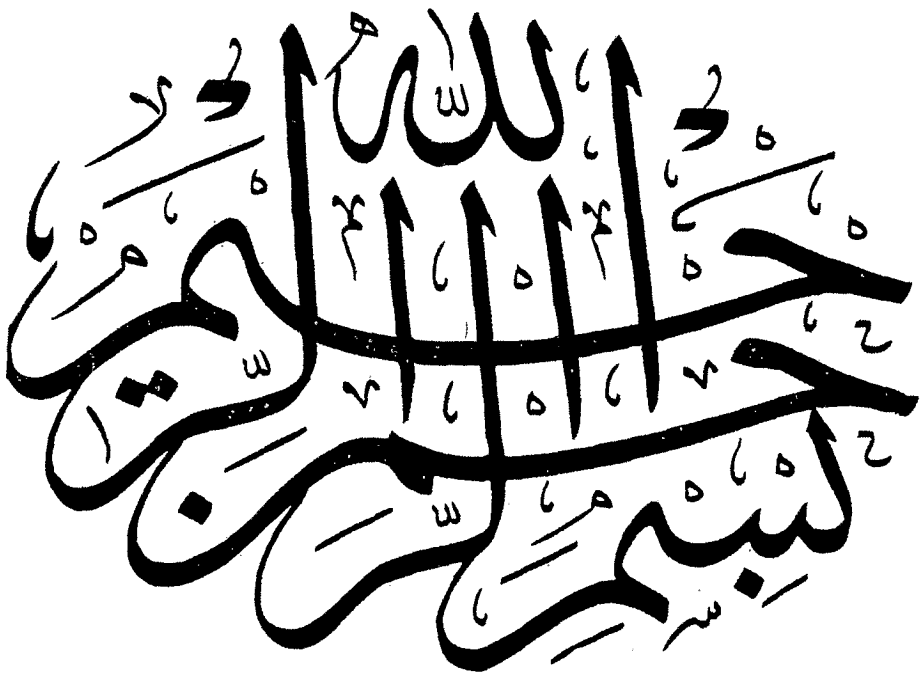

١٢٩٩٧٤

دانشگاه اصفهان

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

گروه جغرافیا

پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی

تاثیر جهت ناهمواری ها در ارتفاع خط تعادل آب - یخ کواترنری ایران

استادان راهنما

دکتر مسعود معیری

دکتر محمد حسین رامشت

استادان مشاور

دکتر عبدالله سیف

دکتر مجتبی یمانی

پژوهشگر

غلام حسن جعفری

۱۳۸۸/۱۰/۲۷

شهریورماه ۱۳۸۸

۱۲۹۹۷۴

کلیه حقوق مادی مترتب برنتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

شیوه نگارش پایان نامه
رعایت شده است.
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

گروه جغرافیا

پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی آقای

غلام حسن جعفری تحت عنوان

تاثیر جهت ناهمواری ها در ارتفاع خط تعادل آب– یخ کواترنری ایران

در تاریخ ۱۳۸۸/۶/۱۵ توسط داوران زیر بررسی و با درجه بسیار خوب به تصویب نهایی رسید

۱- استادان راهنمای پایان نامه دکتر مسعود معیری با مرتبه استادیار
و دکتر محمد حسین رامشت با مرتبه دانشیار

۲- استادان مشاور پایان نامه دکتر عبدالله سیف با مرتبه استادیار
و دکتر مجتبی یمانی با مرتبه دانشیار

۳- استادان داور داخل دانشگاه دکتر حسنعلی غیور با مرتبه استاد
و دکتر اکبر قاضی فرد با مرتبه دانشیار

۴- استادان داور خارج از دانشگاه دکتر ابراهیم مقیمی با مرتبه دانشیار
و دکتر مجید منتظری با مرتبه استادیار

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

امضای مدیر گروه

چکیده

یخچال‌ها در نواحیی از سیاره زمین که در طی چند صد سال متوالی، ریزش برف بیشتر از ذوب سالانه باشد،شکل می‌گیرند. این عمل یا ناشی از ذوب بسیار ناچیز برف تابستان است (نواحی قطبی) و یا ناشی از بارش زیاد برف زمستانه‌ای است که جبران ذوب زیاد برف تابستان را نیز می‌نماید (نواحی کوهستانی). در نواحی کوهستانی، ارتفاع باعث کاهش دما و ریزش بارش‌های جامد می شود، کاهش دما نیز باعث ذوب کمتر برف و در نتیجه گسترش یخچال‌های کوهستانی را به دنبال خواهد داشت. نقش ترفیع مکانی در شکل گیری یخچال‌ها تا به‌حال مد نظر قرار گرفته است ولی نتایج این رساله نشان می دهد که مقدار و جهت شیب به‌عنوان دو عامل اصلی دیگر در گسترش یخچال‌های کوهستانی نقش مهمی ایفاء می‌نمایند.

مقدار انرژی دریافتی از خورشید یکی از عواملی است که بر ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ اثر می‌گذارد، که خود به‌عوامل متعددی از جمله زاویه تابش، عرض جغرافیایی، مقدار و جهت شیب دامنه‌ها و... بستگی دارد. برای برآورد مقدار انرژی دریافتی در سطوح شیبدار دامنه ها در این رساله کوشیده‌ایم، ابتدا با استفاده از زاویه تابش خورشید و روابط فیزیکی، میانگین انرژی دریافتی روزانه بر حسب کالری در سانتی متر مربع را در سطوح ارضی، با هر مقدار شیب و در هر جهت جغرافیایی محاسبه کرده و با استفاده از روابط برآوردی بین متوسط دمای ماهانه با متوسط انرژی ماهانه، انرژی برآوردی در سطوح مختلف را به دما تبدیل کنیم. در مرحله بعد، با توجه به انطباق میانکین همدمای صفر درجه سانتی‌گراد با ارتفاع برف‌مرز دائمی و همدمای پنج درجه با ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ و مقایسه خطوط همدمای مورد نطر در سطوح ارضی که شیب یکسان ولی جهت جغرافیایی مخالف هم دارند، تفاوت ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ را در سطوح ارضی مختلف برآورد خواهیم کرد. هر چند اعداد برآوردی ارتفاع برف‌مرز دائمی و خط تعادل آب‌ویخ، رقوم ارتفاعی هستند که با ارتفاع کنونی بسیاری از ناهمواری های ایران منطبق نیست، ولی با توجه به پایین بودن ارتفاع برف‌مرز دائمی (۱۸۳۴ متر) و خط تعادل آب‌ویخ (۱۰۴۲ متر) در دوره های یخچالی کواترنری، می‌توان نتایج حاصله را به گذشته تعمیم داد.

از بررسی به عمل آمده می‌توان چنین گفت: ۱- در دامنه‌های نسار هر چه جهت شیب زمین به‌سمت شمال متمایل‌تر باشد، برف مرز دائمی در ارتفاع پایین‌تری قرار می‌گیرد. این موضوع درست عکس دامنه‌هایی است که به‌سمت جنوب، چه جنوب خاوری و چه جنوب باختری هستند. در این صورت هر چه شیب زمین بیش‌تر باشد و یا هر چه جهت شیب، تمایل بیش‌تری به‌سمت جنوب داشته باشد، برف مرز دائمی‌در ارتفاع بالاتری قرار خواهد گرفت. ۲- در صورتی که افت محیطی دما، در هر صد متر افزایش ارتفاع، ۰/۴۸°C باشد، با کاهش ۵°C تا ۱۲°C دمای ایران زمین در دوره کواترنری، ارتفاع برف‌مرز دائمی ۱۰۴۲ تا ۲۵۰۰ متر پایین تر از ارتفاع برآوردی برف مرز کنونی بوده‌است. ۳- بیش‌ترین تأثیر جهت شیب زمین بر تفاوت ارتفاعی خط تعادل آب‌ویخ در دامنه‌هایی دیده‌می‌شود که امتداد کوهستان آن‌ها، غربی– شرقی باشد. ۴- امتداد شمالی– جنوبی ناهمواری‌ها، هیچ اثری بر تفاوت ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ ندارد.

واژه های کلیدی: ارتفاع، آب‌ویخ، تعادل، کواترنری، یخچال های کوهستانی، برف مرز.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ..... خ

فصل اول : کلیات

۱-۱ طرح مسأله ۱

۱-۲ اهداف تحقیق ۳

۱-۳ اهمیت و ارزش تحقیق ۴

۱-۴ کاربرد نتایج تحقیق ۴

۱-۵ فرضیه‌های تحقیق ۴

۱-۶ روش کار ۵

۱-۷ پیشینه تاریخی ۸

۱-۸ موقعیت منطقه مطالعاتی ۱۳

۱-۸-۱ موقعیت ریاضی ۱۳

۱-۸-۲ موقعیت نسبی ۱۵

۱-۸-۳ موقعیت سیاره ای ۱۸

۱-۸-۴ موقعیت هیدرولوژیکی ۱۸

۱-۸-۵ موقعیت زمین شناسی ۲۱

۱-۸-۶ موقعیت سیاسی و اداری ۲۳

۱-۹ منابع اطلاعاتی ۲۵

۱-۹-۱ عکس های هوایی ۲۵

۱-۹-۲ نقشه های توپوگرافی ۲۷

۱-۱۰ مشکلات و محدودیت ها ۲۸

فصل دوم مبانی نظری یخچال‌شناسی

۲-۱ بلور شناسی و دینامیک برف و یخ ۳۰

۲-۱-۱ انلاندسیس‌ها (یخچال‌های قطبی) ۳۱

۲-۱-۲ کلاهک‌های یخی ۳۲

۲-۱-۳ یخچال‌های فلاتی ۳۲

۲-۱-۴ یخچا ل‌های سیرکی ۳۲

عنوان	صفحه

۲-۱-۵ یخچال‌های دره‌ای ۳۲
۲-۱-۶ یخچال‌های پای‌کوهی ۳۳
۲-۱-۷ یخچا ل‌های دریایی ۳۳
۲-۲ تاریخچه‌یخچال شناسی ۳۴
۲-۳ شیوه‌های بازشناسی و ردیابی تغییرات اقلیمی ۴۲
۲-۴ تئوری‌های یخچالی ۴۳
۲-۵ تجزیه و تحلیل جریان‌های یخچالی ۴۴
۲-۵-۱ ویژگیهای جریان یخچالی ۴۷
۲-۶ خط تعادل آب‌ویخ ۴۸
۲-۶-۱ تغییرات اقلیمی‌و تعادل آب‌ویخ ۵۲
۲-۷ سیستم‌های شکل زای قدیمی ۵۳
۲-۷-۱ دوره‌های سرد یخچالی ۵۴
۲-۷-۱-۱ فرسایش یخچالی ۵۵
۲-۷-۱-۲ رسوب گذاری یخچالی ۵۸
۲-۸ روش‌های شناسایی فرایندهای یخچالی ۵۹
۲-۸-۱ عناصر تشخیصی در تحلیل فرم و فرآیند در نقشه‌های توپوگرافی ۵۹
۲-۸-۲ پدیده‌های ناشی از تجمع و حرکت جامد آب (یخچال‌ها) ۶۲
۲-۸-۲-۱ سیرک یخچالی ۶۳
۲-۸-۲-۲ درّه‌های یخچالی در سطوح هموار ۶۳
۲-۸-۲-۳ حرکت ورقه‌ای یخ‌ها ۶۴
۲-۸-۲-۴ دروملین‌ها ۶۵
۲-۹ ارتباط کلّی بین ارتفاعات و بستر حوضه ۶۶
۲-۹-۱ ارتباط بین سیرک‌های یخچالی و درّه‌ها ۶۶
۲-۱۰ ویژگی‌های فضای ایران و نقش آن در شکل گیری سیستم‌های شکل‌زا ۶۷
۲-۱۱ شرایط آب‌وهوایی ایران ۶۹
۲-۱۱-۱ کانون‌های برودتی ۷۰
۲-۱۱-۲ کانون حرارتی ۷۲
۲-۱۱-۳ کانون‌های رطوبتی ۷۳

عنوان | صفحه

۲-۱۲ فرایند ژئومورفولوژیکی کانون‌های آب‌وهوایی ۷۵

فصل سوم روش بررسی تأثیر جهت در خط تعادل آب و یخ

۳-۱ جهت ۷۸

۳-۲ روشهای مختلف جهت یابی ۷۹

۳-۲-۱ جهت یابی به کمک اجرام سماوی ۷۹

۳-۲-۲ جهت‌یابی با نشانه‌های طبیعی ۸۱

۳-۳ جهت در ژئومورفولوژی ۸۴

۳-۴ جهت و ناهمواری‌های ایران ۸۷

۳-۵ جهت و شیب زمین ۹۳

۳-۶ جهت و وضعیت ایستگاه‌های اقلیمی ۹۵

۳-۷ جهت و زاویه تابش خورشیدی ۹۹

۳-۷-۱ جهت و زاویه تابش ایران ۱۰۲

۳-۸ جهت و دما ۱۰۳

۳-۹ جهت و ارتفاع برف‌مرز ۱۰۴

۳-۹-۱ ارتفاع برف‌مرز دائمی‌کنونی ۱۰۶

۳-۹-۲ ارتفاع برف‌مرز دائمی‌کواترنری ۱۰۹

۳-۱۰ جهت و ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ کواترنری ۱۱۴

۳-۱۱ اثر طول جغرافیایی بر ارتفاع برف‌مرز ۱۱۷

۳-۱۲ اثر عرض جغرافیایی بر ارتفاع برف‌مرز ۱۱۹

۳-۱۳ اختلاف ارتفاع برف‌مرز ایران ۱۲۰

۳-۱۳-۱ جهت شیب دامنه ها و اختلاف ارتفاع برف‌مرز ۱۲۰

۳-۱۳-۲ مقدار شیب دامنه ها و اختلاف ارتفاع برف‌مرز ۱۲۲

۳-۱۳-۳ طول و عرض جغرافیایی و تفاوت ارتفاعی برف‌مرز ۱۲۳

۳-۱۴ جهت، ارتفاع و کالری ۱۲۳

۳-۱۴-۱ افزایش ارتفاع و انرژی دریافتی ۱۲۷

۳-۱۵ انرژی دریافتی ماهانه و جهت ۱۲۹

۳-۱۶ ارزیابی آثارمعبرهای یخی در ایران و مدل ارائه شده ۱۳۸

عنوان **صفحه**

فصل چهارم: نتیجه گیری

۴-۱ نتیجه‌گیری..... ۱۴۱

منابع و مآخذ..... ۱۴۹

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل(۱-۱)خط تعادل یخچالی..... ۸

شکل(۱-۲) خط تعادل آب‌ویخ یخچالی..... ۹

شکل (۱-۳) موقعیت ریاضی ایران..... ۱۳

شکل (۱-۴) نقشه موقعیت ریاضی مناطق منتخب..... ۱۴

شکل(۱-۵) موقعیت نسبی ایران..... ۱۶

شکل (۱-۶) حوضه های آبی ایران..... ۱۹

شکل (۱-۷) تقسیمات ساختمانی ایران از نظر اشتوکلین و روتنر به‌نقل از خسرو تهرانی (۱۳۶۷)..... ۲۳

شکل(۱-۸) موقعیت زمین شناسی ایران..... ۲۳

شکل(۱-۹) موقعیت تکتونیکی فلات ایران..... ۲۴

شکل (۱-۱۰) تقسیمات سیاسی ایران..... ۲۴

شکل (۲-۱) تغییرات گاز دی اکسید کربن(CO_2) و رابطه آن با دمای زمین..... ۳۸

شکل (۲- ۲) رابطه گازهای گل خانه‌ای و غبارهای جوی و دمای زمین..... ۳۸

شکل (۲-۳) تصویر خرد شدن سنگ‌های آهکی در مناطق مجاور یخچالی (قله دنا در زاگرس) ۵۲

شکل (۲-۴) تصویر خرد شدن سنگ‌های آذرین در مناطق مجاور یخچالی(کوه سبلان) ۵۲

شکل (۲-۵) تصویر رسوبات یخچالی به‌صورت تیلت و ناهمگن در اطراف سبلان..... ۵۹

شکل (۲-۶) تصویر اندوده گلی یخچال به‌صورت ناهمگن در اطراف اقلید..... ۵۹

شکل(۲-۷) فرم‌هایی متفاوتی از خطوط منحنی‌های میزان در نقشه توپوگرافی..... ۶۱

شکل (۲-۸)انعکاس آثار سیرک در نقشه‌های توپوگرافی..... ۶۲

شکل (۲-۹) تصویر از یک سیرک یخچالی در اقلید..... ۶۳

شکل (۲-۱۰) تصویر نمایی از یک دره‌یخچالی در صفاشهر..... ۶۴

شکل(۲-۱۱) انعکاس عمل‌کرد یخچال با توجه به جنس درخطوط منحنی میزان نقشه‌های توپوگرافی..... ۶۵

شکل (۲-۱۲) تصویر نمایی از یک دروملین یخچالی..... ۶۶

شکل (۲-۱۳) تصویر سیرک یخچال که‌در انتهای مسیر خود به آبراهه ختم می شده..... ۶۷

شکل (۲-۱۴) تصویر سیرک یخچال که‌در انتهای مسیر خود به آبراهه ختم نمی شده ۶۷

شکل (۲-۱۵) نقشه خطوط هم‌دمای برودتی ایران..... ۷۱

عنوان | صفحه

شکل (۲-۱۶) نقشه کانون‌های برودتی ایران..... ۷۱
شکل (۲-۱۷) نقشه سطوح برودتی ایران..... ۷۲
شکل (۳-۱) نمایش جهات اصلی و فرعی..... ۸۱
شکل (۳-۳) جهت یابی به‌وسیله ماه..... ۸۲
شکل (۳-۴) جهت یابی به‌وسیله تنه درختان..... ۸۳
شکل (۳-۵) نمودار جهت در ژئومورفولوژی..... ۸۷
شکل (۳-۶) نقشه روند کلی ناهمواری‌های ایران..... ۹۰
شکل (۳-۷) نقشه روند کلی مسیر زبانه‌های یخچالی در ناهمواری‌های ایران..... ۹۰
شکل (۳-۸) نقشه پراکندگی بلندترین قله های ایران..... ۹۳
شکل (۳-۹) نقشه موقعیت ایستگاه‌های اقلیمی..... ۹۶
شکل (۳-۱۰) نقشه پهنه بندی ایران از دیدگاه معادله‌های تجربی برآورد تابش دریافتی از خورشید..... ۹۸
شکل (۳-۱۱) نقشه ارتفاع برف‌مرز کنونی در دامنه‌های نسار..... ۱۱۳
شکل (۳-۱۲) نقشه ارتفاع برف‌مرز کنونی در دامنه‌های برآفتاب ۱۱۳
شکل (۳-۱۳) نقشه ارتفاع برف‌مرز کواترنری در دامنه‌های نسار..... ۱۱۵
شکل (۳-۱۴) نقشه ارتفاع برف‌مرز کواترنری در دامنه‌های برآفتاب..... ۱۱۵
شکل (۳-۱۵) نقشه ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ کواترنری..... ۱۱۸
شکل (۳-۱۶) نمودار خط رگرسیون جهت با ارتفاع..... ۱۲۱
شکل (۳-۱۷) نقشه خطوط هم انرژی دمای صفر درجه (انرژی ارتفاع برف مرز) ۱۲۵
شکل (۳-۱۸) نقشه خطوط هم انرژی در دامنه های نسار و برآفتاب..... ۱۲۵
شکل (۳-۱۹) نقشه هم‌دمای قله بل اقلید..... ۱۲۶
شکل (۳-۲۰) نمودار رابطه شیب با انرژی دریافتی در ماه می..... ۱۳۱
شکل (۳-۲۱) نمودار زاویه تابش و شیب تا ۲۵ درصد در ژوئیه..... ۱۳۱
شکل (۳-۲۲) تصویر گسترش برف در دامنه‌های نسار اقلید..... ۱۳۷
شکل (۳-۲۳) تصویر گسترش برف در دامنه‌های برآفتاب اقلید..... ۱۳۷
شکل (۳-۲۵) تصویر یک سیرک بزرگ یخچالی در دامنه‌های نسار اقلید..... ۱۳۷
شکل (۳-۲۶) تصویر گسترش مخروط واریزه‌ای در دامنه‌های برآفتاب اقلید..... ۱۳۸

عنوان صفحه

شکل (۴-۱) نمودار خط برازش شیب و ارتفاع خورشیدی در عرض ۲۵ درجه تا شیب ۲۵ درجه.....۱۴۲
شکل (۴-۲) نمودار خط برازش شیب و ارتفاع خورشیدی در عرض ۲۵درجه از شیب ۲۵ درجه بیشتر.....۱۴۳
شکل (۴-۳) نمودار خط برازش شیب و ارتفاع خورشیدی در عرض ۲۵درجه تا شیب ۹۰ درجه.....۱۴۳
شکل (۴-۴) نمودار ارتفاع فرضی خط تعادل آب و یخ یزد در جهات مختلف.....۱۴۴
شکل (۴-۵) نمودار خط برازش شیب و ارتفاع برف مرز دائمی یزد تا شیب ۱۰۰ درصد در دامنه نسار.....۱۴۶
شکل (۴-۶) نمودار خط برازش شیب و ارتفاع برف مرز دائمی یزد تا شیب ۴۵ درصد در دامنه برآفتاب.....۱۴۶

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) شماره عکس‌های هوایی منطقه نمدان..... ۲۶

جدول (۱-۲)شماره عکس‌های هوایی سلفچگان..... ۲۷

جدول (۲-۱) نحوه تغییر سطوح دریاها و تغییر سیستم‌های شکل‌زا در دوره‌های سرد وگرم..... ۴۱

جدول (۲-۲)تناوب دوره‌های اقلیمی‌و سیستم‌های شکل‌زا..... ۶۹

جدول (۳-۱) آزیموت کلی ناهمواری‌های ایران..... ۸۹

جدول (۳-۲) مشخصات بلندترین قله‌های ایران..... ۹۲

جدول (۳-۳) وضعیت شیب ایران بر اساس ۱۰۹ برگ از اطلس شیب ایران..... ۹۵

جدول (۳-۴) روابط انرژی و دما در ایستگاه‌های انتخابی..... ۱۰۵

جدول (۳-۵) روابط انرژی با ارتفاع برف‌مرز در جهات مختلف ایران..... ۱۱۰

جدول (۳-۶) ارتفاع برف‌مرز و خط تعادل آب‌ویخ بلندترین قله‌های ایران..... ۱۱۲

جدول (۳-۷) تفاوت ارتفاع برف‌مرز بر اثر عرض جغرافیایی در دو شهر اهواز و تبریز ۱۱۹

جدول (۳-۸) تغییر ارتفاع خط برف‌مرز دائمی‌در هر ۲۲/۵ درجه‌یزد..... ۱۲۱

جدول (۳-۹) اختلاف ارتفاع برف‌مرز در جهات مختلف یزد..... ۱۲۲

جدول(۳-۱۰) تفاوت اختلاف ارتفاع برف‌مرز دائمی‌اهواز با تبریز..... ۱۲۳

جدول (۳-۱۱) روابط بین شیب با زاویه تابش یا دما و یا انرژی در ماه های مختلف ایستگاه یزد..... ۱۳۲

پیش‌گفتار

لندفرم‌های سطح زمین ناشی از فرایندهای درونی و بیرونی است که طی میلیون‌ها سال در تقابل یک‌دیگر، اشکال متنوعی از پدیده‌های مختلف طبیعی را ایجاد کرده‌اند. ولی فرایندهای بیرونی مثل آب، باد، یخچال، تغییرات دما و... در پیدایش فرم‌های نهایی سطح زمین نقش بیشتر داشته‌اند. این فرایندها به‌مثابه آرایش‌گران طبیعی، در مکان‌های مختلف، گاه در تعامل با هم و گاهی با تسلط یکی بر سایرین، به‌چهره آرایی طبیعت پرداخته‌اند. یخچال طبیعی یکی از فرایندهای بیرونی است که نقش مهمی‌در ایجاد فرم‌های نواحی مختلف زمین، ایفاء نموده است. یخچال‌ها در واقع تغییر حالت کریستالی برف با چگالی بسیار کم (حدود ۰/۱) به‌یخ برفی یا نوه (Neve) و بلاخره به‌یخ حبابدار با چگالی بیشتر (۰/۹ یا نزدیک به‌یک) است. این تغییر حالت در طی چند صد سال و در شرایطی اتفاق می‌افتد که میزان ذوب برف سالانه، کم‌تر از ریزش سالانه‌اش باشد. در عرض‌های جغرافیایی بالا، میزان ریزش برف سالانه بسیار کم است ولی در مقابل به‌خاطر پایین بودن دما میزان ذوب و تبخیر برف نیز به‌حدی است که کم‌تر از ریزش برف سالانه می‌شود و در عرض‌های جغرافیایی پایین که به‌خاطرترفیع مکانی، دما کاهش یافته و فراوانی ریزش برف زمستانه بر ذوب تابستانه غلبه کرده و شرایط را برای گسترش یخچال‌ها فراهم می‌کند. در این رساله به‌بررسی یخچال‌های دسته دوم در سطح کشور ایران دوره کواترنری می‌پردازیم. در مطالعات یخچالی، تا به‌حال، عامل‌ترفیع مکانی و یا ارتفاع را به‌عنوان یک عامل مؤثر در کاهش دما مد نظر قرار داده‌اند، ولی از آن‌جائی‌که زاویه تابش خورشید خود می‌تواند در میزان انرژی رسیده به‌زمین اثرگذارد، در نتیجه با ماندگاری بیشتر برف می‌تواند موضوعات قابل توجهی را در مطالعات ژئومورفولوژیکی مطرح نماید. از سال‌ها پیش که در بازدیدهای میدانی با تپه ماهورهای متعددی که به‌صورت متوالی و پی‌درپی، با ابعاد وسیع و متفاوت در کنار هم قرار داشتند، رو به‌رو می‌شدم و تصور ساده‌ای که از عامل پیدایش تپه ماهورها بر اثر فرسایش آب در ذهن داشتم، من را بر آن داشت که بدانم؛ چگونه می‌شود در دوره‌های گذشته، وجود این همه آب را تصور کرد آن هم در مکان‌هایی که اکنون سالانه کمتر از ۳۰۰ میلی متر بارش دارند. تا این که در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود در سال ۱۳۸۰ تحت عنوان "بررسی روند سیل‌یابی در مناطق خشک با استفاده از متغیرهای ژئومورفولوژیکی" متوجه شدم که ابعاد این گونه دره‌ها در بالا دست و در مجاور کوهستان‌ها، بسیار وسیع بوده و هر چه به‌مرکز دشت نزدیک می‌شوند، ابعادشان کوچک و کوچک‌تر شده به‌طوری که ناگهان بسیاری از دره‌ها ناپدید می‌گردند. در صورتی که دره‌های آبی معمولاً عکس این وضعیت را دارند. این موضوع، همراه با مسائل دیگر، نگارنده را به‌تحقیق و تفحص بیشتری وادار کرد. به‌طوری که در مطالعات میدانی بعدی متوجه این موضوع نیز شدم که در دامنه‌های نسار، بخاطر دریافت کمتر انرژی و گسترش بیشتر زبانه های یخچالی نسبت به دامنه‌های برآفتاب، دره‌ها پای‌کوهی نه تنها ابعاد وسیع‌تری دارند، بلکه از تراکم بیشتری نیز برخوردار بودند، به‌طوری که حتی امکان دارد چنین دره‌هایی در دامنه‌های برآفتاب وجود نداشته باشند. بر این اساس زمانی که در مقطع دکتری «بررسی تأثیر جهت ناهمواری‌های ایران بر خط تعادل آب‌ویخ کواترنری» از سوی اساتید راهنما مطرح گردید، با رضایت کامل به‌استقبال موضوع رفته و هر چند در ابتدا به‌خاطر مشکلات فراوان و

احتمالی که در سر راه پیش بینی می‌شد، پژوهش‌گر را از رسیدن به‌نتیجه قطعی، نگران می‌کرد، ولی امروز که‌این پیش‌گفتار را می‌نویسم با اطمینان زیاد بیان می‌دارم، این موضوع در جای خود بسیار کاربردی و راه‌گشای بسیاری از مسائل دیگر نیز هست که در ادامه به بعضی از آن‌ها خواهیم پرداخت. شایان ذکر است، هر چند در این رساله از اثرگذاری جهت ناهمواری‌ها بر خط تعادل آب‌ویخ کواترنری سخن به‌میان آمده و در شرایط کنونی در بسیاری از نواحی ایران یخچالی وجود ندارد که بتوان از خط تعادل آب‌ویخ آن، سخنی به‌میان آورد، ولی جهت، اثر خود را بر میزان انرژی دریافتی و دمای دامنه‌ها و در نتیجه میزان تبخیر، رطوبت خاک، پوشش گیاهی و... می‌گذارد و اطلاع از این موضوع، می‌تواند نقش مهمی‌در برنامه ریزی محیطی و آمایش سرزمین ایفاء نماید.

والسلام

شهریور ماه ۱۳۸۸

فصل اول

کلیات

۱-۱ طرح مسئله

یخچال‌ها یکی از فرایندهای بیرونی هستند که چه‌در زمان حال و چه‌در زمان گذشته در شکل‌گیری لندفرم‌های زمین نقش مهمی‌را ایفاء می‌کنند. با توجه‌به‌شواهد ژئومورفولوژیکی در دوره پلیستوسن، یخچال‌ها نسبت به‌امروز گسترش بیش‌تری داشته و بسیاری از سرزمین‌هایی که امروزه عاری از یخ و یخچال هستند را می‌پوشانده‌اند. نواحی مرتفع عرض‌های پایین و مناطق جنب قطبی عرض‌های بالا از جمله این‌سرزمین‌ها بوده‌اند. پس لندفرم‌های ناشی از گسترش یخچال‌ها را در دو منطقه می‌توان بررسی کرد، یکی در نواحی بالاتر از برف‌مرز دائمی، مسلماً ماندگاری برف و وجود یخچال باعث ایجاد لندفرم‌های مخصوص به‌خود مثل سیرک‌ها در این مناطق شده و دیگری در مناطقی که پایین‌تر از ارتفاع برف‌مرز دائمی هستند و گسترش یخچال‌ها به‌اطراف باعث ایجاد لندفرم‌های خاصی از جمله دره‌های U شکل، اومبلیک، تیلت و... شده‌است. لندفرم‌های دسته دوم تا جایی دیده‌می‌شوند که امکان گسترش زبانه‌ی یخچالی در آن مناطق وجود داشته‌باشد. این‌حد در جاهای مختلف با عناوین مختلفی مطرح شده‌است از جمله رایت (۱۹۳۳) این‌حد را دمای ۵ درجه سانتی‌گراد می‌داند و رامشت (۱۳۸۴) این‌حد را به‌عنوان خط تعادل آب‌ویخ معرفی می‌کند. حد تعادل آب‌ویخ از نظر لغوی به‌منطقه‌ای گفته

می‌شود که در آن منطقه، یخ از بین رفته و به آب تبدیل می‌شود هر چند هر دو ماده، دمای صفر درجه را دارند، ولی از نظر وضعیت، اولی جامد (یخ) و دومی مایع (آب) است. از نظر ژئومورفولوژیکی حد تعادل آب‌ویخ جایی است که؛ مورن‌های انتهایی، رسوب گذاری شده و از آن به‌بعد رسوبات یخچالی وجود نداشته و رسوبات آبی ویا بادی گسترش بیش‌تری دارند، پس لندفرم‌های یخچالی نیز حداکثر تا این‌مکان احتمال گسترش داشته‌اند. زمانی که صحبت از ارتفاع برف‌مرز دائمی می‌شود مسلماً تمامی‌مناطقی که‌بالاتر از آن ارتفاع باشند، در طول دوره‌های یخچالی، متحمل فرایندهای یخچالی شده‌اند. ولی زمانی که از ارتفاع تعادل آب‌ویخ صحبت می‌شود الزاماً به‌این‌معنا نیست که تمامی سرزمین‌هایی که بالاتر از این ارتفاع قرار دارند، به‌طور قطعی تحت تأثیر فرایندهای یخچالی بوده‌اند، بلکه به‌این معناست که حداکثر تا این‌ارتفاع، زبانه‌های یخچالی که خوب تغذیه شده‌اند امکان گسترش داشته‌اند و علت تشکیل لندفرم‌های موجود تا این‌ارتفاع، می‌تواند ناشی از یخچال و یا ناشی از فرایندهای دیگر مثل آب، باد و... باشد. بنابراین‌دقت به‌این‌مسئله در برنامه‌ریزی محیطی اهمیت بسیار زیادی دارد.

حد ارتفاع برف‌مرز دائمی را با میانگین دمای صفر درجه و ارتفاع تعادل آب‌ویخ را با میانگین دمای ۵ درجه سانتی‌گراد انطباق می‌دهند. دما، خود نمودی از انرژی است و انرژی دریافتی به‌زاویه تابش و ثابت خورشیدی بستگی دارد یعنی؛ ثابت خورشیدی در یک مکان نیز به‌نوعی، به‌زاویه تابش وابسته است. با این‌توضیح و با توجه‌به‌شیب زمین از صفر تا ۹۰ درجه و جهت آن‌ها در یک مقیاس صفر تا۳۶۰ درجه‌ای، زاویه تابش و انرژی دریافتی بسیار متفاوت است. ما در این‌جا سعی می‌کنیم با استفاده از زاویه تابش سطوح ارضی فاقد شیب (شیب صفر درجه) ایستگاه‌های منتخب و میزان انرژی دریافتی آن‌ها، ابتدا متوسط روزانه انرژی دریافتی در سانتیمتر مربع در دقیقه را در ایستگاه مورد نظر، برآورد کرده و با توجه‌به‌این‌که زاویه تابش در سطوح ارضی شیب‌دار و جهات مختلف متغیر است، با ضرب ثابت خورشیدی در زاویه تابش سطوح مختلف، میزان انرژی دریافتی آن‌ها را محاسبه‌کرده و سپس آن‌ها را به‌دما تبدیل کنیم و به‌جای این‌که بگوییم، دمای صفر درجه با خط هم ارتفاع چند متر منطبق است از میزان انرژی رسیده در دمای صفر درجه صحبت به‌میان آوریم. مسلماً در سطوح ارضی شیب‌داری که‌به‌طرف جنوب باشند، زاویه تابش کمترشده و کسینوس[۱] آن بیش‌تر می‌گردد و زمانی که در متوسط انرژی دریافتی در سانتیمتر مربع در روز ضرب شود، عدد برآورد شده بزرگ‌تر بوده و در مجموع انرژی دریافتی کمتری را خواهند داشت و دامنه‌های شمالی عکس این حالت را دارند. همین موضوع باعث می‌شود که

---

۱ -Cosine

خطوط هم ارتفاع منطبق با دمای صفر یا ۵ درجه سانتی‌گراد در دامنه برآفتاب (جنوب) بالاتر از دامنه نسار (شمال) باشد. در این‌جا ذکر این‌نکته لازم است که هر چند اصطلاح دامنه‌ی نسار و برآفتاب بسیار رایج است ولی در این رساله به‌این‌موضوع پرداخته‌ایم که هر درجه تمایل بیشتر شیب سطوح ارضی، به‌سمت شمال و یا جنوب، تا چه‌میزان می‌تواند در دریافت انرژی مؤثر باشد و چگونه دریک مکان، دامنه نسار یا برآفتاب مشخص می‌شود.

بنابراین با استفاده از انرژی دریافتی و تبدیل انرژی به دما و تبدیل دما به ارتفاع در مرحله بعد، ارتفاع برف‌مرز دائمی و خط تعادل آب‌ویخ را مشخص می‌کنیم. برآوردهای اولیه حاکی از آن است که‌با افزایش هر درجه عرض جغرافیایی در ایران، اگر به شیب زمین در جهت جنوب، یک درجه بیش‌ترشود در زاویه تابش تغییری ایجاد نخواهد شد و افزایش یک درجه شیب می تواند، جبران فاصله از استوا را که بر اثر فاصله بر اثر عرض جغرافیایی ایجاد شده را بنماید و این‌خود می‌تواند در مرتفع تر قرار دادن خط ارتفاعی منطبق بر همدمای صفر یا پنج درجه سانتی‌گراد، در چنین شیب هایی، مؤثر واقع شود.

۱-۲ اهداف تحقیق

تاکنون مطالعات زیادی در موردآثار یخچالی دوره کواترنری ایران، به‌صورت پراکنده، به‌عمل آمده است ولی در مورد ارتفاع حداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی و ارتفاع برف‌مرز دائمی کواترنری به صورت ملی به‌نتیجه‌ی قطعی نرسیده‌اند. در این‌رساله که تأثیر جهت در ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ کواترنری مد نظر قرار گرفته شده است، برآنیم که ارتفاع حداکثر گسترش زبانه‌های یخچالی را با توجه‌به‌تنوع آب و هوایی و توپوگرافی ایران مشخص سازیم. مهمترین هدف این است که؛ بدانیم مقدار و جهت شیب در عرض‌های جغرافیایی مختلف تا چه‌اندازه بر گسترش زبانه‌های یخی اثر گذاشته‌است. در پایان، به‌جای این‌که از خط هم‌دما به‌عنوان خط تعادل آب‌ویخ استفاده کنیم، از یک عنوان ارتفاعی استفاده کرده ایم و خط تعادل آب‌ویخ را در دامنه‌های مختلف با یک عدد انرژی مشخص ساخته، و همچنین روشن کرده ایم که خط تعادل آب‌ویخ در دو دامنه و در جهت‌های مختلف و در عرض‌های جغرافیایی مختلف با هم چقدر اختلاف ارتفاع می‌توانند داشته‌باشند. به‌طور خلاصه:

۱- بررسی تأثیر جهت ناهمواری ها بر میزان انرژی دریافتی و در نتیجه اثر مربوطه آن بر ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ .

۲- بررسی تأثیر ارتفاع به‌تنهایی و یا همراه با جهت و شیب بر ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ .

۱-۳ اهمیّت و ارزش تحقیق

در حال حاضرآثار مورفیک سیرک‌های یخچالی باقی مانده از کواترنری مهم‌ترین کانون‌های تجمع برفی هستند که ذوب آن‌ها باعث تغذیه منابع آب زیرزمینی می‌گردد. ماندگاری بیش‌تر برف در شرایط کنونی، مدّت زمان ماندگاری رطوبت و در نتیجه فرسایش شیمیایی را طولانی‌تر از دامنه های برآفتاب کرده و همین امر موجب خاک سازی بیش‌تر در چنین مکان‌هایی می‌گردد. بنابراین، اهمیّت آب و خاک برای کشوری که در منطقه خشک واقع شده و کانون‌های کشاورزی آن متکّی به‌مواریث اقلیمی‌دوران گذشته است، امر بدیهی می‌باشد. به‌عبارتی در مکان هایی که در دوران گذشته، یخجال ها فعالیت بیشتری داشته اند، شرایط مساعدتری برای کشاورزیدارند. با توجه به بررسی فرایند شناسی در این رساله از نتایج آن می‌توان در انجام اقدامات مختلف، نظیر آبخیزداری، سدسازی، جاده سازی، پل سازی، کشاورزی و... استفاده کرد. برای مثال با توجه به اثر شیب در مقدار انرژی دریافتی می توان گفت؛ در نواحی جنوبی کشور که در فصول سرد سال شرایط مساعدی برای رویش گیاه دارند، سطوح ارضی که دامنه‌های آن‌ها شیبی به‌سمت شمال دارد بهترین شرایط را برای کشاورزی فراهم می‌کنند و دامنه‌های جنوبی، بر عکس، با زاویه تابش عمودی‌تر، دمای بالاتر و تبخیر بیش‌تر داشته و برای رویش گیاه شرایط سخت‌تری را فراهم می‌کند. البته در مناطق سردی که منابع آب کافی دارند با محدود شدن طول فصل رویش گیاه، عکس این‌شرایط حاکم است، یعنی در دامنه‌های جنوبی شرایط مساعدتری برای کشاورزی فراهم می‌شود.

۱-٤ کاربرد نتایج تحقیق

برآنیم که مدلی برای ژئومورفولوژیست‌ها و علاقه‌مندان مطالعات یخچال شناسی ارائه دهیم که‌بر اساس آن بتوان در هر گوشه‌ای از ایران با داشتن عرض جغرافیایی و مقدار و جهت شیب، میزان انرژی دریافتی، مقدار دما و در نتیجه ارتفاع برف‌مرز و یا خط تعادل آب‌ویخ را برآورد کرد. این‌رساله می‌تواند هم در زمینه‌ی علوم طبیعی و تمامی سازمان‌ها و یا افرادی که‌به‌نوعی با علوم زمین در ارتباطند، مثل سازمان جهاد کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، وزارت نیرو مفید واقع شود. همچنین کسانی که‌با برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل و ارتباطات سر و کار دارند، می‌توانند از آن سود ببرند. در مکان‌یابی شهرهای جدید، مناطقی که پایین‌ترین ارتفاع برف‌مرز را داشته‌اند، به‌عنوان کانون تامین کننده آب و خاک باید مورد توجه قرار گیرند.

۱-۵ فرضیه‌ها تحقیق

۱- جهت ناهمواری‌ها، ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ را تغییر می‌دهد.

۲- ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ با عرض جغرافیایی در ارتباط است.

۳- ارتفاع خط تعادل آب‌ویخ با مقدار و جهت شیب زمین در ارتباط است.

۱-٦ روش کار

با توجه به‌ملی بودن و گستردگی منطقه مورد مطا لعه، از روشی باید استفاده کرد، که ضمن ساده و مختصر بودن، قابلیت تعمیم داشته‌باشد. برای این‌منظور لازم بود که وضعیت دریافت انرژی ایران زمین را مد نظر قرار دهیم. خلیلی (۱۳۷۶) ایران را از این نظر به۱۶ پلی‌گون تقسیم نموده است که هر پلی‌گون از نظر دریافت انرژی وضعیت مشابهی دارد. ایستگاه مرکزی (انتخابی) هر پلی‌گون به‌ادوات تابش سنجی مجهز بوده و مبنای کاری ما نیز همین ۱۶ پلی‌گون با ایستگاه‌های مرکزی‌شان می‌باشد. میزان انرژی دریافتی به‌شکل‌های مختلف، از جمله دمای محیطی، نمود بیرونی دارد، بین میانگین انرژی دریافتی ماهانه بر حسب کالری بر سانتی متر مربع در روز با دمای متوسط ماهانه، رابطه سنجی خواهیم کرد. یکی از عوامل مؤثر در کل انرژی دریافتی، زاویه تابش است که آن را به‌وسیله فرمول‌های مربوطه در سطوح ارضی با هر شیب و جهتی، محاسبه‌نموده‌ایم. با ضرب زاویه تابش سطح افق در ثابت خورشیدی، می‌توان میزان انرژی دریافتی سطوح مختلف را برآورد نمود و از طریق روابط مربوطه، میزان انرژی را به‌دما تبدیل کرد. حال اگر درصد شیب زمین جهات مختلف را داشته‌باشیم (شیب سطوح کوهستانی، کوهپایه‌ای، گلاسی و...) می‌توان از طریق روابط دما با شیب، متوسط سالانه دما را در سطح شیب‌دار در هر جهتی برآورد نمود. نکته‌ای که در این‌جا باید مدنظر قرارداد این‌است که دمای حاصله در ارتفاع ایستگاه مورد نظر است در صورتی که سطوح شیب‌دار ارتفاعی بیش‌تر از ایستگاه داشته‌اند، لازم است دمای مورد نظر به‌دمای ارتفاع سطح شیب‌دار تبدیل شود. با توجه‌به‌کاهش ۴/۸ درجه سانتی‌گرادی دمای محیطی به‌ازای‌هر هزار متر افزایش ارتفاع (مسعودیان ۱۳۸۲) این‌عملیات انجام شده‌است. سپس با توجه‌به همین موضوع دمای حاصله نهایی، به‌وسیله‌ی یک تناسب ساده به‌ارتفاع تبدیل شد. به‌عبارتی دیگر؛ اگر فرض نماییم دمای حاصله‌باید صفر درجه شود، باید دید که دمای برآورد شده در صورت افزایش چند متر ارتفاع به‌صفر درجه می‌رسد و ارتفاع حاصله را با ارتفاع ایستگاه جمع کرده و این‌ارتفاع، به‌عنوان ارتفاع صفر یا ارتفاع برف‌مرز دائمی در نظر گرفته می‌شود. با توجه‌به‌کاهش ۸/۸ درجه سانتی‌گرادی دمای محیطی دوره پلیستوسن (دوره‌های یخچالی کواترنری) نسبت به‌امروز، می‌توان قبل از تبدیل دمای نهایی به‌ارتفاع، این‌مقدار را از آن کسر و آن را تبدیل به‌ارتفاع نمود و با اضافه نمودن ارتفاع ایستگاه به‌ارتفاع حاصله، در واقع ارتفاع برف‌مرز یا خط صفر درجه دوره یخچالی