پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال دوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۲
صص. ۱۲۸-۱۱۱

شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان

اسماعیل پاریزی* ـ کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
علیرضا تقیان ـ استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان
محمدحسین رامشت ـ استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵

چکیده

هدف از این پژوهش، شناسایی شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان است. نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های اقلیمی، ابزار و داده‌های به‌کار رفته در این پژوهش هستند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای ARC GIS، SURFER و GLOBAL MAPPER استفاده شد. شناسایی شواهد یخچال‌های کواترنر بر اساس چهاردسته از شواهد، شامل شاخص‌های مورفیک، شواهد اقلیمی، شواهد ژئومورفولوژیکی و شاخص‌های آزمایشگاهی انجام گرفت. با استفاده از شاخص‌های مورفیک (فرم خطوط منحنی میزان روی نقشه‌های توپوگرافی) و تصاویر ماهواره‌ای، نواحی تحت سلطه پهنه‌های یخی و آثار ۲۵۱ سیرک یخچالی شناسایی شد. شواهد اقلیمی نشان می‌دهد که حوضهٔ تنگوئیه، نه‌تنها در کواترنر حدود ۹ درجه نسبت به زمان فعلی دمای سردتری داشته، بلکه مقدار بارش آن نیز در مقایسه با زمان حال، کمابیش دو برابر بیشتر بوده است. از سویی، سیرک‌های یخچالی، دره‌های یخچالی و یخرفت‌ها، مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها در حوضهٔ مورد مطالعه معرفی شدند. درنهایت شاخص‌های آزمایشگاهی (گرانولومتری) به‌منزلهٔ تکمیل‌کنندهٔ شواهد یخچال‌ها، وجود رسوبات یخچالی را در حوضهٔ تنگوئیه به‌اثبات رساندند. همچنین با استفاده از روش رایت، خط مرز برف دائمی در دوران حاکمیت یخچال‌های حوضهٔ تنگوئیه، در ارتفاع ۲۷۱۹ متری و به روش ارتفاع کف سیرک پورتر، در ارتفاع ۲۷۱٤ متری برآورد شد.

کلیدواژه‌ها: حوضهٔ تنگوئیه، خط برف دائمی، سیرجان، سیرک، کواترنر پایانی، یخچال.

---

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۹۲۸۳۸۶۲ E-mail: Parizi555@gmail.com

مقدمه

شواهد نشان می‌دهد که در طول تاریخ زمین، شرایط آب و هوایی، بارها دستخوش تغییر و تحول کلی قرار گرفته و به‌دنبال آن شرایط جغرافیایی و ازجمله ژئومورفیک نیز، تغییر یافته است (پدرامی، ۱۳۶۷، به نقل از امیر احمدی، ۱۳۹۰). تحولات اقلیمی کواترنر از روی آثار مورفولوژیک یخچال‌ها، برای اولین بار در اروپا شناخته شد و بعدها شواهد مرتبط با این پدیده، در سایر نقاط زمین مورد بررسی قرار گرفت. در ایران نیز مانند سایر نقاط خشک و نیمه‌خشک دنیا، آثار این تحولات شناخته شده است، ولی دربارهٔ چگونگی اقلیم حاکم بر ایران در آن زمان و دامنهٔ تغییرات آن ابهاماتی وجود دارد (رامشت و کاظمی، ۱۳۸۰).

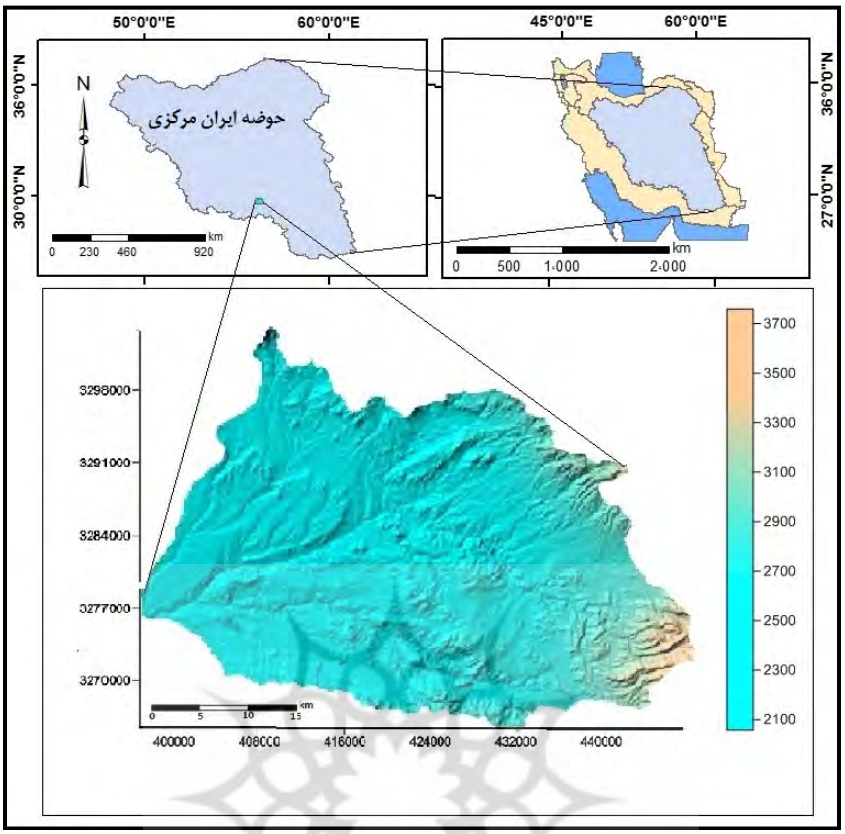
اگرچه موقعیت کنونی سرزمین ایران و تسلط شرایط خشک و نیمه‌خشک، وجود حاکمیت یخچال‌ها را در این سرزمین با شک و تردید همراه کرده است، اما وجود شواهد و آثار ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها در مناطق مختلف ایران، عملکرد یخچال‌ها در این مناطق را نشان می‌دهد (وزیری، ۱۳۸۲، به نقل از رامشت، لشکری، لاجوردی و محمدآبادی، ۱۳۹۰). بر اساس یافته‌های تجربی و مکتوب، تاریخچهٔ یخچال‌شناسی به اوایل قرن نوزدهم برمی‌گردد. در سال ۱۸۲۱، مهندس سوئیسی به نام ونتز مقاله‌ای را عرضه کرد که متن مقاله حاکی از آثار گستردگی عظیم یخچال‌هایی از کواترنر بود که تا آن زمان در سوئیس، مورد توجه قرار نگرفته بودند. اگرچه شماری از افراد نظریهٔ ونتز را مورد بحث و نقادی قرار دادند و مخالفان آن بیش از مدافعان آن بود، اما بی‌شک باید گفت جین لویس رودلف اگازیس (۱۸۰۸–۱۸۷۳م) کسی است که بیشترین تلاش را در زمینهٔ مدلل‌کردن این نظریه به عمل آورده است. نام اگازیس در تبیین دوره‌ها و مطالعات یخچالی، مقدم بر هر کسی است. او یخچال‌شناسی را با تشریح یخچال‌های فعلی و تأثیرات فرسایشی آن روی صخره‌های بستری و دیگر قطعاتی آغاز کرد که همراه با آن حمل می‌شود (نعمت‌اللهی و رامشت، ۱۳۸۳). مطالعات انجام شده دربارهٔ یخچال‌های کواترنر در ایران، چندان زیاد نیست و اندک مطالعات انجام شده نیز مربوط به سدهٔ اخیر است (راب و دات، ۱۹۸۱: ۵۲، به نقل از یمانی، ۱۳۸۶). برای نمونه، ژاک دومرگان در سال ۱۸۹۰ اولین اظهار نظر کلی دربارهٔ مورفولوژی یخبندان‌های کواترنر ایران را عرضه کرد. وی از سیرک‌های قدیمی در اشترانکوه و قلیان‌کوه نام برده است. بوبک در سال ۱۹۳۳، مطالعهٔ مستقیم یخبندان‌های کواترنرِ ایران را در البرز و کوه‌های کردستان و دزیو در زردکوه آغاز کرد (جداری عیوضی، ۱۳۷۴). بوبک در سال ۱۹۵۵ با بررسی مورن‌های رشته‌کوه البرز و زاگرس، آن را شواهدی از یخبندان‌های قبل از وورم معرفی کرد. این اطلاعات او را بر آن داشت که در آن سال اولین اظهار نظر کلی دربارهٔ اقلیم ایران در کواترنر را منتشر کند. وی معتقد بود در طول دورهٔ یخچالی، اقلیمی سرد و خشک‌تر از امروز آن حاکم بوده است. مطالعات دیگری را فیشر (۱۹۶۸) در کوه‌های البرز و قلهٔ علم‌کوه انجام داد. وی سیرک‌های یخچالی، طول، عرض و ارتفاع سیرک‌ها و نیز، مسیر حرکت زبانه‌های یخی آنها را بررسی کرد. همچنین ژان درش روی یخچال علم‌کوه و تخت سلیمان مطالعاتی انجام داده است (رامشت، لشکری، لاجوردی و محمدآبادی، ۱۳۹۰). هاگه درن در سال ۱۹۷۴ مطالعاتی در ایران مرکزی انجام داد؛ مطالعات او بر این مطلب تأکید داشت که آن دسته از زبانه‌های یخچالی که از نواحی مرتفع کوهستانی خوب تغذیه شده باشند، توانایی آن را داشتند که تا پایکوه‌ها پایین بیایند و نفوذ خود را در تمام دره اعمال کنند. رامشت در سال ۱۳۷۱ تصاویر بی‌همتایی را از سنگ‌های سرگردان یخچالی در ارتفاع ۱۶۰۰متری

شیرکوه یزد منتشر کرد و به پایین آمدن زبانه‌های یخی تا این ارتفاع تأکید ورزید (نعمت‌اللهی و رامشت، ۱۳۸۳). یمانی (۱۳۸۵) به بررسی اشکال ژئومورفیک یخچال‌ها و حدود گسترش آنها در منطقهٔ زردکوه پرداخته است. وی بیان کرد در دامنه‌های شمال غربی این رشته‌کوه و پیرامون قلل اصلی آن که بالای ۴۰۰۰ متر ارتفاع دارند، بیش از ۱۵ سیرک و زبانه یخچالی وجود دارد. به اعتقاد وی حداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی تا ارتفاع ۲۵۰۰ متر بوده و به بستر رودخانه کوهرنگ محدود می‌شد و مرز تشکیل سیرک‌های یخچالی حداقل تا ارتفاع ۳۴۰۰ متر بوده است. کوهله در کوه جوپار واقع در جنوب کرمان، آثار دو یخبندان بزرگ کواترنر را بررسی کرده و آنها را به دورهٔ ریس و وورم نسبت داده است (جداری عیوضی، ۱۳۷۴). رامشت و پوردهقان (۱۳۸۷) شواهد یخبندان‌های کواترنر را در منطقهٔ دهبکری بم بررسی کردند و دریافتند که این منطقه در فاز پایانی کواترنر بزرگترین برفخانهٔ ایران را داشته است و زبانه‌های یخچال‌ها تا ارتفاع ۱۴۰۰متری پایین می‌آمده‌اند. همچنین رامشت و محمدآبادی (۱۳۸۸) در پژوهشی دیگر، آثار یخچال‌های طبیعی را در حوضهٔ تیگرانی ماهان بررسی کرده و ارتفاع خط مرز برف دائمی در این حوضه را در دورهٔ حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاع ۲۹۱۶ متر تعیین کردند.

اگرچه محققان متعددی به مطالعات یخچال‌شناسی در نقاط مختلف ایران پرداخته‌اند، ولی می‌توان گفت بهترین تحقیقات یخچالی ایران را مرحوم منوچهر پدرامی انجام داده است. تلاش‌های وی بیشتر روی خط برف دائمیِ ایران تمرکز داشت و حاصل مطالعات او تهیهٔ نقشهٔ خط مرز برف دائمی ایران در دورهٔ وورم بود (رامشت و کاظمی، ۱۳۸۶). به باور جداری عیوضی (۱۳۷۴) جالب‌ترین یخچال‌هایی که از نظر اقلیم کواترنر ایران اهمیت دارند، آنهایی هستند که در ارتفاعات مناطق خشک داخلی شناسایی شده‌اند. حوضهٔ تنگوئیه سیرجان جزء مناطقی از ایران مرکزی است که از این امر مستثنی نیست. به‌گفته‌ای، اگرچه این حوضه در زمان فعلی دارای اقلیم نیمه‌خشک است، ولی آثار و شواهد مختلفی از یخچال‌های کواترنر در آن دیده می‌شود که کسی تا کنون بدان توجه نداشته است. درواقع لندفرهایی در این حوضه وجود دارد که با فرآیندهای حاکم در این حوضه سنخیتی ندارند و باید در اثر فرآیندی دیگر که قدرت و توان بیشتری داشته، ایجاد شده باشند. بنابراین در این پژوهش تلاش شده است نخست، با توجه به شواهد مختلفی مانند: شواهد اقلیمی، شاخص‌های مورفیک، شواهد ژئومورفولوژیکی و شاخص‌های آزمایشگاهی، آثار یخچال‌های کواترنر پایانی در این حوضه شناسایی شود و دوم، با توجه به روش‌های رایت و پورتر، خط مرز برف دائمی حوضه در زمان حاکمیت یخچال‌ها برآورد شود.

منطقهٔ مطالعاتی

منطقهٔ مورد مطالعه، موسوم به حوضهٔ تنگوئیه در جنوب حوضهٔ ایران مرکزی و شمال شرق شهرستان سیرجان قرار دارد (شکل ۱). این حوضه با مساحت ۱۱۵۵/۴ کیلومتر مربع در محدوده‌ای به عرض ۲۹ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۱ دقیقه و طول ۵۵ درجه و۵۶ دقیقه تا ۵۶ درجه و۲۷ دقیقه واقع شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع این حوضه به‌ترتیب ۳۷۶۰ و ۲۰۵۶ متر است و از نظر ژئومورفولوژی، اشکال غالب این حوضه به‌دلیل واقع شدن در زون سهند ـ بزمان در اثر فعالیت‌های ماگمایی به‌وجود آمده‌اند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوضهٔ آبخیز تنگوئیه سیرجان

مواد و روش‌ها

شناسایی شواهد یخچال‌های کواترنر پایانیِ حوضهٔ تنگوئیه سیرجان با تحدید حوضهٔ مورد مطالعه و توجه بـه نقشـه‌هـای توپوگرافی۱:۵۰۰۰۰ آغاز شد. در این راستا برای تهیهٔ نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای حال حاضر حوضه، از داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های سیرجان، چهارگنبد، شهربابک، رفسنجان، زمزرج، سعادت‌آباد، باغ خشک، اسطور، پاریز، بافت، بردسیر، بلورد، جیرفت، کرمان، بم وکهنوج استفاده شد و به‌کمک این داده‌ها و مدل رقومی ارتفاعی حوضه، نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای حال حاضر حوضه در نرم‌افزار ARC GIS ترسیم شد.

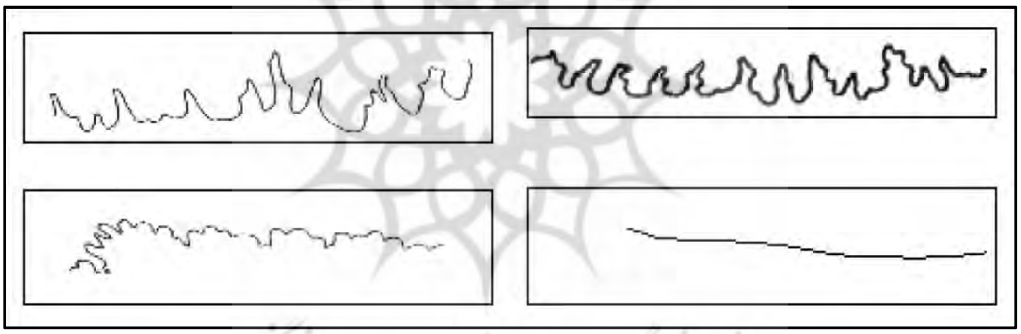
در مرحلهٔ بعد با توجه به فرم منحنی میزان‌ها در نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تصـاویر مـاهواره‌ای گوگـل ارث، نواحی تحت تسلط پهنه‌های یخی و سیرک‌های یخچالی که نشانهٔ حاکمیت اقلیم یخچـالی در گذشـته بـوده، در منطقـه مشخص گردید و خط مرز برف دائمی گذشتهٔ حوضهٔ تنگوئیه به روش رایت و پورتر برآورد شد. سپس با استفاده از ارتفاع خط مرز برف گذشته و افت آدیاباتیک دما، نقشهٔ هم‌دمای گذشتهٔ حوضه به‌دست آمد. برای تهیهٔ نقشهٔ هم‌بارش گذشـته، پس از هم‌پوشانی نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش حال حاضر حوضه در نرم‌افزار ARC GIS، همبستگی نقطه‌ای آنها گرفته شد و با استفاده از رابطهٔ بین بارش و دمای زمان حال و داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشهٔ هم‌بارش گذشتهٔ حوضه تهیه شد. پس از آن در عملیات میدانی، فرم‌های ایجاد شده توسط یخچال‌هـا، مشـتمل بـر دره‌هـای یخچـالی، سـیرک‌هـا و

یخرفت، مورد شناسایی قرار گرفت و از محل‌های خاصی از حوضه نمونه‌برداری انجام گرفت و پس از انتقال به آزمایشگاه، درنهایت به تجزیه و تحلیل داده‌ها مبادرت شد.

یافته‌های پژوهش

شواهد مورفیک

گام اول برای دنبال‌کردن آثار یخچال‌های کواترنر در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان، بررسی فرم‌شناسی بر اساس شاخص‌های مورفیک روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث است. این نقشه‌ها که به نمایش مجازی ناهمواری‌ها می‌پردازند، می‌توانند تشخیص فرم، فرآیند، پدیده‌های ژئومورفیک و مواد مادری را به‌کمک چهار عنصر فرم خطوط منحنی میزان، آرایش قلل، فرم شبکهٔ آبراهه و نقاط ارتفاعی منفرد آسان‌تر کنند. اگرچه خطوط منحنی میزان روی نقشه‌های توپوگرافی رقوم ارتفاعی خاصی را نشان می‌دهند، ولی همهٔ آنها فرم یکسانی ندارند (شکل ۲).



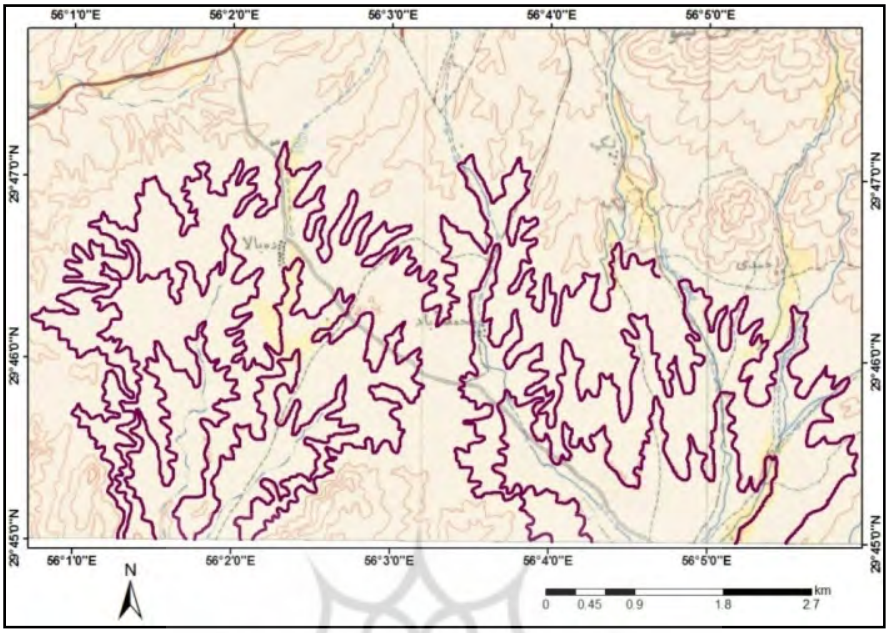
شکل ۲. بخشی از فرم‌های خطوط منحنی میزان در نقشه‌های توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱

منبع: رامشت، ۱۳۸۴

علت این امر ناشی از دو عامل تغییر در جنس زمین و فرآیند حاکم بر منطقه است. نواحی تحت سیطرهٔ پهنه‌های یخی در زمان گذشته، از جمله مواردی است که می‌توان به‌کمک فرم منحنی میزان‌ها روی این نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای تشخیص داد. این نواحی روی نقشه‌های توپوگرافی به‌صورت سینوس‌های بلند و پنجه‌ای با طول موج بزرگ روی منحنی‌های تراز منعکس می‌شود[1] که علت آن، حرکت ورقه‌ای یخ بعد از ترک کوهستان و رسیدن به سطح هموار است. این نوع حرکت یخ باعث ایجاد تپه‌ماهورهای ملایم در سطوح پایکوهی و دشت‌ها می‌شود. چنین چشم‌اندازهایی بعد از ذوب سطوح منجمد یخی جلوه‌گر شده و یخرفت‌های آن به‌صورت تپه‌های موجی‌شکل در سطح اراضی باقی می‌ماند (رامشت، ۱۳۸۴). در بخش‌هایی از حوضه که فرم زمین از کوهستان به دشت تغییر شکل می‌دهد، ما شاهد این اشکال هستیم که بارزترین آنها در غرب حوضه در مجاورت جادهٔ سیرجان ـ کرمان است (شکل ۳).

---

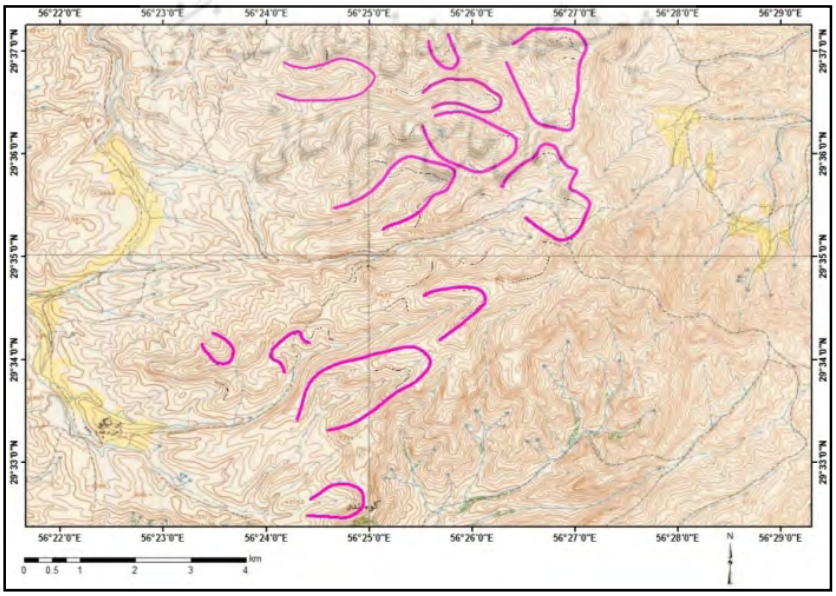
۱. به‌طور کلی وجود این عوارض در نقشه‌های توپوگرافی ایران مرکزی در ارتفاعات بالاتر از ۲۱۰۰ متر، دلیل عملکرد ورقه‌ای یخ در گذشته است.



شکل ۳. انعکاس آثار پهنه‌های یخی در نقشه‌های توپوگرافی حوضهٔ تنگوئیه سیرجان

منبع: نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ سمته (شمارهٔ 7249IV)

همچنین با توجه به فرم منحنی میزان‌ها روی همین نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، سیرک‌های یخچالی شناسایی شدند (شکل ۴). این عوارض که روی نقشه‌های توپوگرافی به شکل نعل اسب هستند، چنانچه در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر واقع شوند، احتمال نسبت‌دادن آنها به فعالیت‌های یخچالی قریب به یقین است (رامشت، ۱۳۸۴).



شکل ٤. انعکاس آثار سیرک‌های یخچالی در نقشه‌های توپوگرافی حوضهٔ تنگوئیه

منبع: نقشهٔ توپوگرافی ۵۰۰۰۰: ۱ رسطاق (شمارهٔ 7249II)

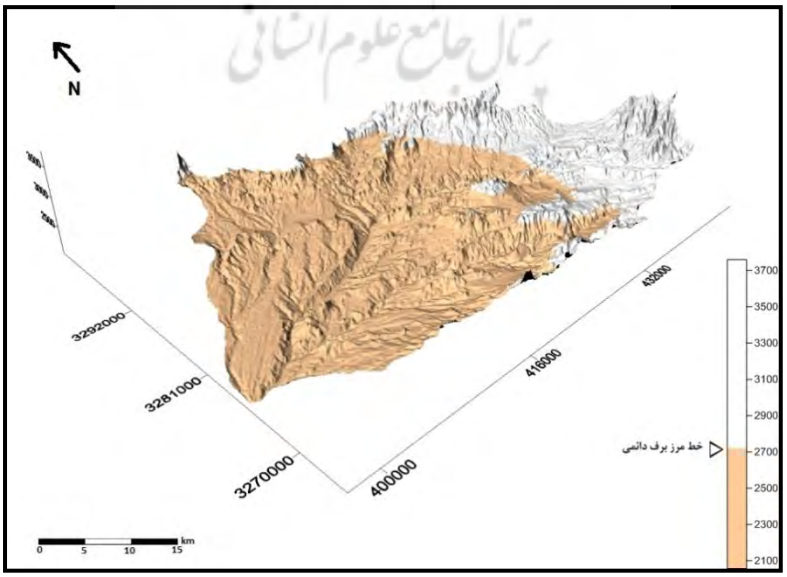
سیرک‌های شمارش‌شده روی ارتفاعات حوضهٔ تنگوئیه، افزون‌بر ۲۵۱ سیرک بزرگ و کوچک است که بـین ارتفـاع ۲۵۰۰ تا ۳۴۰۰ متری توزیع شده‌اند. همان‌گونه که در جدول ۱ بیان شده، تراکم سیرک‌ها در ارتفاع ۲۷۰۰ تـا ۲۸۰۰ متـر بیشتر از بقیهٔ ارتفـاعات است؛ به‌طوری که حدود ۲۰ درصد آنها در این ارتفاع تمرکز یافته‌اند.

جدول ۱. نحوهٔ توزیع سیرک‌های یخچالی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان

ارتفاع	تعداد سیرک‌ها	درصد سیرک‌ها	درصد تجمعی
۲۵۰۰–۲۶۰۰	۲۹	۱۱/۵	۱۱/۵
۲۶۰۰–۲۷۰۰	۴۹	۱۹/۵	۳۱
۲۷۰۰–۲۸۰۰	۵۲	۲۰/۷	۵۱/۷
۲۸۰۰–۲۹۰۰	۳۱	۱۲/۳	۶۴
۲۹۰۰–۳۰۰۰	۳۲	۱۲/۷	۷۶/۷
۳۰۰۰–۳۱۰۰	۲۴	۹/۵	۸۶/۲
۳۱۰۰–۳۲۰۰	۱۲	۴/۷	۹۱
۳۲۰۰–۳۳۰۰	۱۷	۶/۷	۹۸/۱
۳۳۰۰–۳۴۰۰	۵	۱/۹	۱۰۰

تخمین خط مرز برف دائمی حوضه در کواترنر به روش رایت

روش رایت که یکی از روش‌های تعیین خط برف مرز دائمی شناخته می‌شود، بر شمارش سیرک‌های کوچـک و محاسـبهٔ ارتفاع مدخل خروجی آنها استوار است (رامشت و پوردهقان، ۱۳۸۷: ۱۳۳). بر اساس سیرک‌های شـمارش‌شـده بـه روش رایت، خط ۶۰ درصد سیرک‌های منطقه مشخص شد. این خط ارتفـاعی را بـرای مـا مشـخص مـی‌کنـد کـه ۶۰ درصـد سیرک‌ها، بالاتر از این خط ارتفاعی قرار دارند. با محاسبهٔ این خط، مرز بـرف دائمـی در منطقـهٔ مـورد مطالعـه در زمـان حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاع ۲۷۱۹ متری برآورد شده است (شکل ۵).



شکل ۵. نقشهٔ مرز برف دائمی حوضهٔ تنگوئیه در دورهٔ حاکمیت یخچال‌ها به روش رایت

تخمین خط مرز برف دائمی حوضه در کواترنر به روش پورتر (روش ارتفاع کف سیرک)

روش ارتفاع کف سیرک یکی از پنج روشی است که پورتر در مطالعهٔ کوهستان‌های یخچالی عرض‌های پایین برای بازسازی ارتفاع خط تعادل (ELA) ارائه داده است. از میان روش‌های پنج‌گانهٔ پورتر، با توجه به بارز بودن شواهد سیرک‌های یخچالی، روش مطالعهٔ کف سیرک برای منطقهٔ مورد مطالعه مناسب‌تر است؛ زیرا بر اساس نظر پورتر، هنگامی که یخچالی فقط سیرک را پر می‌کند، ELA دائمی آن خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک (CF) نیست (شکل ۶). بنابراین روش ارتفاع کف سیرک برای تعیین ارتفاع (خط‌های تعادل) به‌کار می‌رود (پورتر، ۲۰۰۱: ۱۰۶۸، به نقل از یمانی، ۱۳۸۶). برای استفاده از این روش به‌منظور پی بردن به برف مرز گذشته و خط تعادل آب و یخ در حوضهٔ مورد مطالعه، بعد از آماده‌کردن جدول ۲، از رابطهٔ ۱ برای محاسبهٔ نما یا مد استفاده می‌کنیم.

رابطهٔ ۱)
$$M_o = L + \frac{d_1}{d_1 + d_2} \times h$$

L: حد پایین ردهٔ نمادار؛

d_1: تفاضل فراوانی ردهٔ ماقبل ردهٔ نمادار، از فراوانی ردهٔ نمادار؛

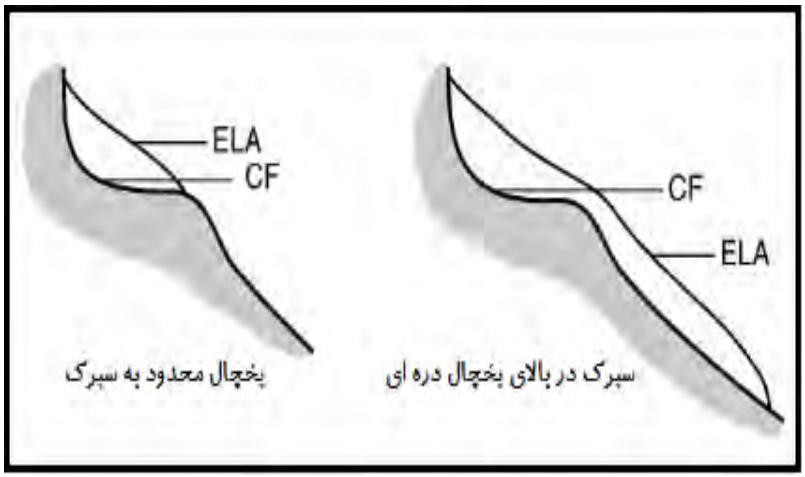
d_2: تفاضل فراوانی ردهٔ مابعد ردهٔ نمادار، از فراوانی ردهٔ نمادار؛

h: فاصله رده‌ها.

جدول ۲. توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در حوضهٔ تنگوئیه

طبقات ارتفاعی	فراوانی سیرک	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	درصد
۲۵۰۰–۲۶۰۰	۲۱	۵	۲	–	۰	۴	۶	-	۴	۸/۳
۲۶۰۰–۲۷۰۰	۵۱	۸	۲	۱	۶	۳	۱۸	۸	۵	۲۰/۳
۲۷۰۰–۲۸۰۰	۵۵	۷	۷	۱	۲	۱	۱۴	۱۴	۹	۲۱/۹
۲۸۰۰–۲۹۰۰	۳۲	۵	۲	۲	–	۱	۲	۱۶	۴	۱۲/۷
۲۹۰۰–۳۰۰۰	۲۶	–	–	–	–	۲	۱۶	۸	–	۱۰/۳
۳۰۰۰–۳۱۰۰	۲۹	۱	۲	–	۲	۱	۱۱	۷	۵	۱۱/۵
۳۱۰۰–۳۲۰۰	۱۲	۲	–	–	–	–	۲	۶	۲	۴/۷
۳۲۰۰–۳۳۰۰	۱۷	۳	–	–	۳	۲	۴	۱	۴	۶/۷
۳۳۰۰–۳۴۰۰	۸	۳	–	–	–	–	–	۲	۳	۳/۱
جمع	۲۵۱	۳۴	۱۵	۴	۱۳	۱۴	۷۳	۶۲	۳۶	۱۰۰
نما (متر)	–	۲۶۷۵	۲۷۵۰	۲۸۳۳	۲۶۶۰	۲۵۸۰	۲۶۷۵	۲۸۲۰	۲۷۴۴	۲۷۱۴

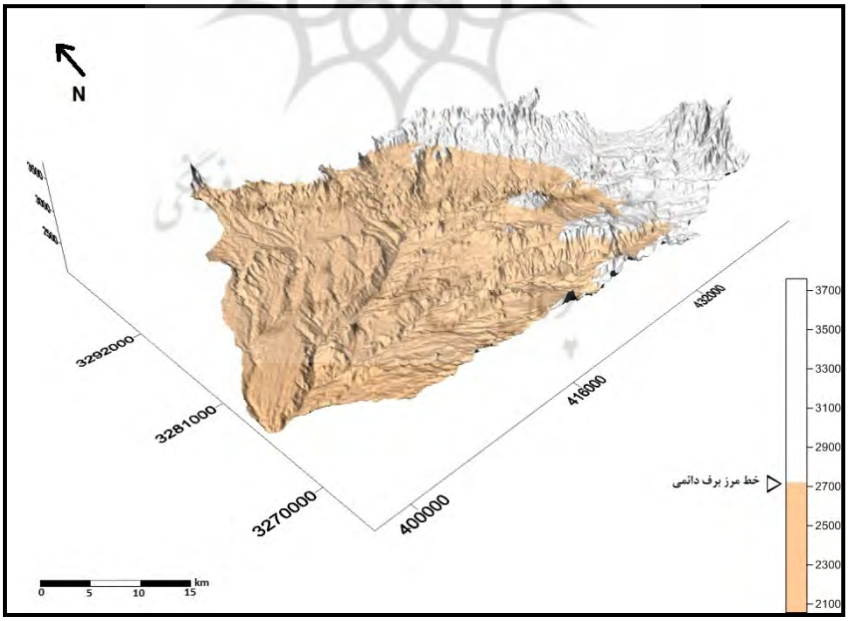
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ٦. روش ارتفاع کف سیرک

منبع: پورتر، ۲۰۰۱: ۱۰۶۸، به نقل از یمانی، ۱۳۸۶

ارتفاع برف‌مرز آخرین دورهٔ یخچالی برابر با مقدار نما در ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی است (یمانی، شمسی‌پور و جعفری‌اقدم، ۱۳۹۰: ۴۶). همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، مقدار مد یا نما در محدودهٔ مورد مطالعه ۲۷۱۴ متر است. به‌گفته‌ای مرز برف دائمی در دوران حاکمیت یخچال‌ها در حوضهٔ تنگوئیه در ارتفاع ۲۷۱۴ متری قرار داشته است (شکل ۷) که در مقایسه با روش رایت ۵ متر اختلاف دارد.

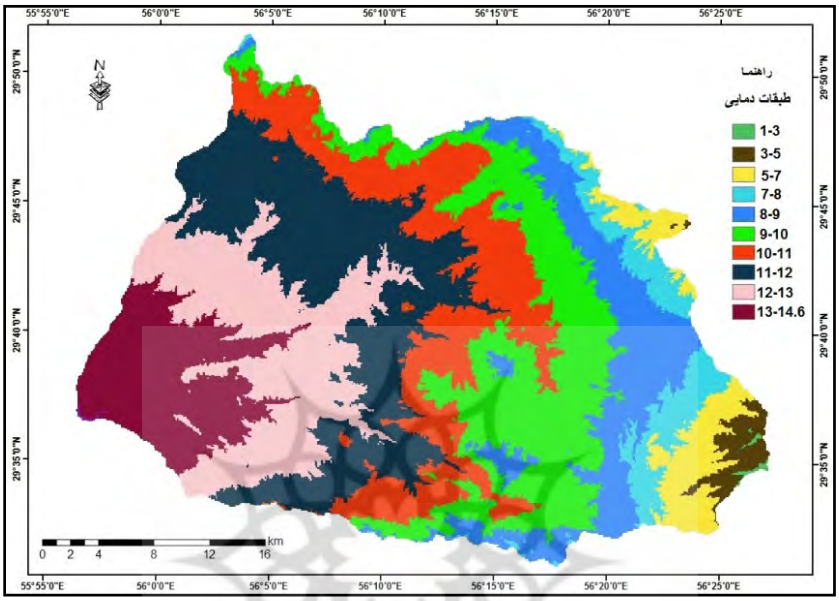


شکل ۷. نقشهٔ مرز برف دائمی حوضهٔ تنگوئیه در دوره کواترنر به روش پورتر

ردیابی آثار یخچال‌ها بر اساس شواهد اقلیمی

از جمله دلایل مهمی که می‌توان با توجه به آن وجود یخچال‌های کواترنر پایانی را در منطقهٔ مورد مطالعه به‌اثبات رساند، شواهد اقلیمی است. برای بررسی میزان تغییرات عناصر اقلیمی، از جمله دما و بارش، به مقادیر کمی این پارامترها

نیازمندیم. در این راستا برای تهیهٔ نقشهٔ هم‌دمای فعلی حوضهٔ تنگوئیه، بعد از تهیه داده‌های دمایی هفت ایستگاه سیرجان، بردسیر، رفسنجان، شهربابک، کهنوج، جیرفت و بم، رابطه بین بارش و ارتفاع آنها گرفته شد، سپس نقشهٔ میانگین دمای سالانهٔ حوضهٔ تنگوئیه در عصر حاضر ترسیم گردید (شکل ۸).



شکل ۸. نقشهٔ هم‌دمای حوضهٔ تنگوئیه در عصر حاضر

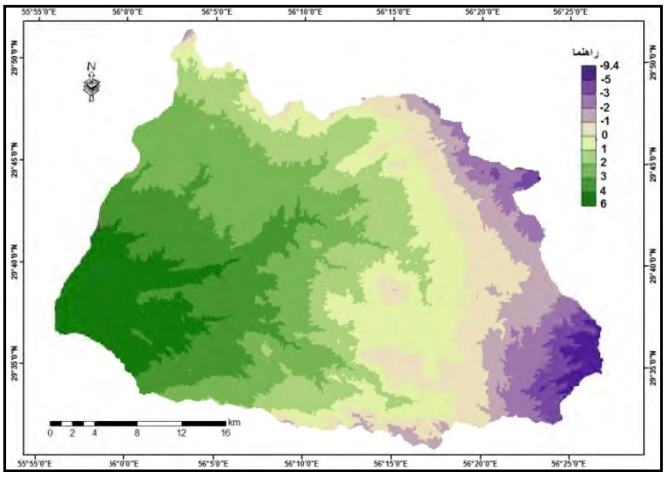
نقشهٔ هم‌دمای فعلی حوضهٔ تنگوئیه نشان می‌دهد که حداقل دمای متوسط سالانهٔ حوضه برابر با ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۷۶۰ متری است و حداکثر دمای متوسط سالانهٔ حوضه برابر با ۱۴/۶درجهٔ سانتی‌گراد، در ارتفاع ۲۰۵۶متری قرار دارد.

تخمین دمای حوضهٔ تنگوئیه در کواترنر

برای تخمین میزان دمای محیطی گذشته، بعد از تعیین خط مرز برف دائمی حوضه در زمان گذشته، همبستگی بین دما و ارتفاع هشت ایستگاه سیرجان، بردسیر، بافت، رفسنجان، کهنوج، بم، جیرفت و شهربابک با استفاده از رابطهٔ خطی محاسبه شد و معادلهٔ خطی آن به‌صورت $Y = ۰/۰۰۷ X + ۳۰/۵۴$ به‌دست آمد. سپس با استفاده از این رابطه، افت آدیاباتیک دمای حال حاضر حوضه به میزان تقریبی ۰/۸ درجهٔ سانتی‌گراد، به‌ازای هر ۱۰۰ متر ترفیع مکانی، محاسبه شد. سپس با استفاده از ارتفاع خط مرز برف دائمی گذشته، حوضهٔ تنگوئیه و افت ادیاباتیک[۱] آن، نقشهٔ هم‌دمای گذشتهٔ حوضه آماده شد (شکل ۹).

---

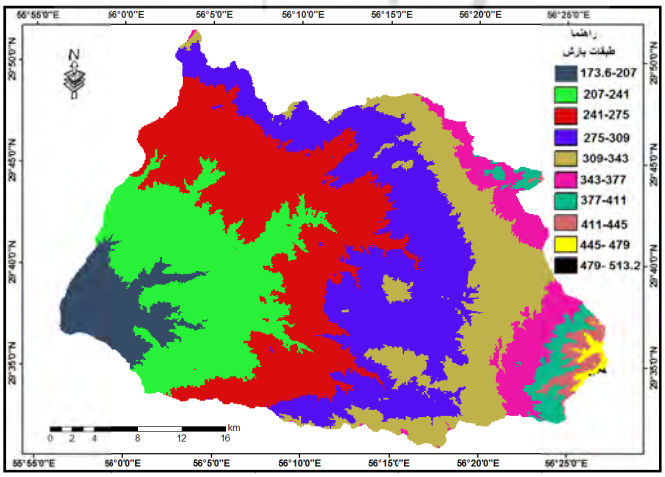
۱. افت آدیاباتیک ۰/۸ به زمان حال مربوط می‌شود، ولی چون در کواترنر اقلیم سردتری حاکمیت داشته، افت آدیاباتیک نیز بیشتر بوده است. بنابراین چون افت فعلی ۰/۸ است، افت آدیاباتیک گذشته ۱درجه به‌ازای ۱۰۰۰متر محاسبه شد.



شکل ۹. نقشهٔ میانگین سالانهٔ دمای حوضهٔ تنگوئیه درکواترنر پایانی

همان‌طور که مشاهده می‌شود، حداقل دمای متوسط سالانهٔ حوضه در زمان حاکمیت یخچال‌ها برابر با ۹/۴- درجهٔ سانتی‌گراد در ارتفاع ۳۷۶۰ متری و حداکثر دمای متوسط سالانهٔ حوضه برابر با ۶ درجهٔ سانتی‌گراد در ارتفاع ۲۰۵۶متری بوده است. مقایسهٔ نقشه‌های هم‌دمای فعلی و گذشتهٔ حوضه حاکی از این است که حوضهٔ تنگوئیه سیرجان در کواترنر، حدود ۹ درجهٔ سانتی‌گراد نسبت به زمان فعلی سردتر بوده است. البته این میزان تفاوت برای همهٔ نقاط حوضه یکسان نبوده و تحت تأثیر ارتفاع، افزایش می‌یافته است؛ به‌طوری که بیشترین تفاوت حرارتی مربوط به مرتفع‌ترین قسمت حوضه و کمترین تفاوت مربوط به پست‌ترین نقطهٔ حوضه بوده است.

برای بازسازی شرایط رطوبتی گذشته، با توجه به اینکه از بیلان آبی گذشته اطلاعاتی در دست نبود، نیاز به نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای فعلی حوضه داشتیم. برای تهیهٔ نقشهٔ هم‌بارش فعلی حوضهٔ تنگوئیه، بعد از تهیهٔ داده‌های بارشی ایستگاه‌های چهارگنبد، سیرجان، سعادت‌آباد، باغ خشک، بافت، رفسنجان، شهربابک، زمزرج، پاریز و بلورد، رابطه بین بارش و ارتفاع محاسبه و نقشهٔ میانگین سالانهٔ بارش حوضهٔ تنگوئیه در عصر حاضر، در نرم‌افزار ARC GIS تهیه شد (شکل ۱۰).

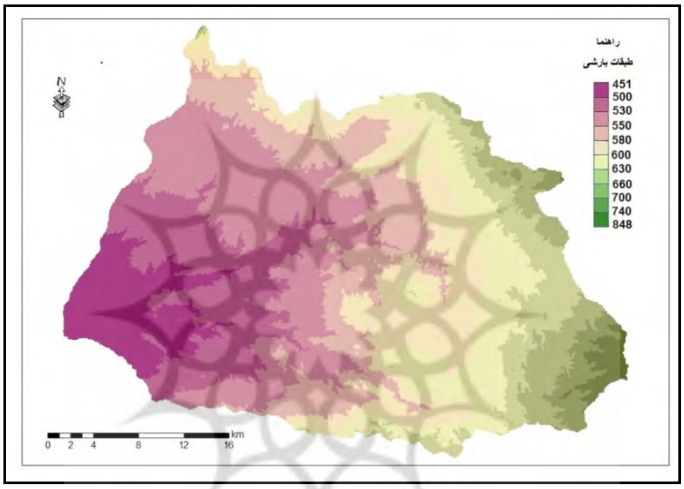


شکل ۱۰. نقشهٔ هم‌بارش حوضهٔ تنگوئیه در عصر حاضر

نقشهٔ هم‌بارش حال حاضر حوضهٔ تنگوئیه نشان می‌دهد که میانگین سالانهٔ حداقل بارش حوضه برابر با ۱۷۳میلی‌متر در خروجی حوضه (روی سد تنگوئیه) و میانگین سالانهٔ حداکثر بارش برابر با ۵۱۳ میلی‌متردر مرتفع‌ترین قسمت حوضه است.

برآورد میزان بارش حوضه در کواترنر

در این راستا، بعد از همپوشانی نقشه‌های هم‌بارش و هم‌دمای فعلی حوضه در نرم‌افزار ARC GIS، رابطه بین دما و بارش محاسبه شد و با توجه به معناداری رابطهٔ دما و بارش و ثابت‌بودن رابطه بین دما و بارش، با داشتن داده‌های دمایی زمان گذشته، نقشهٔ هم‌بارش حوضه در دورهٔ حاکمیت یخچال‌ها تهیه شد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نقشهٔ هم‌بارش حوضهٔ تنگوئیه در دورهٔ حاکمیت یخچال‌ها

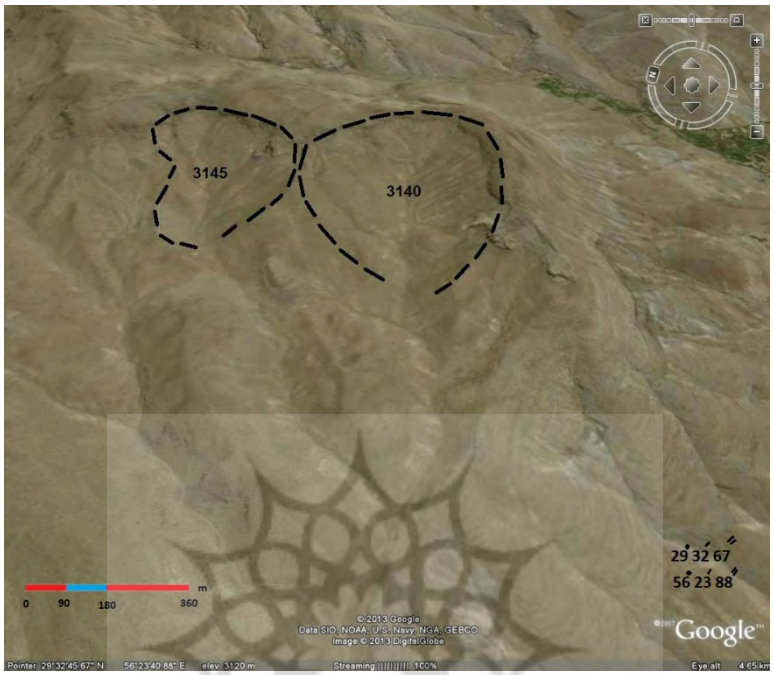
نقشهٔ هم‌بارش حوضه در کواترنر حاکی از این است که حداقل بارش در آن زمان برابر با ۴۵۱ میلی‌متر در خروجی حوضه و حداکثر مقدار بارش برابر با ۸۴۸ میلی‌متر در مرتفع‌ترین بخش حوضه بوده است. مقایسهٔ نقشه‌های هم‌بارش حال و گذشتهٔ حوضهٔ تنگوئیه (اشکال ۴ و ۵)، نشان می‌دهد که میزان رطوبت محیطی در دوره‌ای که دمای محیط به میزان ۹ درجهٔ سانتی‌گراد کمتر بوده با مقدار بارش‌های فعلی تفاوت چشمگیری داشته است؛ به‌طوری که میزان بارش در زمان حاکمیت یخچال‌ها در ارتفاعات پایین ۲/۶ برابر و در ارتفاعات بالا کمابیش ۱/۶ برابر مشاهده شد. این مقدار تغییر در رطوبت و دمای محیطی، تغییر اساسی در سیستم شکل‌زای منطقه به‌وجود آورده؛ به‌گونه‌ای که از سیستم شکل‌زای یخچالی در حال حاضر نشانی در دست نیست.

شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌ها

سیرک

اولین و ساده‌ترین شکلی که یخچال‌های کوهستانی به‌وجود می‌آورند، سیرک یخچالی است (محمودی، ۱۳۸۶). این عارضه به‌صورت چالهٔ نیم‌دایره به دیواره‌های بلند و تند محدود می‌شود و به‌صورت آمفی تئاتر در بالادست دره‌های یخچالی شکل می‌گیرد. پس از ذخیره‌شدن برف در سیرک‌ها، جریاهای یخی شکل می‌گیرد و به‌صورت رودخانه‌ای به

سمت پایین جریان می‌یابد (کافمن، ۱۹۹۰، به نقل از رامشت، ۱۳۸۷). بررسی صورت گرفته نشان می‌دهد که در این حوضه آثار سیرک‌های متعددی وجود دارد که بین ارتفاع ۲۵۰۰ تا ۳۴۰۰ متری واقع شده‌اند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. نمونه‌ای از سیرک‌های یخچالی در حوضهٔ تنگوئیه (تصویر از گوگل ارث)

تیل یا یخرفت

وقتی که دورهٔ یخبندان به پایان می‌رسد، یخ‌ها تمام رسوباتی را که با خود حمل کرده‌اند، روی زمین باقی می‌گذارند و یک پوشش ناهموار به نام تیل یا یخرفت به‌وجود می‌آورند (اشکال ۱۳ تا ۱۶). آنچه تیل یا یخرفت را از رسوبات دیگر جدا می‌کند و ویژگی عادی این رسوبات به‌شمار می‌رود، نبود لایه‌بندی دانه‌هاست. این رسوب برخلاف نهشته‌های آبی هیچ نشانی از لایه‌بندی ندارد و در آن ریزترین دانه‌های رس، با تخته‌سنگ‌ها در ساختار بی‌نهایت بی‌نظم درهم آمیخته‌اند (گرسول، ۱۳۹۰: ۶۵).

شکل ۱۳. قطعات بزرگ یخرفت، نزدیک روستای سرسنگوئیه

شکل ۱٤. قطعات بزرگ یخرفت، نزدیک روستای سرسنگوئیه

شکل ۱۵. تپه‌ماهورهای حاصل عملکرد ورقه‌ای یخ (بین جادهٔ سیرجان ـ کرمان و روستای رضوان)

شکل ۱٦. یخرفت‌های حوالی کوه خاکی

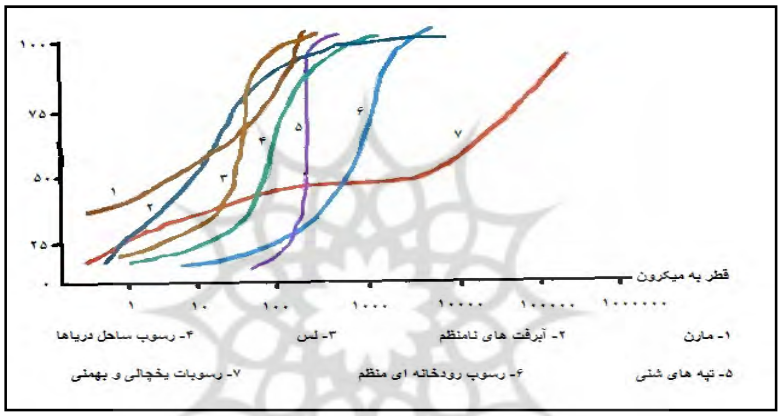
دره‌های یخچالی

یکی از اشکال مهم یخچال‌های کوهستانی، دره‌های یخچالی هستند که اغلب از قبل وجود داشته و سپس توسط زبانه‌های یخچالی به‌شدت دستکاری شده‌اند. این دره‌ها جداری پرشیب دارند و برش عرضی آنها به شکل U است (محمودی، ۱۳۸۶). درواقع یخچال‌ها همان‌گونه که دره‌هایشان را عمیق‌تر می‌کنند، موجب تعریض دره نیز می‌شوند و درنتیجه، نیمرخ عرضی پهنی را به‌وجود می‌آورند که به‌طور مشخص U شکل است. این دره‌ها مشخص‌ترین لندفرم‌های یخچالی کوهستانی هستند (دیبلج، ۱۹۹۸: ۴۱۰، به نقل از رجبی و خطیبی، ۱۳۸۷) که در شکل‌گیری و توسعهٔ آنها متغیرهای چندی، مانند ضخامت تودهٔ یخ و ویژگی‌های دیگر آن، ساختار و لیتولوژی سنگ بستر، ویژگی‌های توپوگرافی و جهت‌گیری دره‌ها و مدت زمان استقرار یخچال، مؤثر است (ساگدن و براین، ۱۹۹۰: ۱۷۹، به نقل از رجبی و خطیبی، ۱۳۸۷). این اشکال یخچالی که مواریث یخچال‌های کواترنر در حوضهٔ تنگوئیه هستند، نه‌تنها مقطع عرضی U شکل دارند، بلکه کف آنها دارای یخرفت کوچک و بزرگ است (شکل ۱۷).

شکل ۱۷. تصویر درهٔ یخچالی سرسنگوئیه در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان

شاخص‌های آزمایشگاهی

در اثبات وجود آثار یخچالی، تمسک به روش‌های آزمایشگاهی به‌ویژه در مطالعهٔ رسوبات، مرسوم است (رامشت، لشکری، لاجوردی و محمدآبادی، ۱۳۹۰). در این پژوهش برای آزمون صحت یافته‌های تحلیلی و فرمیک و برای دستیابی به دلایل متقن و تأیید وجود آثار یخچال‌ها در منطقه، روی نمونه‌های آزمایش به عمل آمد. با اندازه‌گیری قطر ذرات در رسوب‌های نرم و جدا از هم (گرانولومتری)، می‌توان تغییرات قطر ذرات متشکله و تراکم هر یک از آنها را تعیین کرد و با استفاده از اندازهٔ ذرات و درصد تجمعی رسوبات، می‌توان به نوع رسوبات پی برد (معتمد، ۱۳۷۴: ۱۳). به‌گفته‌ای هر نوع رسوب، منحنی گرانولومتری منحصر به فرد خود را دارد (شکل ۱۸) که در این میان منحنی‌های رسوبات یخچالی در جهت طولی کشیدگی بیشتری دارند (غیور، ۱۳۷۸، به نقل از معیری، ۱۳۸۷).



شکل ۱۸. نمونه‌ای از منحنی‌های مختلف

منبع: معتمد، ۱۳۷۴

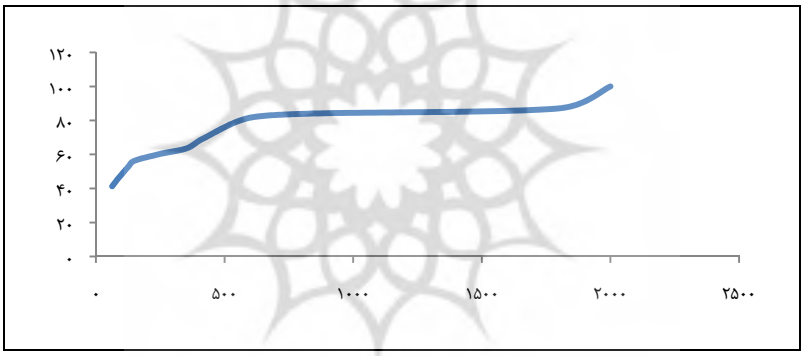
در این راستا، ابتدا از محل‌های خاص (رسوباتی که احتمال حمل آنها توسط یخچال وجود داشت) نمونه‌برداری[۱] کرده و به تفکیک دانه‌ها در اندازه‌های گوناگون اقدام شد. برای این کار، مقدار ۳۰۰ گرم از هر یک از رسوبات نمونه‌برداری شده را انتخاب‌کرده، سپس آنها را با آب شست‌وشو دادیم. این عمل تا روشن شدن آب خروجی ادامه یافت. سپس نمونه‌ها را در دستگاه اتو گذاشته و با حرارت ۱۰۵ درجه خشک نمودیم. رسوبات خشک شده بار دیگر وزن شدند. در این مرحله یازده الک را به اندازه‌های ۶۳، ۹۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۵۰، ۴۲۵، ۶۰۰، ۸۴۱، ۱۸۰۰، ۲۰۰۰ میکرن انتخاب کرده، برای تعیین مقدار مواد در قطرهای مختلف، نمونه‌ها را در بزرگترین تامی (۲۰۰۰ میکرون) ریخته و با استفاده از دستگاه لرزاننده آنها را الک کردیم. الک‌ها قادرند رسوباتی که قطرشان از منفذ الک درشت‌تر است را در خود نگاه داشته و بقیه را به الک‌های زیر بفرستند. پس از تفکیک دانه‌ها براساس قطر، وزن ذرات باقی‌مانده در هر الک به‌کمک ترازوی دقیق به‌دست آمد و همراه با شمارهٔ الک یادداشت (جدول ۳) و نمودار آن ترسیم شد (شکل ۱۹).

---

۱. گفتنی است که برداشت نمونه به این شکل انجام گرفت، رسوبات سطحی کنار زده شدند و از رسوبات عمقی در نقاط مختلف به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد.

جدول ۳. ویژگی‌های گرانولومتری نمونهٔ برداشت شده از درهٔ سرسنگوئیه

قطر ذرات	وزن به گرم	وزن به درصد	درصد تجمعی	درصد تجمعی معکوس
≤۲۰۰۰	۸۰/۱	۴۱/۲	۴۱/۲	۱۰۰
۱۸۰۰	۹/۵	۴/۹	۴۶/۱	۵۸/۷
۸۴۱	۱۲/۵	۶/۴	۵۲/۶	۵۳/۸
۶۰۰	۷	۳/۶	۵۶/۲	۴۷/۳
۴۲۵	۷/۹	۴	۶۰/۳	۴۳/۷
۳۵۰	۶/۵	۳/۳	۶۳/۶	۳۹/۶
۲۵۰	۱۱/۵	۵/۹	۶۹/۶	۳۶/۳
۱۵۰	۲۳	۱۱/۸	۸۱/۴	۳۰/۳
۱۲۵	۵	۲/۵	۸۴	۱۸/۵
۹۰	۵/۹	۳	۸۷/۱	۱۵/۹
۶۳	۲۵	۱۲/۸	۱۰۰	۱۲/۸



شکل ۱۹. نمودار گرانولومتری نمونهٔ برداشت شده

از مقایسهٔ شکل‌های ۱۸ و ۱۹ درمی‌یابیم که رسوبات مورد بررسی جزء رسوبات یخچالی هستند و این خود دلیل دیگری بر عملکرد یخچال‌های کواترنر پایانی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان است.

بحث و نتیجه‌گیری

ایران یکی از مناطقی است که تحت تأثیر نوسانات اقلیمی قرار گرفته، اما ابعاد و دامنهٔ آن به عمق و وسعت اروپا و آمریکای شمالی نبوده است (رامشت و کاظمی، ۱۳۸۶). بنابراین، اثبات این ادعا که حوضهٔ تنگوئیه سیرجان که یکی از مناطق ایران مرکزی به‌شمار می‌رود، در کواترنر پایانی تحت حاکمیت یخچال بوده، دور از ذهن به نظر می‌رسد؛ اما با دقت در آثار و شواهد به جا مانده این شک و تردید از میان می‌رود. شواهد اقلیمی، مانند اطلاعات دما و بارش، بیانگر این است که گرچه حوضهٔ تنگوئیه سیرجان با حداکثر و حداقل دمای ۱۴/۶ و ۱ درجهٔ سانتی‌گراد و حداکثر و حداقل بارش ۵۱۳ و ۱۷۳میلی‌متر، جزء مناطق نیمه‌خشک محسوب می‌شود، ولی در کواترنر پایانی با داشتن دمای حداکثر و حداقل ۶ و ۹/۴- درجهٔ سانتی‌گراد و بارش حداکثر و حداقل ۸۴۸ و ۴۵۱ میلی‌متر، تفاوت قابل توجهی با زمان حال داشته؛ به‌گونه‌ای که نه‌تنها دمای گذشتهٔ حوضه نسبت به حال حاضر ۹ درجه سردتر بوده، بلکه بارش آن نیز دو برابر زمان حال

بوده است. از سویی، فرم منحنی میزان‌ها روی نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای حوضهٔ تنگوئیه، آثار ۲۵۱ سیرک یخچالی و نواحی تحت تسلط پهنه‌های یخی در زمان گذشته را برای ما مشخص می‌کند. از ۲۵۱ سیرک شناسایی‌شده، ۱۳۵ سیرک در جهت غرب و جنوب غربی واقع شده‌اند که پیروی آنها را از جهت اصلی ناهمواری‌ها (شمال غربی ـ جنوب شرقی) می‌رساند. نواحی تحت تسلط پهنه‌ها در زمان گذشته نیز با توجه به تصاویر ماهواره‌ای، فرم منحنی میزان‌ها و عملیات میدانی، بررسی شدند. این نواحی که با تپه‌های موجی‌شکل حاصل از حرکات ورقه‌ای یخ بعد از ترک کوهستان در دشت‌های حوضهٔ تنگوئیه مشخص می‌شوند، ژئومورفولوژی خاصی به این دشت‌ها بخشیده‌اند. از بارزترین این‌گونه دشت‌ها، می‌توان دشت‌های موجی شکلی را نام برد که در غرب حوضه، در مجاورت راه ارتباطی سیرجان ـ کرمان شکل گرفته‌اند. شواهد ژئومورفولوژیکی، مثل قطعات بزرگ یخرفت، مورن‌ها، دره‌های یخچالی و سیرک‌ها نیز، مشخص‌ترین شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کواترنر پایانی در این حوضه هستند. دره‌های یخچالی این حوضه، نه‌تنها مقطع عرضی U شکلی دارند، بلکه کف آنها دارای یخرفت‌های کوچک و بزرگ است. یکی دیگر از شاخص‌هایی که به‌کمک آن وجود آثار یخچال‌ها در حوضهٔ تنگوئیه به‌اثبات رسید، شاخص‌های آزمایشگاهی بود. در این راستا از محل‌های خاصی از حوضهٔ مورد نظر نمونه‌برداری به عمل آمد و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج رسوب‌سنجی انجام‌گرفته روی چند نمونه، گویای وجود رسوبات یخچالی در حوضهٔ تنگوئیه سیرجان است. همچنین بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که خط مرز برف دائمی در کواترنر پایانی، در ارتفاع ۲۷۱۹ (به روش رایت) و ۲۷۱۴ (به روش پورتر) بوده است. در واقع وجود بارش کافی همراه با دمای پایین حوضه، شرایطی را به‌وجود آوردند که یخچال‌ها بتوانند به فرم‌سازی عوارضی بپردازند که فرآیند کنونی حوضه قادر به شکل دادن آنها نیست. در مجموع با توجه به آثار و شواهد ذکر شده می‌توان گفت که حوضهٔ تنگوئیه سیرجان در آخرین فاز پایانی کواترنر، تحت تأثیر حرکات متمرکز و ورقه‌ای یخ بوده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می‌دانم از راهنمایی‌های دکتر سیدابوالفضل مسعودیان در تهیهٔ نقشه‌های هم‌دما و هم‌بارش گذشتهٔ حوضهٔ مورد مطالعه سپاس‌گزاری نمایم.

منابع

امیراحمدی، ا.؛ مقصودی، ا. و احمدی، ط. (۱۳۹۰). **بررسی آثار یخچالی کواترنر و تأثیر آن بر عدم شکل‌گیری مدنیت و سکونتگاه‌های شهری در دشت آسپاس**، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱۰، صص. ۶۱-۸۰.

پدرامی، م. (۱۳۶۷). **سن مطلق کواترنر**، مجلهٔ دانشکدهٔ علوم، دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۳ و ۴، صص. ۱۱۴-۱۰۵.

رامشت، م. ح.؛ لاجوردی، م.؛ لشکری، ح.؛ محمودی محمدآبادی، ط. (۱۳۹۰). **ردیابی آثار یخچال‌های طبیعی (مطالعهٔ موردی حوضهٔ تیگرانی ماهان)**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دورهٔ ۲۲، شمارهٔ ۲، صص. ۷۸-۵۹.

رامشت، م. ح. (۱۳۸۴). **نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)**. تهران: انتشارات سمت.

رامشت، م. ح. و پوردهقان، د. (۱۳۸۷). **یخ در آتش،** فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۸۹، صص. ۱۴۴-۱۲۹.

رامشت، م. ح. و کاظمی، م.م. (۱۳۸۶). **آثار یخچالی در حوضهٔ اقلید فارس،** مجلهٔ رشد آموزش جغرافیا، دورهٔ ۲۱، شمارهٔ ۴، صص. ۱۱-۳.

رامشت، م. ح. و نعمت‌اللهی، ف. (۱۳۸۳). **آثار یخساری در ایران،** فصلنامهٔ مدرس علوم انسانی، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۴، صص. ۱۶۲-۱۴۳.

رجبی، م.؛ بیاتی خطیبی، م. (۱۳۸۷). **بررسی لندفرم‌های دره‌های یخچالی کوهستان سهند،** پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۶۴، صص. ۱۲۱-۱۰۵.

گرسول، ر.کی.آر. (۱۳۹۰). **ژئومورفولوژی یخچالی.** ترجمهٔ حمزهٔ زمانی. تهران: انتشارات پژوهشی نوآوران شریف.

محمودی، ف. (۱۳۸۶). **ژئومورفولوژی دینامیک.** تهران: انتشارات پیام نور.

المدرسی، س.ع. و رامشت، م. ح. (۱۳۸۶). **آثار یخچالی و یخساری در منطقهٔ سخوید،** مجلهٔ فضای جغرافیایی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱۹، صص.۳۱-۱.

معیری، م.؛ رامشت، م.ح.؛ تقوایی، م.؛ تقی‌زاده، م.ح. (۱۳۸۷). **مواریث یخچالی حوضهٔ صفا شهر ـ استان فارس،** مجلهٔ پژوهشی دانشگاه اصفهان، دورهٔ ۳۲، شمارهٔ ۴، صص. ۱۳۰-۱۰۹.

سازمان نیروهای مسلح (۱۳۳۴). نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰.

وزیری، ف. (۱۳۸۲). **هیدرولوژی کاربردی درایران.** تهران: انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

یمانی، م. (۱۳۸۶). **اندازه‌گیری حرکت سالیانهٔ یخچال‌های علم‌کوه،** پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۶۷، صص. ۵۲-۳۱.

یمانی، م. (۱۳۸۵). **شواهد ژئومورفولوژی یخچال‌های زردکوه (بررسی اشکال ژئومورفیک و حدود و گسترش آنها).** پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۶ شمارهٔ ۵۹، صص. ۱۳۹-۱۲۵.

یمانی، م.؛ شمسی‌پور، ع.ا. و جعفری اقدم، م. (۱۳۹۰). **بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضهٔ جاجرود،** پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۱۱، شمارهٔ ۷۶، صص. ۵۰-۳۵.

Deblij, H.J., Muller. P. O., 1998, **Physical Geography of the Global Environment**. John Wiley and Sons, INC. London.

Kauffman, J., 1990, **Physical Geology,** Prentice Hall (UK), London.

Porter, S.C., 2001, **Snowline Depression in the Tropics during the Last Glaciations**, Quaternary Science Reviews, Vol. 6, No. 20, PP. 27-42.

Rob, H. & Dott, Ir, 1981, **Pleistocene Glaciations and the Rise of Man.** Third Edition. Evolution of the Earth.

Sugden, D. E. and Brian, S. J., 1990, **Glaciers and Landscape,** Edward Arnold. Wiley and Sons, INC., France.