بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی معدن (اکتشاف)

اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران

دانشجو:

محمد امین فرشادمهر

استاد راهنما:

دکتر احمد آریافر

اساتید مشاور:

دکتر محمد شیوا **زهرا خواجه میری**

شهریور ماه ۱۳۹۲

دانشگاه سرخس
مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

فرم شماره ۱۰

با تاییدات خداوند متعال جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی کارشناسی ارشد آقای محمد امین فرشادمهر به شماره دانشجویی: ۹۰۱۳۳۲۳۰۱۳ رشته : مهندسی معدن گرایش: اکتشاف دانشکده: مهندسی

تحت عنوان: اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه ای در برگه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران

به ارزش : ۶ واحد درساعت ۱۲ : روز : یکشنبه مورخ: ۹۲/۶/۱۷

با حضور اعضای محترم جلسه دفاع و نماینده تحصیلات تکمیلی به شرح ذیل تشکیل گردید:

سمت	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنمای اول	**احمد آریافر**	**استادیار**	
استاد راهنمای دوم	-	-	
استاد مشاور اول	**محمد شیوا**	**استادیار**	
استاد مشاور دوم	**زهرا خواجه میری**	**دانشجوی دکتری**	
داور اول	**محمد جوانشیر گیو**	**استادیار**	
داور دوم	**غلامرضا نوروزی**	**استادیار**	
نماینده تحصیلات تکمیلی	**محمد مسینایی درمیان**	**استادیار**	

نتیجه ارزیابی دفاع که منوط به ارائه اصلاحات پیشنهادی توسط هیئت داوران حداکثر ظرف مدت یکماه پس از تاریخ دفاع می باشد، به شرح زیر مورد تایید قرار گرفت:

• قبول (با درجه : عالی و امتیاز : 19/1) • دفاع مجدد • غیر قابل قبول

۱- عالی (۲۰- ۱۹) ۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹- ۱۸) ۳- خوب (۱۷/۹۹- ۱۶) ۴- قابل قبول (۱۵/۹۹- ۱۴)

(بدیهی است عواقب آموزشی ناشی از عدم ارائه به موقع اصلاحات مزبور به عهده دانشجو می باشد)

تقدیم به:

خانواده

و

تمامی عزیزانم

سپاسگزاری

اکنون که در سایه‌ی لطف همیشگی خداوند مهربان، موفق به انجام و اتمام این نوشتار شده‌ام، بر خود واجب می‌دانم از زحمات تمامی عزیزانی که بنده را در این مهم یاری نموده‌اند قدردانی نمایم. از خانواده‌ام که با تلاش بی‌دریغ خود همواره مایه‌ی آسایش من بوده‌اند و همچنین از زحمات اساتید محترم دانشگاه بیرجند به خصوص استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر احمد آریافر و نیز اساتید مشاورم جناب آقای دکتر محمد شیوا و سرکار خانم زهرا خواجه‌میری نهایت سپاس را دارم.

در پایان نیز از تمام کسانی که به نوعی سهمی در یاری اینجانب در انجام این نوشتار داشته‌اند به خصوص جناب آقای دکتر رامین هندی، کارشناسان محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، کارشناسان محترم سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان جنوبی و کارشناسان محترم سازمان صنعت، معدن و تجارت استان قم تشکر کرده و از خداوند آرزوی سلامتی و توفیق روزافزون ایشان را خواستارم.

محمد امین فرشادمهر

اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران

به وسیله‌ی:
محمد امین فرشادمهر

چکیده

یکی از بخش‌های اساسی اقتصاد هر کشور، منابع خدادادی آن از جمله معادن است. برای بهره‌برداری مناسب از این منابع خدادادی نیاز به اکتشاف اصولی آنها می‌باشد. در بحث اکتشافات معدنی، اکتشافات ناحیه‌ای به منظور کاهش منطقه‌ای وسیع به مناطق کوچک، کاهش هزینه‌ها و ریسک سرمایه‌گذاری از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از ارکان عملیات اکتشاف ناحیه‌ای، اکتشافات ژئوشیمیایی در این مقیاس است. از مهمترین قسمت‌های عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی ناحیه‌ای نیز، پردازش داده‌های حاصل از عملیات نمونه‌برداری و آنالیز آزمایشگاهی می‌باشد که بدین منظور روش‌های مختلفی وجود دارد. نوشتار حاضر به پردازش داده‌های پروژه‌ی اکتشاف ژئوشیمیایی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران که طی آن ۵۸۵ نمونه‌ی رسوبات آبراهه‌ای و ۱۰۷ نمونه‌ی کانی سنگین برداشت گردیده‌است، به منظور تشخیص مناطق آنومالی این برگه و مقایسه‌ی روش‌های به کارگرفته شده پرداخته‌است. در بین روش‌های به کار گرفته شده در این تحقیق روش اصلی مورد بررسی، روش فرکتالی غلظت – مساحت بوده به نحوی که مطالب و تعاریف بیشتری راجع به آن گفته شده و نیز به عنوان ایده‌ای جدید از این روش در انجام روش‌های تحلیل فاکتوری و خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی استفاده شده است. روش میانگین به علاوه دو برابر انحراف معیار برای کسانی که به دنبال مقادیر به شدت حاد یک مجموعه داده می‌باشند، روشی مناسب است اما در پردازش‌های ژئوشیمیایی و به منظور جداسازی مقادیر غلظت و یا مقادیر شاخص غنی‌شدگی آنومالی از زمینه، روشی مناسب نیست؛ چرا که در اکتشافات ژئوشیمیایی، هدف، یافتن مقادیری است که متعلق به جامعه‌ای غیر از جامعه‌ی زمینه می‌باشد و استفاده از این روش سبب از دست دادن تعدادی از نمونه‌های با اهمیت می‌گردد. روش فرکتالی غلظت – مساحت در مورد اکثر عناصر نتایج مناسبی به همراه داشته‌است. در این روش نحوه‌ی درونیابی، دقت در برازش خطوط و انتخاب حدود آستانه‌ای از اهمیت زیادی برخوردار است. انجام تحلیل فاکتوری نیز نتایج مطلوبی به خصوص به عنوان روشی مکمل و مؤید روش‌های دیگر به همراه داشته است. به کارگیری روش غلظت – مساحت در طبقه‌بندی امتیازات فاکتوری کارکرد مناسبی نشان داده به نحوی که می‌توان از این تلفیق به منظور جداسازی نواحی حائز اهمیت نقشه‌های امتیازات فاکتوری استفاده نمود. روش خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی نیز نتایج مناسبی در مورد داده‌های برگه مورد مطالعه به همراه داشته است؛ در این روش به کارگیری روش

غلظت – مساحت به منظور تفکیک و اولویت‌بندی مقادیر بازماند، نتایج بسیار مناسبی داشته است. در مجموع و با تلفیق نتـایج روش‌های مختلف با نتایج حاصل از مطالعات کانی سنگین، نمونه‌های حائز اهمیت شناسایی و اولویت‌بندی شده و ۴۳ نمونـه بـا بیشترین اهمیت اکتشافی در نواحی مختلف برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران معرفی شده‌اند.
واژگان کلیدی: *اکتشافات ژئوشیمیایی، روش فرکتالی غلظت – مساحت، خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی، تحلیل فاکتوری، روش احتمال رخداد، بصیران، خراسان جنوبی.*

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای ۲

۱-۳- موقعیت جغرافیایی و مشخصات عمومی منطقه ۲

۱-۴- زمین‌شناسی منطقه و شرح واحدهای سنگی ۴

۱-۴-۱- منطقه‌ی فیلیش– کمربند افیولیتی در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۷

۱-۴-۲- منطقه‌ی بلوک لوت در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۸

۱-۴-۳- ماگماتیسم محدوده‌ی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲

۱-۴-۴- زمین‌ساخت و تکتونیک محدوده‌ی برگه‌ی بصیران ۱۳

۱-۴-۵- زمین‌شناسی اقتصادی و کانی‌سازی در برگه‌ی بصیران ۱۴

۱-۵- تاریخچه‌ی مطالعه در منطقه و ضرورت تحقیق ۱۴

۱-۶- هدف از مطالعه‌ی حاضر ۱۶

۱-۷- ساختار پایان‌نامه ۱۶

فصل دوم: پردازش مقدماتی داده‌های اکتشافی ۱۸

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- انجام عملیات نمونه‌برداری در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۹

۲-۲-۱- روش آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی و حد حساسیت دستگاه‌ها ۱۹
۲-۲-۲- دقت آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی ۱۹
۲-۳- جایگزینی داده‌های سنسورد ۲۰
۲-۴- جایگزینی مقادیر خارج از ردیف ۲۱
۲-۴-۱- آزمون مقادیر خارج از ردیف برای داده‌هایی با گسترش زیاد ۲۱
۲-۵- آزمون مقادیر خارج از ردیف برای داده‌های برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۲۲
۲-۶- بررسی آماری کل نمونه‌های ژئوشیمیایی ۲۵
فصل سوم: حذف اثر سنژنتیک با استفاده از روش تفکیک جوامع سنگی و تعیین مناطق آنومالی بر اساس روش‌های تک‌متغیره ۲۸
۳-۱- مقدمه ۲۸
۳-۲- خنثی سازی اثر مؤلفه‌ی سنژنتیک ۲۸
۳-۳- روش تفکیک جوامع سنگی ۲۹
۳-۳-۱- تعیین سنگ بالادست نمونه‌ها در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۳۰
۳-۳-۲- رده‌بندی نمونه‌های ژئوشیمیایی بر حسب تعداد سنگ بالادست آنها ۳۲
۳-۳-۳- خوشه‌بندی نمونه‌های غیرمستقل ۳۵
۳-۳-۴- خنثی‌سازی اثر مؤلفه‌ی سنژنتیک در هر جامعه با محاسبه‌ی شاخص غنی‌شدگی ۳۷
۳-۳-۵- محاسبه‌ی پارامترهای آماری شاخص غنی‌شدگی ۳۸
۳-۳-۶- نرمال کردن داده‌ها ۳۸
۳-۴- تخمین مقدار زمینه و آنومالی و جداسازی جوامع آنها ۳۹
۳-۴-۱- روش‌های تجربی ۴۰
۳-۴-۲- روش‌های مدل دلخواه ۴۰
۳-۴-۳- روش‌های مدل شیءگرا ۴۱

۳-۴-۴- روش‌های غیر ساختاری ۴۱
۳-۴-۵- روش‌های ساختاری ۴۲
۳-۵- تخمین حد آستانه‌ای برای داده‌های برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۴۲
۳-۶- جداسازی آنومالی‌ها بر اساس مقادیر احتمال رخداد (P.N) ۴۴
فصل چهارم: تعیین مناطق آنومالی با استفاده از روش فرکتالی غلظت- مساحت ۵۰
۴-۱- مقدمه ۵۰
۴-۲- تعریف فرکتال ۵۱
۴-۳- تشابه ۵۲
۴-۴- خودتشابهی و بُعد تشابه ۵۳
۴-۴-۱- طبقه‌بندی فرکتال‌ها بر اساس نوع خودتشابهی ۵۸
۴-۴-۱-۱- فرکتال‌های تصادفی ۵۸
۴-۵- اندازه‌گیری بُعد فرکتال ۵۹
۴-۵-۱- روش خودتشابهی ۵۹
۴-۵-۲- استفاده از خط پیمایش (گام) با طول متغیر ۵۹
۴-۵-۳- روش بُعد شمارش جعبه‌ای (جعبه – شمار) ۶۰
۴-۶- مولتی‌فرکتال‌ها ۶۱
۴-۷- ماهیت فرکتالی متغیرهای ژئوشیمیایی و کاربرد هندسه‌ی فرکتال در اکتشافات ژئوشیمیایی . ۶۲
۴-۷-۱- ماهیت فرکتالی توزیع ژئوشیمیایی عناصر ۶۳
۴-۸- آزمودن بُعدهای ژئوشیمیایی ۶۵
۴-۸-۱- رابطه‌ی مساحت – محیط ۶۶
۴-۸-۲- رابطه‌ی تعداد – مساحت ۶۶
۴-۹- روش فرکتالی عیار – مساحت ۶۷

۴-۹-۱- مزیت‌های روش فرکتالی غلظت – مساحت ۷۰
۴-۱۰-اجرای روش غلظت – مساحت بر روی داده‌های اکتشافی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران..... ۷۱
۴-۱۰-۱- تخمین شبکه‌ای..... ۷۱
۴-۱۰-۲- ترسیم نمودارهای تمام لگاریتمی غلظت – مساحت و نقشه‌های ژئوشیمیایی ۷۳
فصل پنجم: به کارگیری هندسه‌ی فرکتال بر روی نتایج روش‌های فاکتوری و فازی
به منظور شناسایی نواحی امیدبخش معدنی ۷۸
۵-۱- مقدمه ۷۸
۵-۲- تحلیل فاکتوری ۷۹
۵-۲-۱- پیش فرض‌های تحلیل فاکتوری ۸۰
۵-۲-۱-۱- انتخاب تعداد فاکتورها و استخراج فاکتورهای بهینه ۸۰
۵-۲-۲- دوران فاکتورها ۸۱
۵-۳-اجرای روش تحلیل فاکتوری بر روی داده‌های ژئوشیمیایی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۸۲
۵-۳-۱- ترسیم نقشه‌های امتیازات فاکتوری ۸۶
۵-۳-۱-۱- به کارگیری روش غلظت – مساحت در ترسیم نقشه‌های امتیازات فاکتوری..... ۸۶
۵-۴- خوشه‌بندی فازی ۹۵
۵-۴-۱- الگوریتم تحلیل خوشه‌ای میان مرکز فازی..... ۹۶
۵-۴-۲- حذف اثر سنژنتیک با استفاده از روش خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی..... ۹۷
۵-۵- اعمال روش خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی بر روی داده‌های ژئوشیمیایی
برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران..... ۹۸
۵-۵-۱- تعیین توان فازی یا شدت فازی شدگی (q) ۹۸
۵-۵-۲- تعیین تعداد خوشه‌ها..... ۹۹
۵-۵-۳- ترسیم نقشه‌های آنومالی بازماند ۱۰۱

۵-۵-۳-۱- اعمال روش غلظت – مساحت بر مقادیر بازماند خوشه‌بندی میان‌مرکز فازی ۱۰۱

فصل ششم: کنترل آنومالی‌ها و تلفیق نتایج روش‌های به کاربرده شده به منظور معرفی آنومالی‌های نهایی ۱۰۷

۶-۱- مقدمه ۱۰۷

۶-۲- نمونه‌برداری کانی سنگین ۱۰۷

۶-۳- تلفیق روش‌های مختلف و معرفی آنومالی‌های نهایی ۱۱۱

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۷

۷-۱- مقدمه ۱۱۷

۷-۲- مقایسه‌ی روش‌ها ۱۱۷

۷-۳- تشریح مهمترین آنومالی‌های برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۱۹

۷-۳-۱- آنومالی‌های قسمت جنوب شرقی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۱۹

۷-۳-۲- آنومالی قسمت جنوبی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲۰

۷-۳-۳- آنومالی‌های قسمت مرکزی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲۰

۷-۳-۴- آنومالی‌های قسمت غربی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲۱

۷-۳-۵- آنومالی‌های قسمت شمالی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲۲

۷-۳-۶- آنومالی‌های قسمت شمال شرقی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران ۱۲۲

۷-۴- پیشنهادات ۱۲۲

منابع فارسی ۱۲۴

منابع لاتین ۱۲۶

پیوست (الف) ۱۲۹

پیوست (ب) ۱۵۹

پیوست (ج) ۱۸۸

پیوست (د) ۲۰۳

پیوست (ه) ۲۴۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۳
شکل ۱-۲- نقشه‌ی زمین شناسی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۵
شکل ۲-۱- نمودار دورفل برای جایگزینی مقادیر خارج از ردیف. ۲۲
شکل ۲-۲- نمودارهای جعبه‌ای داده‌های خام عناصر: الف- تیتانیوم، ب- طلا، ج- آهن، د- منگنز. ۲۴
شکل ۲-۳- پارامترهای آماری داده‌های خام عنصر Au. ۲۶
شکل ۲-۴- پارامترهای آماری داده‌های خام عنصرFe. ۲۶
شکل ۳-۱- هیستوگرام فراوانی تعداد نمونه‌های ژئوشیمیایی بر حسب تعداد سنگ بالادست آنها. ۳۵
شکل ۳-۲- دندوگرام خوشه‌بندی داده‌های غیرمستقل و تشکیل جوامع مستقل. ۳۶
شکل ۳-۳- نمودارهای Q-Q Plot برای مقادیر شاخص غنی‌شدگی: الف- تیتانیوم، ب- طلا، پس از نرمال‌سازی. ۳۹
شکل ۳-۴- نقشه‌های مناطق امیدبخش براساس اعمال $x + 2s$ بر روی شاخص غنی‌شدگی عناصر الف- طلا، ب- آهن. ۴۴
شکل ۳-۵- نقشه‌ی مناطق و نمونه‌های آنومالی به دست آمده از روش P.N. ۴۸
شکل ۴-۱- رابطه‌ی نمایی بین تعداد اجزا، بزرگنمایی و بُعد. ۵۴
شکل ۴-۲- رابطه‌ی بین تعداد اجزاء، بزرگنمایی و بُعد برای اندازه‌های صحیح و غیرصحیح. ۵۴
شکل ۴-۳- مراحل ساخت برف دانه‌ی کُخ. ۵۶
شکل ۴-۴- مراحل ساخت منحنی برف‌دانه‌ی کُخ. ۵۷
شکل ۴-۵- محاسبه‌ی طول خط هم عیار فرضی با استفاده از گام‌های ۵۰ و ۱۰۰ کیلومتری. ۶۰
شکل ۴-۶- استفاده از شبکه مش‌های به ابعاد مختلف در روش جعبه - شمار. ۶۱

شکل ۴-۷- روند افزایش بُعد خط از بُعد یک به سمت بُعد دو. ۶۵
شکل ۴-۸- نقشه‌های باینری تهیه شده از داده‌های حاصل از نمونه‌برداری خاک در منطقه‌ای معین. ... ۶۹
شکل ۴-۹- نمودار تمام لگاریتمی غلظت – مساحت مربوط به نقشه‌های شکل (۴-۸) ۷۰
شکل ۴-۱۰- نمودار تمام لگاریتمی غلظت و مساحت تجمعی برای عنصرطلا در برگه‌ی
۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۷۴
شکل ۴-۱۱- نمودار تمام لگاریتمی غلظت و مساحت تجمعی برای عنصرآهن در برگه‌ی
۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۷۴
شکل ۴-۱۲- نقشه‌های ژئوشیمیایی به دست آمده از روش غلظت – مساحت برای دو عنصر طلا
و آهن ۷۶
شکل ۵-۱- نمودار Scree Plot برای تعیین تعداد فاکتورهای تحلیل فاکتوری. ۸۳
شکل ۵-۳- نمودار نیمه‌لگاریتمی امتیاز فاکتوری – مساحت تجمعی فاکتور اول. ۸۷
شکل ۵-۴- نمودار نیمه‌لگاریتمی امتیاز فاکتوری – مساحت تجمعی فاکتور دوم. ۸۸
شکل ۵-۵- نمودار نیمه‌لگاریتمی امتیاز فاکتوری – مساحت تجمعی فاکتور سوم. ۸۸
شکل ۵-۶- نمودار نیمه‌لگاریتمی امتیاز فاکتوری – مساحت تجمعی فاکتور چهارم. ۸۹
شکل ۵-۷- نمودار نیمه‌لگاریتمی امتیاز فاکتوری – مساحت تجمعی فاکتور پنجم. ۸۹
شکل ۵-۸- نقشه‌ی امتیازات فاکتوریِ فاکتور اول: الف- روش فرکتالی غلظت – مساحت،
ب- روش نمایش پیوسته‌ی مرسوم. ۹۰
شکل ۵-۹- نقشه‌ی امتیازات فاکتوریِ فاکتور دوم: الف- روش فرکتالی غلظت – مساحت،
ب- روش نمایش پیوسته‌ی مرسوم. ۹۱
شکل ۵-۱۰- نقشه‌امتیازات فاکتوریِ فاکتور سوم: الف- روش فرکتالی غلظت – مساحت،
ب- روش نمایش پیوسته‌ی مرسوم. ۹۲
شکل ۵-۱۱- نقشه‌ی امتیازات فاکتوریِ فاکتور چهارم: الف- روش فرکتالی غلظت – مساحت،
ب- روش نمایش پیوسته‌ی مرسوم. ۹۳
شکل ۵-۱۲- نقشه‌ی امتیازات فاکتوریِ فاکتور پنجم: الف- روش فرکتالی غلظت – مساحت،
ب- روش نمایش پیوسته‌ی مرسوم. ۹۴
شکل ۵-۱۳- نمودارهای پراش تخصیص تجمعی به ازای توان‌های فازی مختلف. ۹۹
شکل ۵-۱۴- نمودارهای نیمه لگاریتمی مقدار بازماند – مساحت عناصر: الف- طلا، ب- آهن. ۱۰۲

شکل ۵-۱۵- نقشه‌ی مناطق آنومالی طلا، حاصل از اعمال روش‌های: الف- فرکتالی، ب- سنتی
بر روی مقادیر بازماند روش FCMC. ۱۰۴
شکل ۵-۱۶- نقشه‌ی مناطق آنومالی آهن، حاصل از اعمال روش‌های: الف- فرکتالی،
ب- سنتی بر روی مقادیر بازماند روش FCMC. ۱۰۵
شکل ۶-۱- نقشه‌ی نمایش مقادیر کانی سنگین گروه اول..... ۱۰۹
شکل ۶-۲- نقشه‌ی نمایش مقادیر کانی سنگین گروه دوم. ۱۰۹
شکل ۶-۳- نقشه‌ی نمایش مقادیر کانی سنگین گروه سوم. ۱۱۰
شکل ۶-۴- نقشه‌ی نمایش مقادیر کانی سنگین چهارم تا هفتم..... ۱۱۰
شکل ۶-۵- موقعیت مهمترین نمونه‌های آنومالی در برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۱۱۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- راهنمای نقشه‌ی زمین‌شناسی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران. ۶
جدول ۲-۱- مقادیر خارج از ردیف شناسایی شده‌ی عناصر و مقدار جایگزین شده‌ی آنها. ۲۳
جدول ۳-۱- نتایج خلاصه‌سازی واحدهای سنگی موجود در برگه‌ی بصیران..... ۳۱
جدول ۳-۲- جوامع سنگی تشکیل شده و تعداد نمونه‌های آنها. ۳۳
جدول ۳-۳- حدود آستانه‌ای شاخص غنی شدگی عناصر بر اساس روش $x + 2s$ ۴۳
جدول ۳-۴- آنومالی‌های چندعنصری بر اساس مجموع $1/P.N$، به ترتیب اهمیت و اولویت آنومالی. ... ۴۶
جدول ۴-۱- مثال‌هایی از الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی در مقیاس‌های مختلف. ۶۴
جدول ۴-۲- حدود آستانه‌ای به دست آمده از روش فرکتالی غلظت – مساحت. ۷۵
جدول ۵-۱- مقدار اشتراک عناصر در تحلیل فاکتوری..... ۸۳
جدول ۵-۲- ماتریس فاکتورها قبل از دوران..... ۸۳
جدول ۵-۳- ماتریس فاکتورها پس از دوران واریمکس. ۸۴
جدول ۵-۴- درصد واریانس توجیه شده توسط هریک از فاکتورها و استخراج فاکتورها. ۸۵
جدول ۵-۵- حدود آستانه‌ای به دست آمده از روش غلظت – مساحت برای امتیازات فاکتوری. ۸۹
جدول ۵-۶- مقادیر F و H به دست آمده به ازای خوشه‌های مختلف..... ۱۰۰
جدول ۵-۷- مقادیر مراکز خوشه‌ها برای عناصر مختلف. ۱۰۱
جدول ۶-۱- نمونه‌های آنومالی مربوط به هریک از بیست عنصر مورد بررسی. ۱۱۲
جدول ۶-۲- مهمترین نمونه‌های آنومالی بر اساس تعداد عناصر آنومالی در هر نمونه. ۱۱۵

فصل اول
کلیات

۱-۱- مقدمه

مواد معدنی اساس مستحکم و استوار صنایع را در کشور تشکیل می‌دهند. با توجه به قرار داشتن کشور در پنجره‌ی تکتونیکی پالئوتتیس و نئوتتیس و فعالیت‌های ماگمایی، دگرگونی و محیط رسوبی مناسب، از پتانسیل مواد معدنی فلزی و غیرفلزی بسیار خوبی برخوردار است [کریم پور و همکاران، ۱۳۸۹]. با توجه به بالا بودن ریسک سرمایه‌گذاری در کارهای معدنی، انجام اکتشافات ناحیه‌ای می‌تواند با پایین آوردن ریسک، نسبت سرمایه‌گذاری را بیشتر و میزان جلب سرمایه را بالا ببرد. انتخاب مکان مناسب جهت انجام عملیات اکتشافی نیمه‌تفصیلی و تفصیلی در یک ناحیه‌ی وسیع، مشکل اساسی سرمایه‌گذاران در بخش معدنی کشور است. انجام اکتشافات ناحیه‌ای نظام‌مند، روشی اساسی برای غلبه بر این مشکل است [پولادزاده، ۱۳۷۹]. عملیات اکتشاف ناحیه‌ای در زمره عملیات اکتشافی زیربنایی به حساب می‌آید که هدف آن کشف کانی‌سازی‌های محتمل در یک منطقه‌ی وسیع و حذف مناطق عقیم می‌باشد [آریافر، ۱۳۸۳]. انجام روش‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و دورسنجی و ترکیب این اطلاعات و نیز استفاده از اطلاعات زمین شناسی، راهکاری اساسی جهت رهنمود عملیات اکتشافی، به مرحله‌ی اکتشاف نیمه تفصیلی و تفصیلی و نیز پایین آوردن ریسک سرمایه‌گذاری در بخش معدن می‌باشد. نقشه‌های ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای، یکی از ارکان اساسی عملیات اکتشافی در این مقیاس است و در بسیاری از نقاط جهان بر اساس نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای در فاز مقدماتی و تفصیلی صورت می‌پذیرد [Agterberg & Cheng, 1999]. رسوبات آبراهه‌ای مخلوطی از لیتولوژی یک حوضه‌ی آبریز هستند؛ بنابر این مکانیسمی جهت به نقشه در آوردن ویژگی‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ی مورد بررسی به دست می‌دهند. از این بررسی‌ها می توان علاوه بر پی‌جویی مواد معدنی و لایه‌های مرتبط با آن، در کارهای زیست محیطی، کشاورزی و تکمیل نقشه‌های زمین شناسی نیز استفاده نمود [پولادزاده، ۱۳۷۹]. این روش اکتشافی در مقایسه با سایر روش‌ها از جمله بررسی هاله‌های اولیه،

مزایایی دارد که برخی از این مزایا عبارتند از:

- هر نمونه برای تعداد زیادی از عناصر مورد تجزیه‌ی شیمیایی قرار گرفته و نتایج حاصل از آنالیز می‌تواند در تحلیل داده‌ها به تنهایی و یا به صورت ترکیبی از داده‌ها به کار رود؛
- این روش نسبت به سایر روش‌ها ارزان‌تر است؛
- داده‌های حاصل از این روش واقعی و ملموس هستند و کمترین مهارت را برای نمونه برداری نسبت به سایر روش‌ها نیاز دارند؛
- هاله‌های پراکندگی وسیعی تشکیل می‌دهند.

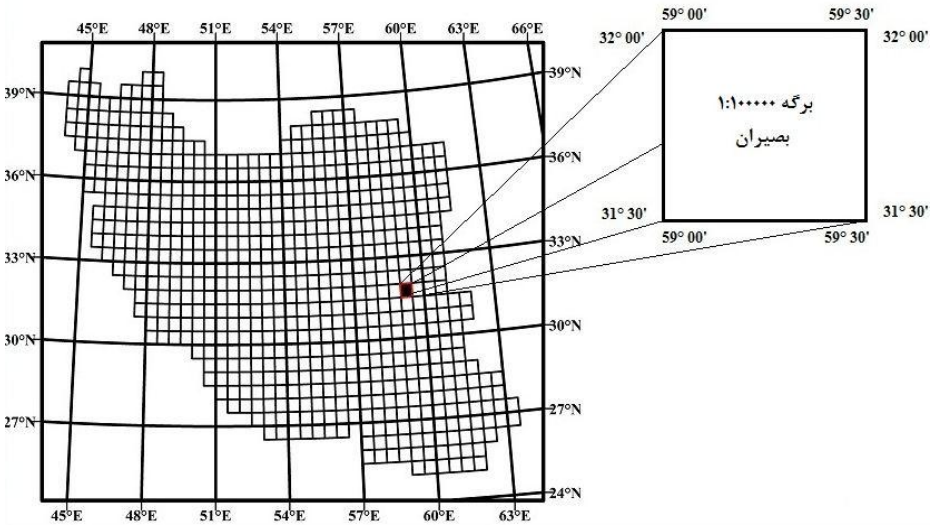
۱-۲- اهداف اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ناحیه‌ای

نتایج حاصل از نمونه‌برداری ناحیه‌ای می‌تواند در تجزیه و تحلیل ایالات ژئوشیمیایی و شناخت الگوهای ژئوشیمیایی ناحیه‌ای و همچنین نواحی که در آن‌ها احتمال کشف توده‌های کانساری بیشتری است، مفید واقع شود. در مورد اخیر که هدف کشف آنومالی‌ها[1] در هاله‌های ثانویه‌ی سطحی است، لازم است که از تکنیک‌های آماری استفاده شود. استفاده از این تکنیک‌ها سبب بیشینه شدن اختلاف بین مقادیر آنومالی و روندهای ناحیه‌ای شده و بدین ترتیب سبب شناسایی دقیق‌تر آنومالی‌ها می‌شود [آریافر، ۱۳۸۳؛ Moon et al., 2006].

۱-۳- موقعیت جغرافیایی و مشخصات عمومی منطقه

محدوده‌ی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران در شرق ایران و در استان خراسان جنوبی به فاصله‌ی تقریبی ۱۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان بیرجند و در محدوده‌ی جغرافیایی ۵۹ درجه تا ۵۹ درجه و ۳۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۲ درجه‌ی عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱-۱). این برگه قطعه‌ی مرکزی برگه‌ی زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ده سلم را تشکیل می‌دهد. برگه‌های مجاور آن عبارتند از چهار فرسخ، مختاران، کودکان و ده سلم که به ترتیب در شرق، شمال، غرب و جنوب این برگه واقع شده‌اند.

1. Anomalies



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران.

دسترسی به نواحی شمال غرب و جنوب غرب برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ بصیران از راه شوسه‌ی بیرجند- خوسف- بصیران و بیرجند- قلعه زری امکان‌پذیر است. همچنین جهت دسترسی به ناحیه‌ی شمال شرق این برگه می‌توان از جاده‌ی بیرجند- سربیشه- میقان و جاده‌ی نهبندان- چاه داشی- میقان استفاده نمود. راه‌های دیگری نیز در منطقه هستند که روستاهای بصیران، هیرد، رومه، ده نو، حاجی‌آباد، میقان، کاربا، دم‌روباه، رخنه، رزق، ده‌مرغ و نیز معدن قلعه‌زری و همچنین دیگر روستاهای این منطقه را به هم وصل می‌کند.

منطقه‌ی بصیران به لحاظ قرارگیری در بخشی از کویر لوت آب و هوای خشک و کویری دارد. در برگه‌ی بصیران مسیل‌هایی با پهنای زیاد که نشانگر سیلاب‌های شدید در فصول بارندگی هستند وجود دارد که همگی فاقد آب بوده و به طرف جنوب جریان دارند.

بخش مرکزی و شرقی برگه‌ی بصیران دارای ریخت تپه ماهوری بوده و بیشتر با رسوبات و سنگ‌های آتشفشانی مزوزوئیک و ترشیاری پوشیده شده است. بلندترین نقطه‌ی این برگه به ارتفاع ۲۷۳۷ متر، در جنوب شرقی برگه و در شاه کوه قرار دارد و پست‌ترین نقطه نیز در جنوب غربی برگه به ارتفاع ۱۲۰۰ متر می‌باشد.

از لحاظ اقلیمی این ناحیه به دلیل قرارگیری در ناحیه‌ی گرم و خشک کویری از نظر پوشش گیاهی فقیر است و فقط بوته‌های نواحی بیابانی مانند ساور، گون، اشکان، گز، قیچ، طاغ و در ارتفاعات درختان بنه گیاهان این منطقه را تشکیل می‌دهند. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۵۱ درجه‌ی سانتیگراد و حداقل درجه حرارت ۱۰- درجه‌ی سانتیگراد گزارش شده است. میزان بارندگی بسیارکم و متوسط باران سالانه ۵۰-۴۰ میلی متر است. مقدار کم نزولات جوی و تبخیر شدید این منطقه مانع از وجود رودخانه‌های دائمی در این