe Michal, sky, 1988: 90).

$$\cos \theta = \sin \sigma \sin \varphi \cos \beta - \sin \sigma \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma + \cos \sigma \cos \varphi \cos \beta \cos \omega + \cos \sigma \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \sin \omega + \cos \sigma \sin \beta \sin \gamma \sin \omega$$



شکل (۱) زوایای خورشیدی (http://www.architecture.uwaterloo.ca)

$$\delta = 23/45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right)$$

در رابطه (۲)  $n$  شماره روز سال است. در محاسبات سالانه ی  $\delta$  از روز متوسط هر ماه، یعنی روزی که زاویه ی میل خورشید در سطح خارجی جو، نزدیک ترین مقدار را به متوسط ماهانه داشته باشد، استفاده شده است (آزاد و همکاران، ۱۳۶۶: ۱۲).

$\gamma$  زاویه سمت صفحه: یا زاویه سطح شیب دار، زاویه افقی است که به وسیله خطی عمود بر زمین و محور شمال و جنوب ایجاد می شود (واتسن و لب، ۱۳۷۲: ۴۵). در نیمکره شمالی هنگامی که  $\gamma = 0$  باشد، صفحه کاملاً به سمت جنوب بوده و زمانی که صفحه به طرف شرق جنوب باشد،  $\gamma$  منفی و هنگامی که به سمت غرب جنوب باشد،  $\gamma$  مثبت است. این زاویه بین  $180^\circ$  درجه مثبت و منفی متغیر است. جهت شیب سطوح ارضی، در یک مقیاس  $360^\circ$  می تواند تا بی نهایت متغیر باشد. در این مقاله ۱۶ جهت: شمال، شمال شمال شرق، شمال شرقی، شرق، شمال شرق، شرق، شرق جنوب شرقی، جنوب

$\theta$  زاویه تابش خورشید: زاویه بین راستای تابش مستقیم خورشید و راستای عمود بر صفحه افق، متمم زاویه ارتفاع خورشید است.

$\beta$  زاویه شیب: زاویه ای است بین سطح صفحه مورد نظر و سطح افق.

$\delta$  زاویه میل یا انحراف خورشیدی؛ موقعیت زاویه خورشید در ظهر خورشیدی نسبت به صفحه استوا می باشد. میل خورشید در یک سال تقریباً به صورت سینوسی تغییر می کند. در اول بهار و اول پاییز، میل خورشید برابر صفر می گردد. این وضعیتها به ترتیب اعتدال بهاری و اعتدال پاییزی نامیده می شوند. در اول تابستان به مقدار ماکزیمم  $27^\circ 23'$  و در اول زمستان به مقدار کمینه  $27^\circ 23' -$  می رسد. این وضعیتها به ترتیب انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی نام دارند. (نقیسی و دیگران، ۱۳۸۳: ۱۹۶). جهت محاسبه زاویه انحراف از رابطه کوپر (۱۹۶۰) (رابطه ۲) استفاده شده است (عسکری و همکار، ۱۳۸۴: ۲۴):

(رابطه ۲)

دقیقه و ۸/۴ ثانیه در اول تیرماه و کوتاه‌ترین روز ۹ ساعت و ۳۸ دقیقه و ۲/۶۷ ثانیه در اول دی ماه در شمالی‌ترین عرض جغرافیایی ایران (ماکو) به دست آمده‌است (رضایی، ۱۳۸۰، ۸۱) با توجه به این تفاوت، برای محاسبه دقیق تر  $X$ ، به گونه‌ای برنامه نویسی شد که درعین حالی که طولانی‌ترین روز را در برگیرد، بتواند ساعاتی که تابش مستقیم خورشید در محلی وجود ندارند را در نتیجه گیری حذف نماید. برای برآورد  $\cos \theta$  در رابطه (۱)، اعداد به طور مرتب بین ۱۰۵ - تا ۱۳۵ با فاصله ۴، تغییر و جایگزین  $\omega$  گردیده‌است (دوران زمین هر ۴ دقیقه یک درجه‌است، این تغییر، امکان برآورد زاویه ارتفاع خورشیدی را در هر چهار دقیقه فراهم می‌سازد). در صورتی که منطقه‌ای هنوز در معرض تابش مستقیم خورشید قرار نگرفته باشد، زاویه ارتفاع خورشیدی از صفر کمتر و منفی می‌شود و رقم برآورد شده، از داده‌ها خارج شده و تأثیری در محاسبه میانگین ماهانه زاویه ارتفاع خورشیدی ندارد. البته برای صفحات افقی ( $\beta=0$ ) رابطه (۱) به صورت رابطه (۴) ساده می‌شود:

رابطه (۴)

$$\cos \theta = \cos \sigma \cos \varphi \cos \omega + \sin \sigma \sin \varphi$$

پس از به دست آمدن  $\cos \theta$  و مشخص کردن  $\text{anti } \cos \theta$ ، و کسر ۹۰ درجه از آن، زاویه ارتفاع خورشیدی ( $\alpha$ ) برآورد می‌گردد. زاویه سمت الرأس با زاویه ارتفاع خورشید متمم یکدیگرند. یعنی مجموع آن‌ها ( $\alpha + \theta$ ) ۹۰ درجه می‌شود. سپس مقدار میانگین انرژی دریافتی از خورشید بر تراز افقی سطح زمین در طول سال

شرقی، جنوب جنوب شرقی، جنوب، جنوب جنوب غربی، جنوب غربی، غرب جنوب غربی، غرب، غرب شمال غربی، شمال غربی و شمال میانگین زاویه تابش ماهانه در هر جهت و در هر درجه شیب برآورد گردید.

(۵) زاویه ساعتی خورشید، مقدار زاویه یا کمانی است که خورشید از رصد قبلی خود در نصف النهار محل، بر حسب زمان طی کرده‌است. چون این ساعت به زمان بستگی دارد، معمولاً واحد آن را بر حسب واحد زمان یعنی ساعت، دقیقه و ثانیه در نظر می‌گیرند. هر یک ساعت معادل ۱۵ و هر درجه معادل تقریباً ۴ دقیقه‌ی زمانی است. در مورد خورشید، مبنای مقایسه معمولاً ظهر خورشیدی است. مثلاً ساعت یک بعد از ظهر خورشیدی، معادل ۱۵ درجه و ساعت ۲ بعد از ظهر برابر ۳۰ درجه است. به همین ترتیب ساعت ۱۱ صبح خورشیدی که یک ساعت قبل از ظهر خورشیدی است نیز برابر ۱۵ درجه و ساعت ۱۰ صبح، برابر ۳۰ درجه است. پس برای قبل از ظهر خورشیدی، منفی و برای بعد از ظهر مثبت است و از رابطه (۳) بدست می‌آید.

رابطه (۳)

$$\omega = (X-12) 15$$

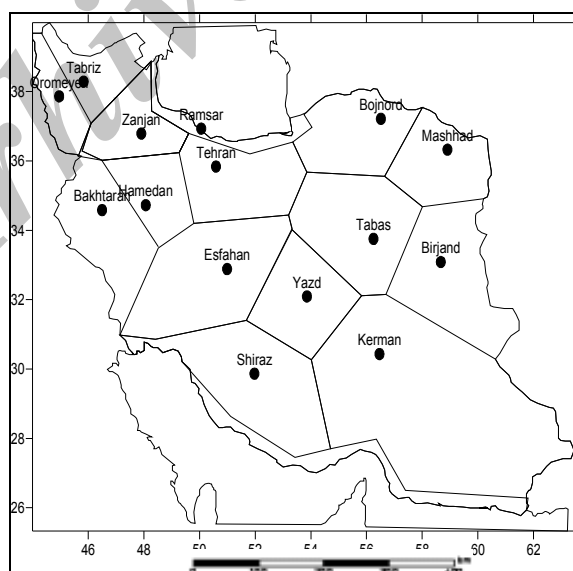
$X$  ساعت مورد نظر و عدد ثابت ۱۲، در واقع ساعت ظهر خورشیدی است. مبنای عدد ۱۵، دوران هر ۱۵ درجه زمین در یک ساعت است. بررسی اجمالی در ارتباط با طول و عرض جغرافیایی هر نقطه از ایران و طول روز آن نشان می‌دهد که طولانی‌ترین روز ۱۴ ساعت ۳۵

توجه به این موضوع و وجود ۱۶ ایستگاه تابش سنج در کشور و رسم عمود منصف خط رابط بین یک شبکه دو ایستگاهی، گستره ایران به ۱۶ منطقه تقسیم گردید (خلیلی، ۱۳۷۶: ۲۸). با توجه به این که در دوره کوتاه‌تری، اقلیم منطقه شمال، تحت تأثیر اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه بوده تا دریای خزر (طاحونی، ۱۳۸۳) و همچنین به دلیل وجود دو منطقه آب و هوایی متفاوت در شمال ایران، برای بررسی دقیق تر مقدار انرژی دریافتی، در دامنه های شمالی البرز از اطلاعات اقلیمی ایستگاه تهران استفاده شده است. البته در برآوردها، اطلاعات اقلیمی ایستگاه رامسر در مناطق ساحلی خزر، عمومیت بیشتری دارد و می تواند در بسیاری از بررسی های مربوط به دریافت انرژی دامنه های شمالی، مورد ارزیابی قرار گیرد (خلیلی، ۱۳۷۶: ۲۸). با توجه به عدم وجود قله مرتفع، از بررسی مناطق ساحلی خلیج فارس و دریای عمان صرف نظر شده است (شکل ۲).

(بر حسب کالری در دقیقه بر سانتیمتر مربع در روز) بر کسینوس زاویه ارتفاع خورشیدی سالانه ( $\cos\theta$ ) سطح افق تقسیم گردید. از تقسیم عدد حاصله بر تعداد دقیق هر شبانه روز (۱۴۴۰) میانگین سالانه انرژی دریافتی در سانتی متر مربع در دقیقه برای هر ایستگاهی در سطح زمین محاسبه شد.

#### ب) بررسی میزان انرژی دریافتی از خورشید در ایران

برای بررسی میزان انرژی دریافتی از خورشید، در سرزمین ایران از پهنه بندی خلیلی (۱۳۷۶) طی دوره شاخص (۹۱-۱۹۶۶) استفاده شده است. تغییرات مکانی تابش دریافتی از خورشید در مقایسه با برخی از عوامل هواشناسی نظیر بارندگی چندان زیاد نیست و صرف نظر از شرایط خرد اقلیمی، یک ایستگاه تا فاصله بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر، می تواند معرف شرایط تابش منطقه محسوب گردد (آرلری و همکاران، ۱۹۷۲). با



شکل (۲) پهنه بندی ایران از نظر برآورد انرژی دریافتی از خورشید

$$W = \frac{542/3}{514708} = 1053/61 \text{ cal/cm}^2/\text{day}$$

$$W = \frac{1053/61}{1440} = 0/732 \text{ cal/cm}^2/\text{Mi}$$

میانگین سالانه انرژی دریافتی هر سانتی متر مربع در دقیقه این عرض جغرافیایی، ۰/۷۳۲ کالری است. میزان انرژی دریافتی در هر شیب و جهتی در سطوح ارضی شیب دار از رابطه (۶) بدست می آید:

$$\text{رابطه (۶)} \quad \left( \cos \theta \right) \times \left( \text{میانگین سالانه انرژی دریافتی از محور رسید} \right) / \cos \theta$$

کالری برآورد شده از رابطه (۶) می توان دما را برآورد نمود. حال می توان بین دما و انرژی و یا بین دما و شیب رابطه برقرار نمود (جداول ۱ و ۲).

جدول (۱) روابط انرژی و دما در ایستگاه های انتخابی

نام ایستگاه	رابطه دما با انرژی در هر ایستگاه	ضریب همبستگی	نام ایستگاه	رابطه دما با انرژی در هر ایستگاه	ضریب همبستگی
اهواز	$e^{-1/933+0.647T}$	۰/۹۲۷	شیراز	$e^{-9/317+0.5775T}$	۰/۹۱۵۷
باختران	$e^{10/4584+0.633T}$	۰/۸۹۹	طبرس	$e^{-5/965+0.636T}$	۰/۹۵۴
بیرجند	$e^{-10/142+0.58T}$	۰/۹۵۵	تبریز	$e^{-9/3146+0.465T}$	۰/۹۳
بجنورد	$e^{-8/533+0.597T}$	۰/۹۳۳	تهران	$e^{7/59+0.613T}$	۰/۹۲۹
اصفهان	$e^{-10/525+0.5946T}$	۰/۹۲۳	زنجان	$e^{-11/918+0.5818T}$	۰/۹۰۲
همدان	$e^{-12/326+0.63T}$	۰/۹۲۶	یزد	$e^{-7/3408+0.4827T}$	۰/۹۷۵
کرمان	$e^{11/57+0.64T}$	۰/۹۶۷	ارومیه	$e^{-9/3092+0.464T}$	۰/۹۲۸
مشهد	$e^{7/822+0.6T}$	۰/۹۵۶			

برآورد میانگین شیب سطوح ارضی که احتمال تشکیل یخچال های کواترنری در آن ها وجود دارد، از جدول وضعیت شیب ایران که بر اساس ۱۰۹ برگ از اطلس شیب تهیه شده بود (عیوضی، ۱۳۷۴، ۱۲) و رابطه (۸) استفاده گردید.

با توجه به این مباحث، در عرض جغرافیایی ۳۲° (یزد) مقدار میانگین سالانه انرژی دریافتی از خورشید بر تراز افقی سطح زمین ۵۴۲/۳ کالری بر سانتی متر مربع در روز است (سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۶) و میانگین سالانه زاویه تابش خورشید، ۵۹/۰۲° (کسینوس ۰/۵۱۴۷۰۸) برآورد گردید. پس با استفاده از رابطه (۵) خواهیم داشت:

$$0/514708W * 542/3 =$$

با توجه به این که در ایستگاه مرکزی با وضعیت کالری برآورد شده دمای مشخص شده ای داشته که به ثبت رسیده است با تغییر وضعیت کالری، دما تغییر کرده که به راحتی با داشتن مقدار

ج) شیب متوسط سطوح ارضی و برآورد میزان انرژی و دما

شیب متوسط مناطق کوهستانی یکی از موارد دیگری است که در تعیین ارتفاع برف مرز دائمی به روش پیشنهادی مورد نیاز است. برای



رابطه (۸)

$$S = \sum \frac{a \cdot s}{A}$$

**S:** شیب میانگین سطوح مورد نظر، **a:**

درصد مساحت هر قطعه شیب نسبت به درصد مساحت کل سطوح مورد نظر، **s:** درصد شیب هر قطعه از سطوح و **A:** مجموع درصد مساحت کل سطوح مورد نظر می باشد. برای مثال شیب میانگین سطوح پایکوهی، کوهستانی و صخره ای به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\frac{6 \cdot 40 + 11 \cdot 22/5 + 9 \cdot 12/5}{26} = 23/3\% = 13\%$$

بنابراین برای ارتفاع برف مرز دائمی از شیب  $13\%$  در جهات مختلف استفاده شده است. بعد از محاسبه مقدار شیب و استفاده از روابط بین دما و مقدار شیب با جایگزینی شیب مورد نظر به جای  $S$  در روابط، دمای سطوح مختلف اراضی محاسبه می گردد. برای تبدیل دما به ارتفاع از تقسیم دما بر  $8/4$ ، افت محیطی دمای ایران به ازای هر هزار متر افزایش ارتفاع (مسعودیان، ۱۳۸۲: ۹۲) و ضرب عدد حاصله در هزار و جمع این عدد با ارتفاع ایستگاه، ارتفاع دمای صفر درجه یا همان برف مرز محاسبه می شود. اگر دمای پنج درجه (دمای ارتفاع خط تعادل آب و یخ) به ارتفاع تبدیل شود و از ارتفاع برف مرز کسر گردد، ارتفاع خط تعادل آب و یخ بدست می آید. این کار برای ۱۶ جهت اصلی و فرعی در ۱۶ پلیگون ایران انجام شده که روابط برآورد شده در جدول شماره (۲) آمده است.

جدول (۲) روابط دما با شیب برای برآورد ارتفاع برف‌مرز در جهات مختلف ایران

شمال شرق - شمال غرب			جنوب شرقی - جنوب غربی			شمال شرق - شمال غرب			جنوب شرق - جنوب غرب			شمال		
ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	معادله دما و شیب	R
۴۶۸۴	۲۴/۹۴-/۱۱ S	۱	۵۶۸۸	۳۳۲۵+/۰۸ S	/۹۸	۴۳۹۴	۲۵/۱۸-/۱۸ S	۱	۵۷۸۴	۲۵/۵۶+/۰۹ S	/۹۶	۴۲۷۶	۵/۳۱-/۲۱ S	۱
۴۳۸۷	۱۶/۷-/۱۲ S	۱	۵۵۰۱	۱۷/۱۵+/۰۹ S	/۹۸	۴۱۰۸	۱۶/۲۹-/۱۶ S	۰/۹۹	۵۵۸۷	۱۷/۳۳+/۱ S	/۹۷	۳۹۶۸	۱۶/۵۵-/۲ S	/۹۹
۳۷۴۲	۱۴/۴۱-/۱۲ S	۱	۴۸۴۰	۱۴/۷۹+/۰۹ S	/۹۹	۳۴۹۶	۱۴/۶۳-/۱۸ S	۱	۴۹۳۲	۱۵/۰+/۱ S	/۹۷	۳۳۸۲	۱۴/۷۸-/۲ S	۱
۳۲۹۰	۱۳/۱۲-/۱۱ S	/۹۹	۴۳۵۳	۱۳/۵۶+/۰۹ S	/۹۹	۳۰۴۹	۱۳/۳۶-/۱۷ S	۱	۴۴۴۳	۱۳/۷۶+/۱ S	/۹۸	۲۹۶۴	۱۳/۵۲-/۲ S	۱
۴۳۵۴	۱۶/۰۱-/۱۲ S	۱	۵۴۱۴	۱۶/۴۴+/۰۸ S	/۹۸	۴۱۱۲	۱۶/۲۵-/۱۸ S	۱	۵۵۰۶	۱۶/۶۵+/۰۹ S	/۹۶	۳۹۹۸	۱۶/۴-/۲۱ S	۱
۳۴۷۳	۱۰/۸۴-/۱۱ S	۱	۴۵۳۴	۱۱/۲۷+/۰۹ S	/۹۹	۳۱۸۶	۱۱/۰۹-/۱۸ S	۱	۴۶۲۸	۱۱/۴۹+/۱ S	/۹۷	۳۰۷۱	۱۱/۲۴-/۲۱ S	۱
۴۴۳۸	۱۵/۶۸-/۱۲ S	۱	۵۴۷۷	۱۶/۰۱+/۰۸ S	/۹۸	۴۱۵۲	۱۵/۹۴-/۱۹ S	۱	۵۵۷۰	۱۶/۲۲+/۰۹ S	/۹۵	۴۰۸۲	۱۶/۰۷-/۲۱ S	۱
۳۵۳۹	۱۴/۸-/۱۱ S	۱	۴۶۰۴	۱۵/۲۵+/۰۹ S	/۹۹	۳۲۵۶	۱۵/۰۵-/۱۸ S	۱	۴۶۹۲	۱۵/۴۴+/۱ S	/۹۷	۳۱۳۷	۱۵/۲-/۲۱ S	۱
۳۱۲۷	۱۱/۰۴-/۱ S	/۹۹	۴۰۸۸	۱۱/۴۶+/۰۸ S	/۹۹	۲۸۸۴	۱۱/۲۷-/۱۶ S	۱	۴۱۷۴	۱۱/۶۴+/۰۹ S	/۹۸	۲۷۶۹	۱۱/۴۲-/۱۹ S	۱
۴۵۸۱	۱۷/۴۱-/۱۱ S	۱	۵۵۳۸	۱۷/۸۱+/۰۷ S	/۹۸	۴۲۹۱	۱۷/۶۵-/۱۸ S	۱	۵۶۲۸	۱۸/۰۱+/۰۸ S	/۹۵	۴۲۲۱	۱۷/۷۸-/۲ S	۱
۴۰۷۶	۲۱/۹۹-/۱ S	/۹۹	۵۰۸۸	۲۲/۴۲+/۰۹ S	/۹۹	۳۷۸۶	۲۲/۲۳-/۱۷ S	۱	۵۱۷۸	۲۲/۶۲+/۱ S	/۹۸	۳۶۷۲	۲۲/۳۸-/۲ S	۱
۴۶۷۸	۲۱/۸۴-/۱۲ S	۱	۵۷۹۶	۲۲/۳۱+/۰۹ S	/۹۸	۴۳۴۶	۲۲/۱۱-/۲ S	۱	۵۸۹۰	۲۲/۵۳+/۱ S	/۹۷	۴۳۳۲	۲۲/۲۶-/۲۳ S	۱
۳۲۸۳	۱۱/۷۹-/۱۱ S	/۹۹	۴۳۴۸	۱۲/۲۴+/۰۹ S	/۹۹	۳۰۴۲	۱۲/۰۳-/۱۷ S	۱	۴۴۳۸	۱۲/۴۴+/۱ S	/۹۸	۲۹۱۵	۱۲/۱۲-/۲ S	۱
۴۱۱۶	۱۶/۸۴-/۱۲ S	۱	۵۲۸۴	۱۷/۳۲+/۱ S	/۹۹	۳۸۳۰/۲	۱۷/۱-/۱۹ S	۱	۵۳۷۴	۱۷/۵۲+/۱۱ S	/۹۷	۳۷۲۰	۱۷/۲۷-/۱۲ S	۱
۴۶۰۰	۱۸/۷۴-/۱۱ S	۱	۵۶۰۸	۱۹/۱۵+/۰۸ S	/۹۸	۴۲۸۰	۱۸/۳۷-/۱۶ S	۰/۹۹	۵۷۰۹	۱۹/۱۷+/۱ S	/۹۸	۴۱۶۰	۱۹/۱-/۲۱ S	۱
۳۳۴۴	۱۰/۶۳-/۱۱ S	/۹۹	۴۴۶۱	۱۱/۱+/۱ S	/۹۹	۳۰۵۶	۱۰/۸۸-/۱۸ S	۱	۴۵۵۳	۱۱/۳۱+/۱۱ S	/۹۸	۲۸۹۹	۱۱/۰۶-/۲۲ S	۱

Arhive of SID

## ادامه جدول (۲) روابط دما با شیب برای برآورد ارتفاع برف‌مرز در جهات مختلف ایران

دمای ایستگاه	ارتفاع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع بدون شیب	شرقی - غربی			غرب شمال غرب - شرق شمال شرق			جنوب غرب	
					ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	معادله دما و شیب	R	ارتفاع	ب
۲۵	۲۲/۵	۴۸/۶۹	۳۱/۳۲	۵۲۳۱	۵۳۰۰	۲۴/۸۷+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۹۹۷	۲۴/۸۱-۰/۰۴ S	/۹۶	۵۵۳۷	
۱۶/۴	۱۴۹۱	۵۹/۲۲	۳۲/۸۸	۴۹۰۸	۵۰۸۶	۱۶/۵۶+۰/۰۳ S	/۹۹	۴۷۵۵	۱۶/۶-۰/۰۴ S	/۹۶	۵۳۴۹	
۱۴/۵	۱۳۲۲	۴۷	۳۴/۳۱	۵۳۴۳	۴۴۱۱	۱۴/۳۶+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۱۰۷	۱۴/۳-۰/۰۴ S	/۹۶	۴۹۹۳	
۱۳/۱	۱۰۹۱	۵۷/۳۲	۳۷/۴۷	۳۸۴۱	۳۹۶۸	۱۳/۱۱+۰/۰۳ S	/۹۶	۳۶۵۸	۱۲/۰۲-۰/۰۳ S	/۹۳	۴۲۰۴	
۱۶/۱	۱۶۰۰/۷	۵۱/۶۷	۳۲/۶۴	۴۹۵۵	۵۰۲۰/۷	۱۵/۹۵+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۷۱۹	۱۵/۹-۰/۰۴ S	/۹۶	۵۲۶۱	
۱۰/۹۸	۱۷۴۹	۴۸/۵۲	۳۴/۸	۴۰۳۶	۴۰۹۶	۱۰/۸+۰/۰۲ S	/۹۶	۳۷۹۰	۱۰/۷۳-۰/۰۴ S	/۹۴	۴۳۸۵	
۱۵/۶	۱۷۵۴	۵۷	۳۰/۲۹	۵۰۰۴	۵۱۳۰	۱۵/۶۱+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۷۹۹	۱۵/۵۵-۰/۰۴ S	/۹۷	۵۳۲۲	
۱۳/۸	۹۹۰	۵۹/۶	۳۶/۲۸	۳۸۶۵	۴۲۱۵	۱۴/۷۸+۰/۰۳ S	/۹۶	۳۸۶۰	۱۴/۷۱-۰/۰۴ S	/۹۴	۴۴۵۵	
۱۱/۴	۱۳۱۲/۵	۴۵	۳۷/۵۵	۳۶۸۷	۳۷۰۹	۱۱/۰۴+۰/۰۲ S	/۹۶	۳۴۴۸	۱۰/۹۵-۰/۰۳ S	/۹۳	۳۹۴۱	
۱۷/۵	۱۴۸۸	۵۲/۵۳	۲۹/۶۱	۵۱۳۴	۵۱۹۸	۱۷/۳۴+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۸۹۶	۱۷/۲۹-۰/۰۴ S	/۹۷	۵۴۳۵	
۲۲/۳	۲۰	۵۰/۶۶	۳۶/۹	۴۶۰۵	۴۷۰۵	۲۱/۹۸+۰/۰۳ S	/۹۶	۴۳۹۵	۲۱/۸۹-۰/۰۳ S	/۹۳	۴۹۴۱	
۲۱/۳	۷۱۱	۵۶/۹۲	۳۳/۵۸	۵۲۰۸	۵۳۴۸	۲۱/۷۹+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۳۳۳	۲۱/۷۳-۰/۰۴ S	/۹۶	۵۶۳۸	
۱۲/۲	۱۳۶۱	۴۶/۴	۳۸/۰۷	۳۹۰۳	۳۹۶۳	۱۱/۷۹+۰/۰۳ S	/۹۵	۳۶۵۷	۱۱/۷۱-۰/۰۳ S	/۹۲	۴۲۰۱	
۱۷	۱۱۹۰	۵۱/۴۱	۳۵/۷۱	۴۷۳۱	۴۷۹۱	۱۶/۸۲+۰/۰۳ S	/۹۶	۴۴۸۱	۱۶/۷۳-۰/۰۴ S	/۹۴	۵۰۸۲	
۱۸/۸	۱۲۳۰	۵۴/۳۵	۳۱/۸۸	۵۱۴۷	۵۲۲۱	۱۸/۶۹+۰/۰۲ S	/۹۵	۴۹۱۵	۱۸/۶۲-۰/۰۴ S	/۹۶	۵۴۵۵	
۱۰/۹	۱۶۶۳	۴۸/۴۷	۳۶/۶۷	۴۹۳۴	۴۰۲۱	۱۰/۶۲+۰/۰۳ S	/۹۶	۳۶۶۱	۱۰/۵۲-۰/۰۴ S	/۹۳	۴۲۵۹	

قله بل اقلید) دامنه‌های جنوب غربی (برآفتاب) با شیب متوسط ۲۵/۱۹ درصد و دریافت ۵۷۰ کالری انرژی در هر سانتیمتر مربع در روز، دمای متوسط 16/52 درجه و دامنه‌های شمالی شرقی (نثار) با شیب متوسط ۱۵/۳۶ درصد و دریافت ۴۸۰ کالری انرژی، دمای متوسط ۱۲/۱۴ درجه سانتی‌گراد خواهند داشت. با توجه به افت محیطی دمای ۴/۸ درجه سانتی‌گراد به ازای هر هزارمتر برای اینکه به دمای صفر درجه برسیم لازم است از ارتفاع ایستگاه (۲۰۳۰) در دامنه های نثار حدود ۲۷۵۴ متر و در دامنه های برآفتاب ۳۴۴۱ متر بالاتر رویم. برف مرز کوتاه‌تر ایران به طور متوسط ۱۸۳۳ متر پایین تر از امروز بوده است (شرح کامل آن در ادامه خواهد آمد). با توجه به این مطالب برف‌مرز کنونی (H) و برف مرز کوتاه‌تر (h) ارتفاعات اقلید به این شرح خواهد بود:

$$H=5471 \quad 08*15/36=16/52/29+0/51T=$$

$$h=3638$$

$$4559 H= \quad 14/11*25/19=12/91-0/T=14$$

$$h=2726$$

$$\frac{12/14 \times 1000}{4/8} = 2529 + 2030 = 4559$$

یعنی ارتفاع برف‌مرز کنونی دامنه های نثار این منطقه 4559 متر و در دامنه برآفتاب ۵۴۷۱ متر خواهد بود که بطور حقیقی چنین ارتفاعی در منطقه وجود ندارد. نمونه دیگر، شیرکوه استان یزد برای دامنه‌هایی که به سمت شمال شرق هستند، با استفاده از روش فوق ارتفاع برف‌مرز کنونی ۴۶۰۰ متری خواهد بود و با توجه به این که گروتز (۱۹۷۸) ارتفاع برف‌مرز شیرکوه را ۴۷۰۰-۴۶۰۰ برآورد کرده‌است، این رقم با رقم برآوردی گروتز بسیار نزدیک است. برای بلندترین ارتفاع هر پلیگون انرژی ایران، بعد از تشخیص جهت مؤثر بر انرژی خورشیدی، ارتفاع

مثالی در این زمینه، رابطه‌ی بین متوسط دمای ماهانه بر حسب درجه سانتی‌گراد را با متوسط انرژی دریافتی روزانه هر ماه بر حسب کالری در سانتیمتر مربع در ایستگاه آباد (نزدیک ترین ایستگاه به اقلید) به شکل رابطه (۹) است.

$$T=-11/74763+0/4956*E$$

رابطه (۹)

با داشتن مقدار انرژی دریافتی و اعمال این رابطه در انرژی برآورد شده‌ی شیب‌های مختلف، انرژی را به دما تبدیل کرده و رابطه شیب با انرژی و رابطه‌ی شیب با دما در دامنه‌های برآفتاب با همبستگی ۰/۹۸ به شکل روابط (10 و 11) و در دامنه‌های نثار با میزان همبستگی (-1) برای اقلید به شکل روابط (۱۲ و ۱۳) می‌شود.

$$E= 545/64+1/6S$$

رابطه

(۱۰)

$$T= 15/29+0/8S$$

رابطه

(۱۱)

$$E= 537/81-2/3 S$$

رابطه

(۱۲)

$$T=14/91-0/11S$$

رابطه

(۱۳)

T مقدار دما بر حسب درجه سانتی‌گراد، E مقدار انرژی دریافتی بر حسب کالری بر سانتیمتر مربع در دقیقه و S مقدار شیب بر حسب درصد است. از روابط فوق برمی‌آید که هر چه شیب در دامنه‌ی برآفتاب بیش‌تر باشد، مقدار انرژی و در نتیجه میزان دما افزایش می‌یابد و در دامنه‌های نثار، عکس این حالت رخ داده و میزان انرژی و دما با افزایش شیب کاهش می‌یابد. در بلندترین قله‌ی نزدیک ایستگاه آباد

دمای ماهانه بقیه‌ی ماه‌های کشور (ژوئیه (با دمای ۲۹/۶ درجه سانتی‌گراد)، اوت (با دمای ۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد)، سپتامبر (با دمای ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد) و اکتبر (با دمای ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد)؛ مقایسه کرده و متوجه شدیم که متوسط دمای ماه‌های گرم سال ۲۴/۲ درجه سانتی‌گراد و در تمام آن‌ها دمایی بالاتر از ۱۷ درجه را داشتند، در صورتی که متوسط دمای ماه‌های سرد سال ۹/۲ درجه سانتی‌گراد بود. این مقایسه به دلیل تعمیم شرایط اقلیمی زمستان کنونی به دوران یخچالی ایران انجام شده است. با توجه به دمای متوسط سالانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد امروز، کاهش متوسط دمای ۸/۸ عصر یخچالی درجه سانتی‌گراد را به تمام ایران تعمیم دادیم. حال اگر دمای حاصله را در رابطه (۱۳) بگذاریم خواهیم داشت:

$$T=14/91-1/11*15/36=13/2 \quad 13/2-8/8=4/4$$

$$\frac{4/4+1000}{4/8}=917$$

$$917+2030=2947$$

یعنی ارتفاع دمای ۸/۸ درجه سانتی‌گراد کنونی با دمای صفر عصر یخچالی مطابقت دارد و برف‌مرز در دامنه‌های شمال شرقی کوه بل اقلید با شیب ۱۵/۳۶ درصد در ارتفاع ۲۹۴۷ متری قرار می‌گیرد که این رقم به محاسبات قبلی ۲۹۵۰ متر (کاظمی، ۱۳۸۴: ۱۵۶) بسیار نزدیک است.

برف‌مرز دائمی کنونی و کواترنری و ارتفاع خط تعادل آب و یخ به صورت بالا تعیین شده است (جدول ۳).

ج) جهت و ارتفاع برف‌مرز دائمی کواترنری بعد از محاسبه ارتفاع برف‌مرز کنونی، برای تشخیص ارتفاع برف‌مرز کواترنری، لازم است اول کاهش مقدار دمای دوره کواترنری ایران را بدانیم. مطالعات قبلی از قبیل: شوشتری (۱۳۸۲) ۱۴/۲۵ درجه سانتی‌گراد برای سلفچگان، رامشت (۱۳۸۱) ۹ درجه برای زفره اصفهان، نعمت‌الهی (۱۳۸۲) ۱۰ درجه برای دشت نم‌دان اقلید، پوردهقان (۱۳۸۳) ۱۰/۵ درجه برای دهبکری بم، شاهزیدی (۱۳۸۴) ۶ درجه برای کوه‌های چوپار کرمان و معصومی (۱۳۸۴) ۹ درجه برای نسران نطنز، اعدادی. ارقام دمایی مذکور بین ۶ تا ۱۴ درجه کاهش دمای کواترنری را نسبت به امروز را نسبت داده‌اند و بین این ارقام تفاوت بسیار زیادی دیده می‌شود، برای مثال در فاصله بسیار کم ده بکری بم و کرمان ۴/۵ درجه سانتی‌گراد ارقام ارائه شده با هم اختلاف دارند.

در این مقاله برای پرهیز از مشکل فوق محاسبه‌ی کاهش مقدار دمای دوره کواترنری، متوسط دمای ماهانه‌ی پنج ماه از سال، یعنی ماه‌های ژانویه (با دمای ۵/۷ درجه سانتی‌گراد) فوریه (با دمای ۷/۵ درجه سانتی‌گراد) مارس (با دمای ۱۱/۹ درجه سانتی‌گراد) نوامبر (با دمای ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد) با متوسط

جدول (۳) ارتفاع برف‌مرز و خط تعادل آب و یخ بلندترین قله‌های ایران

نام کوه	شیب مؤثر بر ارتفاع خط برف‌مرز	ارتفاع برف‌مرز نسر	ارتفاع برف‌مرز برآفتاب	ارتفاع برف‌مرز کواترنری	ارتفاع برف‌مرز برآفتاب کواترنری	ارتفاع خط تعادل آب و یخ کواترنری نسر
شیرکوه	NE-NW	۴۶۰۰	۵۶۰۸	۲۷۶۶	۳۷۷۵	۱۷۲۴
زردکوه	NE-NW	۴۳۵۳	۵۴۱۴	۲۵۲۰	۳۵۸۱	۱۴۸۷
شاهانکوه	NE-NW	۴۳۵۳	۵۴۱۴	۲۵۲۰	۳۵۸۱	۱۴۸۷

۱۸۲۲	۳۸۵۵	۲۸۵۱	۵۶۶۵	۴۶۶۲	NE-NW	کوه منار
۱۷۲۴	۳۷۷۵	۲۷۶۶	۵۶۰۸	۴۶۰۰	NE-NW	دنا
۸۶۶	۳۰۰۷	۱۹۰۸/۲۵	۴۸۴۰	۳۷۴۲	NE-NW	کبیرکوه
۱۷۲۴	۳۷۷۵	۲۷۶۶	۵۶۰۸	۴۶۰۰	NE-NW	بل اقلید
۱۴۸۷	۳۵۸۱	۲۵۲۰	۵۴۱۴	۴۳۵۳	NE-NW	اشترانکوه
۱۲۹۲	۳۶۶۷/۵	۲۴۱۳/۶	۵۵۰۱	۴۳۸۸	NE-NW	سیاه کوه
۹۱۵	۲۵۵۰	۱۹۵۷	۴۳۸۵	۳۷۹۰	NE-NW	الوند
۹۵۸	۲۶۲۲	۲۰۲۷	۴۶۰۴	۳۸۶۰	NE-NW	بینالود
۱۲۰۰	۳۲۵۴	۲۲۴۲	۵۰۸۸	۴۰۷۶	NE-NW	سلیمان
۱۲۰۰	۳۲۵۴	۲۲۴۲	۵۰۸۸	۴۰۷۶	NE-NW	گاوکشان
۱۲۴۰	۳۴۵۰	۲۲۸۲	۵۲۸۴	۴۱۱۶	NE-NW	پلنگ آبی
۴۶۸	۲۶۲۸	۱۵۱۰/۳	۴۴۶۱	۳۳۴۴	NE-NW	بلیس
۱۴۸۷	۳۵۸۰	۲۵۲۰	۵۴۱۴	۴۳۵۳	NE-NW	کرکس
۶۲۲	۳۰۹۹	۱۶۶۳	۴۹۳۳	۳۴۹۶	NNE-NNW	پرو
۱۴۸۷	۳۵۸۰	۲۵۲۰	۵۴۱۴	۴۳۵۳	NE-NW	ولیکا
۸۲۶	۲۳۷۷	۱۸۵۲	۴۲۰۴	۳۶۵۸	NE-NW	شاه جهان
۱۵۱۹	۳۱۰۷	۲۵۶۱	۴۹۴۱	۴۳۹۵	WNW-ENE	دماوند
۱۰۵۵	۳۵۴۰/۶	۱۹۹۷	۴۲۰۱	۳۶۵۵	WNW-ENE	سبلان
۱۰۵۵	۳۵۴۰/۶	۱۸۹۷	۴۲۰۱	۳۶۵۵	ENE-WNW	سهند
۱۹۱۷	۳۴۸۹	۲۹۶۱	۵۳۲۲	۴۷۹۹	WNW-ENE	هزار
۱۹۱۷	۳۴۸۹	۲۹۶۱	۵۳۲۲	۴۷۹۹	ENE-WNW	تفتان
۱۲۳۲	۲۸۶۰	۲۲۷۴	۴۶۹۳	۴۱۰۷	ENE-WNW	شاهوار
۸۳۴	۱۸۷۶	۱۸۷۶	۳۷۱۰	۳۷۱۰	E-W	قندیل
۱۸۲۹	۲۸۷۱	۲۸۷۱	۴۷۰۴	۴۷۰۶	E-W	بغرو داغ

مطالعات رامشیت و پوردهقان (۱۳۸۵، ۱۴۰) ارتفاع برف مرز ۲۶۴۰ متر ذکر شده است، در این صورت باید بپذیریم که شیب زمین در دامنه‌های نثار  $12/4^{\circ}$  است که واقعی به نظر می‌رسد. چرا که با توجه به نقشه‌های توپوگرافی منطقه، چنین شیبی در سطوح کوهستانی وجود دارد و یا باید دمای کواترنری نسبت به دمای کنونی  $10/36^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد کاهش داشته باشد. این عدد بسیار نزدیک به عددی است که پوردهقان (۱۳۸۵، ۱۲۱) در مطالعات خود به آن اشاره داشته است (کاهش  $10/5^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد دمای کواترنری نسبت به امروز، نه  $8/8^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد). البته برآورد

برای نتیجه‌گیری بین ارتفاع برف مرزهای برآورد شده به روش رایت با مدل ارائه شده در مناطق مختلف مقایسه ای شده است. در دامنه‌های نثار کرمان (جهت سطوح ارضی شمال شرق) با شیب  $13^{\circ}$ ، باید دمای  $14/6^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد داشته باشد که پس از کسر دمای  $8/8^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد نسبت به گذشته، دمای  $5/8^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند. برای صفر درجه شدن دما لازم است، ارتفاع  $1222$  متر، نسبت به ارتفاع ایستگاه، افزایش یابد که با توجه به ارتفاع ایستگاه ( $1754$  متر)، ارتفاع برف مرز کواترنری  $2966$  متر برآورد گردد. در صورتی که در

۲۷۲۷ و ۳۴۴۲ متری قرار می‌گیرد. ارتفاع برف‌مرز در جهت شمال شرقی (۲۷۲۷ متر) با ارتفاع برف‌مرز برآورد شده به روش رایج ۲۷۰۰ متر (رامشت، ۱۳۸۱؛ ۵۹) در حدود ۲۷ متر تفاوت دارد.

ارتفاع برف‌مرز و خط تعادل آب‌ویخ کواترنری شیرکوه یزد به ترتیب ۲۷۶۷ متر و ۱۶۳۹ متر برآورد گردیده، طبق مطالعات رامشت (۱۳۸۱) ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ دامنه‌های شمال شرقی شیرکوه (طزرجان-مهریز) ۱۶۰۰ متر و ارتفاع برف مرز دائمی ۲۷۰۰ متر بدست آمده است.

مطالعات نعمت‌الهی (۱۳۸۲) در دشت نمدان حاکی از وجود برف‌مرز دائمی در ارتفاع ۲۷۶۰ متری می‌باشد. این دشت توسط دو رشته کوه به موازات هم در امتداد شمالی غربی و جنوب شرقی محاط شده و سیرک‌های یخچالی در شیب حدود ۲۳/۷ درصد مستقر شده اند. ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ منطقه نیز در این مدل با فرض ۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۷۱۸ متر محاسبه می‌شود. در صورتی که کاظمی (۱۳۸۴) ارتفاع برف‌مرز را در دامنه کوه اقلید ۲۹۵۰ متر برآورد کرده که با شیب ۱۵/۳۶ درصد انطباق داشته که شیب متوسط دامنه کوه اقلید نیز به همین شکل بوده و در مدل ارائه شده ارتفاع ۲۹۴۷ متر برآورد گردیده است.

در اشتراک کوه، اگر تفاوت دمای کنونی با دوره‌های یخچالی ۸/۸ درجه سانتی‌گراد باشد، در روش رایج برف‌مرز در ارتفاع ۲۸۰۰ متری و خط تعادل آب‌ویخ در ارتفاع ۱۳۸۰ متری برآورد شده است و با استفاده از مدل ارائه شده، به ترتیب ۲۵۲۰ و ۱۴۸۷ متر محاسبه می‌گردد. در منطقه سلفچگان، شوشتری زاده (۱۳۸۲؛ ۱۱۵) ارتفاع برف‌مرز را بر اساس مدل رایج ۲۱۰۰ متر محاسبه کرده که در این مدل ارتفاع

برف‌مرز و خط تعادل آب‌ویخ در صورتی است که با توجه به ارتفاع برف‌مرز کنونی جهت شمال غربی- جنوب شرقی بر ارتفاعات کرمان عمومیت داشته باشد. اگر شیب زمین جهت غرب شمال غرب- شرق جنوب شرق در نظر گرفته شود، آنگاه برف‌مرز در ارتفاع ۲۶۰۵ متر و خط تعادل آب‌ویخ در ارتفاع ۱۳۵۱ متر قرار خواهد گرفت. لازمه پذیرش چنین جهتی، استقرار برف‌مرز کنونی در ارتفاع ۴۱۵۲ متری است که غیر واقعی است. خط تعادل آب‌ویخ در این منطقه با محاسبات به عمل آمده در ارتفاع ۱۸۰۹ متری قرار می‌گیرد در صورتی که مطالعات قبلی این ارتفاع ۱۷۰۰ متر ذکر شده است.

ارتفاع برف‌مرز در منطقه ده بکری بم، در عرض ۲۹ درجه شمالی، ۲۶۴۰ (پوردهقان، ۱۳۸۵، ۱۱۸) و منطقه سیرچ کرمان ۳۰۰۰ متر (شاهزیدی، ۱۳۸۵، ۱۱۵) برآورد گردیده است. بر اساس مطالعات شاهزیدی اختلاف دمای متوسط سالانه در منطقه ۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و پوردهقان کاهش دمای کواترنری نسبت به دمای کنونی را ۱۰/۳۶ درجه سانتی‌گراد برآورد کرده است که چنین تغییر زیادی را نمی‌توان در فاصله کم این دو منطقه کوهستانی پذیرفت.

با توجه به نقشه توپوگرافی زفره شیب در قسمت‌های مختلف کوه مارشان و کوه لاپیچه تقریباً متقارن و بین ۱۳٪ تا ۲۰٪ متغیر است. بطور متوسط، شیب ۱۵٪ را برای بررسی در این مقاله انتخاب کرده‌ایم. از آن جایی که با توجه به نقشه توپوگرافی، این منطقه دارای سیرک‌های یخچالی در جهات شمال، جنوب، غرب و شرق، شمال شرق و جنوب غرب هست، محاسبات به عمل آمده ارتفاع برف‌مرز دائمی در جهات مختلف به ترتیب ۳۵۳۵-۲۵۲۷-۳۱۵۲-

۲۲۸۲ متر برآورد گردیده است. البته باید متذکر شد در صورتی که ارتفاع مدل رایت صحیح باشد لازم است که شیب دامنه‌های کوهستانی در حدود ۳۰/۶ درصد باشد که دور از واقعیت است.

### نتیجه گیری

همانطوری که گفته شد روش های متعددی برای مشخص کردن ارتفاع برف مرز ارائه شده است که اکثر آن ها به وسیله محققین خارجی و بر اساس پارادایم های خارج از ایران ارائه شده است. تلاش این مقاله در جهت برآورد ارتفاع برف مرز، خط تعادل آب و یخ و ارتفاع هر دمای دیگر باشد، چه در عصر هلوسن و چه در عصر پلیئوسن، به کمک پارادایم های داخلی را برآورد نمود. با داشتن روابط جدول شماره ۲ به راحتی می توان هر دمایی را برای سطوح ارضی با شیب های مختلف، در جهت مورد نظر برآورد نمود. البته با توجه به اثر گذاری مقدار شیب و جهت آن و عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی (برای مشخص کردن اینکه مشخص کرد منطقه مورد مطالعه در کدام پلیگون انرژی قرار می گیرد) در مجموع ۱۴۴ رابطه ارائه شده است (برای ۱۶ پلیگون در ۹ جهت متفاوت) که با جا گذاری مقدار شیب به جای S در سمت راست رابطه، می توان دمای سطوح مورد نظر را برآورد نمود. با توجه به اینکه افت متوسط محیطی دما را ۴/۸ درجه سانتی گراد به ازای افزایش هر هزار متر ارتفاع در نظر گرفته شد (البته می توان این مقدار را نیز در مکان های مختلف با توجه به شرایط محلی آنجا دقیق تر برآورد نمود) برای اینکه به دمای صفر درجه در آن محیط برسیم لازم است به ارتفاع متوسط سطح مورد نظر، عددی معادل عدد حاصله از تقسیم عدد دمای برآورد شده به ۴/۸ ضربدر ۱۰۰۰ اضافه

گردد. برای برآورد ارتفاع برف مرز کوتاه تر ابتدا عدد ۸/۸ را از دمای حاصله از روابط جدول شماره (۲) کم نموده و بعد بقیه اعمال را انجام می دهیم. برای برآورد ارتفاع خط تعادل آب و یخ به ارتفاع حاصله برای برف مرز کنونی یا کوتاه تر حدود ۱۰۴۲ را اضافه می نماییم (تغییر درجه شیب در پای کوه نسبت به کوهستان عدد ۱۰۴۲ را تغییر می دهد).

از بررسی به عمل آمده چنین بر می آید که در دامنه نثار هر درصد افزایش یا کاهش شیب می تواند، حدود ۲۳ متر ارتفاع برف مرز را پایین یا بالا ببرد و در دامنه برآفتاب هر درصد کاهش یا افزایش شیب ۱۶/۷۵ متر ارتفاع برف مرز را کاهش و یا افزایش می دهد. همچنین یک سطح ارضی با شیب ۱۳<sup>°</sup> یا ۲۳/۳ درصد به طرف جنوب غرب، در ارتفاع مساوی، می تواند ۵ تا ۶ درجه دمای بیش تری را داشته باشد، تا سطح ارضی که شیبی به شمال شرقی داشته باشد و در نتیجه در میزان تبخیر آب، ذوب برف و از دست دادن رطوبت خاک مؤثر واقع شود. همین عامل منجر به افزایش ارتفاع کمر بندی های گیاهی و دمایی و فرایندهای مناطق سرد به ارتفاعات بالاتر در دامنه های جنوب غربی نسبت به شمال شرقی شود.

تفاوت کمی که ارقام برآورد شده این مقاله با بعضی از مطالعات قبلی دارد می تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد از جمله:

۱- برآورد ارتفاع برف مرز به روش رایت مستلزم دقت زیاد در زمان تشخیص مکان کف سیرک در نقشه های توپوگرافی است و ارتفاع سیرک با کمی جابه جایی علامت سیرک در نقشه های توپوگرافی، می تواند تغییر زیادی در تعیین ارتفاع سیرک ایجاد کند.



رامشت، محمد حسین و شوشتری، نجمه، ۱۳۸۳، آثار یخساری و یخچالی در سلفچگان قم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، ۱۳۸۳، صص ۱۳۲-۱۱۹.

رامشت، محمد حسین و کاظمی، محمد مهدی، ۱۳۸۶، آثار یخچالی در حوضه اقلید فارس، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۷۹، ۱۳۸۶، صص ۱۱-۳. رامشت، محمد حسین، ۱۳۸۵، نقشه های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، انتشارات سمت.

رامشت، محمد حسین، ۱۳۸۱، آثار یخچالی در زفره اصفهان، طرح پژوهشی شماره ۸۰۰۳۰۵ مصوب ۱۳۸۱/۳/۲۷ شورای پژوهشی دانشگاه اصفهان. رضایی، پرویز، ۱۳۸۰، محاسبه زمان طلوع و غروب خورشید و برآورد زمان تابش در ایران، فضای جغرافیایی، سال اول، شماره ۴، صص ۶۷-۸۶ زمستان ۱۳۸۰.

زمردیان، محمدجعفر، ۱۳۸۱، ژئومورفولوژی ایران اقلیمی و دینامیک بیرونی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

سازمان برنامه و بودجه، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، ۱۳۷۶، معیارهای اقلیمی در ساختمان، انرژی خورشید در گستره ایران، مرکز مدارک اقتصادی-اجتماعی و انتشارات.

شاهزیدی، سمیه السادات، ۱۳۸۵، نقش ایزوستازی حرارتی و برودتی در شکل گیری مخروطه افکنه رودخانه درختگان، دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد.

۲- این مطالعه چون به صورت ملی انجام می شود و شیب متوسط (۲۳/۳ درصد) و کاهش دمای متوسط کواترنری (۸/۸ درجه سانتی گراد) کلی در نظر گرفته شده است، که می تواند در محیط بسیار متغیرتر از پیش فرض مقاله باشد و در اکثر موارد کاهش دمای بیشتری فرض شده است.

#### منابع

آزاد، عزت اله وهمکاران، ۱۳۶۶، مبانی انرژی خورشیدی، انتشارات دانشگاه تهران.

پدرامی، منوچهر، ۱۳۷۶، سن مطلق کواترنر، مجله دانشکده علوم، جلد ۱۷ شماره ۳ و ۴.

پوردهقان، داوود، ۱۳۸۵، ردیابی آثار ژئومورفیک تحولات اقلیمی کواترنر در دهیکری بم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.

جعفری، غلام حسن، ۱۳۸۸، تأثیر جهت ناهمواری ها در ارتفاع خط تعادل آب و یخ کواترنری ایران، رساله دکتری دانشگاه اصفهان.

جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۷۴، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم، صص ۳۸-۷۶-۷۷.

خلیلی، علی اکبر و رضایی صدر، حسن، ۱۳۷۶، برآورد تابش کلی خورشید در گستره ایران بر مبنای داده های اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره، صص ۳۵-۱۵، ۴۶.

رامشت، محمد حسین و پوردهقان، داوود، ۱۳۸۷، یخ در آتش: آثار یخچالی در منطقه بم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۹، ۱۳۸۷، صص ۱۳۰-۱۴۶.

عدم شکل‌گیری مدینیت و سکونتگاه دائم شهری در دشت آسپاس، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای - سال سوم، شماره ۱۰، پاییز ۱۳۹۰، صص ۸۰-۶۱.

نگارش، حسین و خسروی، محمود، ۱۳۷۷، کلیات ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان.

نفیسی، کاظم و کیاست پور، احمد، ۱۳۸۳، تعیین جهت قبله با استفاده از خورشید، دانشکده الهیات و معارف اسلامی دانشگاه مشهد، شماره ۶۴، صص ۱۹۱-۲۰۳، تابستان ۱۳۸۳.

نعمت الهی، فاطمه، ۱۳۸۲، آثار یخچالی حوضه آبی نمدان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، گروه جغرافیا.

مسعودیان، سید ابوالفضل، ۱۳۸۲، تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، علوم انسانی، جلد ۱۵، شماره ۱ و ۲، صص ۹۶-۸۷.

واتسون، داند؛ لب، کنت، ۱۳۷۲، طراحی اقلیمی، اصول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان، ترجمه قبادیان، وحید و فیض مهدوی، محمد، انتشارات دانشگاه تهران.

یمانی، مجتبی، ۱۳۸۶، ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفولوژیک و حدود گسترش آنها) پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۵۹، بهار ۱۳۸۶، صص ۱۳۹-۱۲۵.

یمانی، مجتبی، جداری عیوضی، جمشید و گواری، ابوالقاسم، ۱۳۸۶، شواهد ژئومورفولوژیکی مرزهای یخچال در دامنه‌های کرکس، فصلنامه مدرس علوم انسانی برنامه‌ریزی و آمایش فضا،

شوشتری زاده، نجمه، ۱۳۸۲، یخسارهای ایران مرکزی منطقه سلفچگان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد.

عسکری، احمد و سمیعی، محمود، نگرشی بر دقت روابط متداول در محاسبه زاویه میل خورشیدی، مجله نیوار، شماره‌های ۵۸ و ۵۹، صص ۲۱-۴۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۴.

علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۲، ژئومورفولوژی ایران، تهران، نشر قومس.

طاحونی، پوران، شواهد ژئومورفیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات طالش، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۷، صص ۵۵-۳۱، بهار ۱۳۸۳.

طالبی، حمید رضا، ۱۳۸۱، بررسی آثار یخچالی در زفره اصفهان، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی نجف‌آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی.

کاظمی، محمد مهدی، ۱۳۸۴، بررسی ژئومورفولوژیکی آثار یخچالی اقلید فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، گروه جغرافیا.

محمودی فرج‌ا...، ۱۳۶۷، تحول ناهمواری‌های ایران در کوارترنر، مجله پژوهش‌های جغرافیایی دانشگاه تهران، شماره ۲۳، صص ۵-۴۳.

معصومی، فاطمه، ۱۳۸۴، هیدروژئومورفولوژی حوضه آبی منطقه نسران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد، گروه جغرافیا.

میر احمدی، ابوالقاسم، مقصودی، اکبر و احمدی، طیبه، بررسی آثار یخچالی کواترنر و تأثیر آن بر

- study of rock glaciers, Arctic and Alpine research, 20(2), 160- 178.
- Homlum, O., 1986, mapping of glaciations levels; comments on the effect of sampling area size. Arctic and Alpine research, 18(4): 407-414.
- King, C.A.M., 1970, Techniques in geomorphology, London.
- Retter, D.F., 1993, Kochel, R.C, Millir, J. Process geomorphology, W.M.C. Brown publishers.
- Moayeri, M., Ramesht, M. H., Saif, A., Yamani M. & Jafari, Gh. H., The impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of wither and ice equilibrium line of quaternary, geography and environmental planning journal, year 21- vol 40- no 4, winter 2011. Pp 1-12.
- Schweizer, G., 1970, the kuhe sabalan (northe west Iran) contributions to the glacier and glazial geomorphology of high mountains, in: H Schroder (eds). Beitrage zur geographiede de tropen and subtropen Tubiger geographische studien, PP: 163-178.
- Write, H.E., N.Y. 1963, Preliminary Pollen Studies at Lacke Zeribar, Zagros Mountains, and Southwest Iran.
- فروردین ۱۳۸۶، سال یازدهم، شماره ۷۰، صص ۲۰۷-۲۲۸.
- یمانی، مجتبی، شمسی پور، علی اکبر و جعفری، مریم ۱۳۹۰، بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضه ی جاجرود، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۶، تابستان ۱۳۹۰ صص ۳۵-۵۰.
- Bobek, H., 1963, Nature and implications of Quaternary climatic change in Iran, symposium of change of climate, room, UNWSCO-WMO.
- Joe Michal sky, J. J. American Society for Testing Methods (ASTM) Standards (E-891) and (E-892), 1988.
- Hawkins, F., 1985, Equilibrium- Line altitude and paleo- environment in the merchants Bay area, Baffin Island, N.W.T, Canada, journal of glaciology, 3:205- 213.  
[http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty\\_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html](http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html)
- Humlum, O., 1988, Rock glacier appearance level and rock glacier inrtation line altitude; A Methodological approach to the

## Estimation method of the height of permanent snow line over Iran and comparison with Wright's method

Gh. Jafari

Received: February 7, 2012 / Accepted: August 12, 2012, 27-30 P

### Extended Abstract

#### 1- Introduction

There are a lot of methods in order to estimate the height of permanent snow lines. The first group is mentioned as the half of the height, which is the mediocre of current permanent snow line (Kerovosky according to Homelom, 1998). The second group of glaciology experts has proposed a height for quaternary snow line, which seems to be suited with the incipient signs of watchable glacial trends in large scale not permanent snow line. But they might have perused the signs of glacial trends in those heights. The third group was those who have paid attention to valleys, glaciers or the moraines in different scales.

It is proposed two theories about the Determination of permanent snow lines or glacial region. Some researchers such as Lewis and Schweitzer declare that the snow line is in the beneath boundary of glacial

class. However some like Homelom believes that the lowest boundary of glacial climate is the glacial equilibrium line. While King and Ritter & et al. believed that the snow line was completely different from the equilibrium glacial line and it cannot be considered equivalent, because each one of them is at a different heights.

#### 2-Method

It is tried to announce a relation with the use of effective variables on the height of the permanent snow line such as latitude, temperature, amount and direction of land surface slope in the radiation gauge stations, to evaluate the height of permanent snow line. As a matter of fact the amount of solar energy doesn't have many changes in flat areas. So it is used 16 stations in whole of Iran. Because of the Importance of direction and slope as the most important effective parameters & its changes in the solar elevation angle and the energy of the sun, it is tried to use relations which we can evaluate the temperature change due to solar elevation angle and its tilt in different directions. Consequently, it can have a relationship between different

---

#### Author(s)

M. Sharifi(✉)  
Assistant Professor of Geomorphology, University of  
Zanjan, Zanjan, Iran  
E-mail: jafarihas@yahoo.com

directions & resultant temperatures with the use of temperature situation & solar elevation angle in stations & changes of solar elevation angle in steep surfaces, what are more these relations can be used to estimate permanent snow line or ice and the water equilibrium line.

### 3-Results

It was resulted that each boost or decrease in slope situation, boosts or decreases the height of snow line of about 23 meters in leeward & also each percentage increase or decrease in address, increases or decreases 16.75 meters of the height of snow line. Consequently there is an A-south west land surface with a slope of 13° or 23.3%, which could have more temperature of 5 to 6 degrees in contrast with an A-northeast land surface in equal height, & as a conclusion it could be, effective in water evaporation, snow melting and soil moisture loss. This factor leads to an increase in plant height and temperature belts. And also the processes of cold areas extend to higher elevations in southwest in contrast with the A-northeast land surface.

There is a bit difference between the figures estimated in this paper with some previous studies, which is due to several factors including:

1-The estimation of height of snow line in Wright's method is involved a loads of paying attention in the time of circus floor in topographic maps. What is more, a few handling marks on topographic maps, causes a large change in elevation determined.

2-This study has been done nationally. The average slope is (23.3%) and the decrease of mean temperature of Quaternary is (8/8 ° C) which considered generally, & could have a great various in the environment and

cause to reduce the temperature of the article & as a result its decrease is more than what assumed in most cases.

**Keywords:** Wright's method, Circus, the permanent snow line, latitude, Mountain glacier.

### References

- Bobek, H., 1963, Nature and implications of Quaternary climatic change in Iran, symposium of change of climate, room, UNWSCO-WMO.
- Joe Michal sky, J. J. American Society for Testing Methods (ASTM) Standards (E-891) and (E-892), 1988.
- Hawkins, F., 1985, Equilibrium- Line altitude and paleo- environment in the merchants Bay area, Baffin Island, N.W.T, Canada, journal of glaciology, 3:205- 213.
- [http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty\\_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html](http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/carbon-aia/strategies1a.html)
- Humlom, O., 1988, Rock glacier appearance level and rock glacier inrtation line altitude; A Methodological approach to the study of rock glaciers, Arctic and Alpine research, 20(2), 160- 178.
- Homlum, O., 1986, mapping of glaciations levels; comments on the effect of sampling area size. Arctic and Alpine research, 18(4): 407- 414.
- King, C.A.M., 1970, Techniques in geomorphology, London.

Retter, D.F., 1993, Kochel, R.C, Millir, J.  
 Process geomorphology, W.M.C.  
 Brown publishers.

Moayeri, M., Ramesht, M. H., Saif, A.,  
 Yamani M. & Jafari, Gh. H., The  
 impact of mountainous skirts direction  
 of Iran on differences in altitude of  
 wither and ice equilibrium line of  
 quaternary, geography and  
 environmental planning journal, year  
 21- vol 40- no 4, winter 2011. Pp 1-12.

Schweizer, G., 1970, the kuhe sabalan  
 (northe west Iran) contributions to  
 the glacier and glacial  
 geomorphology of high mountains,  
 in: H Schroder (eds). Beitrage zur  
 geographiede de tropen and  
 subtropen Tubiger geographische  
 studien, PP: 163-178.

Write, H.E., N.Y. 1963, Preliminary  
 Pollen Studies at Lacke Zeribar,  
 Zagros Mountains, and Southwest  
 Iran.

Archive of SID