دکتر علی دلال‌اوغلی[1]

ارتفاع خط تعادل یخچالی در کوهستان سبلان

چکیده :

روش‌های متعددی برای محاسبه‌ی خط تعادل یخچال وجود دارد. در این تحقیق تعداد ۷ یخچال و چهار پهنه برف دایمی در کوه سبلان شناسایی شد. «ارتفاع خط تعادل یخچال‌ها»[2] و پهنه‌های برف دایمی با استفاده از روشهای لوئیس، THAR و روش هوم لوم محاسبه گردید. مقایسه‌ی نتایج حاصل از دو روش لوئیس و THAR نشان می‌دهد که بکارگیری تکنیک‌های مختلف برای یک منطقه می‌تواند نتایج متفاوت در پی داشته باشد. نتایج حاصل از روش لوئیس نسبت به نتایج روش THAR معمولاً ارتفاع کمتری را نشان می‌دهند. در روی تمام خود یخچال‌ها خط تعادل قرار دارد، ولی بیشترین مساحت یخچال‌ها در ارتفاعی کمتر از خط تعادل یخچالی واقع شده‌اند. لذا یخچال‌ها به عوامل حمایت کننده وابستگی بیشتری به شرایط محلی دارند.

کلید واژه‌ها : *تعادل یخچالی، سبلان، خط برف دایمی، نسبت منطقه تجمع، یخچال.*

---

۱ - عضو هیأت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

2 - Equilibrium Line

مقدمه :

واژه‌ی حد ارتفاع برفهای دایم[1] برای اولین بار توسط شخصی به نام لیبوتری به کار برده شد (بلروپومرول، ۱۳۶۹) و سپس این اصطلاح توسط کلبل اسبرگ[2] و سچگلووا[3] (به نقل از شوایتزر، ۱۹۷۰) چنین تعریف گردید: «مرزی در سطح افقی که بالاتر از آن، پوشش برف در تمام طول سال (۳۶۵ روز) پا برجا می‌ماند». به عقیده‌ی بلروپومرول (۱۳۶۹) حد ارتفاع برفهای دایم بعد خط تعادل نام گرفته است. مسرلی ولیبوتری (نقل از شوایتزر، ۱۹۷۰)، کینگ (۱۹۷۰)، هاوکینز (۱۹۸۵)، هوم لوم (۱۹۸۶) وریتر و همکاران (۱۹۹۳) بین خط برف دایمی و خط تعادل تفاوت قایل شده‌اند و اعتقاد دارند که نمی‌توان آنها را معادل هم در نظر گرفت، چون هر دو در ارتفاع متفاوت قرار می‌گیرند. معمولاً خط برفی نسبت به خط تعادل درارتفاع بالاتری واقع می‌شود (شکل ۱). به عقیده‌ی هاوکینز (۱۹۸۵) خط برف اقلیمی، معانی متعدد دارد و از کاربرد محدود و عمومی برخوردار است و این اصطلاح برخلاف نامش به جای خط، بیشتر سطح را نشان می‌دهد؛ در حالی‌که خط تعادل یک اصطلاح دقیق بوده و دارای کاربردهای بیشتری است.

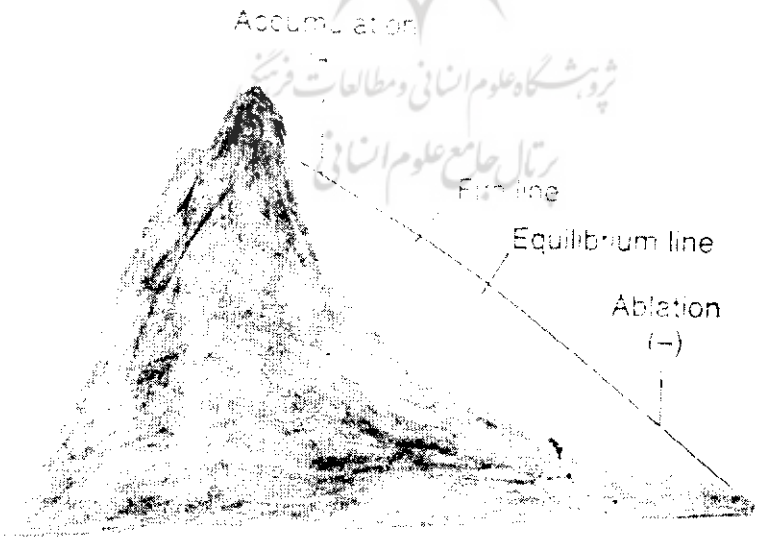
در روی یخچال، خط تعادل منطقه‌ی تجمع را از منطقه‌ی ذوب جدا می‌کند (سلبای، ۱۹۸۵ ؛ هوم لوم ـ ۱۹۸۸ ؛ وریتر و همکاران ۱۹۹۳). با وجود این، در روی یخچال‌های کوهستانی نواحی معتدل خط برفی و تعادل معمولاً آنقدر به هم نزدیک هستند که تقریباً یک خط واحد را تشکیل می‌دهند. در بالاتر از خط تعادل یخچال به وسیله بارش مستقیم برف، تراکم برف در اثر وزش باد و ریزش بهمن تغذیه می‌شود ولی برعکس در پایین تر از حد مزبور بر اثر میانگین دمای هوای تابستان ذوب می‌شود. یک رابطه تجربی غیر خطی بین تجمع برف و متوسط دمای تابستان در روی خط تعادل وجود دارد. لذا این خط تابع دو پارامتر بارش و دمای تابستان می‌باشد، به طوری که ارتفاع آن در ارتباط با تغییرات اقلیم، مخصوصاً

1 - Snow line
2 - Klebelsberg
3 - Schcheglova

در ارتباط با مقدار بارش و توزیع فصلی آن و نسبت بارش جامد از سالی به سال دیگر و حتی در طول یک دوره‌ی طولانی نیز برای یک منطقه تغییر می‌نماید.

از دیدگاه ژئومورفولوژی خط تعادل یخچالی از این لحاظ مهم است که پایین‌ترین مرز آب و هوای یخچالی را نشان می‌دهد (هوم لوم، ۱۹۹۸). اولین شرط لازم برای تشکیل یخچال وجود خط تعادل در روی زمین است. خط تعادل عاملی است که ارتباط موجود بین یخچال‌ها و آب و هوا را مشخص می‌سازد و آب و هوای حاکم در روی خط تعادل یخچالی تداوم حضور یخچال را تقویت می‌کند، چنان که ارتفاع خط تعادل اندکی افزایش یابد، موجب پسروی یخچال‌های کوهستانی و نابودی کلاهک‌های یخی می‌شود. هر یخچال در بالای خط تعادل خود قادر به تخلیه‌ی خرده سنگهای درون یخچال است.

در برخی موارد، آبهای حاصل از ذوب برفهای بخش بالایی که از خط تعادل عبور می‌کنند در منطقه‌ی ذوب، تحت تأثیر یخبندان مجدد به یخ کامل تبدیل می‌شود. این شرایط که تغذیه‌ی یخچال را در پایین دست فراهم می‌سازد، تفکیک دو خط تعادل و برف مرز دایمی را در روی یخچال ایجاب می‌کند.

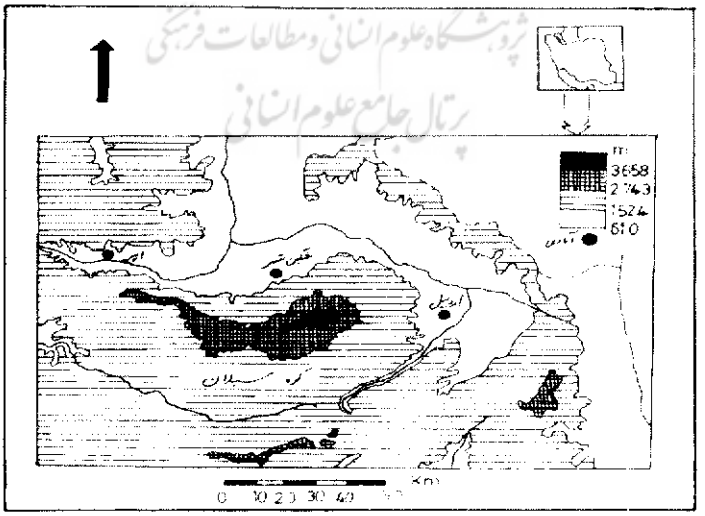


شکل ۱ - نمایش خط تعادل یخچالی و خط برف دایمی

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه :

کوهستان سبلان در استان اردبیل و جنوب شهر مشگین شهر واقع شده است. این توده‌ی کوهستانی بین عرض‌های جغرافیایی ′۳۸°۷ تا ′۳۸°۱۹ شمالی و طولهای جغرافیایی ′٤٧°٣٦ تا ′٤٧°٥٨ شرقی قرار گرفته است (شکل۲). این کوه از سه جهت شرق، جنوب و شمال به وسیله‌ی دشتهای آبرفتی احاطه شده و از مغرب به رشته کوه قوشه داغ متصل می‌شود. توده‌ی کوهستانی سبلان به ترتیب از شرق به غرب از سه قله‌ی سلطان (٤٨٢٢ متر)، هرم (٤٦١٢ متر) و کسری (٤٥٧٥ متر) محصور شده که در داخل یک کالدرای بزرگ جای گرفته‌اند. کوهستان مذکور از لحاظ هیدرولوژیکی جزو حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی قره سو می‌باشد. با توجه به عدم وجود ایستگاه‌های ثبت کمی پارامترهای اقلیمی در ارتفاعات سبلان، با در نظر گرفتن موقعیت ارتفاعی برای تعیین اقلیم منطقه از ایستگاه‌های حاشیه‌ی کوهستان به کمک روشهای آماری استفاده شده است. میانگین بارش سالیانه در ارتفاع ٤١٠٠ متر حدود ۸۱۰ میلیمتر و میانگین دمای سالیانه در قله سلطان ۷/۵- درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. آب و هوای سبلان از نوع اقلیم ارتفاعات محسوب می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲ نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

پیشینه‌ی تحقیق :

تعیین خط برف دایمی سبلان از دیر باز مورد توجه بوده است. در سال ۱۹۳۷ بوبک (نقل از شوایتزر، ۱۹۷۰) حد برفهای دایمی زمان کنونی را در سبلان در ارتفاع بین ٤۰۰۰ تا ٤۱۰۰ متر در نظر گرفته است. احتمال می‌رود بوبک در محاسبه‌ها از روش کمترین ارتفاع سیرک استفاده کرده باشد. شوایتزر (۱۹۷۰) با توسل به نظرات لیبوتری و مسرلی بین خط برف دایمی و خط تعادل تفاوت قایل می‌شود و با استفاده از روش لوئیس خط برفی را برای دامنه‌ی شمالی ٤۲۵۰-٤۲۰۰ متر و برای کل منطقه ٤۵۰۰ متر برآورد و ارتفاع خط تعادل یخچالی را در سبلان ٤۱۰۰-٤۱۰۰۰ متر در نظر گرفته است. دیدون وژمن (۱۹۷٦) در توصیف یخچال‌های سبلان متأثر از افکار شوایتزر ارتفاع حد برف‌های دایمی را بالاتر از ٤۰۰۰ متر بیان کرده‌اند. خیام (۱۳۷۲) مرز برف‌های دایمی امروزی در دامنه‌ی شمالی سبلان را در ارتفاع ٤۰۰۰ متر مشخص کرده است. به عنوان نتیجه نهایی باید اذعان داشت علاوه بر اینکه در سبلان تا به حال در مورد محاسبه خط تعادل یخچالی پژوهش کاملی انجام نگرفته و بین دو مفهوم خط برف دایم و خط تعادل تفاوت قایل نشده‌اند، بلکه برای تعیین خط برف دایم از روشهای خط تعادل استفاده شده است.[۱]

روش‌های تعیین خط تعادل :

مروری در مطالعات مربوط به تعیین خط تعادل نشان می‌دهد که برای تعیین آنها در تحقیقات مختلف از روش‌های غیرمستقیم متعددی استفاده شده است. ما به جهت ضرورت در زیر به شرح مختصر هر یک از آنها می‌پردازیم :

۱- یکی از روش‌های رایج برای تعیین خط تعادل، موسوم به میانه ارتفاع[۲] است که در آن میانگین ارتفاع سطح یخچال کنونی به عنوان خط تعادل محسوب می‌شود (کوروسکی، نقل از هولوم، ۱۹۸۸). این روش در اروپا توسط منلی (نقل از هاوکینز، ۱۹۸۵) و در آمریکا نیز

۱ - شوایتزز از این قاعده مستثنی می باشد.

2 - Median elevation

توسط ریچموند و میردینگ (نقل از هاوکینز، ۱۹۸۵) برای تعیین ارتفاع خط تعادل مورد استفاده قرار گرفته است. شواهد تجربی نشان می‌دهد مرزی که با روش فوق محاسبه می‌شود ارتفاع آن در روی یخچال‌های زمان حاضر بسیار بالاتر می‌باشد. و بر ولیچتنکر (نقل از هوم لوم، ۱۹۸۸) یادآوری می‌کنند این روش فقط در مورد یخچال‌هایی به کار می‌رود که دارای شکل نهایی ثابت بوده، در مرحله تشکیل مورن میانی می‌باشند و این مورن‌ها نیز در سطح یخچال ظاهر گردد.

۲- در روش لوئیس (نقل از هوم لوم، ۱۹۸۸) خط تعادل در ارتفاعی بین مرز پایین یخچال از یک سو و ستیغ فوقانی یخچال از سوی دیگر قرار می‌گیرد.

۳- قسمت پایین دست سیرک‌های یخچالی بویژه سیرک‌های کوچک تعیین خط تعادل را ممکن می‌سازد (پورتر، نقل از هاوکینز، ۱۹۸۵). مطالعات ویلیامز نشان داده است کف سیرک‌ها ۱۵۰ تا ۷۵۰ متر پایین‌تر از ELA یخچال سیرکی قرار دارند، در عوض ارتفاع یخ‌گیری عموماً بالاتر از ارتفاع خط ELA یخچال‌های کوهستانی قرار می‌گیرد (میلر و آندرو، نقل از هاوکینز، ۱۹۸۵).

٤- گراس و همکاران (نقل از هوم لوم، ۱۹۸۸) و پست و میر (نقل از هاوکینز، ۱۹۸۵) برای محاسبه خط تعادل از روش موسوم به نسبت منطقه تجمع[1] (AAR) استفاده نموده‌اند. در این روش نسبت منطقه تجمع (منطقه بالاتر از خط AAR) را به کل مساحت یخچال در نظر می‌گیرند. در یخچال‌هایی که دارای شکل نهایی ثابت می‌باشند، منطقه‌ی تجمع یخ ٦۰ تا ۷۰ درصد کل مساحت یخچال را شامل می‌شود.

۵- میردینگ (نقل از آندرو و همکاران، ۱۹۹۹) برای محاسبه خط تعادل از روش (THAR) یعنی نسبت پایین‌ترین ارتفاع یخچال به بالاترین ارتفاع آن استفاده نمود. در این روش ارتفاع خط تعادل را می‌توان به ترتیب زیر محاسبه نمود :

ELA = پایین‌ترین ارتفاع + (THAR) (بالاترین ارتفاع - پایین‌ترین ارتفاع)

1- Accumulation Area Ratio

۶- آندرو (۱۹۷۵) برای محاسبه‌ی خط تعادل، بالاترین ارتفاع مورن‌های کناری[1] را مورد توجه قرار داد. به علت ماهیت حرکت یخچال، مورن‌های کناری به آرامی در منطقه‌ی ذوب در ارتفاعی نهشته می‌شوند که به ارتفاع خط تعادل نزدیک بوده یا پایین‌تر از آن قرار می‌گیرد. بنابراین، بالاترین ارتفاع مورن‌های کناری را به عنوان ارتفاع خط تعادل در نظر می‌گیرند.

۷- هوم لوم (۱۹۸۸) معتقد است در رشته کوهی که دارای قطعات برف دایمی می‌باشد و هیچ حرکتی در آنها دیده نمی‌شود می‌توان مرز پایین قطعات برف را در فصل ذوب به عنوان خط تعادل در نظر گرفت.

روش کار :

تحقیق کنونی از نظر روش از انواع توصیفی محسوب می‌گردد. براساس تفسیر عکسهای هوایی سال ۱۳۵۰ به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و بازدیدهای میدانی تعداد ۷ یخچال و چهارپهنه برف دایمی در دامنه‌ی شمالی کوهستان سبلان شناسایی شد. در این مطالعه یخچال‌ها و پهنه‌های برف با توجه به دامنه قله‌های محل تشکیل نامگذاری شده‌اند. در دامنه‌ی جنوبی به استثنای یک یخچال سیرکی، پدیده شکل دهنده مربوط به برف موجود نیست. مساحت یخچال‌ها با استفاده از پلانی متر دیجیتالی تعیین گردید.

ارتفاع مرز پایین یخچال‌ها و پهنه‌های برف دایمی، ارتفاع ستیغ فوقانی یخچال‌ها و ارتفاع مرز بالایی آنها از طریق نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و GPS اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است. سپس با استفاده از روش‌های لوئیس، (THAR) و هوم لوم، خط برفی برای ۷ یخچال و چهار پهنه برف دایم تعیین شد (جدول ۱).

بحث :

یخچال‌ها در مجموع ۷/٤ کیلومتر مربع از دامنه‌ی شمالی سبلان را اشغال کرده‌اند و مساحت آنها از ۰/۱۹ تا ۲/۰۳ کیلومتر مربع تغییر می‌یابد. این یخچال‌ها با توجه به توپوگرافی

1 - Maximum elevation of lateral moraines

سنگ بستر به اشکال یخچال جداری، یخچال طاقچه‌ای، ایپرانهای یخی (یخچال پیش‌بندی) و یخچال سیرکی دیده می‌شوند (دلال اوغلی ۱۳۸۱). وجود شکاف‌های عرضی بر سطح یخچال‌های قله‌ی سلطان و هرم، معرف حرکت تدریجی آنهاست. ارتفاع خط تعادلی یخچالی که براساس روش لوئیس محاسبه شده، از ٤٢٥٠ تا ٤٥٧٥ متر تغییر می‌کند، و ارتفاع ELA از قله‌ی سلطان در شرق به طرف قله‌ی کسری در غرب کاهش می‌یابد و تقریباً روند مشخص نزولی را نشان می‌دهند. در روش THAR ارتفاع ELA در جهت قایم تقریباً تغییرات مشابه را نشا ن می‌دهد. در هر روش پایین‌ترین ارتفاع ELA مربوط به یخچال غرب قله‌ی سلطان و بالاترین ارتفاع مربوط به یخچال‌های فرو رفتگی رأس قله‌ی کسری و شمال شرقی قله‌ی سلطان می‌باشد.

مقایسه‌ی نتایج حاصل از دو روش تفاوتی را بین آنها نشان می‌دهد و نتایج حاصل از روش THAR نسبت به نتایج حاصل از روش لوئیس معمولاً ارتفاع بیشتری را نشان می‌دهند. بیشترین مساحت یخچال‌ها در هر دو روش در ارتفاعی کمتر از خط تعادل قرار دارند.

به دلیل اینکه دو یخچال شمال شرقی قله‌ی سلطان و شمال قله‌ی هرم در داخل چاله‌ها و سیرک‌ها به وسیله‌ی دیواره‌های تند و مرتفع محدود شده‌اند، در پایین دست مورن انتهایی و دامنهٔ سنگ‌ریزمتد را تشکیل می‌دهند. با استفاده از روش AAR می‌توان ارتفاع خط تعادل را در دو یخچال مذکور محاسبه کرد. اگر مساحت هر دو یخچال را در نظر بگیریم، خط ELA تقریبی خواهد بود، زیرا نیمرخ توپوگرافی سطح یخچال‌ها در بالا دست محدب و در پایین دست مقعر می‌باشد.

در کوهستان سبلان حدود ٤ پهنه برف دایمی شناسایی شده، در این برفها هیچ‌گونه حرکتی دیده نمی‌شود. مرز پایین آنها در فصل ذوب به عنوان خط تعادل در نظر گرفته شده است (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات یخچالهای دامنه شمالی سبلان و ارتفاع خط تعادل

نام یخچال	تیپ یخچال	مرز پایین یخچال (متر)	بالاترین ارتفاع یخچال (متر)	ارتفاع ستیغ مشرف بر یخچال (متر)	ارتفاع خط تعادل یخچال به روش لوئیس	ارتفاع خط تعادل یخچال (THAR)
شمال شرقی قله سلطان	ایپرانی	٤٠٠٠	٤٨٠٠	٤٨١١	٤٤٠٠	٤٦٦٦
شمال قله سلطان	ایپرانی	٤٠١٢	٤٤٨٠	٤٨١١	٤٤١٢	٤٤٣١
غرب قله سلطان	جداری	٤٢٠٠	٤٢٥٠	٤٣٠٠	٤٢٥٠	٤٢٤٩
شمال‌قله هرم	ایپرانی و سیرکی	٣٩٥٠	٤٤٠٠	٤٦١٢	٤٢٨١	٤٣٥٤
یخچال شرقی قله کسری	طاقچه‌ای	٣٩٠٠	٤٥٠٠	٤٥٧٥	٤٢٣٧	٤٣٢٥
یخچال غربی قله کسری	طاقچه‌ای	٣٩٠٠	٤٤٠٠	٤٥٧٥	٤٢٣٧	٤٣٤٣
فرورفتگی رأس‌قله کسری	فلاتی	٤٥٠٠	٤٥٧٥	٤٥٧٥	٤٥٧٥	٤٥٧٣

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲ ارتفاع خط تعادل پهنه‌های برف دایم سبلان به روش هوم لوم (۱۹۸۸)

نام پهنه برف	ارتفاع خط تعادل (متر)
دامنه‌ی شرقی قله‌ی سلطان	٤٤٢٥
دامنه‌ی شمال شرقی قله‌ی سلطان	٤٢٠٠
دامنه‌ی شمالی قله‌ی سلطان	٤٤٠٠
دامنه‌ی شمال غربی قله‌ی هرم	٤١٢٠

نتیجه‌گیری :

از بین روش‌های رایج برای محاسبه‌ی خط تعادل با توجه به شرایط حاکم در یخچال‌های کوه سبلان، استفاده از دو روش لوئیس و THAR میسر می‌باشد، و در مورد پهنه‌های برف دایم، روش هوم لوم مناسب‌ترین تکنیک محسوب می‌شود. ارتفاع خط تعادل محاسبه شده با استفاده از هر دو روش در روی خود تمام یخچال‌ها قرار دارد، ولی بیشترین مساحت یخچال‌ها در ارتفاعی کمتر از خط تعادل یخچالی قرار دارند. در نتیجه از یک طرف یخچال‌های کوه سبلان بیشتر و زودتر تغییر می‌کنند و از طرف دیگر وابستگی آنها به عوامل حمایت کننده و شرایط محلی از قبیل دیواره‌ی صخره‌ای با شیب تند، موقعیت پشت به آفتاب و مخصوصاً جهت مناسب نظیر گودی‌های توپوگرافی روبه شمال شرقی بیشتر است. گودی‌های توپوگرافیکی بیشترین سایه را در مقابل آفتاب تابستان ایجاد می‌کنند و همچنین برای تجمع برف پناهگاهی به شمار می‌روند.

منابع :

۱- بلر، بی؛ پومرول، ش. (۱۹۶۹)، ***مبانی زمین‌شناسی*** (ترجمه، ف. معتمد، ع. درویش‌زاده و ا. معتمد). انتشارات دانشگاه تهران.

۲- خیام، م. (۱۳۷۲)، کوششی بر طرح وضع ساختمانی و مورفولوژی آتشفشانی فلات آذربایجان با تأکید بر توده ولکانیکی سبلان. ***نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی*** دانشگاه تبریز شماره ۱۴۷-۱۴۶ صص ۵۰-۳۲.

۳- دلال اوغلی، ع. (۱۳۸۱)، پژوهش در سیستم‌های مورفوژنز مؤثر در دامنه شمالی سبلان و شکل‌گیری دشت انباشتی مشکین شهر. پایاننامه دکتری تخصصی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

4- Andrews, J.T. (1975), ***Glacial system: An approach to glaciers and their environment***. North scituate.

5- Andrew, G.K. Geoffrey, O. S., Bryan, L. I. (1999), Modern and last local glacial maximum snowlines in the central Andes of Peru, Bolivia, and Northern Chile, ***Quaternary Science Reviews***, 18: 63-84.

6- Didon, J., Gemain, Y. M. (1976). Le Sabalan, plio quaternaire de Azerbaijan oriental (Iran). 3eme cycle thesis Uneversity of Grenoble.

7- 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.

8- Humlum, O. (1986), Mapping of glaciation levels: Comments on the effect of sampling area size. ***Arctic And Alpine Research***, 18(4) : 407-414.

9- Humlum, O. (1988), Rock glacier appearance level and rock glacier initiation line altitude: A methodogical approach to the study of rock glaciers. ***Arctic And Alpine Research***, 20(2) : 160-178.

10- King, C.A.M. (1970), ***Techniques in Geomorphology***. London.

11- Ritter, D.F., Kochel, R.C., Millir, J. (1993), ***Process geomorphology***. Wm. C. Brown Publishhers.

12- Schweizer, G. (1970), The kuhe Sabalan (North west Iran) contributions to the glacier and glazial geomorphology of high mountains, in: H Schroder (eds). Beitrage zur geograplie de tropen and subtropen. ***Tubinger Geographische Studien***, pp.. 163-178.

13- Selby, M. J. (1985), ***s Changing Surface, An introduction to geomorphology***. Clarendon pross. PP. 607

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی