





دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی

گروه جغرافیای طبیعی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جغرافیای طبیعی گرایش

ژئومورفولوژی

**بررسی آثار یخچالی زاگرس شمالی در کواترنر پایانی (با تأکید بر کردستان)**

استاد راهنما:

دکتر عبدالله سیف

استاد مشاور:

دکتر مجتبی یمانی

پژوهشگر:

منیره لطفی

آبان ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات  
و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه  
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی

گروه جغرافیای طبیعی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی جغرافیای طبیعی گرایش  
ژئومورفولوژی خانم منیره لطفی

تحت عنوان

بررسی آثار یخچالی زاگرس شمالی در کواترنر پایانی (با تأکید بر کردستان)

در تاریخ ۱۳۹۱/۸/۳۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه **مخبر** به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر عبدالله سیف با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۲- استاد مشاور پایان نامه دکتر مجتبی یمانی با مرتبه‌ی علمی دانشیار امضا

۳- استاد داور داخل گروه دکتر مزگان انتظاری با مرتبه‌ی علمی استادیار امضا

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر مسعود معیری با مرتبه‌ی علمی دانشیار امضا

امضای مدیر گروه



- « تقدیر و تشکر » -

خداوند بزرگ و بخشنده را سپاس گذارم که بر بنده‌ی حقیر خود منت نهاد و به او سلامتی را عطا فرمود و اندیشیدن را آموخت، خداوندی که بزرگترین آموزگار هستی است، کسی که احترام به استاد را نیک پنداشت، زکات علم را آموختن قرار داد و مغرور به علم را سرزنش نمود.

از استاد گرانقدر و دلسوزم جناب آقای دکتر عبدالله سیف که راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم و از خداوند سبحان طلب سلامتی و علم روز افزون را برای ایشان تمنا دارم.

از استاد مشاور گرامی، جناب آقای دکتر مجتبی یمانی که همواره در طی این پژوهش دلسوزانه دانش و تجربیات ارزنده خویش را جهت به سرانجام رسیدن این پژوهش در اختیار اینجانب قرار دادند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر مسعود معیری و سرکار خانم دکتر مژگان انتظاری که داوری این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، بسیار متشکرم.

و در پایان از دوستان خوبم خانم‌ها زهرا کرامتی، مینو احمدیان، گلاره امیرخانی، رضیه احمدزاده، نسرین رنجبرمنش، نعیمه صوفی، حمیده بیت مشعل، سمیه شمسی و زهرا مرادی نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم بہ

پدرم کہ بودنش قوت قلب و پشت و پناہم است

مادرم کہ روح و روانم است

برادران و خواہرانم کہ پیمانہ عمرم لبریز از صفا، صمیمیت و مہربانی آن ہاست

و نوہ ہای دلبندان

ژینو، پیشوا، آیدا، کرشین

## چکیده

بررسی آثار یخچالی حال و گذشته از دو جنبه‌ی اقلیمی و ژئومورفولوژیکی حائز اهمیت است. در زمینه‌ی اقلیمی، آثار یخچالی می‌تواند در کنار داده‌های اقلیمی حال حاضر، کمک بزرگی در بازسازی اقلیمی دوره کواترنر و همچنین بررسی مبحث تغییر اقلیم باشد. در زمینه‌ی ژئومورفولوژیکی نیز شناسایی و بررسی آثار یخچالی حال و گذشته، می‌تواند کمک بزرگی در زمینه‌ی تجزیه و تحلیل و بررسی ژئومورفولوژیکی محدوده‌ی مطالعاتی باشد. هدف تحقیق حاضر نیز بررسی آثار یخچالی، تعیین سیستم‌های شکل‌زایی، تعیین برف‌مرز و محدوده‌ی گسترش یخچالی کواترنر پایانی در محدوده‌ی زاگرس شمالی (با تأکید بر کردستان) می‌باشد. در راستای موضوع و اهداف تحقیق، فرضیاتی مبنی بر: ۱. پائین‌تر بودن خط تعادل آب و یخ در کردستان نسبت به سایر نقاط هم‌عرض خود در ایران، ۲. پائین‌تر بودن برف‌مرز در دامنه‌های غربی زاگرس شمالی، به دلیل حجم بالاتر بارش و تغذیه‌ی بیشتر یخچال‌ها و ۳. گسترش و فراوانی بیشتر لندفرم‌های یخچالی در دامنه‌های شمالی و غربی محدوده‌ی مطالعاتی؛ طراحی گردید. به منظور رسیدن به اهداف، بررسی فرضیات و پاسخگویی به سؤالات تحقیق؛ از لایه‌های اطلاعاتی و روش‌های بررسی متعددی استفاده شد. داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در تحقیق حاضر عبارتند از: میانگین بارش ۲۰ ساله‌ی ۱۳۱ ایستگاه و میانگین دمای ۲۰ ساله‌ی ۵۳ ایستگاه مربوط به سازمان هواشناسی و وزارت نیرو در محدوده‌ی مطالعاتی، مدل رقومی ارتفاع (DEM) مربوط به ماهواره‌ی Aster، نقشه‌ی شیب، نقشه‌ی جهت شیب، تصاویر ماهواره‌ای SPOT، تعداد ۵۴۸ سیرک یخچالی در زاگرس شمالی (۲۶۱ سیرک در کردستان) و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰. در تحقیق حاضر همچنین از روش‌های آماری رگرسیون خطی، ضریب همبستگی، ضریب تعیین، مد و آزمون کای دو، روش‌های درون‌یابی کریجینگ ساده و روش عکس مجذور فاصله و مدل‌های تجربی رایت، ارتفاع کف سیرک پورتر، مدل اقلیمی پلتیر و روش فرنج؛ به منظور مدل‌سازی‌های دمایی و بارشی حال و گذشته، تعیین خط برف‌مرز و خط تعادل آب و یخ در زمان حال و گذشته، مشخص کردن سیستم‌های شکل‌زایی و مناطق مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک در کواترنر پایانی، در محدوده‌ی مطالعاتی استفاده شد. در ادامه با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده، روش‌های آماری و مدل‌های تجربی مورد استفاده در تحقیق، به بررسی فرضیات تحقیق پرداخته شد. نتایج نشان داد که بر اساس روش رایت خط برف‌مرز در کواترنر پایانی در زاگرس شمالی و کردستان به ترتیب در سطح ارتفاعی ۱۷۸۷ متر و ۱۸۵۱ متر؛ و بر اساس روش ارتفاع کف سیرک پورتر، خط تعادل آب و یخ (ELA) در زاگرس شمالی و کردستان به ترتیب در سطح ارتفاعی ۱۷۷۷ متر و ۱۸۳۷ متر قرار دارد، این نتایج نشان داد که خط برف‌مرز و خط تعادل آب و یخ در زاگرس شمالی و کردستان در مقایسه با سایر مناطق همجوار در ایران، سطوح ارتفاعی پائین‌تری را نشان می‌دهد. بر اساس مدل رگرسیون خطی بین دما و ارتفاع نیز، برف‌مرز کنونی (دمای صفر درجه) در محدوده‌ی مطالعاتی در ارتفاع ۳۴۱۳/۶۷ متری قرار دارد. نتایج همچنین نشان داد که بر اساس نتایج آماره‌ی کای دو، توزیع فراوانی سیرک‌های یخچالی در جهات شیب مختلف معنادار می‌باشد، در محدوده‌ی زاگرس شمالی سیرک‌های یخچالی به ترتیب فراوانی از زیاد به کم، دارای جهات جنوب‌غرب، شمال‌شرق، شمال‌غرب، شرق، شمال، جنوب‌شرق، غرب و جنوب و در محدوده‌ی کردستان نیز سیرک‌های یخچالی به ترتیب فراوانی از زیاد به کم دارای جهات، شمال‌شرق، شمال‌غرب، جنوب‌غرب، شمال، جنوب‌شرق، شرق، جنوب و غرب بوده‌اند. مقایسه‌ی دو نقشه‌ی

درون‌یابی شده‌ی بارش کواترنر و ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی نیز نشان داد که در محدوده‌ی مطالعاتی با حرکت از شرق به غرب بر مقدار بارش افزوده می‌شود و بطور همزمان ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی پائین‌تر می‌آید و این امر مؤید تأثیر حجم بارش بر پائین آمدن ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در دامنه‌های غربی زاگرس شمالی می‌باشد. بر اساس مدل تجربی پلتیر نیز سیستم‌های شکل‌زایی، مناطق مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک در زاگرس شمالی و کردستان شناسایی و حدود ارتفاعی آن مشخص شد. بر اساس مدل پلتیر حد پائینی طبقه‌ی یخچالی و مجاور یخچالی در کواترنر پایانی به ترتیب ۲۷۸۹ متر و ۱۹۵۳ متر و حد پائینی طبقه‌ی مجاور یخچالی در حال حاضر، ارتفاع ۳۲۴۷ متر برآورد گردید. بر اساس مدل فرنچ نیز حد پائینی طبقه‌ی مجاور یخچالی در حال حاضر و در کواترنر پایانی به ترتیب ۲۹۱۳ متر و ۱۲۸۷ متر برآورد گردید.

**کلید واژه:** یخچال، سیرک یخچالی، برف‌مرز، خط تعادل آب و یخ، زاگرس شمالی، کردستان.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: کلیات تحقیق</b>
۱	۱-۱- مقدمه .....
۲	۲-۱- طرح مسئله .....
۴	۳-۱- اهمیت موضوع .....
۵	۴-۱- پیشینه و سابقه تحقیق .....
۱۲	۵-۱- اهداف تحقیق .....
۱۲	۶-۱- پرسش‌ها و فرضیه‌های تحقیق .....
۱۳	۱-۶-۱- پرسش‌های تحقیق .....
۱۳	۲-۶-۱- فرضیه‌های تحقیق .....
۱۳	۷-۱- روش گردآوری اطلاعات و ابزارهای مربوطه .....
۱۳	۱-۷-۱- روش گردآوری اطلاعات .....
۱۴	۲-۷-۱- ابزارهای فیزیکی .....
۱۴	۳-۷-۱- ابزارهای غیرفیزیکی (مفهومی) .....
۱۵	۸-۱- موقعیت زاگرس شمالی .....
۱۵	۱-۸-۱- موقعیت سیاره‌ای زاگرس شمالی .....
۱۶	۲-۸-۱- موقعیت مکانی زاگرس شمالی .....
۱۶	۳-۸-۱- موقعیت سیاسی زاگرس شمالی .....
۱۷	۴-۸-۱- موقعیت هیدرولوژیکی زاگرس شمالی .....
۱۷	۱-۴-۸-۱- حوضه درجه یک .....
۱۸	۲-۴-۸-۱- حوضه درجه دو .....
۱۸	۳-۴-۸-۱- حوضه درجه سه .....
۲۰	۵-۸-۱- موقعیت و جنس زمین‌شناسی زاگرس شمالی .....
۲۳	۹-۱- کردستان .....
۲۳	۱-۹-۱- موقعیت کردستان .....
۲۳	۲-۹-۱- ارتفاعات و پستی‌بلندی‌های کردستان .....

۲۳	..... دشت‌های استان کردستان ۳-۹-۱
۲۴	..... آب‌وهوای کردستان ۴-۹-۱
۲۴	..... طبقه‌بندی اقلیمی استان کردستان با استفاده از روش دومارتن گسترش یافته ۱-۴-۹-۱
۲۵	..... هیدرولوژی استان کردستان ۵-۹-۱
۲۶	..... حوضه‌های آبخیز استان کردستان ۱-۵-۹-۱
۲۶	..... حوضه‌های اصلی استان کردستان ۱-۱-۵-۹-۱
۲۷	..... حوضه‌های فرعی استان کردستان ۲-۱-۵-۹-۱
۲۸	..... رودخانه‌های کردستان ۲-۵-۹-۱
۲۸	..... زمین‌شناسی کردستان ۶-۹-۱
۲۸	..... ناحیه شرقی ۱-۶-۹-۱
۲۹	..... ناحیه مرکزی و شمالی ۲-۶-۹-۱
۲۹	..... ناحیه غربی و جنوب‌غربی ۳-۶-۹-۱
۲۹	..... خاک کردستان ۷-۹-۱

### فصل دوم: مبانی نظری تحقیق

۳۱	..... ۱-۲- مفاهیم و اصطلاحات تحقیق
۳۱	..... ۱-۱-۲- مفاهیم و پیشینه نظریه یخچالی
۳۳	..... ۱-۱-۱-۲- یخچال
۳۵	..... ۲-۱-۱-۲- محل و چگونگی تشکیل یخچال‌ها در کوتاه‌تر
۳۶	..... ۳-۱-۱-۲- واکنش‌های محیطی به دوره‌های یخچالی
۳۷	..... ۲-۱-۲- برف‌مرز و خط تعادل آب و یخ
۳۸	..... ۳-۱-۲- سیرک یخچالی
۳۸	..... ۴-۱-۲- تعریف و تاریخچه کوتاه‌تر
۴۱	..... ۱-۴-۱-۲- اهمیت دوره کوتاه‌تر
۴۱	..... ۲-۴-۱-۲- تحولات و آثار کلی کوتاه‌تر از دیدگاه جغرافیای طبیعی و ژئومورفولوژی
۴۱	..... ۱-۲-۴-۱-۲- تغییرات اقلیمی
۴۲	..... ۲-۲-۴-۱-۲- تغییرات استاتیک
۴۲	..... ۳-۲-۴-۱-۲- تغییرات ایزوستاتیک
۴۲	..... ۵-۱-۲- تغییر اقلیم

.....	۴۳
.....	۴۴
.....	۴۶
.....	۴۷
.....	۴۷
.....	۴۸
.....	۵۰
.....	۵۲
.....	۵۳
.....	۵۳
.....	۵۴
.....	۵۵
.....	۵۵
.....	۵۶
.....	۵۶
.....	۵۷
.....	۶۰
.....	۶۰
.....	۶۱
.....	۶۲
.....	۶۲

### فصل سوم: داده‌ها و روش‌های تحقیق

.....	۶۵
.....	۶۵
.....	۶۵
.....	۷۲
.....	۷۵
.....	۷۶

عنوان	صفحه
۱-۲-۱-۳-۱ رگرسیون خطی	۷۶
۲-۲-۱-۳-۲ روش‌های درونیابی	۷۶
۱-۲-۲-۱-۳ روش عکس مجذور فاصله (IDW)	۷۶
۲-۲-۲-۱-۳ کریجینگ ساده (SK)	۷۷
۳-۲-۲-۱-۳ ریشه دوم خطای میانگین (RMSE)	۷۸
۳-۲-۱-۳ روش‌های تعیین برف‌مرزهای دیرین و مناطق مجاور یخچالی	۷۹
۱-۳-۲-۱-۳ روش‌های پورتر	۷۹
۲-۳-۲-۱-۳ روش رایت	۸۲
۳-۳-۲-۱-۳ روش فرنچ	۸۲
۴-۲-۱-۳ مدل اقلیمی پلتیر در تقسیم بندی مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک	۸۲

#### فصل چهارم (بحث و یافته‌های تحقیق)

۱-۱-۴ شناسایی سیرک‌های موجود در محدوده‌ی مطالعاتی	۸۴
۱-۱-۴-۱ شناسایی سیرک‌های یخچالی بر روی تصاویر ماهواره‌ای SPOT در نرم‌افزار Google earth و انتقال اطلاعات آن به نرم‌افزار Arc GIS	۸۹
۱-۴-۲-۱ سایت‌بندی و نمایش سیرک‌های یخچالی بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰	۹۱
۱-۴-۳-۱ برآورد ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی	۹۷
۱-۴-۴-۱ تعیین جهت شیب سیرک‌های یخچالی	۹۸
۱-۴-۱-۴ بررسی ارتباط جهت شیب و فراوانی توزیع سیرک‌ها	۱۰۰
۱-۴-۵-۱ ارائه‌ی ویژگی‌های طبیعی و مکانی سیرک‌های یخچالی	۱۰۲
۲-۴-۲-۱ برآورد ارتفاع برف‌مرز و مدل‌سازی دمایی حال و گذشته در محدوده مطالعاتی	۱۱۴
۱-۲-۴-۱ مدل‌سازی دمایی و تعیین برف‌مرز حال حاضر، در محدوده مطالعاتی	۱۱۴
۱-۱-۲-۴-۱ برآورد آهنگ افت دما در محدوده‌ی مطالعاتی	۱۱۹
۲-۲-۴-۲ برآورد خط برف‌مرز و خط تعادل آب و یخ در گذشته در محدوده‌ی زاگرس شمالی و کردستان	۱۲۰
۱-۲-۲-۴-۱ برآورد خط برف‌مرز در محدوده‌ی زاگرس شمالی و کردستان با استفاده از روش رایت	۱۲۰
۱-۲-۲-۴-۱ برآورد خط تعادل آب و یخ (ELA) در محدوده‌ی زاگرس شمالی و کردستان با استفاده از روش ارتفاع کف سیرک پورتر	۱۲۵
۳-۴-۳ تقسیم‌بندی مناطق مورفوکلیماتیک و تعیین فرآیندهای شکل‌زایی بر اساس مدل پلتیر در محدوده مطالعاتی	۱۳۰



## عنوان

## صفحه

- ۱-۳-۴ بررسی و مدل سازی میانگین دمای سالانه‌ی حال و گذشته در محدوده‌ی مطالعاتی ..... ۱۳۲
- ۲-۳-۴ بررسی و مدل سازی میانگین بارش سالانه‌ی حال و گذشته در محدوده‌ی مطالعاتی ..... ۱۳۳
- ۳-۳-۴ بررسی فرآیندهای شکل زایی در کواترنر پایانی بر اساس مدل پلتیر در محدوده‌ی مطالعاتی ..... ۱۳۷
- ۱-۳-۳-۴ هواز دگی ..... ۱۳۷
- ۲-۳-۳-۴ هواز دگی شیمیایی ..... ۱۳۸
- ۳-۳-۳-۴ یخبندان ..... ۱۳۹
- ۴-۳-۳-۴ حرکات توده‌ای ..... ۱۴۰
- ۵-۳-۳-۴ فرآیند پلوویال ..... ۱۴۲
- ۶-۳-۳-۴ فرآیند باد ..... ۱۴۳
- ۴-۳-۴ تعیین مرزهای مورفوکلیماتیک و مورفودینامیک محدوده‌ی مطالعاتی در زمان حال و کواترنر پایانی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۴
- ۴-۴ بررسی رابطه‌ی ارتفاع و بارش با گسترش شواهد ژئومورفولوژی یخچالی در محدوده مطالعاتی ..... ۱۴۹

### فصل پنجم: نتیجه گیری و آزمون فرضیات

- ۱-۵-۱ نتیجه گیری و آزمون فرضیات ..... ۱۵۲
- ۱-۵-۱-۱ بررسی اهداف تحقیق ..... ۱۵۲
- ۱-۵-۲ پاسخ تحقیق به پرسش های تحقیق ..... ۱۵۴
- ۱-۵-۳ آزمون فرضیات تحقیق ..... ۱۵۶

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱. موقعیت سیاره‌ای محدوده زاگرس شمالی.....	۱۶
شکل ۱-۲. موقعیت ریاضی و سیاسی محدوده زاگرس شمالی.....	۱۷
شکل ۱-۳. موقعیت هیدرولوژیکی زاگرس شمالی.....	۱۸
شکل ۱-۴. آرایش خطوط آبراهه در محدوده زاگرس شمالی.....	۱۹
شکل ۱-۵. موقعیت زمین‌ساختی زاگرس شمالی در تقسیم‌بندی ساختمانی ارائه شده توسط اشتوکلین و روتنر.....	۲۰
شکل ۱-۶. جنس سازندها در زاگرس شمالی.....	۲۱
شکل ۱-۲. نمودار مدل ساده دوران یخچالی و بین یخچالی.....	۴۰
شکل ۲-۲. نمودار عوامل بیرونی و درونی تأثیرگذار در دگرگونی‌ها و تغییرات اقلیمی.....	۴۴
شکل ۱-۳. مدل رقومی ارتفاع (DEM) محدوده مطالعاتی.....	۷۳
شکل ۲-۳. نقشه‌ی جهت شیب محدوده مطالعاتی تهیه شده بر پایه‌ی مدل رقومی ارتفاع (DEM).....	۷۴
شکل ۳-۳. نقشه‌ی درجه شیب محدوده مطالعاتی تهیه شده بر پایه‌ی مدل رقومی ارتفاع (DEM).....	۷۵
شکل ۳-۴. روش‌های پنجگانه‌ی پورتر (۲۰۰۱: ۱۰۹۶)، در بازسازی خط تعادل آب و یخ (ELA).....	۸۱
شکل ۱-۴: نمونه سیرک یخچالی شماره ۳، شناسایی شده بر روی تصویر ماهواره‌ای SPOT در نرم‌افزار Google earth.....	۸۵
شکل ۲-۴: نمونه سیرک یخچالی شماره ۳، بر روی مدل رقومی ارتفاع (DEM) و خطوط ارتفاعی تهیه شده از DEM.....	۸۶
شکل ۳-۴: نمونه سیرک شماره ۳، بر روی تصویر طبقات ارتفاعی (TIN) تهیه شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM).....	۸۶
شکل ۴-۴: نمونه سیرک شماره ۳، بر روی شیت I ۵۲۵۹۱ توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ در محدوده‌ی مطالعاتی.....	۸۷
شکل ۵-۴: نمونه سیرک شماره ۳، مشخص شده بر روی تصویر ماهواره‌ای SPOT (الف)، تصویر ماهواره‌ای Aster (DEM) (ب)، نقشه‌ی طبقات ارتفاعی (TIN) (ج) و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ (د).....	۸۸
شکل ۶-۴: سیرک‌های شناسایی شده در زاگرس شمالی بر روی تصاویر ماهواره‌ای SPOT در نرم‌افزار Google earth.....	۸۹
شکل ۷-۴: سیرک‌های شناسایی شده در زاگرس شمالی بر روی تصاویر ماهواره‌ای SPOT در نرم‌افزار Google earth.....	۹۰
شکل ۸-۴: سیرک‌های شناسایی شده در زاگرس شمالی بر روی تصاویر ماهواره‌ای SPOT در نرم‌افزار Google.....	۹۰
شکل ۹-۴: لایه‌ی سیرک‌های یخچالی انتقال یافته از Google earth به Arc GIS و پراکنش سیرک‌های یخچالی در استان‌ها و حوضه‌های مختلف در محدوده مطالعاتی.....	۹۱
شکل ۱۰-۴: سایت‌بندی سیرک‌های یخچالی محدوده‌ی مطالعاتی بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰.....	۹۲
شکل ۱۱-۴: چند نمونه از سیرک‌های یخچالی سایت قروه بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰.....	۹۳

## عنوان

## صفحه

- شکل ۴-۱۲: چند نمونه از سیرک‌های یخچالی سایت شمال شرقی، بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ..... ۹۴
- شکل ۴-۱۳: چند نمونه از سیرک‌های یخچالی سایت شمال شرقی، بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ..... ۹۵
- شکل ۴-۱۴: چند نمونه از سیرک‌های یخچالی سایت غربی، بر روی نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ ..... ۹۶
- شکل ۴-۱۵: هم‌پوشانی لایه‌ی نقطه‌ای سیرک‌های یخچالی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) به منظور برآورد ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی (۵۴۸ سیرک یخچالی) ..... ۹۷
- شکل ۴-۱۶: جهت شیب ۵۴۸ سیرک یخچالی در محدوده مطالعاتی استخراج شده از تصاویر SPOT و نقشه‌ی جهت شیب محدوده مطالعاتی ..... ۹۸
- شکل ۴-۱۷: نمودار فراوانی جهت شیب سیرک‌های یخچالی در محدوده‌ی زاگرس شمالی ..... ۹۹
- شکل ۴-۱۸: نمودار فراوانی جهت شیب سیرک‌های یخچالی در محدوده‌ی استان کردستان ..... ۹۹
- شکل ۴-۱۹: نقشه‌ی رستری دمای تهیه شده بر پایه‌ی مدل رگرسیونی با دخالت دادن تصویر مدل رقومی ارتفاع در نرم‌افزار Arc GIS و خطوط هم‌دمای استخراج شده از آن به منظور تعیین برف‌مرز کنونی ..... ۱۱۶
- شکل ۴-۲۰: محدوده‌های با خط هم‌دمای صفر درجه (برف‌مرز کنونی)، استخراج شده در Arc GIS و شناسایی شده در Google earth ..... ۱۱۷
- شکل ۴-۲۱: موقعیت کوه حاج ابراهیم و کوه چغادار در شمال غرب زاگرس شمالی و در نزدیکی شهرستان پیرانشهر ..... ۱۱۸
- شکل ۴-۲۲: نمای نزدیک کوه حاجی ابراهیم و برف‌های دائمی منطبق بر آن ..... ۱۱۸
- شکل ۴-۲۳: نمای نزدیک کوه چغادار و برف‌های دائمی منطبق بر آن ..... ۱۱۹
- شکل ۴-۲۴: توزیع فراوانی سیرک‌های یخچالی در طبقات مختلف ارتفاعی در کل زاگرس شمالی و کردستان ..... ۱۲۱
- شکل ۴-۲۵: ارتفاع برف‌مرز زاگرس شمالی در کواترنر پایانی بر اساس روش رایت ..... ۱۲۳
- شکل ۴-۲۶: ارتفاع برف‌مرز کردستان در کواترنر پایانی بر اساس روش رایت (ارتفاع ۱۸۵۱ متر) ..... ۱۲۴
- شکل ۴-۲۷: خط تعادل آب و یخ (ELA) در زاگرس شمالی بر اساس روش ارتفاع کف سیرک پورتر ..... ۱۲۸
- شکل ۴-۲۸: خط تعادل آب و یخ (ELA) در کردستان بر اساس روش ارتفاع کف سیرک پورتر ..... ۱۲۹
- شکل ۴-۲۹: تغییرات ارتفاعی ELA در زاگرس شمالی ..... ۱۲۹
- شکل ۴-۳۰: تغییرات ارتفاعی ELA در کردستان ..... ۱۲۹
- شکل ۴-۳۱: مناطق مورفوننتیک لوپیس پلتیر ..... ۱۳۱
- شکل ۴-۳۲: نمودارهای شش‌گانه فرآیندهای شکل‌زایی پلتیر ..... ۱۳۱
- شکل ۴-۳۳: لایه‌های رستری دما و خطوط هم‌دمای حال و گذشته‌ی (کواترنر پایانی) زاگرس شمالی، مدل‌سازی شده بر پایه‌ی روابط رگرسیونی دما و ارتفاع و استفاده از مدل رقومی ارتفاع ..... ۱۳۳
- شکل ۴-۳۴: لایه‌ی رستری بارش و خطوط همباران حال حاضر مدل‌سازی شده بر پایه‌ی روابط رگرسیونی بارش و ارتفاع و استفاده از مدل رقومی ارتفاع ..... ۱۳۵

- شکل ۴-۳۵: لایه‌ی رستری بارش و خطوط همباران در کوتاه‌تر پایانی، مدلسازی شده بر پایه‌ی روابط رگرسیونی بارش و ارتفاع و استفاده از مدل رقومی ارتفاع..... ۱۳۶
- شکل ۴-۳۶: تقسیم‌بندی نظری هوازدگی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۳۸
- شکل ۴-۳۷: تقسیم‌بندی نظری هوازدگی شیمیایی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۳۹
- شکل ۴-۳۸: تقسیم‌بندی نظری تأثیر یخبندان در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۰
- شکل ۴-۳۹: تقسیم‌بندی نظری حرکات توده‌های در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۱
- شکل ۴-۴۰: تقسیم‌بندی نظری فرآیند پلوویال در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۲
- شکل ۴-۴۱: تقسیم‌بندی نظری فرآیند بادی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۳
- شکل ۴-۴۲: مناطق مورفوژنتیک کنونی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۴
- شکل ۴-۴۳: مناطق مورفوژنتیک کوتاه‌تر پایانی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۶
- شکل ۴-۴۴: حد پائینی محدوده‌ی مجاور یخچالی در کوتاه‌تر پایانی در محدوده‌ی مطالعاتی بر اساس مدل فرنچ ..... ۱۴۹
- شکل ۴-۴۵: نقشه‌ی درون‌یابی شده‌ی بارش بر پایه‌ی روش کریجینگ ساده ..... ۱۵۰
- شکل ۴-۴۶: نقشه‌ی درون‌یابی شده‌ی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی بر پایه‌ی روش کریجینگ ساده ..... ۱۵۰

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۲	جدول ۱-۱. راهنمای جنس زمین‌شناسی محدوده زاگرس شمالی.....
۳۰	جدول ۱-۲. گروه‌های بزرگ خاک استان کردستان و انواع تیپ اراضی آن.....
۵۸	جدول ۱-۲. اشکال فرسایش یخچالی.....
۵۹	جدول ۲-۲. اشکال ناشی از رسوبگذاری یخچالی.....
۶۲	جدول ۳-۲. مناطق مرفودینامیک ایران.....
	جدول ۱-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی دمای حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی دمای کوتاه‌تر پایانی.....
۶۶	ادامه جدول ۱-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی دمای حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی دمای کوتاه‌تر پایانی.....
۶۷	جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۶۸	ادامه جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۶۹	ادامه جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۷۰	ادامه جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۷۱	ادامه جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۷۲	ادامه جدول ۲-۳. اطلاعات آماری و مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه به منظور بررسی بارش حال حاضر (۲۰ سال اخیر) و بازسازی بارش کوتاه‌تر پایانی.....
۱۰۰	جدول ۱-۴: فراوانی جهت شیب سیرک‌های یخچالی در زاگرس شمالی و کردستان.....
	جدول ۲-۴: مراحل و نتایج انجام آزمون کی‌دو در بررسی معناداری رابطه‌ی جهت شیب و فراوانی سیرک‌های یخچالی در زاگرس شمالی.....
۱۰۱	جدول ۳-۴: مراحل و نتایج انجام آزمون کی‌دو در بررسی معناداری رابطه‌ی جهت شیب و فراوانی سیرک‌های یخچالی در زاگرس شمالی.....
۱۰۲	جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی.....
۱۰۳	ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی.....
۱۰۴	ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی.....
۱۰۵	ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی.....
۱۰۶	ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی.....

## عنوان

## صفحه

- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۰۷
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۰۸
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۰۹
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۱۰
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۱۱
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۱۲
- ادامه جدول ۴-۴: اطلاعات و ویژگی‌های سیرک‌های یخچالی شناسایی شده در محدوده مطالعاتی ..... ۱۱۳
- جدول ۴-۵: ضرایب مدل رگرسیونی در مدل‌سازی رابطه دما و ارتفاع ..... ۱۱۴
- جدول ۴-۶: ضریب همبستگی دما و ارتفاع ..... ۱۱۵
- جدول ۴-۷: تعیین ارتفاع برف‌مرز دائمی در زاگرس شمالی و کردستان بر اساس روش رایت ..... ۱۲۲
- جدول ۴-۸: توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در زاگرس شمالی به منظور برآورد مد و (ELA) ..... ۱۲۶
- جدول ۴-۹: توزیع فراوانی ارتفاع کف سیرک‌های یخچالی در کردستان به منظور برآورد مد و (ELA) ..... ۱۲۷
- جدول ۴-۱۰: مناطق مورفوکلیماتیک بر اساس تقسیم‌بندی پلتیر ..... ۱۳۰
- جدول ۴-۱۱: ضرایب مدل رگرسیونی در مدل‌سازی رابطه بارش و ارتفاع ..... ۱۳۴
- جدول ۴-۱۲: ضریب همبستگی بارش و ارتفاع ..... ۱۳۴
- جدول ۴-۱۳: مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک زاگرس شمالی در کواترنر پایانی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۷
- جدول ۴-۱۴: مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک زاگرس شمالی در حال حاضر بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۷
- جدول ۴-۱۵: مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک کردستان در کواترنر پایانی بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۸
- جدول ۴-۱۶: مناطق مورفوژنتیک و مورفودینامیک کردستان در حال حاضر بر اساس مدل پلتیر ..... ۱۴۸
- جدول ۵-۱: فراوانی جهات شیب سیرک‌های یخچالی در زاگرس شمالی و کردستان ..... ۱۶۰

## فصل اول

### کلیات تحقیق

#### ۱-۱- مقدمه

شواهد زیادی نشان می دهد که در طول تاریخ زمین شرایط آب و هوایی کره زمین بارها دستخوش تغییر و تحول کلی قرار گرفته است و به دنبال آن شرایط جغرافیایی و از جمله ژئومورفیک تغییر پیدا کرده است. حتی در کوتاه‌ترین که کوتاه‌ترین و جدیدترین دوره زمین‌شناسی است، آب‌وهوای کره زمین چندین بار متحول گردید و بر این اساس سیمای فیزیکی زمین شدیداً تغییر نموده است. در شکل‌یابی و پردازش نهایی سطوح ظاهری زمین، کوتاه‌ترین، علیرغم دوره کوتاه خود سهم عمده‌ای را در آراستگی بسترهای اخیر بر عهده داشته است. در واقع دوران چهارم زمین‌شناسی وارث تمامی رخدادهایی است که بر سرنوشت چند میلیارد ساله زمین حادث شده است. عملکرد گسترده یخچال‌های طبیعی و ظهور انسان به عنوان دو رویداد اساسی از وجوه بارز کوتاه‌ترین محسوب می گردد.

اسکلت اصلی ناهمواری‌های ایران تا اواخر دوران سوم به شدت تحت تاثیر نیروهای درونی و حرکات زمین ساختی بوده است. اما از اوایل دوران چهارم و در طی کوتاه‌ترین با فروکش کردن جنبش‌های تکتونیک، نیروهای بیرونی بر ناهمواری‌های ایران غلبه یافتند و به دستکاری شدید آن‌ها پرداختند. تغییرات اقلیمی به ویژه در کوتاه‌ترین

اشکال و پدیده‌های ژئومورفیک در ایران ایجاد کرده است. حتی برخی از لندفرم‌ها و چشم‌اندازهای مورفولوژیکی فعلی که به زمان پلیوسن و میوسن مربوط می‌شود. به همین دلیل است که بررسی تأثیر اقلیم به ویژه شرایط آب‌وهوایی کواترنر در شکل‌گیری ناهمواری‌ها و زون‌های مختلف ایران مورد توجه می‌باشد.

با توجه به اینکه تحولات اقلیمی به خصوص تحولات اقلیمی دوران چهارم از نوسانات زیادی برخوردار بوده و همواره چهره زمین را دستخوش تغییر کرده است، شناسایی و ردیابی آثار این تحولات مقوله‌ای مهم برای ژئومورفولوژیست‌ها محسوب می‌شود. در دوره کواترنری، شرایط یخچالی و بین یخچالی به تناوب، به وقوع پیوسته و شواهد ژئومورفولوژیکی انکار ناپذیری بر جای گذاشته است. از این شواهد می‌توان برای تعیین برف مرز و حدود گسترش یخچالی و نیز مطالعه تغییرات اقلیمی آن دوره استفاده کرد. این امر، بدان دلیل امکان‌پذیر است که فرایندهای بیرونی تغییردهنده شکل زمین، مانند هوازدگی، حرکات دامنه‌ای و فرسایش آب‌های جاری نتوانسته‌اند به طور کامل آثار باقیمانده از فرسایش یخچالی کواترنری را از بین ببرند. کواترنر به عنوان پهنه و گستره فعالیت انسانی برای مسائل شهری، صنعتی و کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته و «نقش کواترنر» در همه زمینه‌ها به خصوص در مسائل بیابانی، تغییرات سواحل، اقلیم و پیش‌بینی و رویارویی با مخاطرات و مقاوم‌سازی سازه‌های عمرانی و بیش از همه در حفظ و مدیریت زمین‌ها و محیط زیست روشن شده است (معمد، ۱۳۷۶). کنترل تغییرات و تعادل بخشی به سیستم‌های محیطی در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و ناحیه‌ای از مهم‌ترین اهداف جغرافیای کاربردی محسوب می‌گردد. ژئومورفولوژی کاربردی نیز به عنوان یک علم بین رشته‌ای با موقعیت خود در زیرمجموعه جغرافیای طبیعی؛ معیارهایی را مورد توجه قرار می‌دهد، که بر اساس آن متعادل ساختن لندفرم‌ها به عنوان بستر کلیه فعالیت‌های انسانی، از مهمترین اولویت‌ها بر شمرده می‌شوند.

## ۱-۲- طرح مسئله

در مقیاس جهانی هر تغییر در نسبت آب و یخ، شرایط کلی زمین را تغییر می‌دهد. به عبارت دیگر، یخچال‌ها امروزه هم یک کنترل حیاتی بر خشکی‌ها و دریاها و هم یک کنترل مکانیکی و فیزیکی یا ژئومورفولوژیک بر زمین اعمال می‌کند. همچنین از یخچال‌ها می‌توان به عنوان چینه‌شناسی که بر اساس واحدهایی که با شکل‌های مختلف‌اند برای زمان‌بندی در کواترنر استفاده کرد (معمد، ۱۳۸۲: ۷۵) و بر اساس شواهد و آثار یخچالی به بازسازی وضعیت ژئومورفولوژیکی و اقلیمی گذشته پرداخت، که در نهایت این بازسازی و آگاهی از شرایط گذشته محدوده مطالعاتی، اطلاعات مفیدی را به ما می‌دهد که در برنامه‌ریزی‌های محیطی و عمرانی بسیار کارساز