



دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک  
گروه مهندسی معدن - گرایش اکتشاف

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی و مطالعه‌ی روش پردازش تصویر (Image Processing)

در اکتشاف کانسارهای کرومیت

(مطالعه موردی کانسار کرومیت فاریاب)

برات قوی‌اندام اماموردیخان

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی

دکتر علی اکبر پویان

تیرماه 1389

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده‌ی مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک  
گروه مهندسی معدن - گرایش اکتشاف

**بررسی و مطالعه‌ی روش پردازش تصویر (Image Processing)  
در اکتشاف کانسارهای کرومیت (مطالعه موردی کانسار  
کرومیت فاریاب)**

دانشجو: برات قوی اندام اماموردیخان

اساتید راهنما:

دکتر منصور ضیایی

دکتر علی اکبر پویان

پایان نامه‌ی ارشد جهت اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

تیرماه 1389

تقدیم به:

آنان که در راه پرفراز و نشیب کسب علم و دانش مرا  
یاری نمودند.

## تقدیر و تشکر

اینجانب از جناب آقای دکتر منصور ضیایی و جناب آقای دکتر علی اکبر پویان معاونت محترم پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود (اساتید راهنمای بنده) به خاطر مساعدت و راهنمایی‌های ایشان کمال تشکر و قدردانی را دارم و از خداوند متعال آرزوی توفیق و بهروزی می‌کنم.

از جناب آقای دکتر محمود صادقیان به خاطر همکاری و مساعدت ایشان بخصوص در مراحل نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از آقای مهندس یوسف‌زاده به خاطر مساعدت و همکاری و قبول برنامه‌نویسی و دوستم آقای مهندس قریب‌بلوک به خاطر کمک و همکاری‌های بی‌شائبه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در نهایت از تمام دوستان و همکارانی که در راستای این پایان نامه مرا یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

برات قوی اندام

## تعهد نامه

اینجانب برات قوی اندام اماموردیخان دانشجوی دوره روزانه کارشناسی ارشد رشته مهندسی اکتشاف معدن دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "بررسی و مطالعه ی کاربرد روش آنالیز تصویر در اکتشاف کانسار های کرومیت (مطالعه ی موردی کانسار کرومیت فاریاب)" تحت راهنمایی دکتر منصور ضیایی و دکتر علی اکبر پویان متعهد میشوم:

- 1- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و امانت برخوردار است.
- 2- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- 3- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- 4- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود میباشد و مقالات مستخرج با نام دانشگاه صنعتی شاهرود یا **Shahrood university of technology** به چاپ خواهد رسید .
- 5- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آمدن نتایج اصل پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- 6- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط یا اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

## چکیده

اکتشاف کرومیت یکی از مهم‌ترین مسائل در زمینه‌ی اکتشاف مواد معدنی تاکنون بوده است. بسیاری از روش‌های معمول در اکتشاف مواد معدنی از جمله روش‌های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی به دلیل وجود محدودیت‌های ساختاری و نداشتن زونالیت‌های عناصر ژئوشیمیایی در کانسارهای کرومیت نتایج رضایت‌بخشی نداشته‌اند. برای اولین بار در این تحقیق روش آنالیز تصویر برای اکتشاف رگه‌های کرومیت در کانسار کرومیت فاریاب واقع در 120 کیلومتری جنوب شرق بندرعباس مورد استفاده قرار گرفت. اساس این روش بر پایه‌ی مطالعه‌ی جهت‌یافتگی کانیهای کرومیت در تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی است. نمونه‌برداری از معادن در مقیاس محلی و ناحیه‌ای با مختصات و جهت امتداد و شیب معین توسط دستگاه مغزه‌گیر قابل حمل بصورت سیستماتیک اجرا شد. سپس مغزه‌های جهت-دار را برای برش و تهیه‌ی مقاطع صیقلی مورد استفاده قرار گرفته و از آنها مقطع صیقلی با حفظ جهت و شیب جغرافیایی تهیه گردیده است. در مرحله‌ی بعد با توجه به جهت جغرافیایی نمونه‌های مورد نظر از مقاطع مورد نظر تصاویر میکروسکوپی با بزرگ‌نمایی مناسب تهیه گردیده است.

یک نرم‌افزار بر حسب الگوریتم قطعه‌بندی تصاویر طراحی و پیاده‌سازی شد. پردازش تصاویر بر حسب این الگوریتم صورت گرفت. در نرم‌افزار طراحی‌شده ابتدا تصویر را به یک تصویر خاکستری تبدیل و سپس با استفاده از توابع و فیلترهای مخصوص تصویر به یک تصویر باینری دیگر تبدیل می‌گردد و با جدانمودن دانه‌های کرومیت از زمینه، دانه‌های کرومیت مجزا از زمینه مورد آنالیز قرار می‌گیرند. خروجی نرم‌افزار جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت را در مقیاس میکروسکوپی از مقاطع صیقلی ارائه

می‌نماید و کل نتایج در مقیاس محلی و ناحیه‌ای بصورت یک لایه‌ی رقومی در محیط GIS قابل ارائه می‌باشد.

نتایج به دست‌آمده را با نتایج سایر روش‌ها از جمله زمین‌شناسی ساختاری، کانی‌شناسی، روش‌های فابریک مغناطیسی (AMS) و آنالیز فرای مقایسه نموده که نتیجه‌ی حاصل حاکی از انطباق این روش‌های مطالعاتی می‌باشد. روش آنالیز تصویر در مقیاس میکروسکوپی نسبت به دیگر روش‌های اکتشافی با حداقل زمان و حداکثر دقت عمل نموده و با ایجاد بانک اطلاعاتی گسترده قابل پیاده‌سازی و طراحی در پروژه‌های اکتشافی کانی‌ها می‌باشد. لازم به تذکر است که این روش به‌عنوان یک روش تکمیلی با سایر لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی ساختاری، کانی‌شناسی، ژئوفیزیک و ژئوشیمی اکتشافی قابل تلفیق است و نتایج مفیدی از شکل و گسترش کانسارهای عمیق و پنهان به ما می‌دهد.

کلمات کلیدی: آنالیز تصویر میکروسکوپی، فاریاب، جهت یافتگی کانیها



## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

1- *An Image processing algorithmic method for exploration of mineral deposits,*  
International Conference of ELECTRONIC GEOPHYSICAL YEAR, June-2009,  
Pereslavl-Zalessky, Russia.

2- شناسایی روند ادامه‌یافتگی عدسی‌های کرومیتی فاریاب با استفاده از آنالیز Fry، دوازدهمین  
همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اسفند ماه 1387، اهواز.

## فهرست پایان نامه

صفحه	عنوان
ا.....	بسم ا.....
ب.....	عنوان.....
ج.....	تصویب نامه.....
د.....	تقدیم.....
ه.....	تشکر و قدردانی.....
و.....	تعهد نامه.....
ز.....	چکیده.....
ط.....	لیست مقالات مستخرج از پایان نامه.....
ی.....	فهرست پایان نامه.....
ک.....	فهرست مطالب.....
ن.....	فهرست شکلها.....
ق.....	فهرست جداول.....

## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

- 1-1-1- مقدمه..... 2
- 1-2-1- مروری بر کارهای انجام شده‌ی قبلی..... 3
- 1-3-1- تعریف موضوع تحقیق..... 4
- 1-4-1- اهداف تحقیق..... 5
- 1-5-1- سابقه و ضرورت انجام تحقیق..... 5
- 1-6-1- سازمان‌دهی پژوهش..... 7

### فصل دوم: مختصری درباره‌ی کرومیت و معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

- 1-2-1- مقدمه..... 9
- 1-1-2- خصوصیات فیزیکی کروم..... 9
- 2-1-2- کانی‌شناسی..... 10
- 3-1-2- بافت و ساخت کرومیت..... 11
- 4-1-2- زمین‌شناسی و انواع کانسارهای کرومیت..... 12
- 2-2- روش‌های اکتشاف کرومیت..... 13
- 3-2- کاربرد کرومیت..... 14
- 4-2- کرومیت در ایران..... 14
- 1-4-2- تاریخچه‌ی تولید کرومیت در ایران..... 14
- 2-4-2- ذخایر کرومیت ایران..... 15
- 3-4-2- پراکندگی کانسارهای کرومیت در ایران..... 15
- 4-4-2- فازهای کانی‌سازی کرومیت در ایران..... 18
- 1-4-4-2- فاز کانی‌سازی پرتروزوئیک پسین - کامبرین پیشین..... 18
- 2-4-4-2- فاز کانی‌سازی پالتوزوئیک..... 18
- 3-4-4-2- فاز کانی‌سازی کرتاسه پسین - پالتوژن (لارامید)..... 19
- 5-4-2- مناطق مهم کرومیتی در ایران..... 19
- 6-4-2- مهم‌ترین کانسارها و نشانه‌های معدنی کرومیت ایران..... 20
- 5-2- کانسار کرومیت فاریاب..... 20
- 1-5-2- تاریخچه‌ی شرکت معادن فاریاب..... 20
- 2-5-2- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی..... 21
- 3-5-2- زمین‌شناسی عمومی و اقتصادی کانسار..... 24
- 4-5-2- سن تشکیل مجموعه سنگ‌های منطقه..... 26

- 29.....وضعیت تکتونیک منطقه.....5-5-2
- 33.....وجود عناصر گروه پلاتین در کانسار کرومیت فاریاب.....6-5-2

### فصل سوم: معرفی روش پردازش تصویر

- 35.....1-3-1- مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال.....
- 37.....1-1-3- پردازش تصویر چیست؟.....
- 37.....2-3-2- فضاهای رنگی مورد استفاده در پردازش تصویر.....
- 37.....1-2-3- فضای رنگ چیست؟.....
- 38.....2-2-3- انواع فضاهای رنگی.....
- 38.....1-2-2-3- فضای رنگ CIE XYZ.....
- 38.....2-2-2-3- فضای رنگی RGB.....
- 39.....3-2-2-3- فضای رنگ Lab.....
- 40.....4-2-2-3- فضای رنگی HSL.....
- 43.....5-2-2-3- فضای رنگی HSV.....
- 44.....3-3- تعریف‌های اساسی در پردازش تصویر.....
- 48.....4-3- اصطلاحات علمی در پردازش تصویر.....
- 49.....5-3- مراحل پردازش تصویر.....
- 49.....1-5-3- دریافت تصویر ورودی.....
- 50.....2-5-3- پیش‌پردازش تصویر و بهبود کیفیت تصویر.....
- 50.....1-2-5-3- پیش‌پردازش تصویر.....
- 50.....2-2-5-3- بهبود کیفیت تصویر.....
- 51.....3-5-3- پردازش و تحلیل.....
- 51.....4-5-3- آنالیز و تعبیر تصویر.....
- 52.....6-3- کاربرد پردازش تصویر.....
- 52.....1-6-3- برخی از کاربردهای موردی پردازش تصویر در زمینه‌ی مهندسی معدن.....
- 54.....2-6-3- کاربرد پردازش تصویر در علوم زمین و اکتشاف ذخایر مواد معدنی.....
- 54.....3-6-3- موارد استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای.....

### فصل چهارم: روش کار

- 57.....1-4- مقدمه.....
- 62.....2-4- شرح مراحل کار.....
- 71.....3-4- تصویر برداری از مقاطع صیقلی.....

- 73-4-4- تبدیل تصویر رنگی به تصویر خاکستری.....
- 74-5-4- فیلتر کردن تصویر .....
- 75-6-4- استخراج کانی مطلوب.....
- 77-7-4- استخراج ویژگی ها .....
- 78-8-4- موزاییک کردن تصاویر .....
- 80-9-4- قطعه بندی تصویر .....
- 81-11-4- فرسایش و اتساع.....
- 84-12-4- استخراج ناحیه‌ی مورد علاقه و پست‌پردازش.....
- 84-13-4- تعیین کردن تراکم‌های جامع.....
- 85-14-4- نرم‌افزار طراحی شده.....

### فصل پنجم: تفسیر نتایج پردازش تصویر

- 90-1-5- مقدمه.....

### فصل ششم: تحلیل سیستم درزه در کانسار کرومیت فاریاب

- 110-1-6- مقدمه.....
- 112-2-6- شرح کار.....
- 116-3-6- نتایج اندازه‌گیری فابریک مغناطیسی و آنالیز فرای در کانسار فاریاب.....
- 117-1-3-6- روش فابریک مغناطیسی.....
- 118-2-3-6- نتایج استفاده از روش آنالیز فرای در معدن عزت.....
- 123- مقایسه و نتیجه‌گیری.....

### فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- 127-1-7- نتیجه‌گیری و پیشنهادات.....

### منابع

- 133- منابع فارسی:.....
- ۱۳۵- منابع لاتین.....

## فهرست شکل ها

- شکل 1-2- پراکندگی کمپلکس های افیولیتی در ایران.....16
- شکل 2-2- نقشه محیطهای مناسب تشکیل کرومیت در ایران.....17
- شکل 3-2- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی فاریاب و راههای ارتباطی با سایر مناطق .....22
- شکل 4-2- مناطق افیولیتی همراه با سنگ های اولترابازیک در محدوده ی کانسار کرومیت فاریاب.....23
- شکل 5-2- نقشه زمین شناسی 1:100000 میناب.....27
- ادامه شکل 5-2- راهنمای نقشه زمین شناسی 1:100000 میناب.....28
- شکل 6-2- مقطع شماتیک از کانسار کرومیت و عمده سنگهای در برگیرنده آن و گسلهای فرعی در منطقه فاریاب.....30
- شکل 7-2- تصویر لایه بندی دونیت و پیروکسنیت در منطقه.....30
- شکل 8-2- روند کرومیت در معدن عزت.....31
- شکل 9-2- نقشه ی موقعیت معادن فعال کنونی در داخل کانسار کرومیت فاریاب.....32
- شکل 1-3- دیاگرام رنگ در فضای رنگی CIE XYZ.....38
- شکل 2-3- دیاگرام رنگ در فضای رنگی RGB.....39
- شکل 3-3- دیاگرام رنگ در فضای رنگ Lab.....40
- شکل 4-3- دیاگرام رنگ در فضای رنگ HSL.....41
- شکل 5-3- تغییرات 6 رنگ وابسته به تغییر درخشندگی (Luminance) در فضای رنگ HSL.....43
- شکل 6-3- یک نمونه ی ساده از تصویر دیجیتالی.....44
- شکل 7-3- یک ماتریس دو بعدی از اعداد.....45
- شکل 8-3- مقادیر شدت دیجیتالی.....46
- شکل 9-3- مانیتورینگ کف فلوتاسیون بطور اتوماتیک جهت پردازش تصویر.....53
- شکل 10-3- تصویر ماهواره ای از مصب یک رودخانه را قبل و بعد از پردازش.....55
- شکل 1-4- یک سیستم پردازش تصویر را همراه با برخی از پارامترهای قابل استخراج توسط این تکنیک.....59
- شکل 2-4- تاثیر پذیری انبانه های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی.....61
- شکل 3-4- تاثیر پذیری رگچه های نازک کرومیت از نیروهای تکتونیکی در مقیاس کوچک (کرافچنکو، 1996).....61
- شکل 4-4- عکس ماهواره ای محدوده ی کانسار کرومیت فاریاب .....62
- شکل 5-4- نقشه ی زمین شناسی محدوده ی کانسار کرومیت فاریاب و موقعیت نقاط نمونه برداری در معادن رضا و عزت.....63

- شکل 4-6 محدوده‌ی کانسار کرومیت فاریاب و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در معادن مختلف در داخل کانسار ..... 66
- شکل 4-7 دستگاه مغزه گیر دستی و قابل حمل جهت مغزه گیری..... 68
- شکل 4-8 مراحل ابتدائی نمونه‌برداری برای تهیه مغزه..... 68
- شکل 4-9 ابزار طراحی شده برای ثبت شیب و جهت جغرافیایی مغزه در محل نمونه گیری..... 69
- شکل 4-10 ثبت شیب و جهت جغرافیایی قرار گیری مغزه در محل نمونه برداری..... 69
- شکل 4-11 مغزه ی تهیه شده از کرومیت..... 70
- شکل 4-12 دستگاه برش مغزه واقع در آزمایشگاه تهیه‌ی مقطع..... 70
- شکل 4-13 نام‌گذاری مغزه ها بلافاصله بعد از برش آنها..... 71
- شکل 4-14 مقطع صیقلی تهیه شده از کرومیت..... 71
- شکل 4-15 آزمایشگاه میکروسکوپی پارک علم و فناوری شاهرود..... 72
- شکل 4-16 تصویر رنگی (خام) کانی‌های کرومیت در عکس میکروسکوپی..... 73
- شکل 4-17 تصویر خاکستری که از اعمال تابع `rgb2gray` بر روی تصویر اولیه بدست آمده است..... 75
- شکل 4-18 تصویر باینری حاصل از شکل 4-17..... 77
- شکل 4-19 تصویر نمونه با مرزها و لبه‌های تصویر که با اعمال تابع `bwperim` بدست آمده است..... 78
- شکل 4-20 تصویر موزائیک شده که از کنار هم قرار دادن 49 تصویر از یک مقطع بدست آمده است..... 79
- شکل 4-21 الگوریتم قطعه‌بندی اتوماتیک..... 80
- شکل 4-22 محیط نرم افزار طراحی شده برای قطعه بندی تصاویر..... 86
- شکل 4-23 خروجی نرم افزار..... 87
- شکل 5-1- نقشه‌ی موقعیت نقاط نمونه‌برداری در داخل معدن عزت..... 92
- شکل 5-2- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن عزت- قسمت اول..... 93
- شکل 5-3- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن عزت- قسمت دوم..... 94
- شکل 5-4- نقشه‌ی جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر عزت..... 95

- شکل 5-5- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن فطر.....96
- شکل 5-6- نمایش جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر.....97
- شکل 5-7- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن فطر.....98
- شکل 5-8- موقعیت نقاط در داخل معدن شاهین.....98
- شکل 5-9- نمایش جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شاهین.....99
- شکل 5-10- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن شاهین.....100
- شکل 5-11- نقشه‌ی موقعیت نقاط مغزه‌گیری در داخل معدن نازآفرین.....100
- شکل 5-12- نمایش جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن نازآفرین.....101
- شکل 5-13- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن نازآفرین.....102
- شکل 5-14- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 4.....103
- شکل 5-15- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 8.....103
- شکل 5-16- نمایش جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن رضا.....104
- شکل 5-17- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن رضا 4.....105
- شکل 5-18- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن رضا 8.....105
- شکل 5-19- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن شهریار.....106
- شکل 5-20- نمایش جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شهریار.....107
- شکل 5-21- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن شهریار.....108
- شکل 6-1- نقشه‌ی بررسی سیستم درزه در کانسار کرومیت فاریاب.....114



- شکل 6-2 نقشه‌ی بررسی سیستم درزه در معدن عزت واقع در کانسار کرومیت فاریاب.....115
- شکل 6-3 اشکال مختلف قرارگیری رگه‌ها و عدسی‌های کرومیت در کانسارهای کرومیت.....116
- شکل 6-4 نمایش روند غالب لینیاسیون ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی کانسار کرومیت فاریاب.....117
- شکل 6-5 نمایش روند غالب فولیاسیون ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی کانسار کرومیت فاریاب.....118
- شکل 6-6 آنالیز فرای بر روی نمونه‌ی میکروسکوپی.....120
- شکل 6-7 آنالیز فرای بر روی نمونه‌ی ماکروسکوپی .....121
- شکل 6-8 الف- دیاگرام گل‌سرخ‌ی مربوط به شکستگی‌ها.....122
- شکل 6-9 روند جهت‌یافتگی کرومیت در نمونه‌های آنالیز شده در معدن عزت.....124
- شکل 6-10 نقشه‌ی لیناسیون (خطوارگی مغناطیسی) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری معدن عزت...125
- شکل 7-1 نقشه‌ی جهت‌یافتگی در نمونه‌های مطالعه شده در معدن عزت.....129
- شکل 7-2 نقشه‌ی توپوگرافی معدن عزت همراه با جهت‌یافتگی کلی کانی‌های کرومیت و سنگ میزبان دونیت در مقیاس میکروسکوپی و نقاط حفاری شده‌ی بی‌نتیجه‌ی قبلی.....130
- شکل 7-3 موقعیت نقاط پیشنهادی برای حفاری در معدن عزت.....131

## فهرست جداول

- جدول 2-1. خواص فیزیکی فلز کروم ..... 10
- جدول 2-2 مشخصات فیزیکی مربوط به دو نوع کرومیت..... 11
- جدول 2-3 مقایسه خصوصیات کانسارهای کرومیت تیپ لایه‌ای و انبانی ..... 12
- جدول 2-4 بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل دما در دو منطقه میناب و کهنوج..... 24
- جدول 3-1 تغییرات 6 رنگ پایه در فضای رنگی HSL..... 42
- جدول 3-2 اصطلاحات علمی رایج در پردازش تصویر..... 48
- جدول 4-1 مشخصات نمونه‌های استفاده شده در این تحقیق..... 67
- جدول 5-1 مشخصات نمونه‌های مطالعه شده در معادن مختلف..... 91
- جدول 6-1 نمونه‌ای از دسته داده‌های سیستم درزه در معدن عزت از کانسار کرومیت فاریاب..... 113
- جدول 6-2 نمونه‌ای از دسته داده‌های سیستم درزه در معدن رضا از کانسار کرومیت فاریاب..... 113

# فصل اول

---

## کلیات

---

## 1-1- مقدمه

همان‌طور که می‌دانیم کشور ما یکی از غنی‌ترین کشورها از لحاظ مواد معدنی است. بیشتر مواد معدنی چه معادن فلزی و چه معادن غیر فلزی در کشور ما وجود دارد. این در حالی است که ما هنوز بیش از 5 درصد از ظرفیت معدنی کشورمان استفاده نکرده‌ایم و آن‌طور که باید به این بخش مولد در اقتصاد کشور توجه نشده است. این امر دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد که شاید مهم‌ترین دلیل وجود منابع سرشار و غنی نفت و گاز در کشور ما باشد که از دیرباز بر روی سایر بخش‌های اقتصادی همانند کشاورزی و معدن سایه انداخته است و مانع سرمایه‌گذاری لازم در این بخش شده است. البته قیمت‌های پائین مواد معدنی از جمله کرومیت هم یکی از دلایل عدم توجه کافی سرمایه‌گذاران و دولت به این بخش بوده است. به همین دلیل تا چند سال پیش دید به معدن اکثراً یک دید محتاطانه بود و کمتر کسی رغبت به کار در این زمینه داشت. اخیراً با بالا رفتن قیمت‌های جهانی و تقاضای زیاد رویکرد به این بخش اقتصادی تغییر پیدا کرده است و باعث توجه بیشتر شده است.

معدن کرومیت فاریاب یک نمونه بارزی است از آنچه که در بالا بدان اشاره شد. این معدن که به نوعی بزرگ‌ترین معدن کرومیت ایران محسوب می‌شود به دلایل عدم تقاضا و به طبع آن قیمت پائین کرومیت در بازارهای جهانی، علی‌رغم دارا بودن زیرساخت‌ها و تجهیزآلات کافی سال‌های سال در رکود به سر می‌برد. ولی اخیراً این معدن روند رو به رشدی را طی می‌کند.

این معدن به عنوان قطب معدنی جنوب کشور مطرح می‌باشد و مسئولین مربوطه پی‌گیر خریداری انواع ماشین‌آلات معدنی سنگین و نیمه‌سنگین، راه‌اندازی کارخانه‌ی فرآوری کرومیت، راه‌اندازی واحد فرومنیزیت و واحد فروکرومیت و سرمایه‌گذاری‌های اکتشافی در این زمینه می‌باشد. همچنین این معدن با دارا بودن بیش از هزار نفر نیروی کاری فعال سهم به‌سزایی در اشتغال در بخش معدنی را ایفا می‌کند.

## 1-2- مروری بر کارهای انجام شده قبلی

تا کنون مطالعات گسترده‌ای در منطقه فاریاب انجام شده است که اختصاراً به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

کیمیا قلم (1364 تا 1367) در سه دوره‌ی مختلف، عملیات ژئوفیزیکی (گرانی‌سنجی، مغناطیس‌سنجی و مقاومت ویژه) را به منظور اکتشاف کرومیت در منطقه فاریاب اجرا کرده است. در گزارش‌های حاصل از انجام عملیات، دو محدوده دارای آنومالی در منطقه مشخص گردید و جمعاً 5 نقطه برای حفاری پیش‌نهاد شده است.

رجب‌زاده (1378) در پژوهشی به مطالعه کانه‌زایی عناصر گروه پلاتین در کانسارهای کرومیت مناطق

افیولیتی مناطق نیریز (آباده طشک) و فاریاب (آسمینون) در جنوب ایران پرداخته است. پازند و علی نیا (1386) کاربرد روش نسبت‌های فلزی در اکتشاف عناصر گروه پلاتین در منطقه فاریاب را بررسی نموده‌اند (پازند و علی نیا 1386). هم‌چنین پازند و علی نیا در سال 1386 به بررسی کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین در پیروکسنیت‌های منطقه معدنی فاریاب پرداخته‌اند (پازند و علی نیا 1386).

در یک پژوهش دیگر در سال 1387 پازند، علی‌نیا و قنبری روند کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین (PGE) در دو منطقه سیخوران و فاریاب را مقایسه کرده‌اند (پازند، قنبری و علی نیا 1387).

پازند (1385) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به مقایسه روند کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین (PGE) بیشتر در دو منطقه سیخوران و فاریاب پرداخته است.

### 1-3- تعریف موضوع تحقیق

روش آنالیز تصویر در بسیاری از جنبه‌های علوم از جمله علوم زمین‌شناسی و معدن، چه در مقیاس ماکروسکوپی و چه در مقیاس میکروسکوپی کاربرد داشته است. اما این روش در مقیاس میکروسکوپی در رابطه با کرومیت بسیار به ندرت انجام شده است و موردی از مطالعه در این زمینه نیافته‌ایم. تخمین و محاسبه‌ی پارامترهای هندسی ذرات کانی‌ها و عناصر طبیعی با اندازه‌ی بسیار ریز و عیار کم معادن فلزی، توسط روش اکسپرس آنالیز تصاویر اپتیکی-ژئومتری با استفاده از کامپیوتر بر حسب خواص درخشندگی و مورفومتری در یک بانک اطلاعات پیشرفته برای عناصر مفید و مضر تهیه می‌شود. تهیه‌ی این بانک اطلاعاتی به روش‌های دستی (اپتیکی) غیرممکن و با روش میکروپروب طولانی و بسیار پرهزینه است. در این تحقیق سعی می‌کنیم کاربرد روش آنالیز تصویر را در زمینه‌ی اکتشاف کانسارهای کرومیتی بررسی کنیم و در صورت پاسخ‌گویی، مدل مناسبی ارائه نمائیم.

فرضیاتی که در این تحقیق در رابطه با کرومیت داشتیم عبارتند از:

- 1- کانسارهای کرومیت معمولاً با سنگهای دونیت و هارزبورژیت همراهند.
- 2- کانسارهای کرومیت به صورت لایه‌ای و عدسی‌شکل و ... تشکیل می‌شوند.
- 3- کرومیت به صورت ثقلی نهشته می‌شود.
- 4- کرومیت معمولاً حاوی عناصر کمیاب با ارزش از جمله PGE، Co، Ni، V است.
- 5- هاله‌های ژئوشیمیایی کرومیت‌ها، معمولاً با ژنز ماگمایی همزمان با ماده‌ی معدنی تشکیل می‌شوند.
- 6- خصوصیات ساختاری کانی‌های کروم-اسپینل در زون کانی‌سازی ماده‌ی معدنی و هاله‌های ژئوشیمیایی اطراف ماده‌ی معدنی در درون سنگ دربرگیرنده دونیت یکسان هستند.

### 1-4- اهداف تحقیق

با توجه به این‌که تکنولوژی آنالیز تصاویر طیف وسیعی از مواد معدنی سولفید تا زغال، آهن تا عناصر کمیاب و الماس، بوکسیت تا رسها را در برمی‌گیرد، تدوین یک استراتژی قوی از اکتشاف تا عملیات فرآوری با هدف حداکثر سود و بهره برداری در مقابل حداقل هزینه‌ها و آلودگی زیست‌محیطی در

بهبودسازی سایر معادن فلزی مطرح خواهد کرد و انتقال این دانش فنی و بومی‌سازی آن در ایران نقش مهمی در تصمیم‌گیری‌ها دارد.

برای اکتشاف ذخایر کرومیت در افیولیت ملانژها<sup>1</sup> در کشور ما روشی جامع، کاربردی و مدرن وجود ندارد. در بسیاری از مواقع روش‌های ژئوفیزیکی به تنهایی مفید واقع نشده است. لذا از مهم‌ترین اهداف این تحقیق، یافتن روشی مدرن جهت اکتشاف کانسارهای کرومیتی با صرف حداقل هزینه‌ی ممکن، حداکثر دقت و در کمترین زمان می‌باشد.

### 1-5- سابقه و ضرورت انجام تحقیق

مهم‌ترین معادن کرومیت ایران در جنوب (میناب و اسفندقه) می‌باشند. در ناحیه‌ی معدنی فاریاب با مساحتی در حدود 80 کیلومتر مربع کرومیت‌ها گسترش یافته‌اند. بیش از 30 رگه‌ی کرومیتی استخراج شده که مهم‌ترین آنها رگه‌ی واقع در معدن شهریار از کانسار کرومیت فاریاب می‌باشد. در حال حاضر مهم‌ترین معادن در حال استخراج، معادن فطر (1و2و3) هستند. عدم وجود یک مدل جامع برای اکتشاف ذخایر کرومیت فاریاب، کافی نبودن روش‌های اکتشاف ژئوفیزیکی، عدم تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل مطلوب ناحیه‌ی میناب برای ذخایر کرومیت، قطعی نبودن وضعیت اکتشافی بسیاری از معادن کرومیت استخراج شده و یا در حال استخراج، وجود رگه‌های کم‌عیار در بین رگه‌های پرعیار، پنهان شدن بسیاری از رگه‌های کرومیتی فاریاب در اثر باطله‌برداری غیراصولی و بدون مکان‌سنجی اولیه، عدم بررسی پتانسیل کانی‌های حاوی عناصر گروه پلاتین و بسیاری از مسائل جانبی دیگر از جمله نبود برنامه‌ریزی در بهره‌برداری آینده‌ی فاریاب، نیاز مبرم این ناحیه را برای اکتشاف جامع را آشکار می‌کند.

---

<sup>1</sup> Ophiolite melange

طرح پیشنهادی حاضر با هدف جداسازی آنومالی‌های کاذب از اقتصادی، تعیین نقاط بهینه‌ی حفاری برای آنومالی‌های پنهان اقتصادی و تعیین آنومالی‌های حاوی عناصر گروه پلاتین (PGE) با بهره‌گیری از روش پردازش تصاویر کانی‌ها در مقیاس میکروسکوپی و ماکروسکوپی انجام خواهد شد.

برای اکتشاف ذخایر کرومیت درون افیولیت ملانژها در کشور ما روشی جامع، کاربردی و مدرن وجود ندارد. در بسیاری از مواقع روش‌های ژئوفیزیکی به تنهایی مفید واقع نشده است، لذا از مهم‌ترین اهداف این تحقیق، یافتن روشی جدید جهت اکتشاف کانسارهای کرومیتی با صرف حداقل هزینه ممکن؛ حداکثر دقت و در کمترین زمان می‌باشد. در این راستا سوال‌هایی پیش می‌آید که جواب‌دادن به این سؤالات چارچوب کلی تحقیق ما را معین می‌سازد:

مهم‌ترین سؤالات مورد توجه عبارتند از:

1- آیا روش آنالیز تصویر می‌تواند در شناخت روند گسترش کانسارهای کرومیتی در مقیاس محلی

(دریافت داده‌های میکروسکوپی از مقاطع صیقلی) به ما کمک کند؟

2- آیا روش آنالیز تصویر می‌تواند در شناخت روند گسترش کانسارهای کرومیتی در مقیاس ناحیه‌ای

(دریافت داده‌های ماکروسکوپی از تصاویر ماهواره‌ای) به ما کمک کند؟



## 1-6- سازمان دهی پژوهش

پایان نامه حاضر مشتمل بر 7 فصل می باشد که فصل جاری به مقدمه، مروری بر کارهای انجام شده قبلی، ضرورت و روش انجام تحقیق اختصاص داده شده است.

در فصل دوم موقعیت جغرافیایی و وضعیت زمین شناسی منطقه فاریاب با ذکر مقدمه ای درباره ی کرومیت مورد مطالعه قرار گرفته است. در فصل سوم به معرفی روش پردازش تصویر می پردازیم. روش کار از نمونه برداری گرفته تا تصویربرداری و آنالیز تصاویر در فصل چهارم شرح داده است. در فصل پنجم نتایج حاصل از آنالیز تصویر را بعد از پردازش با نرم افزارهای مربوطه، در هر معدن بطور جزء به جزء تعبیر و تفسیر نموده و در پایان بصورت یک جا در کنار هم قرار گرفته است.

در فصل ششم تحلیل سیستم درزه و شکستگی مورد بررسی قرار گرفته و همچنین اشاره ای هم به نتایج کاربرد روش فابریک مغناطیسی و آنالیز فرای در کانسار کرومیت فاریاب شده است.

در نهایت در فصل هفتم که فصل آخر این پایان نامه می باشد، نتایج و پیشنهادات لازم ارائه گردیده است.

## فصل دوم

---

**مختصری درباره‌ی کرومیت  
و معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه**

---

## 2-1-1- مقدمه

تاکنون بیش از 25 کانی حاوی کروم در طبیعت شناسایی شده است که از این میان فقط کرومیت کانی اقتصادی فلز کروم است. کرومیت به طور کلی وابسته به سنگ‌های اولترامافیک (هارزبورژیت، پریدوتیت، دونیت و پیروکسنیت‌ها) است. کاربردهای اساسی کرومیت در صنایع متالورژی (بیش از 91/2 درصد)، صنایع شیمیایی (5/2 درصد)، ماسه‌ریخته‌گری (2/8 درصد) و دیرگدازها (حدود 0/8 درصد) است.

## 2-1-1-1- خصوصیات فیزیکی کروم

کروم<sup>1</sup> نخستین بار توسط ال.ان.واکیولن<sup>2</sup> شیمیدان فرانسوی، از کانی Crocoite ( $PbCrO_4$ ) که در سال 1797 از اورال آورده شده بود؛ به صورت اکسید کروم ( $CrO_3$ ) استحصال شد. وی در سال بعد، از طریق احیا با زغال چوب، عنصر کروم را از اکسید مربوطه آزاد کرد. کروم ریشه یونانی داشته و از واژه‌ی کروما<sup>3</sup> به معنی رنگ گرفته شده است، زیرا ترکیبات مختلف این فلز رنگ‌های متنوعی دارند. کروم دارای رنگ آبی روشن با جلای فلزی مشابه پلاتین است. این عنصر دارای عدد اتمی 24 است که در جدول تناوبی در گروه عناصر واسطه قرار دارد. جدول 1-2 ویژگی‌های فیزیکی این عنصر را نشان می‌دهد.

---

<sup>1</sup> Chromium

<sup>2</sup> L.N.Vaquelin

<sup>3</sup> Chroma

جدول 1-2. خواص فیزیکی فلز کروم (فصلنامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388)

پارامتر	عدد اتمی	جرم اتمی (g/mol)	شعاع اتمی (Å)	شعاع یونی (Cr+6) (Å)	جرم حجمی (gr/Cm <sup>3</sup> )	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)
مقدار	24	996.51	27.1	53.0	19.7	1857	2672

## 2-1-2- کانی‌شناسی

تاکنون بیش از 25 کانی حاوی کروم در طبیعت شناسایی شده است که از این میان فقط کرومیت کانی اقتصادی فلز کروم است. این کانی دارای رنگ سیاه است. جلای آن فلزی تا شبه فلزی است و رنگ خاکه آن نیز سیاه تا قهوه‌ای است و به خاطر رنگ، چگالی و همایند کانه‌ای شناخته می‌شود. وزن مخصوص کرومیت 4/5 تا 4/8 گرم بر سانتیمتر مکعب<sup>1</sup> و متوسط وزن مخصوص آن 6/4 گرم بر سانتی متر مکعب و دارای سختی 5/5 تا 6/5 در مقیاس موس بوده و نقطه ذوب آن 1907 درجه سانتیگراد است. کرومیت از کانی‌های گروه اسپینل با فرمول عمومی XY<sub>2</sub>O<sub>4</sub> است ( X یک فلز دو ظرفیتی و Y یک فلز سه ظرفیتی است) که به جای Cr<sup>3+</sup> فلزاتی همچون Al<sup>3+</sup> و Fe<sup>3+</sup> و به مقدار کمی Ti<sup>4+</sup> می‌توانند جانشین شده و گاهی مقداری Mn و Ni به جای Fe<sup>2+</sup> می‌نشینند. به طور کلی فرمول شیمیایی کرومیت FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> است. کرومیت دارای دو عضو انتهایی آهن و منیزیم دار است. چنانچه کاتیون منیزیم در ساختمان کرومیت وجود داشته باشد به آن منیزیکرومیت و چنانچه آهن در ساختمان وجود داشته باشد به آن فروکرومیت گفته می‌شود. خواص فیزیکی دو نوع کرومیت در جدول 2-2 آمده است .

<sup>1</sup> gr/Cm

جدول 2-2 مشخصات فیزیکی مربوط به دو نوع کرومیت (فصلنامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388)

درجه ذوب (° C)	سختی (موس)	وزن مخصوص (gr/Cm3)	نوع کرومیت
1730	5/4	8/3	(MgCr2O4) منیزیو کرومیت
1545	5/5	8/4	(FeCr2O4) فرو کرومیت

### 2-1-3- بافت و ساخت کرومیت

کرومیت به‌طور کلی وابسته به سنگ‌های اولترامافیک (هارزبورژیت، پریدوتیت، دونیت و پیروکسنیت‌ها) است. مقدار  $Cr_2O_3$  در ترکیب کرومیت به ترکیب سنگ مادر وابسته است بدین معنی که هر قدر مقدار اولیوین در سنگ بیشتر باشد، مقدار  $Cr_2O_3$  در ترکیب کرومیت نیز بیشتر خواهد بود. از نظر شکلی کرومیت به‌صورت شکلدار و به‌صورت بی‌شکل در ذخایر کرومیتی دیده می‌شود. قطر دانه‌های آن بین 0/2 تا 10 میلیمتر است. بلورهای ریز و کوچکتر از 2 میلیمتر فراوان‌تر هستند. انواع کرومیت‌ها معمولاً دارای دو ساخت هستند که در بحث زمین‌شناسی و انواع کانسارها به توصیف آنها می‌پردازیم:

#### 1- ساخت لایه‌ای. 2- ساخت انبانی.

از نظر بافتی نیز کرومیت دارای بافت‌های زیر است:

بافت نواری، بافت پوست‌پلنگی، بافت کوکاد، بافت افشان، بافت توده‌ای و متراکم (فصلنامه‌ی سنگ و

معدن، بهار 1388).

## 2-1-4- زمین‌شناسی و انواع کانسارهای کرومیت

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد جایگاه اصلی کرومیت در سنگ‌های اولترامافیک است و در اصل کرومیت از تفریق ماگمای مافیک و اولترامافیک در مخزن‌های بزرگ ماگمایی بوجود می‌آید. مهم‌ترین تقسیم‌بندی کانسارهای کرومیت بر مبنای شرایط تشکیل کرومیت است که بر این اساس دو تیپ برای کانسارهای کرومیت مشخص شده است:

1- کانسارهای تیپ لایه‌ای یا چینه‌سان (Stratiform) یا نوع بوشوالد

2- کانسارهای تیپ انبانی یا آلپینی (Podiform)

ویژگی‌های کانسارهای دو نوع آلپی و بوشوالد (انبانی و لایه‌ای) در جدول 2-3 آمده است.

جدول 2-3 مقایسه خصوصیات کانسارهای کرومیت تیپ لایه‌ای و انبانی (فصل‌نامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388)

تیپ انبانی (آلپی)	تیپ لایه‌ای (استراتیفرم)
در اندازه‌های محدود	گسترش جانبی زیاد و گاه چندین لایه
ذخایر کوچک و محدود	ذخایر بزرگ
میزان ذخیره از چند تن تا 10 میلیون تن	میزان ذخیره بالای یک میلیون تن تا 100 میلیون تن
شکل نامنظم	لایه‌های منظم
بافت پوست‌پلنگی، گاه نامنظم	بافت لایه‌ای زیاد و بافت پوست‌پلنگی
عیار $Cr_2O_3$ تا 55 درصد	عیار $Cr_2O_3$ تا 50 درصد
درصد Al آنها بالا و Ti کم است	فاقد Al و یا درصد پایین و Ti زیاد است
نسبت Cr/Fe بالا (1/5-4/5)	نسبت Cr/Fe کم (0/75-1/75)
میزان پریدوتیت زیاد، گابرو کم	میزان پریدوتیت کم، گابرو زیاد
تغییرات Cr/(Cr+Al) زیاد	تغییرات Cr/(Cr+Al) کم
محتوای عناصر گره پلاتین کم و غیراقتصادی	محتوای عناصر گروه پلاتین زیاد و اقتصادی
$Fe_2O_3$ 8 درصد وزنی	$Fe_2O_3$ 10-24 درصد وزنی
به‌طور عمده در پشته‌های میان اقیانوسی تشکیل می‌شوند.	به‌طور عمده در محیط‌های درون‌قاره‌ای آرکن یافت می‌شوند.

- از دیدگاه ماگماتیسیم دو نوع ماگما می‌توانند کرومیت تشکیل دهند :
- الف- ماگمای کوماتیتی که در داخل قاره‌ها و سپرهای آرکئن تزریق می‌شوند.
- ب- ماگمای توله‌ایتی تیغه‌های میان اقیانوسی.

## 2-2- روش‌های اکتشاف کرومیت

در رابطه با اکتشاف کانسارهای کرومیت مهمترین عامل مهم در شناسایی این دسته از کانسارها خاستگاه و ژنز آنها است. محیط تشکیل کرومیت مربوط به مجموعه‌های افیولیتی (نوع آلپی) و نقاط داغ داخل قاره‌ای (نوع بوشوالد) است. بیشتر کانسارهای کرومیت در حدود 500 تا 1000 متر زیر گابروهای لایه‌ای قرار دارند و اغلب در مرز دونیت-هارزبورژیت دیده می‌شود. در رابطه با محیط زمین‌شناسی کانسارهای تکتونیکی باید مسائل تکتونیکی منطقه به خوبی مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار گیرد. زیرا ممکن است فرآیندهای تکتونیکی از جمله گسل‌ها، توده‌های کرومیتی را در مکان‌های غیر پیش‌بینی شده قرار داده باشند. به‌طور کلی ارائه مدلی برای اکتشاف این ماده معدنی که بتواند در مناطق مختلف کارائی داشته باشد، امکان‌پذیر نیست و لذا نمی‌توان از یک روش خاص به عنوان مطلوب‌ترین روش اکتشاف کرومیت نام برد. اما روش‌های معمول اکتشافی ممکن است در اکتشاف کانسارهای کرومیت مسمر ثمر باشند. در اکتشاف کرومیت چند معیار اهمیت دارند. این معیارها عبارتند از :

الف- معیارهای زمین‌شناسی ب- معیارهای ژئوفیزیکی ج- معیارهای ژئوشیمیایی

## 2-3- کاربرد کرومیت

کاربردهای اساسی کرومیت در صنایع متالورژی (بیش از 91/2 درصد)، صنایع شیمیایی (5/2 درصد)، ماسه ریخته‌گری (2/8 درصد) و دیرگذاها (حدود 0/8 درصد) است (ICDA)<sup>1</sup>, 2004).

## 2-4- کرومیت در ایران

### 2-4-1- تاریخچه تولید کرومیت در ایران

در ایران کرومیت برای اولین بار در 14 کیلومتری کاهک (منطقه‌ای از اطراف سبزوار) در سال 1319 کشف شد و سالیانه در حدود هزار تن کرومیت از آن استخراج شد. کرومیت استخراجی از معدن فرومد در این منطقه جهت تولید بی‌کرومات پتاسیم در کارگاه‌های سنتی و همچنین آجر نسوز مورد مصرف قرار می‌گرفت و مقداری از کرومیت استخراجی نیز صادر می‌شد، استخراج کرومیت از این معدن چند سالی بیشتر دوام نداشته و در طی سالهای 1323 تا 1329 این معدن تعطیل شد. در ابتدا استخراج کرومیت و صادرات آن به وسیله دولت انجام می‌گرفت و سپس شرکت‌های نیمه‌دولتی و خصوصی نیز این کار را در دست گرفتند. معادن کرومیت در برخی سالها به دلایل اقتصادی تعطیل و هم‌زمان با ترقی بازار جهانی و افزایش میزان تقاضا در آن، مجدداً اقداماتی جهت استخراج به عمل آوردند و معادن دوباره تجهیز و راه‌اندازی شده‌اند.

---

<sup>1</sup> International Chromium Development Association



## 2-4-2- ذخایر کرومیت ایران

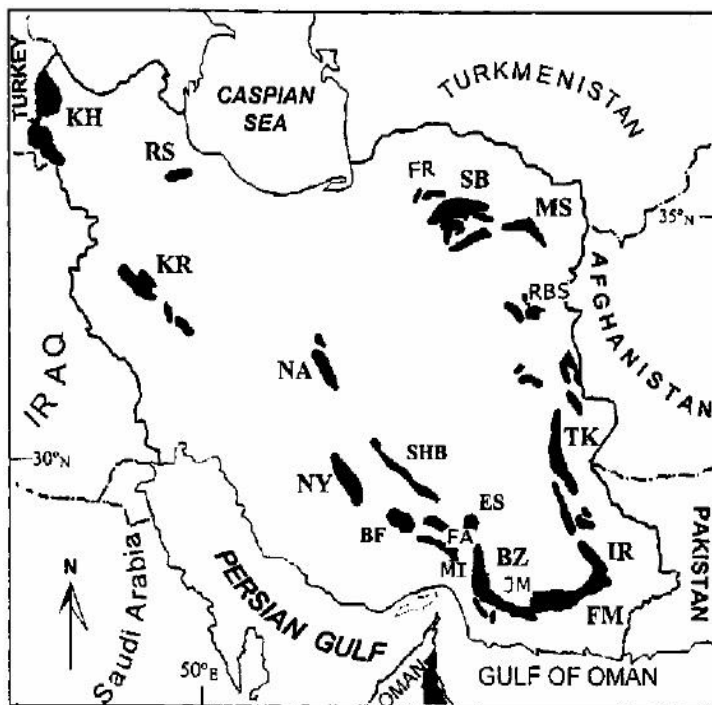
سنگ‌های دربرگیرنده کرومیت در ایران از نوع سنگ‌های آذرین غنی از آهن و منیزیم (سنگ‌های اولترابازیک مانند پریدوتیت، سرپانتینیت و پیروکسنیت) بوده و ذخایر کرومیت در داخل توده اولترابازیک به صورت عدسی‌های بزرگ و کوچک قرار گرفته‌اند که این شرایط در شمال و شرق ایران (در امتداد زون فلیش - افیولیت‌ملائژ بیرجند- ایرانشهر، افیولیت‌های سبزواری، فریمان و تربت‌حیدریه، ایران مرکزی (نائین)، زاگرس (شمال نیریز) و در جنوب ایران (فاریاب و اسفندقه) مشاهده می‌شود. توده‌های کرومیت ایران مانند بسیاری از کانسارهای آن در دنیا از نوع کانسارهای نامنظم است که در داخل سنگ‌های دونیتی و هارزبورژیته تشکیل شده است. تقریباً تمام کانسارهای کرومیت در ایران در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت‌ملائژها واقع شده‌اند و در بخش‌های زیرین سکانس افیولیتی قرار می‌گیرند و با موارد مشابه در عمان، ترکیه و منطقه بالکان تشابهات زیادی دارند. در حال حاضر معادن کرومیت ایران در استان‌های خراسان، سمنان، فارس، کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان قرار دارند. بزرگ‌ترین ذخیره معدنی کشور مربوط به معدن کرومیت فاریاب است.

## 2-4-3- پراکندگی کانسارهای کرومیت در ایران

در ایران، با اینکه کانسارهای متعدد کرومیت شناخته شده و بسیاری از آنها در حال بهره‌برداری هستند، اما تاکنون هیچ برآوردی از میزان ذخایر آنها انجام نشده است. دلیل این امر، این است که ذخایر کرومیت ایران از نوع آلپی هستند و تعیین ذخیره آنها بسیار دشوار است.

ولی با توجه به اینکه تا کنون نزدیک به 200 کانسار و نشانه معدنی کرومیت شناخته شده می‌توان گفت که منابع کرومیت ایران، بیش از 100 میلیون تن است که در مناطق فاریاب، اسفندقه، مکران، محور خاش - نهبندان، سبزواری و نیریز فارس گسترش دارند.

معادن عمده در حال بهره‌برداری کرومیت به طور کلی در مجموعه‌های افیولیتی و افیولیت ملانژها در چند نقطه از سطح کشور و در داخل توده‌های اولترابازیک به صورت عدسی‌های بزرگ و کوچک کرومیت قرار گرفته‌اند. شکل‌های 1-2 و 2-2 محیط‌های مناسب برای تشکیل کرومیت در ایران را نشان می‌دهد.



شکل 1-2- پراکنندگی کمپلکس‌های افیولیتی در ایران. سبزوار (SB)، فرومد (FR)، جازموریان (JM)، میناب (MI)، رباط سفید (RBS)، فاریاب (FA)، رشت (RS)، خوی (KH)، بافت (BF)، بندزیارت (BZ)، فنوج - مسکوتان (FM)، کرمانشاه (KR)، مشهد (MS)، نیریز (NY)، شهربابک (SHB)، اسفندقه (ES) و ناین (NA) (یعقوب پور<sup>1</sup> و حسن نژاد<sup>2</sup>، 2006)

<sup>1</sup> Yaghubpur A

<sup>2</sup> Hassannejad A



## 2-4-4-4- فازهای کانی‌سازی کرومیت در ایران

### 2-4-4-4-1- فاز کانی‌سازی پرتروزوئیک پسین - کامبرین پیشین

به اعتقاد سبزه‌ئی<sup>1</sup> (1364) در انتهای اردوویسین و ابتدای سیلورین در کافت درون‌قاره‌ای در زون سندنج- سیرجان، ماگمای کماتیتی ایجاد شده است و کانی‌سازی کرومیت مناطق اسفندقه و فاریاب، مربوط به این فاز ماگماتیسم است. لازم به توضیح است که سبزه‌ئی در مطالعات بعدی بر این اعتقاد است که کانی‌سازی کرومیت مربوط به پرتروزوئیک پسین است. اگر مجموعه افیولیتی اسفندقه- فاریاب متعلق به پرکامبرین پسین باشد، باید گفت کانی‌سازی کرومیت وابسته به آنها نیز چنین است. ولی شواهدی زیادی وجود دارد که می‌توان این افیولیت‌ها را متعلق به مزوزوئیک (کرتاسه) دانست. به اعتقاد نگارنده تنها کانسارهای کرومیت متعلق به پرکامبرین را باید در سنگ‌های مافیک و اولترامافیک تکاب و انارک جست‌وجو کرد که سنگ‌های اولترامافیک قدیمی این دو منطقه نیز از نظر کرومیت‌زایی فقیر هستند.

### 2-4-4-4-2- فاز کانی‌سازی پالئوزوئیک

در دو دهه گذشته، شواهد فراوانی یافت شده که حکایت از وجود تحولات زمین‌ساختی- ماگمایی و به تبع آن فلززایی در بخش‌های مختلف سرزمین ایران در پالئوزوئیک می‌کند. این شواهد باور پیشین مبنی بر اینکه این سرزمین در طول پالئوزوئیک طبیعت سکویی و آرامی داشته است را رد می‌کند. به هر حال تاکنون اطلاعات زیادی در ارتباط با کرومیت بدست نیامده است. ولی سنگ‌های اولترامافیک و مافیک فریمان و شاندرمن و گشت را می‌توان از این نظر مورد ارزیابی قرار داد. در سنگ‌های رسوبی اردوویسین، از جمله در منطقه طبس در سازند شیرگشت (کلمرد و راهدار)، در منطقه کرمان (ناحیه داهوئیه زرند) (هلالات و بلورچی، 1373) و همچنین در زاگرس (نواحی زردکوه و چالسه) در سازندهای زردکوه و ایل‌بیک، نشانه‌های فسفریت وجود دارد (مطیعی، 1372).

<sup>1</sup> Sabzehei

در حقیقت تشکیل فسفات رسوبی، دولومیت، سیلیس که از ذخایر غیر فلزی هستند در پالئوزوئیک پیشین امری جداگانه است.

#### 2-4-4-3- فاز کانی‌سازی کرتاسه پسین - پالئوژن (لارامید)<sup>۱</sup>

در برهه زمانی نسبتاً کوتاه کرتاسه پسین - پالئوژن، همراه با رخداد زمین‌ساختی - ماگمایی لارامید در سرزمین ایران کانی‌سازی کرومیت نیز صورت گرفته است. این کانی‌سازی، بیشتر با ایجاد افیولیت‌ها همراه است. در شمال‌باختر (فشلاق خوی) و شمال‌خاور (ناحیه سبزوار)، در منطقه نیریز، جنوب‌خاوری ایران منطقه فنوج، منطقه خاش، محور کارواندر و سفیدابه، ذخایر کرومیت پسین متعدد وجود دارد. به احتمال زیاد کرومیت‌های منطقه اسفندقه - فاریاب نیز مربوط به این زمان باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت تمام ذخایر کرومیت اقتصادی شناخته شده ایران مربوط به این زمان هستند (فصلنامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388).

#### 2-4-5- مناطق مهم کرومیتی در ایران

کانسارهای کرومیت ایران در پنج منطقه زیر متمرکز هستند:

الف- منطقه اسفندقه - فاریاب، ب- منطقه سبزوار - تربت جام، ج- منطقه نیریز، د- منطقه خوی، ه- منطقه سیستان و بلوچستان .

---

<sup>۱</sup> laramid

## 2-4-6- مهم‌ترین کانسارها و نشانه‌های معدنی کرومیت ایران

کانسار کرومیت فاریاب، کانسار کرومیت آبدشت، کرومیت‌های منطقه سبزوار، کانسار کرومیت گغت (Gaft)، کانسار کرومیت فرومد، کانسار کرومیت خواجه‌جمالی، معدن کرومیت گونیچ

## 2-5- کانسار کرومیت فاریاب

### 2-5-1- تاریخچه‌ی شرکت معادن فاریاب

در سال 1339 شرکت معادن فاریاب فعالیت‌های معدن‌کاری خود را در زمینه اکتشاف و استخراج کانه کرومیت در 120 کیلومتری شرق بندرعباس شروع نمود. مجموعه ذخائر اکتشاف شده تا قبل از پیروزی انقلاب اسلامی بالغ بر دو میلیون تن می‌شد که تا سال 1357 بیش از 90% آن استخراج شده بود. از سال 1363 با کوشش فراوان مدیریت و مسئولین این شرکت، منابع عظیمی از کرومیت کشف و استخراج شد، به طوری که در سال 1373، 292 هزار تن و در سال 1374، 324 هزار تن کرومیت استخراج شد و در سال 1996 میلادی شرکت معادن فاریاب دومین صادر کننده کرومیت بعد از آفریقای جنوبی در جهان بوده است. از فعالیت‌های دیگر این شرکت، اکتشاف و استخراج معادن منگنز، آهک و سیلیس است. همچنین احداث پالایشگاه فرو آلیاژهای آبدان از دیگر اقدامات این شرکت می‌باشد.

## 2-5-2- موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی

منطقه مورد نظر در حد فاصل بین استان‌های کرمان و هرمزگان واقع شده است و از نظر تقسیم‌بندی کشوری جزو استان کرمان محسوب می‌شود. این منطقه مساحتی حدود 600 کیلومتر مربع را شامل می‌گردد و بخش عمده نقشه توپوگرافی 1/50000 کهنوج بالا را در بر می‌گیرد. طول و عرض جغرافیایی این گسترده برابر است با:

عرض شمالی  $27^{\circ}30' - 27^{\circ}15'$

طول شرقی  $57^{\circ}30' - 57^{\circ}15'$

منطقه فاریاب، زمین برآمده‌ای است که دور تا دور آن را دشت‌ها احاطه کرده‌اند. ارتفاع بلندترین نقطه در این منطقه کوه زردبنه با بلندی 1150 متر می‌باشد. این منطقه از اطراف به دشت‌های منوجان، نودژ، جغین، میناب و رودان محدود می‌شود. شکل 2-3 وضعیت راه‌های ارتباطی منطقه را نشان می‌دهد. معادن فاریاب در کیلومتر 125 جاده آسفالت بندرعباس - جیرفت واقع شده‌اند.

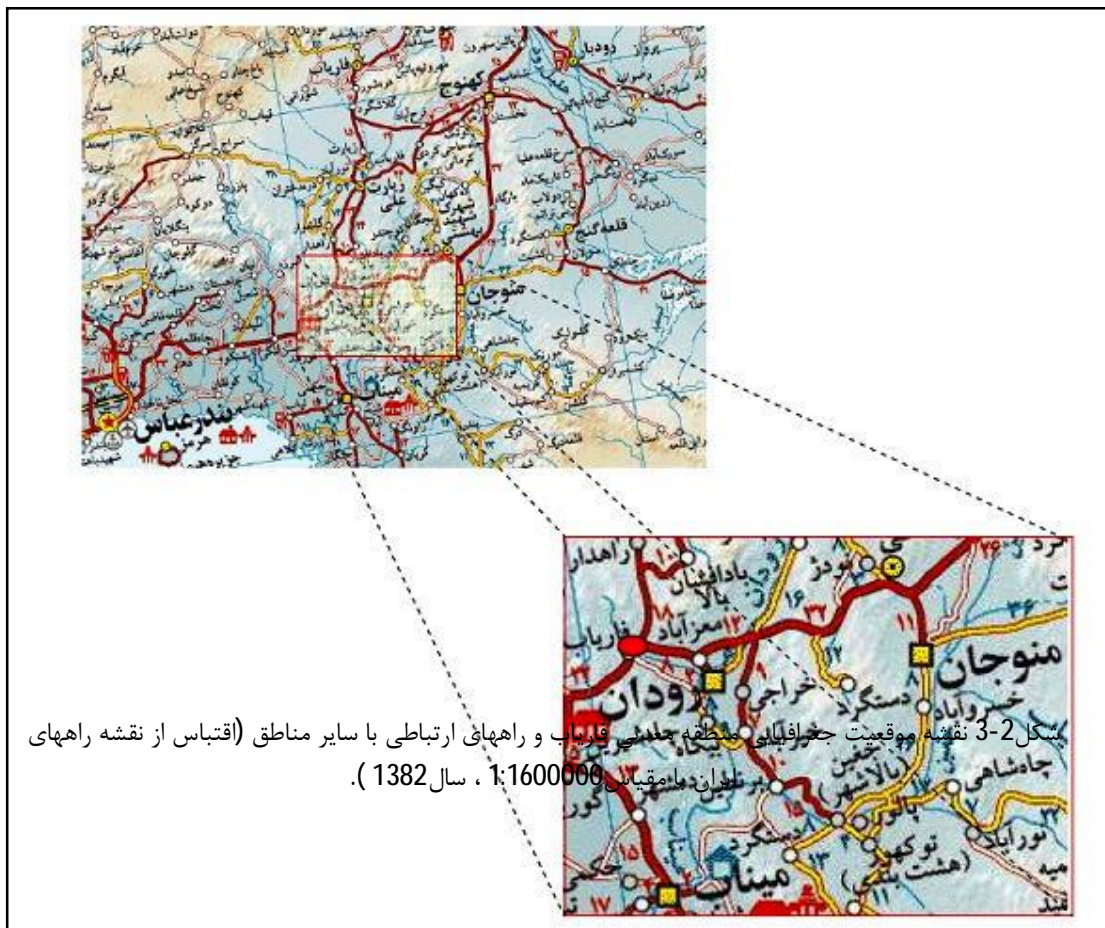
پوشش گیاهی منطقه را عموماً درختچه‌ها، بوته‌ها و علف‌هایی که به صورت پراکنده رشد کرده‌اند تشکیل می‌دهد و تراکم آنها در مظاهر آبی و در طول جویبارهای کوچک دائمی بیشتر به چشم می‌خورد. لازم به تذکر است که قسمت اعظم سطوح منطقه عاری از پوشش گیاهی و متشکل از رخنمون سنگی است.

کانسار فاریاب در استان هرمزگان در نزدیکی شهرستان میناب در محدوده کارگاه آسیمون واقع گردیده است.

مختصات جغرافیایی محدوده کانسار به صورت  $57^{\circ}02'42''$  طول خاوری و  $27^{\circ}27'49''$  عرض شمالی می‌باشد.

لازم به ذکر است که فاریاب نام اولین کارگاه کرومیت در منطقه شمال‌خاور بندرعباس بوده و در این محدوده حدود 30 معدن با کارگاه روباز و زیرزمینی در شبکه‌ای از سنگ‌های اولترامافیک (سازند

سرخ‌بند) وجود دارد که در شکل 2-3 موقعیت جغرافیایی منطقه معدنی فاریاب را نشان داده شده است.



آب و هوای منطقه از نوع خشک و بیابانی است. درجه حرارت در تابستان بسیار بالا و برای چند ماه به حدود 40 درجه سانتی‌گراد می‌رسد، ولی هوا در زمستان و اواخر پاییز ملایم و صاف می‌باشد. از نظر بارندگی، میزان بارش در منطقه به طور متوسط حدود 290 میلیمتر در سال می‌باشد.





شکل 4-2 مناطق افیولیتی همراه با سنگ های اولترابازیک در محدوده‌ی کانسار کرومیت فاریاب

از نظر تبخیر، پتانسیل تبخیر در منطقه بالا بوده و به حدود 3300 میلیمتر در سال بالغ می‌گردد. تغییرات درجه حرارت در شبانه روز، حدود 15 درجه است که بیان‌گر اختلاف قابل ملاحظه‌ی دما در طول شبانه روز می‌باشد. جدول بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل دما برای سال 1994 در جدول 2-12 آورده شده است. تغذیه سفره‌ها و آب‌های زیرزمینی از طریق نزولات جوی واقع در منطقه صورت می‌گیرد. با آنکه سفره آب زیرزمینی دارای قابلیت زیادی از نظر ذخیره می‌باشد ولی سطح ایستابی آنها پایین است و به همین دلیل مطالعات انجام گرفته بیانگر محیط خشک و یا با درصد رطوبت پایین می‌باشد. ضریب نفوذپذیری در بخش‌های شمالی محدوده معدن بیشتر و جهت جریان آب تماماً از بخش‌های جنوبی به سمت شمال، شمال غرب و شمال شرق می‌باشد. کرومیت در منطقه فاریاب ابتدا از طریق کوه‌گردی کشف و سپس در حدود چهل سال پیش با یک پروانه اکتشاف فعالیت استخراجی در آن شروع گردیده است.

جدول 2-4 بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل دما در دو منطقه میناب و کهنوچ (فصل نامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388)

ماه	بارندگی (میلیمتر)		دما (درجه سانتیگراد)	
	کهنوچ	میناب	Max	Min
Jan	34/3	82	23/5	13
Feb	55/3	48/2	24/3	14/2
Mar	24/0	19/8	29/3	17/8
April	2/0	5/9	33/3	20/8
May	1/1	0	33/3	24/8
June	0	0	41/1	27/8
July	3/6	0	40/3	29/5
Aug	3/3	1/1	39/9	26/8
Sep	2/1	0	38/1	26/8
Oct	0	1/0	36/3	23/5
Nov	3/2	9/7	30/9	18/9
Dec	12/8	13/4	30/0	14/8

## 2-5-3- زمین‌شناسی عمومی و اقتصادی کانسار

واحدهای سنگ‌شناسی منطقه فاریاب مربوط به سنگ‌های بازیگ و اولترامافیک پوسته اقیانوسی بوده

که این واحدها از روند عمومی زاگرس تبعیت نموده و شامل موارد زیر هستند :

1. سنگ‌های دگرگونی که عمدتاً از آمفیبولیت و شیست تشکیل یافته‌اند.
2. سنگ‌های اولترامافیک توده سرخ‌بند در اصل به قسمت‌های زیرین سنگ‌های دگرگونی تعلق دارند که در اثر حرکات تکتونیکی در اطراف آمیزه رنگین قرار گرفته‌اند که همراه با کانسارهای کرومیت منطقه‌ی مورد نظر می‌باشند.
3. شیست‌های گلوکوفان‌دار: این مجموعه شامل گدازه‌های بالشی دگرگون شده، رادیولاریت‌ها و رسوبات سیلیسی نازک و آهک‌های پلاژیک دگرگون شده که به احتمال قوی از نظر

سنی متعلق به ژوراسیک فوقانی تا کرتاسه بوده و 4. آمیزه رنگین. مجموعه آمیزه رنگین<sup>1</sup> در ناحیه‌ی فاریاب متشکل از واحدهای زیر می‌باشد:

الف- سنگ‌های دگرگونی و مجموعه دگرگونی و سنگ‌های اولترامافیک وابسته به آن، ب- توده‌های اولترامافیک دونیت- پریدوتیت که عموماً سرپانتینیزه شده‌اند. ج- تناوبی از گدازه‌های بالشی، رادیولاریت، آهک‌های گلوبوترونکانادار (کرتاسه بالا) و د- شیل‌های قرمز که تناوبی از ماسه‌سنگ‌ها، گریوک‌های سبز، شیل‌های سرخ، کمی آهک و گدازه‌های بالشی می‌باشند.

توده اولترامافیک سرخ‌بند که حاوی کمی گابرو و کانسارهای کرومیت است در این واحد قرار گرفته و از سه قسمت اصلی تشکیل شده است که به ترتیب قدمت عبارت‌اند از:

الف- دونیت‌ها و پریدوتیت‌های تحتانی: این قسمت از تناوب دونیت، کرومیت، پیروکسنیت، وبستریت، ورلیت، اولیوین‌وبستریت و کمی هارزبورژیت تشکیل شده است. در این بخش پریدوتیت‌های فوقانی با ستبرای 30 تا 150 متر در جهت ردیابی کرومیت اهمیت دارند. کانسارهایی همچون امیر، شهریار، یاسمین و مجید در افق دونیتی و هارزبورژیتی به ستبرای 50 تا 160 متر قرار دارند.

ب- کانسارهای کرومیت پرعیار (با ستبرای حداکثر 3 متر) در درون لایه‌هایی ستبر از دونیت (250 متر) و پریدوتیت (20 متر) وجود دارند (معادن کرومیت نازآفرین، نادر، شاهین، ابراهیم و دویس).

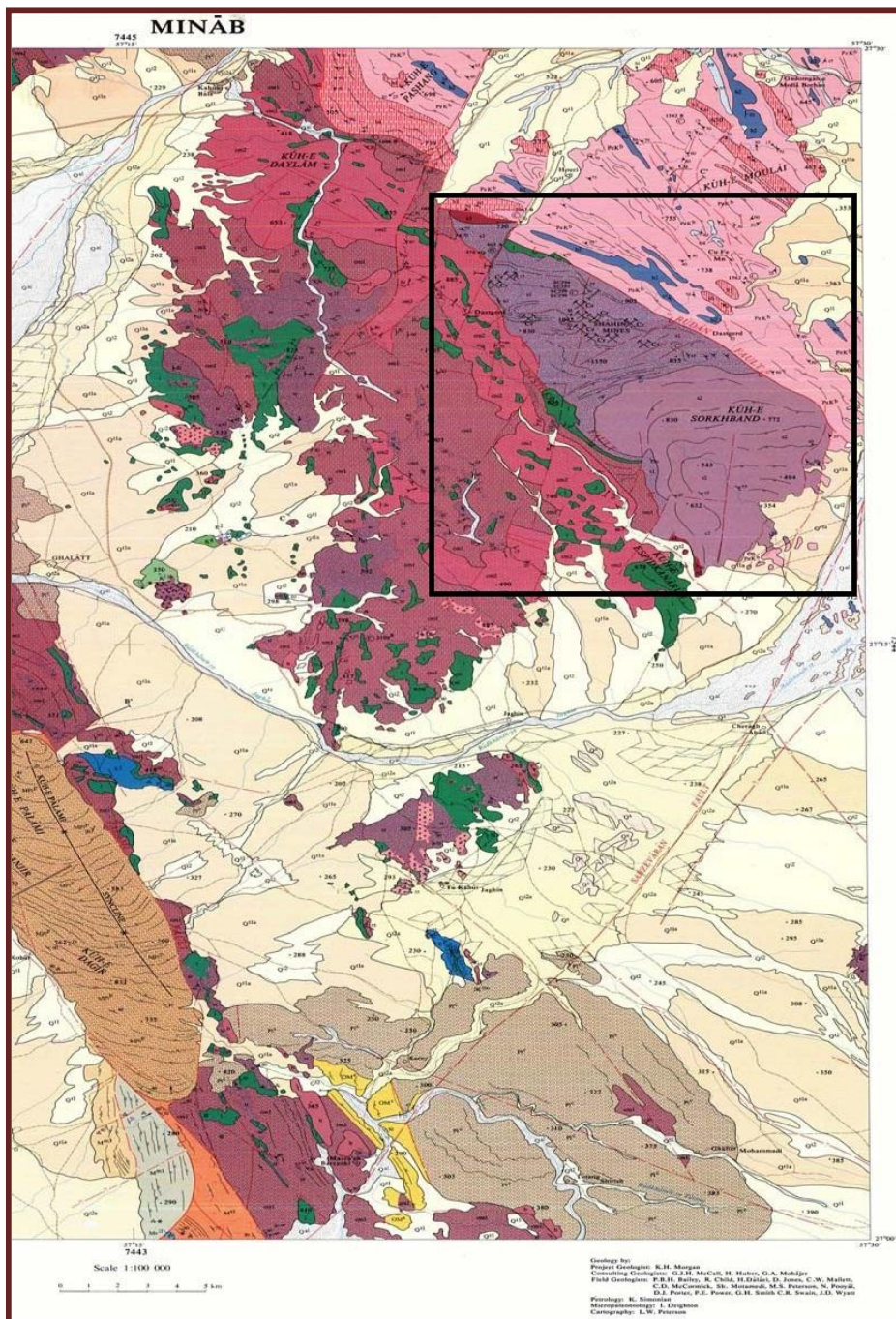
ج- هارزبورژیت‌های فوقانی که فاقد کانی‌سازی کرومیت بود، گابروها که به صورت دایک‌های ثانویه توده اولترامافیک سرخ‌بند را قطع کرده و ماده معدنی کرومیت ( $FeCr_2O_4$ ) این ناحیه در شرایط کلوئیدی ماگماتیک در سنگ‌های اولترامافیک به وجود آمده که مربوط به حالت سگرگاسیون (جدایش) می‌باشد. در شکل 2-5 نقشه ی زمین شناسی 1/100000 میناب آورده شده است که محدود توده اولترابازیک سرخ بند در آن مشخص شده است (فصل‌نامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388).

---

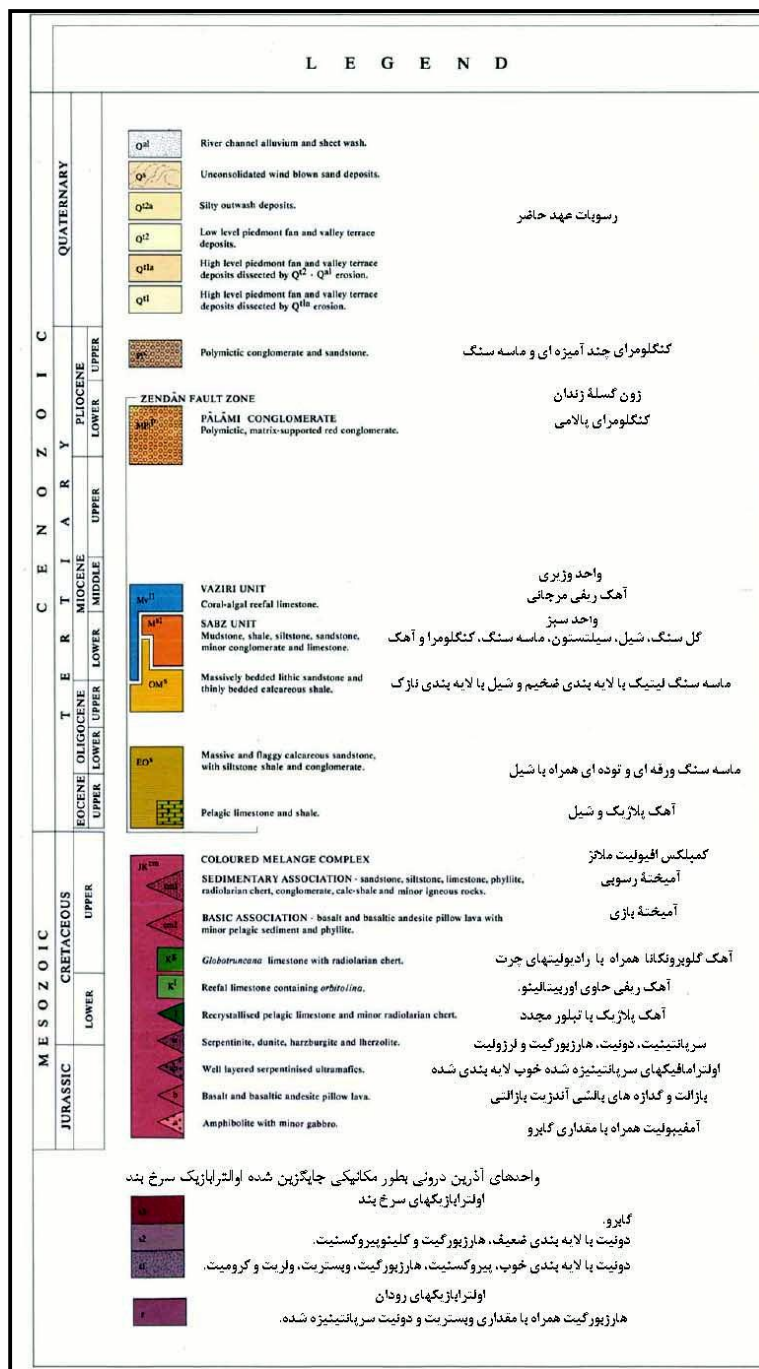
<sup>1</sup> Colored Melange

## 2-5-4- سن تشکیل مجموعه سنگ‌های منطقه

همان‌طور که در راهنمای نقشه‌ی زمین‌شناسی (ادامه‌ی شکل 2-5) مشخص گردیده است سن تشکیل کمپلکس افیولیتی سرخ‌بند در بازه‌ی ژوراسیک پایینی تا کرتاسه‌ی بالایی (حدود 65 تا 45 میلیون سال قبل) قرار می‌گیرد که پس از ایجاد جریان افیولیت‌زایی و نهایتاً بوجود آمدن سنگ‌های بازیک و اولترابازیک حاصل از انشقاق جبهه مانند پریدوتیت‌ها که شامل دونیت، سرپانتینیت، ورزلیت و هارزبورژیت در این منطقه می‌شوند بوسیله سنگ‌های اسیدی‌تر و جوان‌تری (از انواع گابرو و دیوریت) قطع می‌شوند. علاوه بر آن این زون از یک سری واحدهای سنگی ژوراسیک تا کرتاسه زیرین با رخساره‌های سنگی کنگلومرا، ماسه سنگ در قاعده سکانس و گدازه‌ای اکثراً بازالتی شدیداً آلتزه شده، همراه با مقداری چرت، شیل توف و داسیت می‌باشد که این واحد ولکانیکی در قسمت بالا به وسیله رخساره فلیش (در بازه‌ی زمانی) ژوراسیک و در بالا به وسیله سنگ آهک‌های کالپیونلا ژوراسیک بالا و کرتاسه زیرین پوشیده می‌شوند.



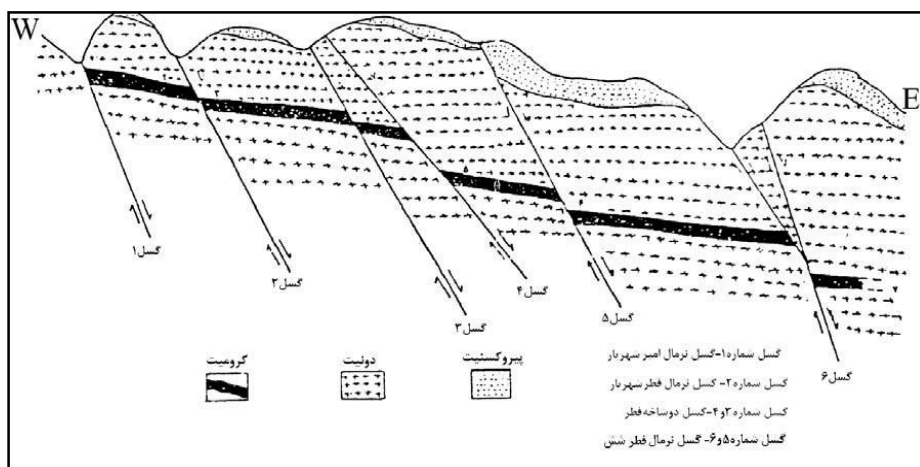
شکل 5-2 نقشه زمین‌شناسی 1:100000 میناب ، محدود توده اولترابازیک سرخ بند در نقشه مشخص است (سازمان زمین‌شناسی کشور)



ادامه شکل 2-5 راهنمای نقشه زمین شناسی 1:100000 توده اولترابازیک سرخ بند و کمپلکسهای مجاور آن (سازمان زمین شناسی کشور).

## 2-5-5- وضعیت تکتونیکی منطقه

پس از جانیشینی افیولیت‌های سرخ‌بند در طی فاز کوه‌زایی (لارامید) که اثرات آن در مکران با شدت و ضعف نسبی در همه جا به چشم می‌خورد، حرکات متعدد کوه‌زایی دیگر در منطقه باعث ایجاد دو گسل مهم به نام‌های گسل رودان و دستگرد و همچنین گسل‌های فرعی با امتداد شمالی- جنوبی مانند امیر-شهریار و گسل‌های شرقی معدن روباز نعمت شده است. لازم به تذکر است که اولترابازیک‌های سرخ‌بند بین دو گسل رودان و دستگرد محدود گردیده است و گسل رودان گسلی است تراستی که امتداد کلی آن شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد، که می‌توان آنرا هم‌روند گسل تراستی زاگرس خواند. همچنین این گسل دارای زون خرد شده می‌باشد که در محل خردشدگی دگرسانی شدید واحدهای اولترابازیک ملاحظه می‌شود. این گسل در چند نقطه توسط گسل‌های شمالی - جنوبی قطع گردیده است. گسل دستگرد نیز یک گسل تراستی است که واحد افیولیتی را روی اولترابازیک رانده و به صورت چپ‌گرد عمل کرده است و ضمناً در مقایسه با گسل رودان کمتر دچار قطع‌شدگی توسط گسل‌های شمالی- جنوبی شده است. گسل‌های فرعی منطقه را تقریباً می‌توان به چهار دسته تقسیم کرد: گسل‌های شرقی- غربی، که گسل‌هایی هستند نرمال و چپ‌گرد، گسل‌های شمالی- جنوبی که معمولاً گسل‌های نرمال و راست‌گرد هستند، گسل‌های شمال شرقی- جنوب غربی که نرمال و راست‌گرد هستند و گسل‌های شمال غربی- جنوب شرقی که نرمال و چپ‌گرد هستند. در شکل 2-6 مقطع شماتیکی از کانسار کرومیت و عمده سنگ‌های در برگیرنده آن و گسل‌های فرعی در منطقه فاریاب نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل 2-6 ملاحظه می‌شود اکثر گسل‌های فرعی موجود در اطراف معدن (گسل امیر- شهریار، گسل دو شاخ) امتداد شمالی- جنوبی داشته و شیب آن در جهت شرق شیب می‌باشد.



شکل 2-6 مقطع شماتیک از کانسار کرومیت و عمدہ سنگهای در برگیرنده آن و گسلهای فرعی در منطقه فاریاب (گزارشات موجود در شرکت معادن فاریاب، 1387).

شکل 2-7 لایه بندی دونیت و پیروکسنیت و همچنین گسل خوردگی آن را در معدن عزت واقع در معدن کرومیت فاریاب نشان می دهد.



شکل 2-7 تصویر لایه بندی دونیت و پیروکسنیت در منطقه.



شکل 2-8 نیز لایه‌های دونیت در میان رگچه‌های کرومیت را در معدن عزت واقع در معدن کرومیت فاریاب نشان می‌دهد.



شکل 2-8 روند کرومیت در معدن عزت.

دونیت و پیروکسنیت از خانواده پریدوتیت‌ها می‌باشند و سنگ‌های تمام‌بلورینی هستند که از کانی‌های فرومنیزین (الیوین، پیروکسن) تشکیل شده‌اند. پیروکسنیت غالباً از کانی پیروکسن تشکیل یافته است. ضمن سرپانتینیزاسیون قبل از همه، اولیوین و بعد پیروکسن‌ها متأثر می‌شوند و به این جهت دونیت شدیدتر از پیروکسنیت‌ها سرپانتینیزه می‌شود.

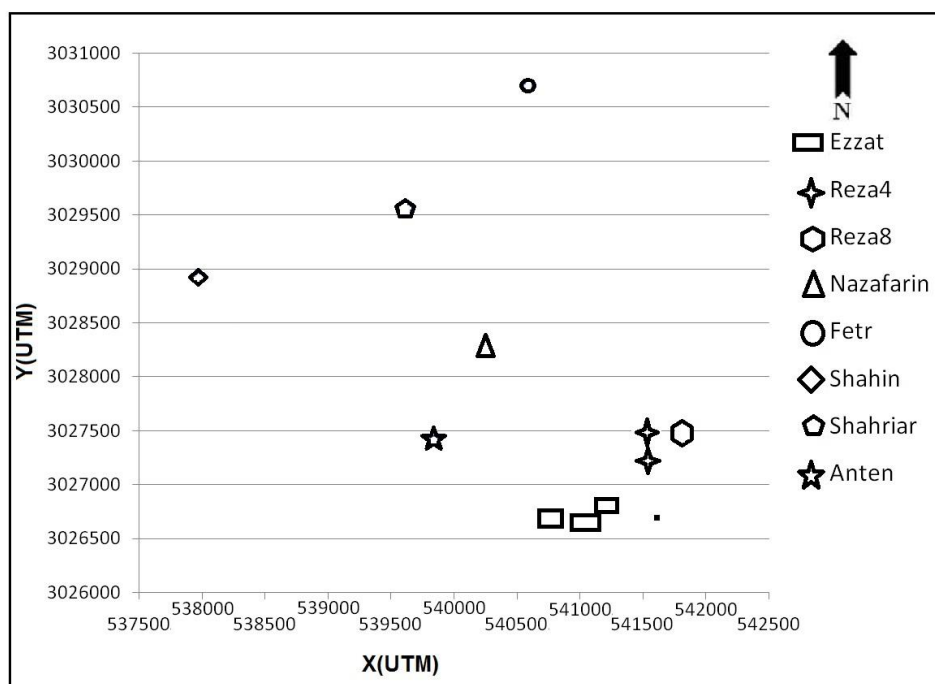
در منطقه می‌توان دونیت‌های سرپانتینی شده را با درجات متفاوت و با رنگ‌های زرد مایل به قهوه‌ای، قهوه‌ای، قهوه‌ای تیره و سبز مشاهده نمود.

درباره اصل و منشأ کانسارهای کرومیت باید گفت که کانسارهای اولیه کرومیت از نوع ماگماتیک (تشکیل شده در داخل توده آذرین) بوده و در داخل سنگ‌های بازیگ و اولترابازیک مانند دونیت، پیروکسنیت و نوریت مشاهده می‌شوند.

هر چه میزان الیوین در سنگ افزایش یابد به همان اندازه میزان  $Cr_2O_3$  در ترکیب کرومیت افزایش می‌یابد. کانسارهای کرومیت اشکال مختلفی دارند که بعضی اوقات بصورت عدسی‌های نامنظم مشاهده

می‌گردند که از سنگ‌های مجاور کاملاً متمایز بوده و در برخی موارد به صورت رشته‌های کاملاً منظم در آمده و یا اینکه به صورت رگه‌های لوله مانند در می‌آیند. اکثراً الیوینهای موجود در داخل کرومیت به سرپانتین تبدیل می‌شود که در معدن فاریاب قابل رؤیت می‌باشند.

کانسار کرومیت فاریاب از چندین معدن متروکه و فعال تشکیل شده است. مهم‌ترین معادنی که هم-اکنون در حال فعالیت هستند شامل معادن عزت، رضا، امیر، شهریار، شاهین، نازآفرین، فطر، سدروک و چند معدن دیگر می‌باشد. در شکل 9-2 نقشه‌ی موقعیت معادن مختلف در داخل کانسار کرومیت فاریاب نشان داده شده است.



شکل 9-2 نقشه‌ی موقعیت معادن فعال کنونی در داخل کانسار کرومیت فاریاب

## 2-5-6- وجود عناصر گروه پلاتین در کانسار کرومیت فاریاب

کانسارهای عناصر گروه پلاتین (PGE) بیشتر همراه با سنگ‌های مافیک و اولترامافیک یافت می‌شوند. در این کانسارها عناصر گروه پلاتین همراه با کانی‌سازی سولفیدی نیکل و مس مشاهده می‌گردند. برای اکتشاف این کانسارها بر مبنای الگوی کانسارهای کشف شده در بوشوالد و استیل‌واتر از نسبت‌های عناصر و نمودارهای نرمالیزه-کندریتی استفاده می‌شود. منطقه افیولیتی فاریاب بزرگ‌ترین ذخیره کرومیت ایران است و مطالعات اولیه نشان داده است که حاوی کانی‌سازی سولفیدی در لیتولوژی‌های مختلف است. سولفیدها بیشتر شامل پیروتیت، پنتلاندیت، میلریت و هیزولوودیت می‌باشند. و بیشتر همراه با پیروکسنیت‌ها می‌باشند. نتایج بدست‌آمده نشان می‌دهد کانی‌سازی عناصر گروه پلاتین در نتیجه‌ی پدیده‌ی ذوب بخشی که در گوشته‌ی فوقانی صورت گرفته می‌باشد و جهت برآورد مقدار دقیق این عناصر باید مطالعات تفصیلی بویژه در سنگ‌های کرومیتی همراه کانی‌سازی سولفیدی آن انجام پذیرد (پازند و علی نیا، 1386). مطالعات اولیه نشان می‌دهد که مناطق سیخوران و فاریاب دارای کانی‌سازی سولفیدی در لیتولوژی‌های مختلف هستند (پازند، ک، قنبری. ی و علی نیاف، 1387).

## فصل سوم

---

### معرفی روش پردازش تصویر

---

### 3-1- مقدمه‌ای بر پردازش تصویر دیجیتال

مفهوم استفاده از کامپیوترهای دیجیتالی به منظور پردازش تصویر به بیش از 25 سال پیش بر می‌گردد و پردازش تصویر دیجیتالی هم اکنون به عنوان یک فن‌آوری در مسیر درست خویش، ظهور کرده است. امروزه فرمول‌های ریاضی کامل برای نظم‌دادن به پردازش تصویر پایه‌گذاری شده است. بعلاوه امروزه تنوع گسترده‌ای از تجهیزات ترکیب شده مخصوص، شامل پردازنده‌های دیجیتالی با اهداف مشخص و تجهیزات جانبی و کامپیوترهای مخصوص، در دسترس هستند. به‌تازگی فن‌آوری جدیدی ظهور کرده است که شامل ایجاد و فروش سیستم‌های پایه‌ای کامپیوتر، تجهیزات جانبی کامپیوتر و تمام طراحی‌های مخصوص برای دسترسی، پردازش و نمایش اطلاعات تصویری می‌باشد.

سیستم‌های تصویری دیجیتالی قادر به اکتساب تصاویری هستند که گستره‌ی دینامیکی وسیع‌تری را نسبت به چشم انسان یا فیلم‌های تصویری دارند. چشم می‌تواند کمتر از 100 سایه روشن خاکستری را مشاهده نماید و فیلم‌های سیاه و سفید معمولاً می‌توانند با ترتیب 50 تا 100 سایه روشن خاکستری بسته به کنتراست فیلم دوباره تهیه شوند. شبیه‌سازی دیجیتالی می‌تواند برای نمایش صدها و حتی هزاران سایه روشن خاکستری استفاده شود.

یک تصویر دیجیتالی ساده می‌تواند مقدار بسیار زیادی اطلاعات را در یک فرم فشرده و تفسیرشده‌ی ساده ارائه کند. یک تصویر دیجیتالی شامل میلیون‌ها بیت از اطلاعات، می‌تواند بر روی یک چاپ تصویری مجزا یا صفحه نمایش نشان داده شود. فرمت تصویری، یک فرمت معمولی برای نمایش فشرده از حجم وسیعی از داده است که در هیچ روش دیگری به راحتی دیده نمی‌شود.

استفاده از فرمت تصویر فواید بنیادی را در پردازش بصری انسان ایجاد می‌کند که شامل پردازش مغزی که جزء ذاتی درک انسان است، می‌باشد.

شکل تصویری حالت نمایش مؤثری را ایجاد می‌کند که می‌تواند توسط گستره‌ی وسیعی از مشاهده‌کنندگان با پیش‌زمینه‌ها و آموزش‌های مختلف تفسیر شود. کامپیوترهای دیجیتال می‌توانند با استفاده از روش‌هایی که غیر قابل‌کپی با فن‌آوری غیر دیجیتالی می‌باشد، پردازش و شبیه‌سازی ماهرانه‌ی آن‌ها را انجام دهند. کامپیوترها می‌توانند برای ایجاد انواع دگرگونی‌ها (شامل تغییر شکل غیر خطی) در شبیه‌سازی‌هایی که نمی‌توانند به صورت اپتیک<sup>۱</sup> انجام شوند، استفاده شوند. تکنیک‌های استخراج اطلاعات دیجیتال می‌تواند از طبیعت آماری شبیه‌سازی دیجیتال بر حسب آمارهای دو بعدی نهادی در یک تصویر منفرد و روابط ریاضی که بین تصاویر چندگانه بدست آمده از همان صحنه وجود دارد، کاملاً بهره‌برداری کند. تکنیک‌های دیجیتالی می‌تواند برای تحلیل‌هایی بر مبنای روابط داده‌تصویری با داده غیرتصویری نیز استفاده شود که شامل روابط شبیه‌سازی بدست آمده از راه دور، با پایگاه‌های داده مرجع زمینی غیر تصویری است. رشد تمام مراحل فن‌آوری محاسبه دیجیتالی، پیشرفت فن‌آوری پردازش تصویر را ممکن ساخته است. روند روبه‌رشد و ارزان عناصر محاسباتی، وسایل ذخیره‌سازی داده دیجیتالی با ظرفیت و تراکم بالا و پیشرفت تکنولوژی نمایش، پردازش و اصلاح و نمایش حجم وسیعی از شبیه‌سازی دیجیتالی را ممکن ساخته است. این قسمت با خلاصه‌ای از پیشرفت تاریخی فن‌آوری پردازش تصویر دیجیتالی شروع می‌شود. این قسمت با یک نگاه اجمالی بر سیستم‌های پردازش تصویر خاتمه می‌یابد (رافائل گونزالس<sup>۲</sup> و ریچارد وودس<sup>۳</sup>، 2008).

---

<sup>۱</sup> optic

<sup>۲</sup> Rafael C. González

<sup>۳</sup> Richard Eugene Woods

### 3-1-1- پردازش تصویر چیست؟

به هر گونه عملیاتی که برای بهتر دیده شدن و درک اطلاعات بیشتر از تصویر بر روی آن انجام گیرد پردازش تصویر می‌گویند. پردازش تصاویر امروزه بیشتر به موضوع پردازش تصویر دیجیتال گفته می‌شود. پردازش تصویر دیجیتال شاخه‌ای از کامپیوتر است که با پردازش سیگنال دیجیتال که در واقع همان تصاویر برداشته شده با دوربین دیجیتال یا دیگر ابزارهای اکتساب تصویر هستند، سر و کار دارد. در واقع در پردازش تصویر ما با تصویر به عنوان یک سیگنال دو بعدی رفتار می‌کنیم. خروجی پردازشگر تصویر می‌تواند یک تصویر یا یک مجموعه از نشان‌های ویژه یا متغیرهای مربوط به تصویر باشد (رافائل گونزالس<sup>1</sup> و ریچارد وودس<sup>2</sup>، 2008).

### 3-2- فضاهای رنگی مورد استفاده در پردازش تصویر

#### 3-2-1- فضای رنگ چیست؟

فضای رنگ ابزاری است که با استفاده از می‌توان رنگ‌ها را ایجاد کرد یا تشخیص داد یا در آن فضای خاص تجسم نمود. رنگ‌ها معمولاً دارای سه پارامتر می‌باشند که این پارامترها مکان رنگ را در فضای خاص مشخص می‌کنند. هر فضای رنگ دارای ویژگی‌های خاصی از جمله خطی یا غیرخطی بودن، یکنواخت یا غیریکنواخت بودن و وابسته به ابزار بودن و یا مستقل بودن از ابزار است.

---

<sup>1</sup> Rafael C. González

<sup>2</sup> Richard Eugene Woods

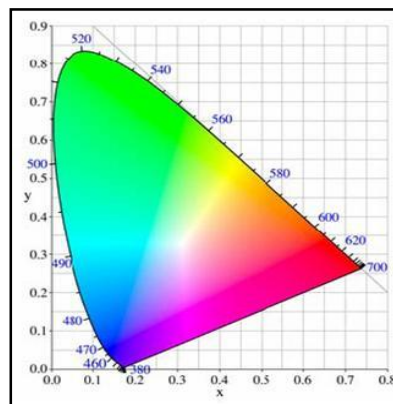
### 3-2-2-2-انواع فضاهاى رنگى

فضاى رنگ CIE XYZ، فضاى رنگ <sup>1</sup>RGB، فضاى رنگ Lab، فضاى رنگ HSL، فضاى رنگى HSV

يا HSB

### 3-2-2-1-فضاى رنگ CIE XYZ

در فضاى رنگ CIE XYZ، پارامتر Y به عنوان پارامتر شدت نور (intensity) بوده و رنگ نيز با دو پارامتر X و Y تعريف مى شوند. در حقيقت اين فضاى رنگ به صورت Yxy نمايش داده مى شود. شكل 1-3 دياگرام رنگ فضاى رنگ CIE XYZ را نشان مى دهد.



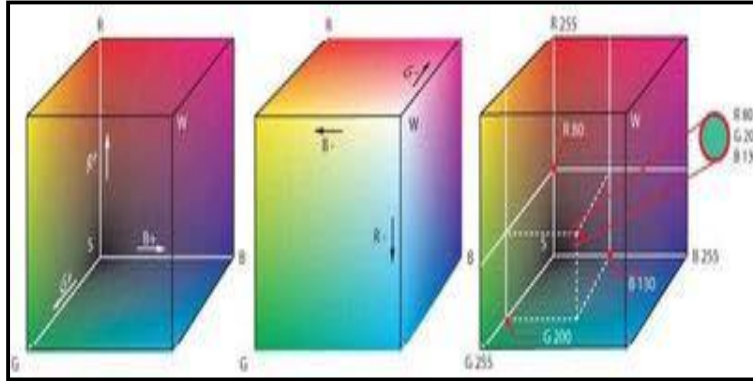
شكل 1-3 دياگرام رنگ در فضاى رنگى CIE XYZ

### 3-2-2-2-3-فضاى رنگى RGB

در مدل RGB هر رنگ از سه جزء قرمز، سبز و آبي تشكيل مى شود. به علت استفاده از اين فضاى رنگ (RGB) در مانيتورها، اين فضا کاربردهاى بسيارى در گرافيك كامپيوترى و پردازش تصوير دارد. فضاى رنگ RGB وابسته به ابزار و غيرخطى مى باشد. اين فضاى رنگ به صورت مكعب در شكل 2-3 نمايش داده مى شود.

<sup>1</sup> RED, GREEN, BLUE





شکل 2-3-2 دیاگرام رنگ در فضای رنگی RGB

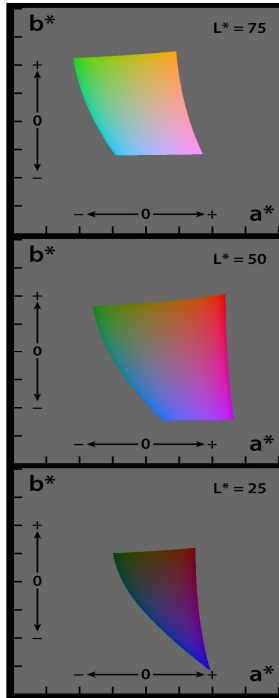
نحوه‌ی تبدیل از فضای رنگ RGB به فضای رنگ CIEXYZ به صورت زیر است: (Wikipedia)

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

### 3-2-2-3- فضای رنگ Lab

بر خلاف فضای RGB فضای رنگ Lab به گونه‌ای طراحی شده است که بسیار نزدیک با بینائی انسان است. پارامتر L برای شدت نور در نظر گرفته شده است و پارامترهای a و b رنگ را مشخص می‌کنند. حیطه‌ی فضای رنگ lab بسیار بزرگ‌تر از حیطه‌ی رنگ قابل نمایش با کامپیوتر، دستگاه‌های پرینت و حتی بینائی انسان است. بسیاری از رنگ‌ها در این فضا از حیطه‌ی دید انسان خارج بوده و در حقیقت خیالی هستند.

این رنگ‌ها قابل تولید در فضای فیزیکی نمی‌باشند. CIE L\*a\*b\* کامل‌ترین مدل رنگی است که کلیه رنگ‌هایی که قابل رویت توسط چشم انسان هستند را توصیف می‌کند (Wikipedia).



شکل 3-3 دیاگرام رنگ در فضای رنگ Lab

### 3-2-2-4- فضای رنگی HSL

HSL مخفف شده‌ی اشباع<sup>1</sup> S، رنگ<sup>2</sup> H و درخشندگی<sup>3</sup> L (یا درخشندگی<sup>4</sup>) است. فضای رنگی HSL رنگ‌ها را خیلی طبیعی تعریف می‌کند. Hue رنگ پایه را مشخص می‌کند، دو مقدار دیگر سپس تعیین می‌کنند که اشباع آن رنگ و درخشندگی رنگ چگونه باید باشد.

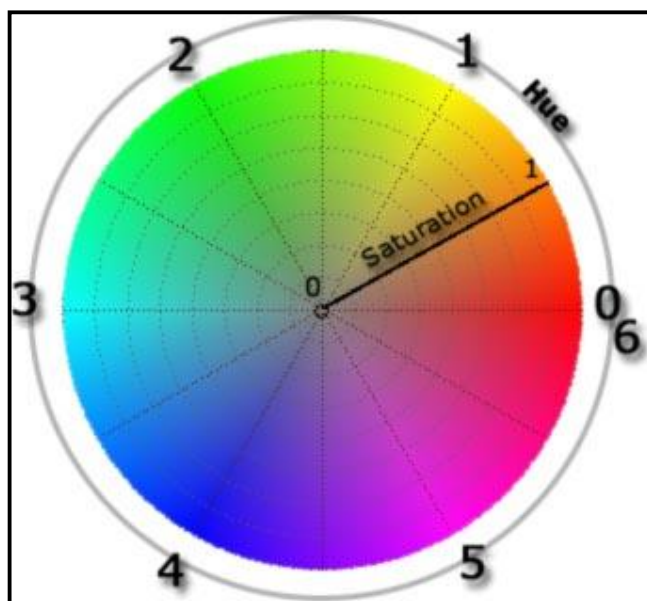
<sup>1</sup> Saturation

<sup>2</sup> Hue

<sup>3</sup> Luminance

<sup>4</sup> brightness

همان‌طور که در شکل 3-4 مشاهده می‌گردد Hue رنگ را مشخص می‌کند. Hue به عنوان هر درجه در دامنه‌ی 0 تا 360 درجه یا شماره‌های 1 تا 6، در تصویر در سمت چپ که هر دو از موقعیت ساعت 3 شروع می‌شوند و به صورت پادساعت‌گرد اندازه‌گیری می‌شود مشخص شده است.



شکل 3-4 دیاگرام رنگ در فضای رنگ HSL

بعد از مشخص کردن رنگ با استفاده از مقدار Hue می‌توان اشباع رنگ را مشخص کرد. در چرخه‌ی رنگ HSL اشباع فاصله‌ی از مرکز چرخه را نشان می‌دهد. بنابراین مقدار 0 (صفر %) معنای مرکز چرخه را می‌دهد و هم چنین مقدار سبز جایی که مقدار اشباع 1 (100 %) باشد به معنای مرکز چرخه است، جایی که رنگ‌ها تماماً اشباع شده‌اند.

جدول 1-3 تغییرات 6 رنگ پایه در فضای رنگی HSL (Wikipedia).

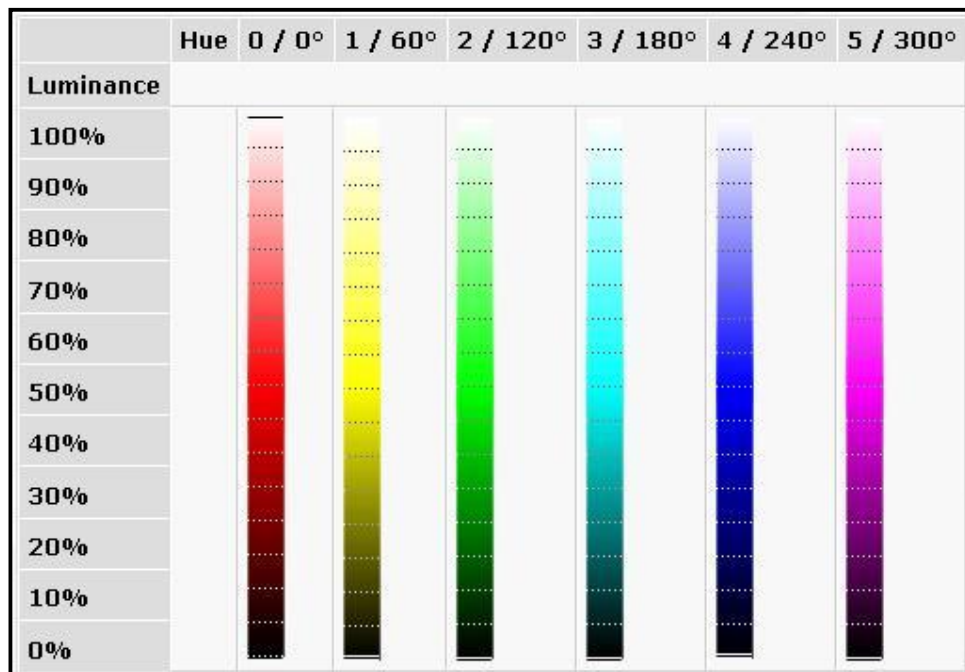
Hue	Hue (degree)	Color
0	0	Red
1	60	Yellow
2	120	Green
3	180	Cyan
4	240	Blue
5	300	Magenta
6	360	red

سومین پارامتر در فضای رنگی HSL، Luminance یا درخشندگی است. تغییرات رنگ را از سیاه در 0 درصد و سپس از طریق یک نسخه‌ی تاریک‌تر از رنگتان دیده می‌شود، برای رنگ مورد نظر در نهایت درخشندگی‌اش در 50%، و سپس روشن‌تر از آن هم می‌رسد تا به رنگ سفید در 100% منجر شود. 6 ستون لغزنده‌ی درخشندگی در شکل 3-5 نشان می‌دهد که وقتی میزان درخشندگی را تغییر پیدا کند چه اتفاقی برای رنگ‌های مورد نظر می‌افتد. (Wikipedia).

### 3-2-2-5- فضای رنگی HSV

مدل HSV مخفف رنگ H ، اشباع S و مقدار V (Hue, Saturation, Value) یا HSB که مخفف رنگ H ، اشباع S و درخشندگی B (Hue, Saturation, Brightness) است، یک فضای رنگی را تعریف می‌کند که در سه جزء متشکله‌ی زیر تعریف می‌شود:

Hue، نوع رنگ (همانند قرمز، آبی، یا زرد) را معرفی می‌کند. دامنه‌ها از 0-360 است (اما در برخی از کاربردها به 0 تا 100 درصد نرمالیزه شده است).



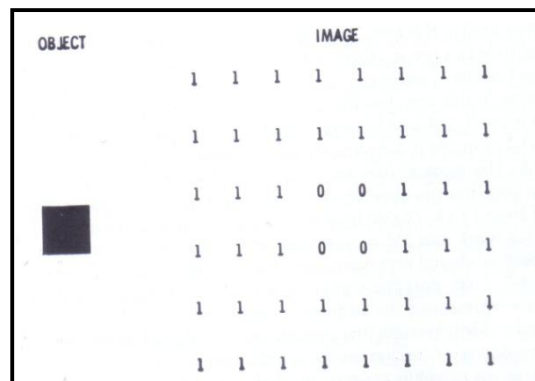
شکل 3-5 تغییرات 6 رنگ وابسته به تغییر درخشندگی (Luminance) در فضای رنگ HSL (Wikipedia).

Saturation، نماینده‌ی ارتعاش یا نوسان رنگ است. دامنه‌ها از 0 تا 100 درصد است. همچنین در مقایسه با کمیت‌های رنگ سنجی پاکی برانگیزش و خلوص کالریومتریک، گاهی اوقات پاکی یا خلوص هم خوانده می‌شود.

اشباع پائین یک رنگ، خاکستری بودن زیاد را ارائه می‌کند و رنگ مفقود شده‌ی زیادی ظاهر می‌شود، بنابراین برای تعریف عدم اشباع (desaturation) به عنوان معکوس اشباع مفید است. Value، مقدار درخشندگی رنگ را معرفی می‌کند. دامنه‌ها از 0 تا 100 درصد است. مدل HSL در سال 1978 توسط ری. اسمیت ایجاد شد. این یک تبدیل غیرخطی از فضای رنگی RGB است، و ممکن است در توالی رنگ استفاده شود. توجه شود که HSV و HSB یکی هستند، اما HSL متفاوت است (Wikipedia).

### 3-3- تعریف‌های اساسی در پردازش تصویر

یک تصویر دیجیتالی می‌تواند مانند ماتریسی از اعداد پیچیده باشد. منظره‌ی نمایش<sup>1</sup>، یک مربع سیاه روی پس‌زمینه‌ی سفید است. یک نمونه ساده از تصویر دیجیتال در شکل 3-6 نشان داده شده است.



شکل 3-6 یک نمونه‌ی ساده از تصویر دیجیتال

نمایش دیجیتالی منظره، یک نمونه از منظره‌ی پیوسته که در سطح شیء دیده می‌شود، است. هر نقطه در محدوده‌ی نمایش با یک منطقه از سطح شیء مطابقت می‌کند و یک ارزش دیجیتالی برای هر نقطه در تصویر دیجیتالی مشخص شده است که مربوط به شدت منطقه در سطح شیء است.

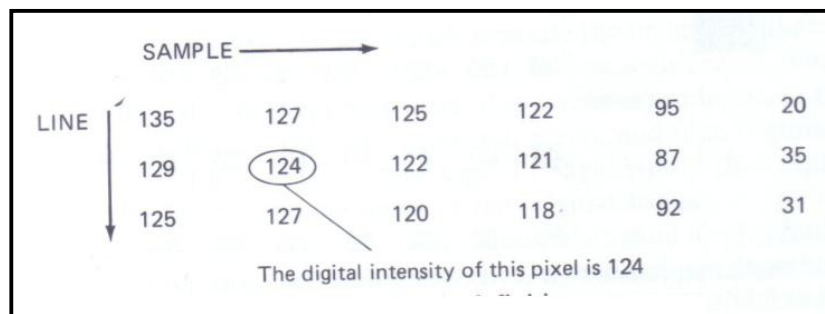
<sup>1</sup>scene

انتخاب‌های بسیاری در ایجاد نمایش دیجیتالی ویژه‌ی منظره دخالت دارد. یک تصمیم فرکانس نمونه برداری را که ارائه نمایش دیجیتالی منحصر به فردی از منظره واقعی پیوسته ایجاد می‌کند، شامل می‌شود.

یک فرکانس نمونه برداری بالاتر عناصر ماتریسی بیشتری را برای نمایش یک مربع با همان اندازه می‌تواند فراهم کند و یک فرکانس نمونه‌برداری پایین‌تر ممکن است به این معنا باشد که شیء با اندازه‌ی مربع سیاه نمی‌تواند در بازنمایی دیجیتالی همان صحنه آشکار شود.

تصمیم دوم مربوط به بازنمایی شدت داخل تصویر نمونه‌برداری شده می‌باشد. مربع سیاه، شدت بازنمایی برابر صفر دارد و شدت پس‌زمینه‌ی سفید در تصویر دیجیتالی توسط یک نشان داده می‌شود. شبیه‌سازی دیجیتالی که در آن یک بیت تکی برای نمایش شدت استفاده می‌شود، ممکن است در اولین نگاه جالب به نظر نرسد. برای این نوع شبیه‌سازی، گستره‌ی وسیعی از کاربردها وجود دارد. هر چند تصاویر اطلاعات اسناد معمولاً به وسیله‌ی یک بیت تکی برای شدت، دیجیتالی شده‌اند، بنابراین کاراکترها با شدت صفر ظاهر می‌شوند و پس زمینه با شدت یک دیجیتالی می‌شود.

شکل 7-3 بعضی شرایط اساسی استفاده شده در این متن برای ارائه‌ی اجزای یک تصویر دیجیتالی را نمایش می‌دهد.



شکل 7-3 یک ماتریس دو بعدی از اعداد، یک تصویر دیجیتالی نامیده می‌شود.

به منظور ایجاد درک عمیقی از شبیه‌سازی نمونه‌برداری شده، سطرهای ماتریس خطوط نامیده می‌شوند و ستون‌ها به عنوان نمونه‌ها، ارجاع داده می‌شوند. شماره‌ی خطوط در جهت سطر افزایش می‌یابد و شماره‌ی نمونه‌ها در جهت افزایش شماره‌ی ستون، افزایش می‌یابد. عناصر شرکت‌کننده‌ی منحصر به فرد در تصویر دیجیتالی به عناصر تصویر نسبت داده می‌شود. دو صورت اختصاری رایج برای این اصطلاح، پیکسل<sup>1</sup> و پل<sup>2</sup> می‌باشد. اصطلاح پیکسل در این متن استفاده می‌شود. ارزش دیجیتالی هر پیکسل که نمایان‌گر شدت است، در این متن به عنوان شدت دیجیتالی نسبت داده می‌شود. به طور متداول در این متن، شدت‌های دیجیتالی پایین نمایانگر شدت پایینی در منظره واقعی می‌باشند. در یک تصویر سیاه و سفید، یک شدت دیجیتالی صفر، به صورت سیاه نمایش داده می‌شود. شکل 3-8 شامل یک نمایش دیجیتالی متفاوت از همان پرده نشان داده شده در شکل 3-6 است.

OBJECT	IMAGE							
	255	255	255	255	255	255	255	255
	255	255	255	126	132	255	255	255
■	255	255	119	3	2	120	255	255
	255	255	123	2	4	119	255	255
	255	255	255	121	118	255	255	255
	255	255	255	255	255	255	255	255

شکل 3-8 مقادیر شدت دیجیتالی

مقادیر شدت دیجیتالی در دامنه‌ی 0 تا 255 قرار می‌گیرد. با صفر، سیاه و با 255، سفید نمایش داده می‌شود. اکثر سیستم‌ها بازنمایی دیجیتالی نمونه برداری شده از یک پرده را فراهم می‌کنند که

<sup>1</sup> pixel

<sup>2</sup> pel



درجه‌ی نویز تصادفی داخل تصویر نمونه برداری شده را مشخص می‌کند. اگر هیچ نویزی طی مراحل نمونه‌برداری آشکار نشود، مقادیر شدت دیجیتالی هر چهار پیکسل مربع سیاه، یکسان خواهد بود. سیستم‌های القا شده‌ی نویز تصادفی، باعث ایجاد یک نوسان تصادفی در شدت دیجیتالی متوسط می‌شود. این اثر می‌تواند هم توسط اجزاء الکترونیک سیستم و هم توسط فرآیند تبدیل آنالوگ به دیجیتال ایجاد شود که در تبدیل شدت‌های نور ورودی به مقدار شدت پیکسل دیجیتالی نمونه‌برداری شده درگیر شده است.

دومین تأثیری که می‌توان مشاهده کرد، کمبود یک انتقال سریع در تصویر دیجیتالی نمونه‌برداری شده، در لبه‌های مربع سیاه است. قدرت تفکیک بالای داخل تصویر دیجیتالی نمونه‌برداری شده، کمتر از قدرت تفکیک پرده‌ی پیوسته حقیقی خواهد بود.

پدیده‌ی کاهش فرکانس در هنگام نمونه‌برداری یک منظره، می‌تواند توسط هدف‌های تصویری که دارای مرزهایی با کنتراست شدید هستند و اندازه‌گیری پاسخ فرکانسی از روی مرزها، مشخص شود. ابتدا، خود فرآیند نمونه‌برداری است که باعث کاهش قدرت تفکیک به خاطر تلاش برای نمایش یک سیگنال پیوسته با یک مجموعه نقاط گسسته، می‌شود. دلیل دوم ممکن است بینایی باشد که در وسایل تصویری ویژه‌ای استفاده می‌شود که ممکن است به از دست‌دادن قدرت تفکیک کمک کند. در نتیجه فرآیند نمونه‌برداری نسبت به بینایی سیستم، عامل محدودکننده‌ای در ظرفیت قدرت تفکیک سیستم می‌باشد. فرکانس نمونه‌برداری بالاتر، تعریف دقیق‌تری از مرز با کنتراست بالا فراهم می‌کند. اثر کاهش قدرت تفکیک هنوز باقی می‌ماند ولی با یک فرکانس نمونه‌برداری بالاتر توانایی ارایه خدمات کمتری خواهد داشت. یک فرکانس نمونه‌برداری بالاتر، بازنمایی دیجیتالی بزرگ‌تری از همان پرده را نیز تولید می‌کند.

### 3-4- اصطلاحات علمی در پردازش تصویر

درک اصطلاحات ذیل در استفاده از این بخش به ما کمک می‌کند.

جدول 2-3 اصطلاحات علمی رایج در پردازش تصویر

اصطلاح	تعاریف
Binary image	یک تصویر که تنها دارای پیکسل‌های سیاه و سفید است. درمطلب یک تصویر دوسطحی (Binary) به صورت یک آرایه منطقی از صفر و یک نمایش داده می‌شود. (که معمولاً به ترتیب، بیانگر سیاه و سفید می‌باشند) برای نمایش یک تصویر باینری در حافظه، اغلب از نماد BW استفاده می‌شود.
Image type	روابط تعریف شده بین مقادیر آرایه و رنگ پیکسل‌ها. جعبه ابزار انواع تصاویر شاخص‌دار، دوسطحی و (intensity) و رنگی (RGB) را حمایت می‌کند.
Indexed image	یک تصویر که ارزش پیکسل‌های آن، شاخص‌های معطوف به یک نقشه رنگ (colormap) RGB هستند. در نرم افزار مطلب، یک تصویر شاخص‌دار (indexed) با یک آرایه از نوع uint8, uint16 یا دوتایی نمایش داده می‌شود. نقشه‌ی رنگ همیشه یک آرایه 3-by-m از نوع دوتایی است. اغلب از حرف X برای نمایش یک تصویر شاخص‌دار در حافظه و از نماد map برای نمایش نقشه‌ی رنگ استفاده می‌کنیم.
Intensity image	یک تصویر شامل مقادیر شدت (مقیاس خاکستری) است. در نرم افزار مطلب تصاویر شدتی با یک آرایه از نوع uint8, uint16 یا دوتایی بیان می‌شوند. در صورتیکه تصاویر شدتی بدون نقشه‌ی رنگ ذخیره شده باشند، مطلب از یک نقشه‌ی رنگ سیستمی برای نمایش آن‌ها استفاده می‌کند. اغلب برای نمایش تصاویر شدتی از نام متغیر I استفاده می‌کنیم. این عبارت مترادف با عبارت مقیاس خاکستری (grayscale) است.
Multiframe image	یک فایل تصویری که حاوی بیشتر از یک تصویر یا قاب (frame) است. در حافظه نرم افزار مطلب، یک تصویر Multiframe با یک آرایه D-4 نمایش داده می‌شود که بعد چهارم نمایانگر شماره قاب است. این عبارت مترادف عبارت تصویر multipage است.
RGB image	یک تصویر که هر پیکسل آن دارای سه مقدار است. که هر یک برای اجزای قرمز، سبز و آبی رنگ پیکسل‌ها است. در نرم افزار مطلب یک تصویر رنگی با یک آرایه 3-by-n-by-m از نوع uint8, uint16 یا دوتایی نمایش داده می‌شود. اغلب از نام متغیر RGB برای نمایش تصویر رنگی در حافظه استفاده می‌شود.
Storage class	یک نوع ذخیره سازی عددی که برای ذخیره سازی تصویر در نرم افزار مطلب استفاده می‌شود. کلاس‌های ذخیره سازی در مطلب، از نوع uint8, uint16 و دوتایی هستند.

uint16: اعداد صحیح بدون علامت 16 بیتی

uint8: اعداد صحیح بدون علامت 8 بیتی

### 3-5- مراحل پردازش تصویر

مراحل پردازش تصویر را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

- بدست آوردن و مدل‌سازی تصویر (دریافت تصویر ورودی).
- بهبود کیفیت تصویر و مشخص کردن مشخصه‌های متمایز (پیش‌پردازش تصویر).
- بازنگاری ویژگی‌های تصویری دلخواه یا استخراج مشخصه‌های مورد نظر از تصویر (پردازش تصویر).
- مقایسه داده‌های تصویر (آنالیز تصویر).

### 3-5-1- دریافت تصویر ورودی

در این مرحله تصویر از ورودی خوانده شده و وارد سیستم می‌گردد. تصویر ورودی می‌تواند بر روی ابزار ذخیره سازی بوده و یا از یک دوربین گرفته شود. تصاویر سنجش شده که از تعداد زیادی مربعات کوچک (پیکسل) تشکیل شده‌اند تصاویر رقومی نام دارند. بنابراین ماهیت داده‌های ما در پردازش تصویر، تصاویر رقومی می‌باشد. هر پیکسل دارای یک شماره رقمی<sup>1</sup> می‌باشد که بیانگر مقدار روشنایی آن پیکسل است. به این نوع تصاویر، تصاویر رستری هم می‌گویند. تصاویر رستری دارای سطر و ستون می‌باشند.

---

<sup>1</sup> Digital Number

### 3-5-2- پیش پردازش تصویر و بهبود کیفیت تصویر

اهداف کلی این مرحله را می توان ارتقا تصویر و حذف مولفه های غیر ضروری از تصویر دانست. به عنوان مثال وجود لکه روی تصویر و یا مثلا عناصری که در پردازش بکار نمی آیند. این عناصر و مولفه های غیر ضروری قبل از پردازش تصویر باید با استفاده از تکنیک های پردازش تصویر حذف شوند.

### 3-5-2-1- پیش پردازش تصویر

این روش ها به دو گروه عمده ی خطی و غیر خطی تقسیم می شوند. روش های خطی شامل آگوریتیم-هایی چون تبدیل فوریه، کانولوشن و تشخیص لبه است. گروه دوم عملیات سطح بالاتری چون ریخت شناسی و تابع ژنریک فرسایش را دربر می گیرد. از نظر عملیات بر روی تصویر تبدیلات به دو دسته ی نقطه ای و گروهی تقسیم می شوند. در گروه نقطه ای همه ی عملیات پیکسل به پیکسل انجام می شود. در این گروه مقدار اصلاح شده ی یک پیکسل فقط وابسته به مقدار اولیه ی همان پیکسل است. اما در نوع گروهی پیکسل های همسایه نیز در مقدار اصلاح شده یک پیکسل تاثیر دارند. معمولا 9 نقطه به شکل یک مربع و یا 7 نقطه به صورت یک لوزی حول یک پیکسل مورد اصلاح در نظر گرفته می شود. همه ی این روش ها منجر به ساده سازی داده های خام و بیرون کشیدن اطلاعات سطح بالا از آن می شود.

### 3-5-2-2- بهبود کیفیت تصویر

عملیات زیر طی فرآیند بهبود کیفیت تصویر انجام می گیرد :

نمایش لبه ها، رنگ نما، بهبود وضوح، فیلتر کردن، افزودن و بزرگ نمایی، ترمیم اثرات عوامل دخیل، تغییر سیستم سطح خاکستری و بهبود کنتراست.

### 3-5-3- پردازش و تحلیل تصویر

گام سوم پردازش تصویر بیرون کشیدن اطلاعات سمبولیکی است که یک پدیده را به صورت کمی توصیف می‌کند، مثل تعداد، جهت، اندازه و هیستوگرام و یا مشخصات پیچیده‌ای چون ناحیه‌ی گراف‌ها و درخت را نشان می‌دهد. هدف کلی در این مرحله شناسائی ویژگی‌هایی از تصویر است که بتوان از آنها استفاده کرد. به عنوان مثال شناسائی زون‌های ویژه و انحنایها از جمله ویژگی‌هایی هستند که در پردازش تصاویر ماهواره‌ای بدست می‌آیند.

به طور کلی نوع نمایش انتخابی بستگی به سطح اطلاعات مورد نیاز برای تفسیر تصویر دارد. به عنوان مثال رباتی که داخل یک توقف‌گاه در حال حرکت است، اطلاعاتی که به ما می‌دهد مشابه با دوربینی که برد مدار چاپی را مورد بررسی قرار می‌دهد تا خرابی آن را پیدا کند، نیست. مورد اول نقشه‌ی زمان واقعی توقف‌گاه و فهرستی از موانع را نیاز دارد ولی مورد دوم فقط باید پاسخ قبول و یا رد بدهد.

### 3-5-4- آنالیز و تعبیر تصویر

آخرین گام در پردازش تصویر تعبیر کردن تصویر است. به عنوان مثال در تصویر یک خیابان یا توقف‌گاه نشان دادن وضعیت ترافیکی و یا تعداد خودرو متوقف شده هدف از تعبیر تصویر است. بعضی وقت‌ها تعبیر تصویر نیاز به الگوریتم‌های پیچیده فازی و عصبی دارد.

در این مرحله با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده به آنالیز تصویر می‌پردازیم. به عنوان مثال پس از شناسائی زون‌های خاص دگرسانی و محل‌های مختلف انحنا و یا مثلا زمین‌ها و آب‌های شور در سیستم پردازش تصاویر ماهواره‌ای سعی می‌کنیم ناحیه‌ی متناظر با تصویر ماهواره‌ای را در سطح زمین پیدا کنیم. آنالیز تصویر عموماً از تکنیک‌های هوش مصنوعی همچون شبکه‌های عصبی، درخت‌های تصمیم، کلاس‌بندی و ... استفاده می‌کند.

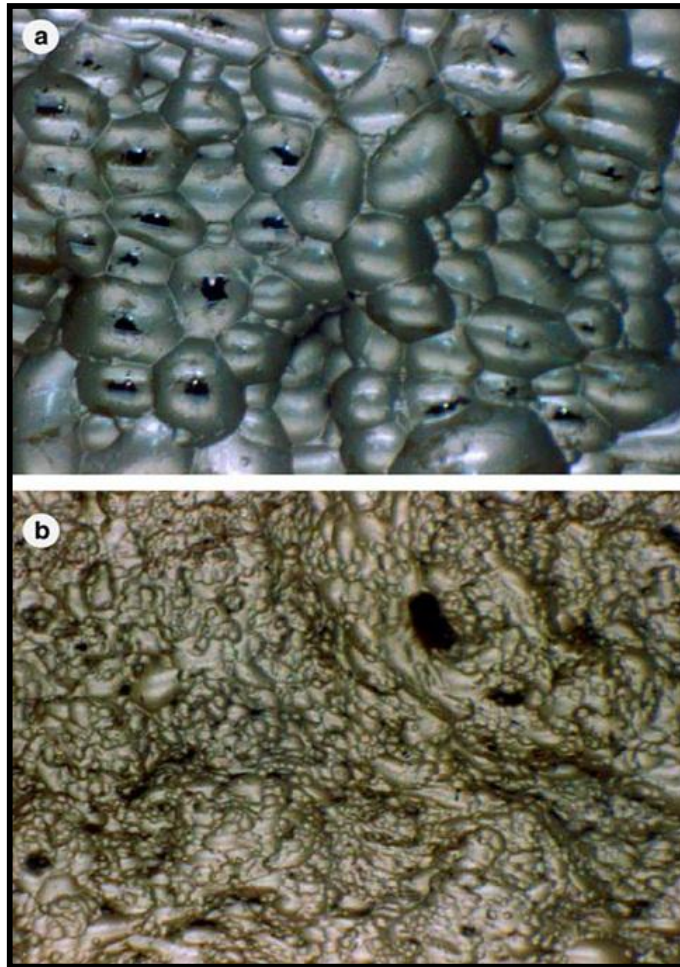
### 3-6- کاربرد پردازش تصویر

امروزه تکنیک پردازش تصویر در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد از جمله در: علوم زمین و اکتشاف ذخایر مواد معدنی، باستان‌شناسی، کنترل صنعتی، هواشناسی، رباتیک، مهندسی پزشکی، گرافیک کامپیوتری، سیستم‌های دفاعی و....

#### 3-6-1- برخی از کاربردهای موردی پردازش تصویر در زمینه‌ی مهندسی معدن

- نظارت بر حرکات دیواره‌ی معادن زیر زمینی با استفاده از پردازش تصویر
- استفاده از پردازش تصویر در مراحل سنگ‌جوری و جدایش در بحث فرآوری مواد معدنی
- تعیین درجه‌ی آزادی و دانه‌بندی کانی‌ها در فرایند فرآوری مواد معدنی

برای کنترل میزان کف فلوتاسیون و درصد حباب‌ها و کیفیت آنها که امری بسیار مهم در فرآیند فلوتاسیون می‌باشد از یک سیستم ماشینی پردازش تصویر استفاده می‌شود. روشی بنام آنالیز تصویر چندمتغیره چندوضوحی (MR-MIA) برای مانیتورینگ<sup>1</sup> کف فلوتاسیون بطور اتوماتیک بکار می‌رود (جی.جی.لیو<sup>2</sup> و همکاران، 2004).



شکل 3-9 مانیتورینگ کف فلوتاسیون بطور اتوماتیک جهت پردازش تصویر (جی.جی.لیو و همکاران، 2004)

---

<sup>1</sup> monitoring

<sup>2</sup> J.J. Liu

### 3-6-2- کاربرد پردازش تصویر در علوم زمین و اکتشاف ذخایر مواد معدنی

- پردازش تصویر در مقیاس ماکروسکوپی

- پردازش تصویر در مقیاس میکروسکوپی

در مقیاس ماکروسکوپی با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای در رشته‌ها و مطالعات مختلف از پردازش تصویر بهره می‌گیرند. امروزه کمتر مطالعه‌ای در زمینه زمین‌شناسی و اکتشاف در نقاط مختلف جهان بدون بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای انجام می‌شود. تفسیر داده‌های رقومی ماهواره‌ای منابع زمینی در طول موج‌های مختلف و قدرت تفکیک گوناگون و در پاره‌ای از آنها با نفوذ در عمق کمی از رسوبات سطحی با بکارگیری نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای ویژه پردازش این داده‌ها (Image Processing) می‌تواند در حل مسائل زمین‌شناسی کمک بسیار ارزنده‌ای نماید.

### 3-6-3- موارد استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای

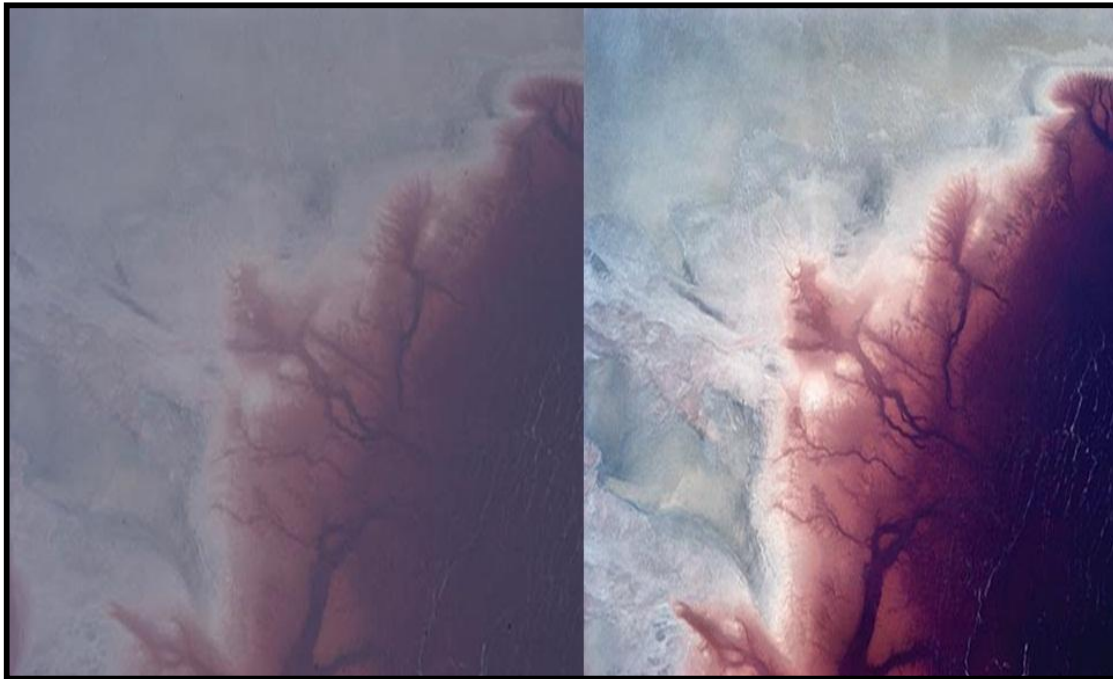
1. تهیه نقشه‌های موضوعی (Thematic map) مانند نقشه‌های بیرون‌زدگی سنگ‌ها، زمین‌شناسی ساختمانی، محدوده‌های دگرسان، ژئومورفولوژی کاربردی و...
2. تهیه نقشه‌ی زمین‌شناسی در مقیاس‌های مختلف و به‌هنگام کردن نقشه‌های موجود
3. اکتشاف معدنی در رسوبات آبرفتی کواترنر بر اساس منشاء تشکیل آنها
4. اکتشاف منابع معدنی به صورت بررسی موقعیت زمین‌شناسی معادن شناخته‌شده و کشف وضعیت‌های مشابه در نواحی دیگر، شناسایی افق‌ها و عدسی‌های مواد معدنی در سنگ‌های رسوبی، شناخت مناطق دگرسانی که معمولاً با تمرکز مواد معدنی همراه هستند و شناسایی مواد معدنی با بازتاب‌های نوری ویژه
5. مطالعات ساختاری منطقه‌ای و شناخت گسل‌های فعال به ویژه در دشت‌های با پوشش نازک و تهیه نقشه خطواره‌ها با مقیاس‌های مختلف



6. اکتشاف منابع آب‌های زیر زمینی در مناطق کویری و پوشیده از رسوبات بادی و آبرفتی

7. مطالعات منطقه‌ای برای انتخاب سایت‌های هسته‌ای، سدها، تونل‌ها و ...

شکل 3-10 یک تصویر ماهواره‌ای از مصب یک رودخانه را قبل و بعد از پردازش نشان می‌دهد.



شکل 3-10 تصویر ماهواره‌ای از مصب یک رودخانه را قبل و بعد از پردازش. عکس سمت چپ قبل از پردازش و عکس سمت راست بعد از پردازش را نشان می‌دهد.

## فصل چهارم

---

### روش کار

---

#### 4-1- مقدمه

مطالعات کانی‌شناسی یکی از مهم‌ترین مراحل در روند اکتشاف هر گونه ماده‌ی معدنی است. بسیاری از خصوصیات یک ماده‌ی معدنی را فقط با بررسی کانی‌شناختی آن ماده‌ی معدنی می‌توان بدست آورد. مطالعه‌ی ساخت و بافت کانی‌ها سابقه‌ی بسیار طولانی دارد. بیش از 100 سال است که میکروسکوپ برای بررسی کانی‌ها استفاده می‌گردد. تشخیص مشخصه<sup>1</sup> بوسیله‌ی پردازش تصویر عموماً بر برخی پارامترهای آماری مستقل از آنالیز تصویر تکیه دارد. تکنیک‌های آنالیز تصویر دیجیتال برای مقاطع نازک سنگی به‌طور گسترده‌ای بر استفاده از گرادیان‌های سطح خاکستری برای شناسایی مرزهای دانه‌بندی بنا نهاده شده است .

میکروسکوپ پلاریزان یک وسیله‌ی اساسی است که توسط خیلی از زمین‌شناسان برای شناسایی کانی‌ها، تخمین اندازه دانه یا شکل دانه و برای بدست‌آوردن درصد مودال کانی‌ها در مقطع نازک بکار گرفته شده است. متأسفانه، استفاده از سیستم‌های پردازش تصویر برای بدست‌آوردن این داده‌ها محدود بوده است (سامانتاری<sup>2</sup> و استارکی<sup>3</sup>، 1993 و فابری<sup>4</sup>، 1984). در نور پلاریزه‌ی متقاطع نمایش رنگ اینترفرانس بستگی به نوع کانی، جهت‌یابی شاخص دانه نسبت به پلاریزرها و ضخامت مقطع نازک دارد.

---

<sup>1</sup> feature

<sup>2</sup> Samantaray

<sup>3</sup> Starkey

<sup>4</sup> Fabbri

این روش را برای کنترل تعدادی از مسائل پترولوژیکی معمول همانند شناسائی مرزهای دانه‌بندی، شناسائی شکستگی‌ها و شناسایی حفرات مورد استفاده قرار می‌دهیم (بوگوسلاو اوبارا<sup>1</sup>، 2006). بسیاری از پارامترهای مربوط به کانی‌شناسی را می‌توان با دقت و صحت بالا با استفاده از تکنیک پردازش تصویر تعیین کرد.

ترکیبی از تکنیک‌های پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی رادیال پایه می‌تواند برای مرتب‌نمودن و طبقه‌بندی کانسارها مورد استفاده قرار بگیرد (ویرندرا سینگ<sup>2</sup> و اس. موهان رائو<sup>3</sup>، 2005).

می‌توان از طریق تست‌های گوناگون رفتار ذرات خاک را در هنگام جابجایی‌های با مقیاس خیلی کوچک مورد تحلیل قرار داد (گا ژنگ<sup>4</sup>، دونگ فنگ لیانگ<sup>5</sup>، جیان مین ژنگ<sup>6</sup>، 2006).

با بررسی و شناسایی همگنی سطح خاکستری در نواحی گسسته می‌توان به پردازش تصاویر بلورهای پلاژیوکلاز در مقطع نازک پرداخت (جان وی. اسمیت<sup>7</sup>، ایبرهارد بیرمن<sup>8</sup>).

با استفاده از تصویربرداری نور قطبی‌شده و رهگیری سطح خاکستری می‌تواند ذرات کانسارهای مختلف را آنالیز نمود (اریک پیرارد<sup>9</sup>، سوفیه لیبچات<sup>10</sup> و ویلیام کریر<sup>11</sup>، 2007). با ترکیبی از تکنیک-

---

<sup>1</sup> Boguslaw Obara

<sup>2</sup> Veerendra Singh

<sup>3</sup> S. Mohan Rao

<sup>4</sup> Ga Zhang

<sup>5</sup> Dongfang Liang

<sup>6</sup> Jian-Min Zhang

<sup>7</sup> John V. Smith

<sup>8</sup> Eberhard Beermann

<sup>9</sup> Eric Pirard

<sup>10</sup> Sophie Lebichot

<sup>11</sup> William Krier

های شبکه‌ی عصبی و روش‌های پردازش تصویر می‌توان بافت‌های کربناته را شناسایی نمود (روبرتو مامو و همکاران<sup>1</sup>، 2004).

شکل 1-4 یک سیستم پردازش تصویر را همراه با برخی از پارامترهای قابل استخراج توسط این تکنیک نشان می‌دهد.



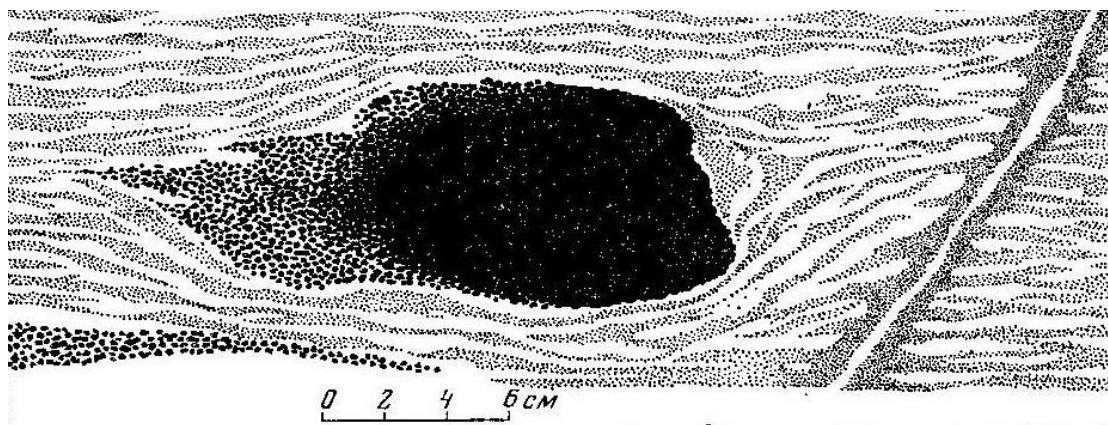
شکل 1-4 یک سیستم پردازش تصویر را همراه با برخی از پارامترهای قابل استخراج توسط این تکنیک.

<sup>1</sup> Roberto Marmo

هدف اصلی در این تحقیق شناسایی و ردیابی عدسی‌ها و رگه‌های کرومیت قطع شده و یا گم شده در فرآیند استخراج در کانسار کرومیت فاریاب می‌باشد. معمولاً کرومیت در زمان تشکیل به آرامی در درون اتاقک ماگمایی تشکیل می‌گردد. بنابراین در این مرحله کرومیت و طرز قرار گیری آن از سیستم گسل پیروی نمی‌کند (بر عکس بعضی دیگر از کانسارها مثل طلای اپی‌ترمال که کاملاً از سیستم گسل منطقه در زمان تشکیل پیروی می‌کند). بنابراین هدف اصلی در این تحقیق پی‌جویی و اکتشاف رگه‌ها و عدسی‌هایی که از کرومیت می‌باشد که در اثر فرآیندهای ثانویه همانند فرآیندهای تکتونیکی هم در مقیاس ماکروسکوپی و هم در مقیاس میکروسکوپی بر روی کرومیت تاثیر گذار بوده‌اند. کانی‌سازی کانسارهای کرومیت همیشه با شرایط پیچیده‌ی موقعیتی و تغییرات وسیع در مشخصه‌های تیپومورفیک همراه است (وی.وی. باختروف<sup>1</sup>، 2005). کرومیت بعد از تشکیل تحت تاثیر نیروهای مختلف قرار می‌گیرد. شکل 4-2 یک توده یا یک انبانه‌ی کرومیت را در میان سنگ‌های اولترابازیک نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که چگونه نیروهای تکتونیکی در مقیاس ماکروسکوپی تاثیر خود را بر روی انبانه‌های کوچک کرومیت در این مقیاس تاثیر می‌گذارند. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد سنگ‌های میزبان کرومیت دارای یک روند خاصی هستند و دارای جهت-یافتگی مشخصی می‌باشند. اما به طور ناگهانی در مرز گسل جهت‌یافتگی تغییر یافته و روند قرارگیری دانه‌های کرومیت را به کلی عوض می‌شود.

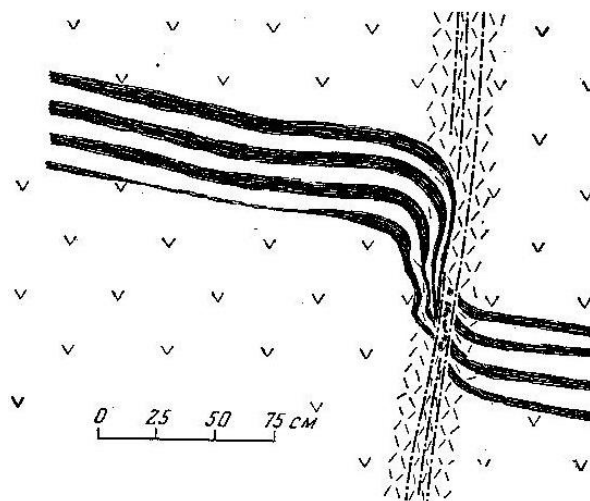
---

<sup>1</sup> V. V. Bakhterev



شکل 2-4 تاثیر پذیری انبانه‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی (کرافچنکو<sup>1</sup>، 1996)

رگچه‌های کرومیت نیز تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی قرار گرفته (شکل 3-4) و این مساله بیان‌گر تغییر روند رگچه‌های کرومیت در اثر گسل خوردگی‌های کوچک می‌باشد.

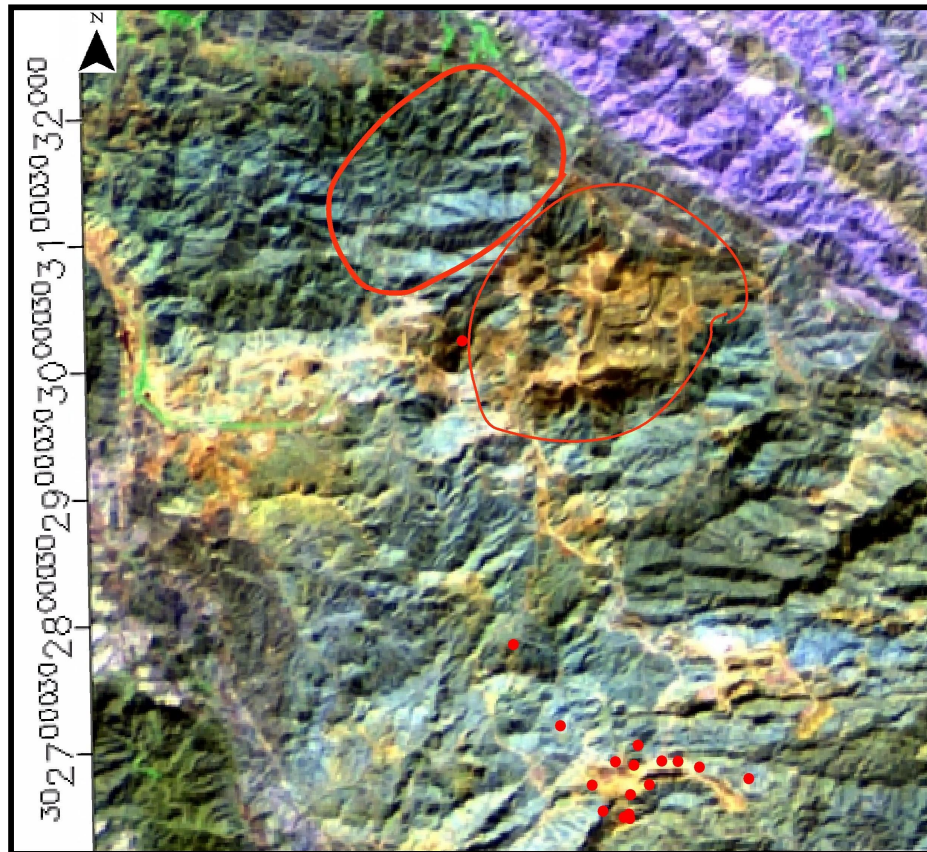


شکل 3-4 تاثیر پذیری رگچه‌های نازک کرومیت از نیروهای تکتونیکی در مقیاس کوچک (کرافچنکو، 1996)

<sup>1</sup> Kravchenko G. G

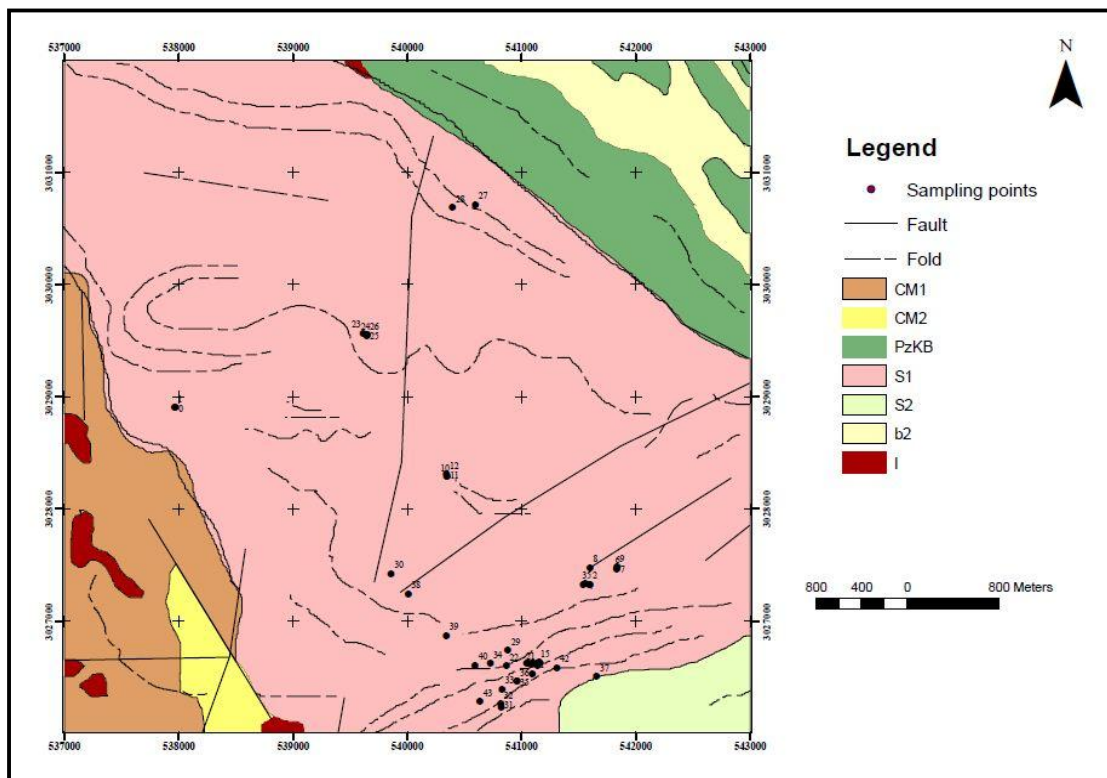
#### 4-2- شرح مراحل کار

در ابتدا از کانه یا سنگ حاوی کانه کرومیت و در برخی موارد از سنگ میزبان کرومیت یعنی دونیت در محل معادن مختلف (بخصوص معادن عزت و رضا) معدن کرومیت فاریاب نمونه‌برداری و یا مغزه-گیری گردیده است. به دلیل اهمیت معدن رضا و عزت از لحاظ اکتشافی نسبت به دیگر معادن واقع در کانسار بیشترین نمونه‌های ما از این دو معدن انتخاب گردیده‌اند. شکل 4-4 عکس ماهواره‌ای موقعیت کانسار کرومیت و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در معادن رضا و عزت را نشان می‌دهد. هم-چنین شکل 4-5 نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی کانسار و موقعیت نقاط مغزه‌گیری را به نشان می‌دهد.



شکل 4-4 عکس ماهواره‌ای محدوده‌ی کانسار کرومیت فاریاب و محل‌های نمونه‌برداری در معادن عزت و رضا (گزارشات و منابع موجود در شرکت معادن فاریاب، 1387)





شکل 4-5 نقشه‌ی زمین‌شناسی محدوده‌ی کانسار کرومیت فاریاب و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در معادن رضا و عزت (نقشه برگرفته از گزارشات و منابع موجود در شرکت معادن فاریاب، 1387)

برای مغزه‌گیری از یک دستگاه مغزه‌گیر قابل حمل استفاده گردیده است. شکل 4-7 دستگاه مغزه‌گیر دستی را نشان می‌دهد.

در این روش از مت‌هایی استفاده می‌گردد که قطر داخلی آن 25 میلی‌متر و طول آنها 15 سانتیمتر که در قسمت انتهایی به سرمت‌های الماسه منتهی می‌گردند.

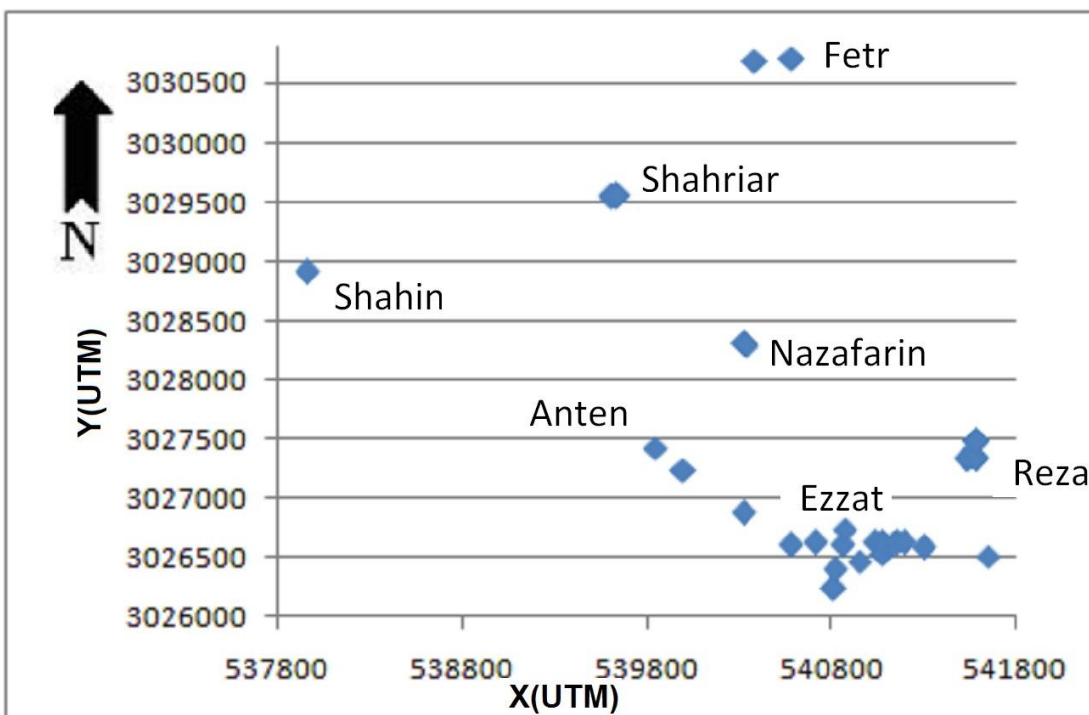
از آنجا که برای تفسیر برخی پارامترهای کانی‌شناسی (مثل مطالعه جهت غالب قرارگیری دانه‌های یک کانی خاص در مقطع) مقاطع صیقلی اطلاع از آرایش جغرافیایی از درجه‌ی اهمیت خاصی برخوردار است، در زمان مغزه‌گیری با وسایل و ابزار مخصوصی که در اختیار بوده (شکل 4-9) آرایش جغرافیایی (جهت و امتداد جغرافیایی و شیب قرارگیری مغزه) در محل اولیه ثبت گردیده است و همین مساله در دیگر مراحل نیز (اعم از برش مغزه‌ها و تهیه‌ی مقطع صیقلی) کاملاً رعایت گردیده است.

مسالهی رعایت آرایش جغرافیایی از این جهت مهم می‌باشد که این نمونه‌ها بعداً ممکن است در مطالعات دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرند. به منظور نمونه‌برداری با این دستگاه انتخاب محل مناسب برای حفاری، رخنمون مناسب، عدم یا حداقل میزان دگرسانی، و حداقل میزان درزه و شکاف از جمله موارد مهمی هستند که باید در نظر گرفته شوند. آنگاه نظر به اینکه رعایت آرایش جغرافیایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد محل مورد نظر حفاری و علامت‌گذاری باید به گونه‌ای باشد که اگر در حین حفاری مغزه شکسته شد بتوان آن را به آرایش جغرافیایی مورد نظر برگرداند. حفاری معمولاً باید به صورت قائم انجام شود ولی در صورتی که حفاری به صورت قائم امکان پذیر نباشد، حفاری به صورت مایل انجام می‌گردد. حفاری را باید به گونه‌ای انجام داد تا حداقل طول مفید مغزه حدود 5 سانتیمتر باشد. وقتی حفاری تمام شد، اگر نمونه شکسته یا جابجا شده باشد به حالت اولیه بازگردانده می‌شود و در ضمن از آب و گل و لای ناشی از حفاری تمیز می‌گردد، برای این کار می‌توان از چسب-های قطره‌ای استفاده کرد. سپس لوله‌ی مسی که در بالای آن یک صفحه پلاستیکی شفاف یا چوبی تعبیه شده است، به داخل محل حفاری فرو برده شده، با چرخاندن لوله‌ی مسی، تراز موجود بر روی آن را به حالت افقی در آورده می‌شود. در این حالت شیب و جهت شیب صفحه پلاستیکی یا چوبی مذکور را به وسیله کمپاس محاسبه یا قرائت نموده و به کمک یک فلش بر روی قسمت فوقانی مغزه تصویر نموده می‌شود. سپس مغزه را به کمک یک نیم لوله از محل خود خارج نموده و به کمک یک نیم لوله مسی دیگر، اثر دو انتهای فلش را بر روی بدنه مغزه ترسیم می‌گردد. در جهت نوک فلش هاشورهایی را به خط اضافه نموده به طوری که زاویه حاده بین هاشورها و خط مزبور به سمت بخش فوقانی مغزه باشد. مراحل ابتدائی نمونه‌برداری برای تهیه مغزه در شکل 4-8 نشان داده شده است. اکنون نمونه مغزه بدست آمده یک نمونه جهت‌دار می‌باشد، شماره نمونه بر بدنه ثبت می‌گردد. مختصات جغرافیایی، شیب و جهت شیب (که به فلش ارتباط پیدا می‌کند) و یا سایر توضیحات یا توصیفات سنگی در دفترچه یادداشت می‌گردد. معمولاً از هر ایستگاه حداقل دو مغزه تهیه می‌گردد. معمولاً فاصله‌ی بین محل‌های حفاری شده چندین متر می‌باشد. از آنجا که مغزه‌ها از معادن مختلف

در داخل کانسار کرومیت فاریاب تهیه گردیده است، برای نام‌گذاری مغزه‌های مربوط به هر معدن یک نام اختصاری انتخاب گردیده است. همان گونه که قبلاً اشاره شد، کانسار کرومیت فاریاب شامل معادن عزت، رضا، امیر، شهریار، شاهین، نازآفرین، فطر، سدروک و چند معدن دیگر می‌باشد. در علامات اختصاری که انتخاب گردیده قسمت اول نشان دهنده‌ی نام معدن، قسمت دوم معرف نقطه‌ی نمونه برداری در داخل معدن و قسمت سوم نشان دهنده‌ی شماره‌ی مقاطع مختلف از یک مغزه می‌باشد. مغزه‌ها با حروف و اعداد انگلیسی از هم تفکیک می‌گردند (مثلاً RZ8-D , EZ-A-1). بنابراین برای معدن عزت علامت EZ، برای معدن رضا علامت RZ، برای معدن شهریار SHR، برای فطر FET، برای شاهین FSH، و برای معدن نازآفرین علامت NAZ انتخاب گردیده است. مثلاً EZ-C-2 نشان دهنده‌ی یکی از مقاطع صیقلی تهیه شده از مغزه‌ی گرفته شده در نقطه‌ی C واقع در داخل معدن عزت می‌باشد. قابل ذکر است که علامت EZ-CAN مشخص کننده‌ی نمونه‌ی واقع در محل کانکس در معدن عزت می‌باشد. هر ایستگاه معرف یک تا دو کیلومتر مربع از رخنمون توده‌های نفوذی می‌باشد. البته هر چه این محدوده کمتر باشد دقت کار بیشتر خواهد بود. وقتی حفاری قائم باشد، فقط جهت شمال بر روی سطح فوقانی مغزه مشخص می‌گردد و در کنار آن حرف N یا عدد صفر نوشته می‌شود. برای مثال در دفترچه یادداشت در کنار شماره نمونه می‌نویسیم: EZ-A و 000/90. مغزه‌های تهیه شده به کارگاه سنگ‌بری منتقل گردیده و هر مغزه به قطعاتی با طول 22 میلی‌متر برش داده شده است. معمولاً از هر مغزه 2 تا 4 قطعه 1 بدست می‌آید. در حین برش باید توجه داشت که ترتیب قرارگیری قطعات به هم نخورد و قطعات از بالا به پائین با اندیس 1, 2, 3, 4 و ... مشخص گردند، به عنوان مثال اگر نمونه ای دارای برچسب EZ-A باشد قطعات آن پس از برش با شماره های زیر ثبت می‌گردند:

EZ-A-1, EZ-A-2, EZ-A-3, EZ-A-4

شکل 4-6 نقشه‌ی نقاط نمونه‌برداری در معادن مختلف در کانسار کرومیت فاریاب را نشان می‌دهد. از آنجا که مختصات محل مغزه‌گیری در تمام نقاط توسط GPS در محل ثبت می‌گردد، بنابراین برای ترسیم این نقشه از مختصات UTM نقاط استفاده می‌گردد. این نقشه برای بیش از 150 مغزه در معادن و محل‌های مختلف کانسار رسم گردیده است. نظر به اینکه بعضی از مغزه‌ها برای تهیه‌ی مقطع صیقلی مناسب نمی‌باشند تمام 150 مغزه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.



شکل 4-6 محدوده‌ی کانسار کرومیت فاریاب و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در معادن مختلف در داخل کانسار

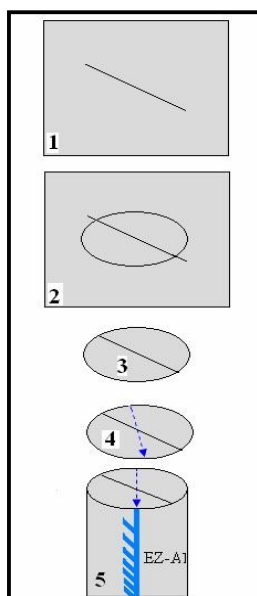
در جدول 4-1 مشخصات و مختصات نمونه‌هایی که در این کارمورد استفاده قرار گرفته‌اند آورده شده است. با توجه به اینکه در این کانسار سنگ میزبان دونیت می‌باشد در ستون مربوط به جنس نمونه در جدول زیر تمام نمونه‌های برداشت‌شده کرومیت نبوده و برخی از آنها دونیت می‌باشند.

جدول 1-4 مشخصات نمونه‌های استفاده شده در این تحقیق

Cr or gang?	samples	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)	Cr or gang?	samples	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)
Px	ANT	539853	3027423	1023	Du	SHR-A-1	539607	3029539	995
Cr	EZ-A-1				Du	SHR-A-2			
Cr	EZ-A-2	541155	3026625	880	Du	SHR-A-3			
Cr	EZ-B-1				Cr	SHR-B-1	539642	3029551	970
Cr	EZ-B-2				Cr	SHR-B-2			
Cr	EZ-B-3	541149	3026635	883	Cr	SHR-B-3			
Cr	EZ-C-1	541196	3026626	885	Cr	SHR-C-1	539638	3029547	968
Cr	EZ-C-2				Cr	SHR-C-2			
D	EZ-C-3				Cr	SHR-C-3			
Cr	EZ-CAN-1	540864	3026602	906	Cr	SHR-C-4			
Cr	EZ-D-1	539646	3029564		Du	SHR-D-1	539646	3029564	984
Cr	EZ-D-2				Du	SHR-D-2			
Cr	EZ-D-3				Du	SHR-D-3			
Cr	EZT-CAN-1-1				Du	RZ4-A-1	541591	3027328	986
Cr	EZT-CAN-1-2				Du	RZ4-A-2			
Cr	EZT-CAN-1-3				Du	RZ4-A-3			
Cr	EZT-CAN-3-1	540845	3026599	933	Du	RZ4-B-1	541587	3027324	983
Cr	EZT-CAN-3-2				Du	RZ4-B-2			
Cr	EZT-CAN-3-2				Du	RZ4-B-3			
Cr	EZT-CAN-3-3				Cr	RZ4-C-1	541550	3027336	910
Cr	EZT-E-1	541051	3026628	890	Cr	RZ4-C-2			
Cr	EZT-E-2				Du	RZ4-D-1	541535	3027329	898
Cr	EZT-F-1	541041	3026628	889	Du	RZ8-A-1	541824	3027462	882
Cr	EZT-G-1	541100	3026620	906	Du	RZ8-A-2			
Cr	EZT-G-2				Du	RZ8-B-1	541827	3027480	881
Cr	EZT-G-3				Du	RZ8-B-2			
Cr	EZT-H-1	541086	3026622	910	Du	RZ8-B-3			
Du	EZT-I-1	541080	3026613	893	Du	RZ8-C-1	541593	3027474	925
Du	EZT-I-1				Du	RZ8-C-2			
Du	EZT-I-2				Cr	RZ8-D1	541824	3027476	879
Du	EZT-I-2				Cr	RZ8-D-1			
Du	EZT-J-1	541081	3026607	880	Cr	RZ8-D-2			
Du	EZT-J-2				Cr	RZ8-D-2			
Du	EZT-J-3				Cr	RZ8-D-3			
Du	FET-A	540590	3030710	761	Cr	RZ8-D-3			
Du	FET-B-1	540594	3030687	755	Cr	NAZ-A-1	540339	3028290	947
Du	FET-B-2				Cr	NAZ-A-2			
Cr	FSH-A-1	537964	3028910	797	Cr	NAZ-A-3			
Cr	FSH-A-2				Cr	NAZ-B-1	540342	3028292	945
Du	FSH-B-1	537960	3028903	791	Cr	NAZ-B-2			
Du	FSH-B-2				Du	NAZ-C-1	540336	3028310	925
Du	FTA-A-1				Du	NAZ-C-2			
Du	FTA-A-3				Du	NAZ-C-3			



شکل 4-7 دستگاه مغزه گیر دستی و قابل حمل جهت مغزه گیری



شکل 4-8 مراحل ابتدائی نمونه برداری برای تهیه مغزه 1- ترسیم خط مستقیم بر روی محلی که باید حفاری صورت گیرد؛ 2- حفاری روی خط ترسیم شده بر روی زمین؛ 3- مغزه بدست آمده از حفاری؛ 4- مشخص ساختن جهت شیب بر روی سطح بالایی مغزه؛ 5- ترسیم هاشور بر روی بدنه مغزه.



شکل 9-4 ابزار طراحی شده برای ثبت شیب و جهت جغرافیایی مغزه در محل نمونه گیری

شکل 10-4 نحوه‌ی اندازه گیری شیب و امتداد جغرافیایی قرارگیری مغزه در محل و شکل 11-4 نیز

مغزه‌ی تهیه شده از کانسنگ کرومیت را نشان می‌دهد.



شکل 10-4 ثبت شیب و جهت جغرافیایی قرارگیری مغزه در محل نمونه برداری



شکل 11-4 مغزه ی تهیه شده از کرومیت

شکل 11-4 دستگاه برش مغزه ی واقع در آزمایشگاه تهیه ی مقطع و شکل 12-4 هم مقطع صیقلی تهیه شده را نشان می دهد.



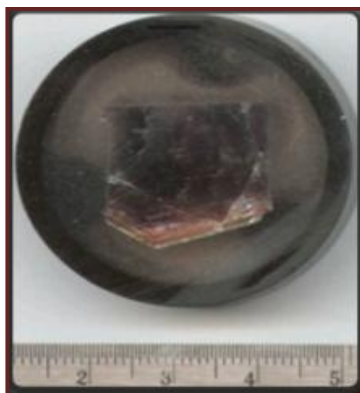
شکل 12-4 دستگاه برش مغزه واقع در آزمایشگاه تهیه ی مقطع

از مغزه های بدست آمده پس از برش (شکل 12-4) در اندازه های مشخص (حدود 22mm) نام گذاری (شکل 13-4) و سپس مقاطع صیقلی تهیه گردید (شکل 14-4) و توسط میکروسکوپ های پلاریزان متصل به کامپیوتر مطالعه و عکس برداری گردید (شکل 15-4).





شکل 4-13 نام‌گذاری مغزه‌ها بلافاصله بعد از برش آنها



شکل 4-14 مقطع صیقلی تهیه شده از کرومیت

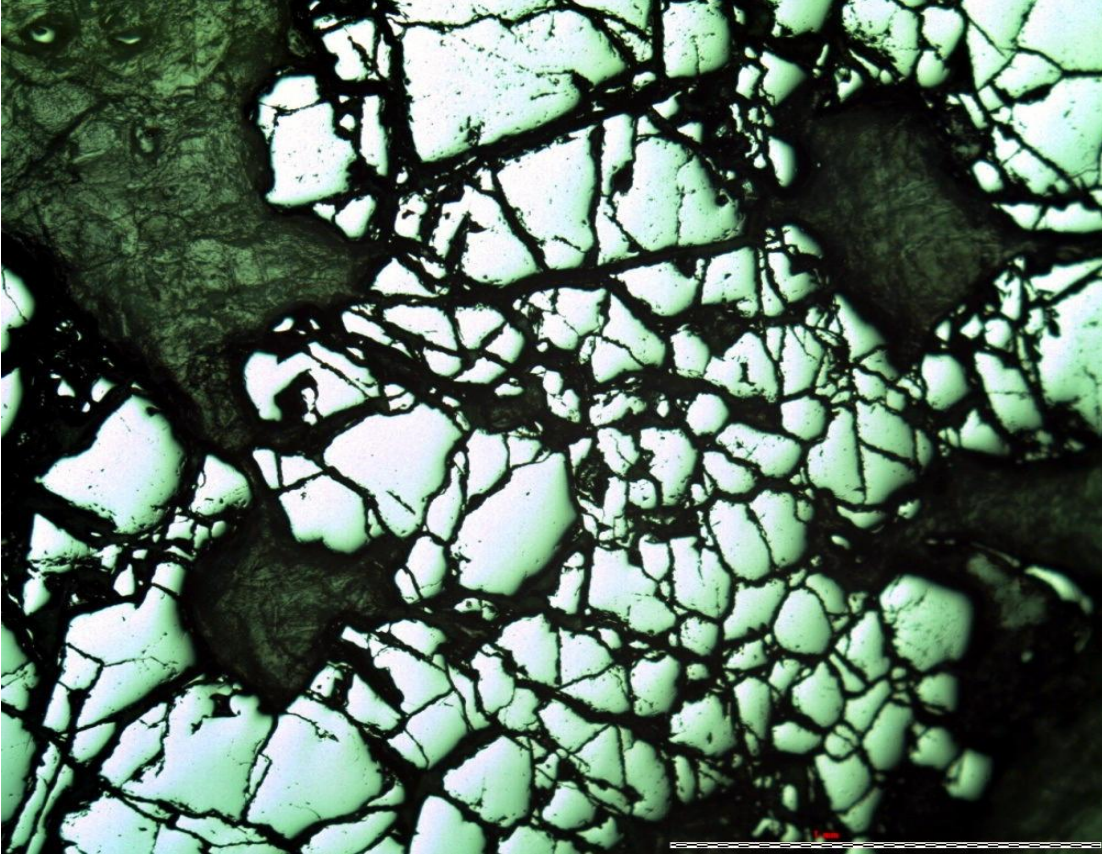
#### 4-3- تصویر برداری از مقاطع صیقلی

برای عکس‌برداری یا تهیه‌ی عکس از مقطع صیقلی باید مربعی را ترسیم نمود که دو ضلع از مربع ترسیم شده عمود بر جهت شمال جغرافیایی مشخص شده در مقطع باشند. با توجه به اهمیت جهت جغرافیایی و معکوس‌بودن تصاویر در زیر میکروسکوپ جهت شمال جغرافیایی مقطع به طرف بیننده تصویر تهیه گردیده است. برای حداکثر پوشش از سطح مقطع از عدسی 20x در تصویربرداری استفاده شده است.



شکل 4-15 آزمایشگاه میکروسکوپی پارک علم و فناوری شاهرود

تصویربرداری از مقطع به صورت متوالی و پشت سر هم به طوری که در هر مسیر انتخاب شده 7 تصویر گرفته شده تا کل آن مسیر پوشش داده شود و سپس در مسیر بعدی که به طور مسلسل وار این عمل آن قدر تکرار گردیده تا کل سطح مقطع پوشش داده شود و نهایتاً از کل مقطع 49 تصویر تهیه گردیده است با توجه به شکل و سطح مقطع صیقلی مربعات یا مربع‌های ترسیم شده دارای اندازه‌های متفاوتی بوده، میزان هم‌پوشانی تصاویر پشت سر هم گرفته شده متفاوت می‌باشند. لازم به تذکر است که با ماتریس (موزاییک کردن) کردن این تصاویر و تبدیل آنها به یک تصویر اثر به‌سزایی مشاهده نگردید.



شکل 4-16 تصویر رنگی (خام) کانی های کرومیت در عکس میرکروسکوپی

به علت هم‌مقیاس بودن تصاویر اصلاحات همپوشانی امکان‌پذیر نبوده و به همین دلیل از هر معدن در داخل کانسار کرومیت فاریاب چندین نمونه در نظر گرفته شد.

#### 4-4- تبدیل تصویر رنگی به تصویر خاکستری

پس از فراهوانی تصویر در محیط نرم‌افزار تصویر رنگی RGB به تصویر خاکستری تبدیل می‌گردد. این کار با استفاده از تابع `rgb2gray` انجام می‌شود که در فصل قبل توضیح داده شد.

تصویر به دست آمده تصویری مطلوب برای فیلتر کردن و انجام بقیه پردازش‌ها بر روی آن است، که در نهایت ویژگی مورد نظر از تصویر استخراج می‌شود. در شکل 4-17 تصویر خاکستری که از تصویر اصلی توسط فیلترینگ rgb2gray بدست آمده است نشان داده شده است.

#### 4-5- فیلتر کردن تصویر

فیلتر کردن این قابلیت را به کاربر می‌دهد که متناسب با نیاز خود و متناسب با ویژگی مورد نظر تصویر را تغییر داده و از آن در جهت هدفش از این پردازش استفاده کند. بسیاری از فیلترهای معمول در مطلب تعریف شده‌اند و به صورت پیش فرض به کار می‌روند. فیلتر پیش فرضی که ما در این پروژه استفاده کرده‌ایم، فیلتر Unsharp است که سبب می‌شود وضوح تصویر تا حد زیادی بالا رفته و تشخیص لبه‌ها و مرز کانی مورد نظر آسان‌تر شود.



شکل 4-17 تصویر خاکستری که از اعمال تابع `rgb2gray` بر روی تصویر اولیه بدست آمده است.

#### 4-6- استخراج کانی مطلوب

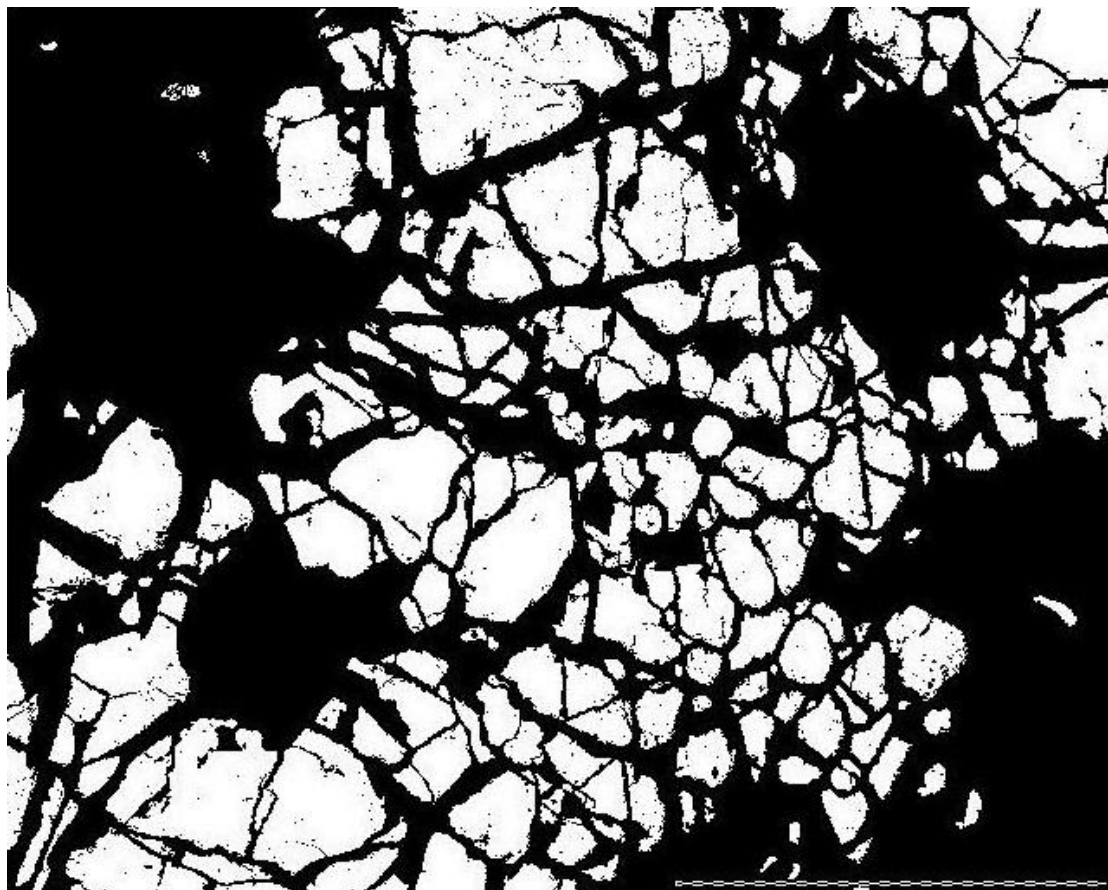
برای کار بر روی تصویر و استخراج مشخصه<sup>1</sup>ها از آن این تصویر خاکستری باید به یک تصویر باینری<sup>2</sup> تبدیل شود. یک تصویر باینری تصویری است که تنها دارای پیکسل‌های سیاه و سفید است. در نرم افزار MatLab یک تصویر دوسطحی (Binary) به صورت یک آرایه‌ی منطقی از صفر و یک نمایش داده می‌شود. (که معمولاً به ترتیب، بیانگر سیاه و سفید می‌باشند) برای نمایش یک تصویر باینری در حافظه، اغلب از نماد BW استفاده می‌شود.

---

<sup>1</sup> feature

<sup>2</sup> Binary image

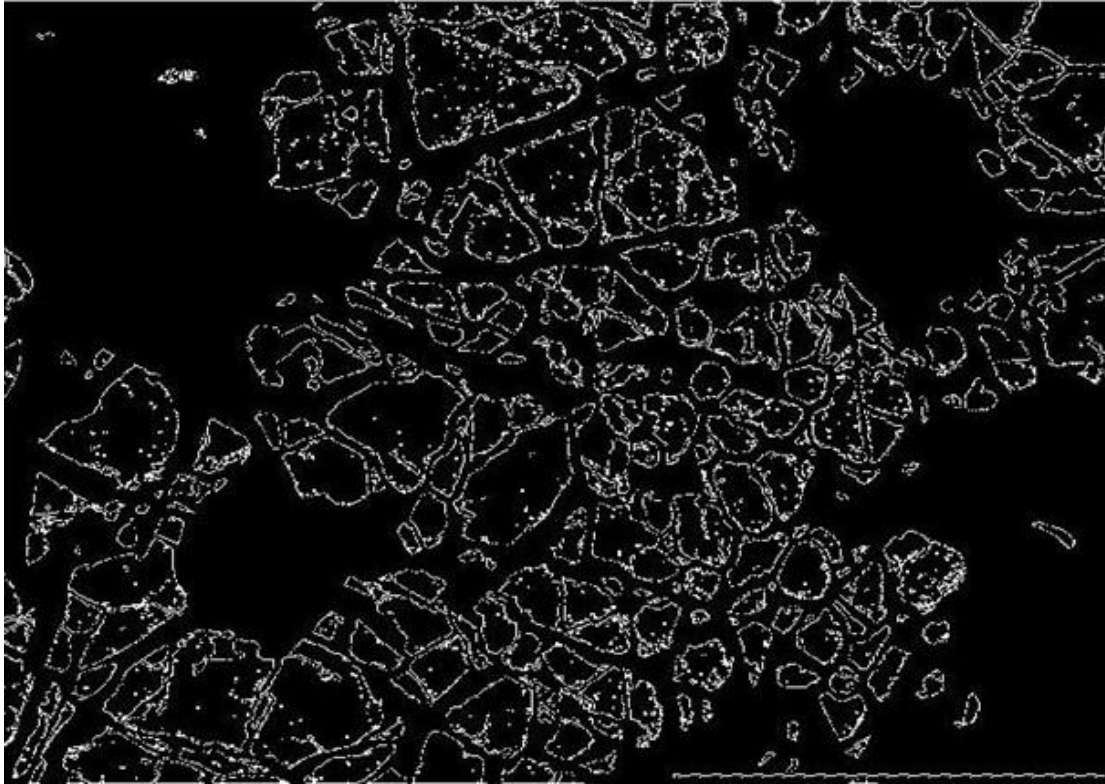
در این مرحله کانی مورد نظر که کرومیت است، از سطح تصویر استخراج و با رنگ سفید نمایش داده می‌شود، در حالی که بقیه تصویر که برای کاربر مطلوب نیست از تصویر حذف می‌شود. این کار با استفاده از تابع im2bw انجام می‌شود. در این مرحله ما نیاز داریم حد آستانه‌ای را برای تصویر تعیین کنیم تا تصویر باینری شود متناسب با درخشندگی کانی که در تصویر به رنگ سفید براق دیده می‌شود با سعی و خطا حد آستانه‌ی 0.55 تعیین گردید و ذرات که در تصویر با کمتر از 50 پیکسل وجود دارند از تصویر حذف شدند. نتیجه این روند را بر روی نمونه قبلی در پایین ملاحظه خواهید کرد که همان‌طور که انتظار می‌رفت کانی با رنگ سفید نمایان و پس زمینه تصویر حذف گردید. شکل 17-4 تصویر فیلتر شده بعد از تبدیل به تصویر خاکستری است.



شکل 4-18 تصویر باینری حاصل از شکل 4-17

#### 4-7- استخراج ویژگی‌ها

در مرحله بعد می‌توان ویژگی‌های مطلوب را از تصویر استخراج کرد. برای اطمینان کاربر از این که تمامی نواحی و ذرات به خوبی برای نرم‌افزار شناخته شده است از تابع `bwperim` استفاده گردیده که تمامی مرزها، لبه‌ها و محیط اطراف ذرات به خوبی مشخص شده است. تصویر بعدی از نمونه بیانگر لبه‌ها و مرزهای کانی است که همانطور که ملاحظه می‌گردد حتی ذرات بسیار ریز تصویر که نمایان‌گر کانی و یا خاک بوده‌اند از تصویر جدا گردیده است.



شکل 4-19 تصویر نمونه با مرزها و لبه‌های تصویر که با اعمال تابع `bwperim` بدست آمده است.

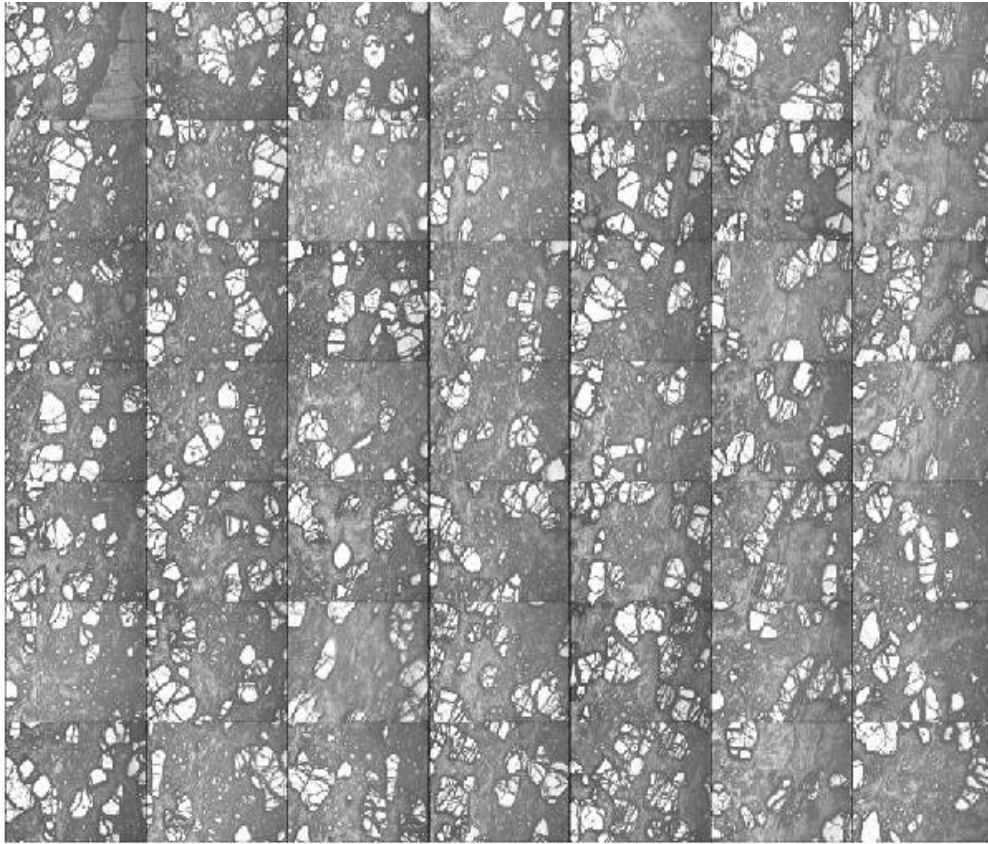
#### 4-8- موزاییک کردن تصاویر

برای کار روی این تصاویر باید نمونه‌های مربوط به هر معدن را جداگانه بررسی نموده و ثانیاً برای هر نمونه باید تمام 49 تصویر بدست آمده را با هم تفسیر می‌گردیدند. اما تفسیر و پردازش و کار روی تک تک 49 تصویر برای یک نمونه چیز خاصی را بیان نمی‌کرد. زیرا اولاً هر کدام از تصاویر دارای فقط چندین دانه کرومیت بودند که بررسی پارامتری مثل جهت‌یابی دانه‌ها در آن خیلی معنادار نبود و ثانیاً بررسی 49 تصویر برای هر نمونه و همین‌طور برای تمام 100 نمونه نیاز به وقت بسیار زیادی دارد.

بنابراین راه‌حل مناسب به این صورت بود که برای هر نمونه در محیط نرم افزار `MatLab` تمام 49 تصویر را با حفظ مکان آنها در مربع ترسیمی روی مقطع در زمان تصویربرداری با هم موزاییک کرده و



تبدیل به یک تصویر گردد. لازم به ذکر است که تصویربرداری از گوشه‌ی بالای سمت چپ شروع و به گوشه‌ی پایین سمت راست مربع ختم می‌گردد.

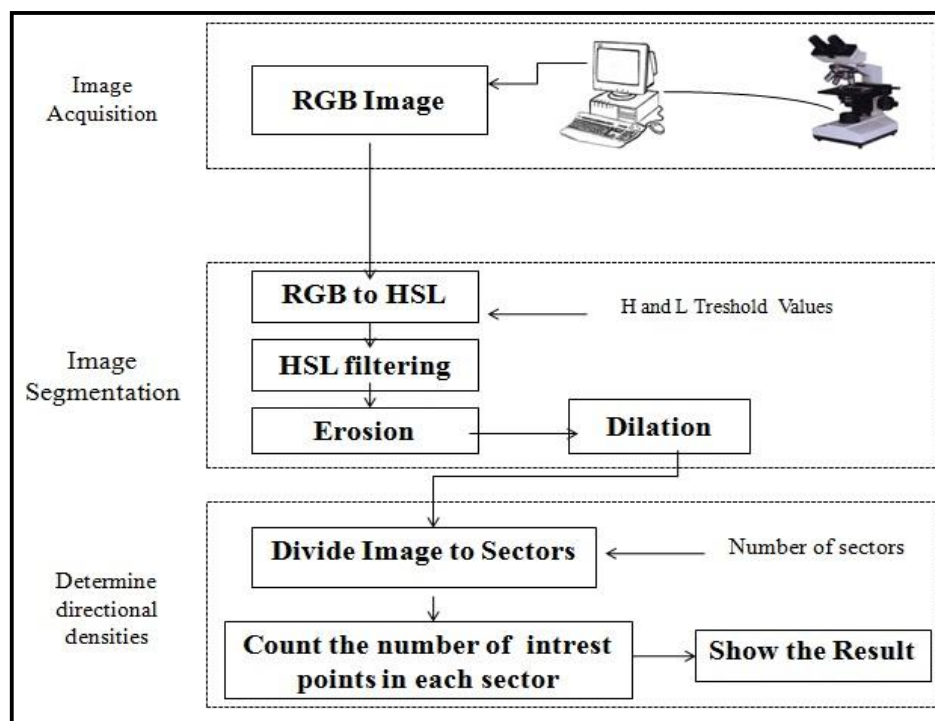


شکل 4-20 تصویر موزائیک شده که از کنار هم قرار دادن 49 تصویر از یک مقطع بدست آمده است. این تصویر تقریباً 85% سطح مقطع را می‌پوشاند و یک دید کلی از مقطع صیقلی به دست می‌دهد.

نتیجه‌ی حاصل یک تصویر مقطع صیقلی حاصل از ترکیب 49 تصویر با بزرگ‌نمایی 20x می‌باشد که غالباً 80 درصد مقطع صیقلی را پوشش می‌دهد. تصویر حاصل جهت استخراج مشخصه‌هایی مانند جهت‌یابی دانه‌های کرومیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### 9-4- قطعه‌بندی<sup>1</sup> تصویر

شکل 4-21- گردش کار کاملی از کار قطعه‌بندی اتوماتیک را نشان می‌دهد.



شکل 4-21 الگوریتم قطعه‌بندی اتوماتیک

<sup>1</sup> segmentation

#### 4-10- پیش پردازش

در این گام تصویر خام برای آنالیز در مرحله‌ی بعدی آماده می‌گردد. همان‌طور که ذکر شد مشخصات نوری کانی‌ها می‌تواند برای تشخیص کانی‌های کرومیت مورد استفاده قرار گیرد. تصاویر در فضای RGB گرفته شده‌اند. در تصاویر تهیه شده در فضای رنگی RGB رنگ هر پیکسل بوسیله‌ی ترکیبی از سه شدت رنگ اصلی سبز و قرمز و آبی تعیین می‌گردد. فضای رنگی RGB می‌تواند برای فیلترکردن بر اساس رنگ مورد استفاده قرار گیرد. اگر همبستگی بین ابعاد RGB وجود داشته باشد، فرآیند فیلترینگ غلط است. به علاوه این فضای رنگی نمی‌تواند برای فیلترکردن بر اساس درخشندگی استفاده شود. بنابراین تصویر باید را به یک فضای رنگی برده شده تا درخشندگی را تحت پوشش قرار دهد و بهره‌وری مورد نیاز را داشته باشد.

در این کار از فضای رنگی HSL که یک نمایندگی وابسته از نقاط در یک مدل RGB است استفاده می‌شود. سعی بر این است که این فضای رنگی روابط وابسته‌ی ادراکی خیلی دقیق‌تر و صحیح‌تر از RGB را توصیف نماید. فضای رنگ HSL بر اساس رنگ، اشباع‌شدگی و نور بر قرار است. برای تبدیل هر پیکسل از RGB به HSL ما از طرح زیر استفاده می‌شود.

$$Max = \max (R,G,B)$$

$$Min = \min (R,G,B)$$

$$L = (MAX+MIN) / 2$$

$$S = \{ \max - \min / (\max + \min) \quad L < 0.5 \quad , \quad (\max - \min) / (\max + \min) \quad L \geq 0.5$$

$$H = \{ (G - B) / (\max - \min) \quad , \quad R = \max \quad , \quad 2.0 + (B - R) / (\max - \min) \quad , \quad G = \max \quad ,$$

$$4.0 + (R - G) / (\max - \min) \quad , \quad B = \max$$

بعد از تبدیل تصویر از RGB به HSL به علت تیرگی تصاویر گرفته شده توسط میکروسکوپ یک بخش کوچک از مرزهای تصویر حذف می‌گردد. تجربیات نشان می‌دهد که از بین رفتن 5 تا 20 درصد تصویر بر روی نتایج خروجی تاثیر به سزایی ندارد.

#### 4-11- فرسایش و اتساع

فرسایش و اتساع عملگرهای مورفولوژیکی اساسی هستند که می‌توانند عناصر اصلی در سیمای دیگر عملگرهای پیچیده را تعیین کند. تحلیل تدریجی (فرسایش) یک تصویر  $T$  به وسیله‌ی یک عنصر سازنده  $B$  توسط  $\varepsilon_B(T)$  مشخص شده است، که به عنوان کمترین مقدار تصویر در پنجره‌ی عنصر ساختاری تعریف شده است هنگامی که منشا آن در  $X$ :

$$[\varepsilon_B(T)](x) = \min_{b \in B} T(x+b) \quad (1) \text{ معادله‌ی (1)}$$

اتساع یک تصویر  $T$  توسط یک عنصر ساختاری  $B$  بوسیله‌ی  $\delta_B(T)$  مشخص شده است. که به عنوان ماکزیمم مقدار تصویر در پنجره‌ی عنصر ساختاری تعریف شده است وقتی منشا آن در  $X$  هست:

$$[\delta_B(T)](x) = \max_{b \in B} T(x+b) \quad (2) \text{ معادله‌ی (2)}$$

از تعریف بالا در رابطه با فرسایش و اتساع، می‌توان فهمید که وقتی یک تصویر توسط یک عنصر ساختاری تحلیل رفته و یا اتساع می‌شود، برخی از اطلاعات اولیه‌ی تصویر از بین می‌رود. بدین ترتیب برای بازیابی اطلاعات از بین رفته اتفاق افتاده توسط فرسایش و اتساع، دو تغییر شکل اضافه، یعنی بازکردن و بستن وارد می‌شوند، با تعاریف زیر:

$$\text{opening: } \gamma_B(T) = \delta_{\tilde{B}}[\varepsilon_B(T)] \quad (3) \text{ معادله‌ی}$$

$$\text{closing: } \varphi_B(T) = \varepsilon_{\tilde{B}}[\delta_B(T)] \quad (4) \text{ معادله‌ی}$$

در حالیکه  $\tilde{B}$  عنصر ساختاری انعکاس یافته B بوده و توسط  $\tilde{B} = \{-b \mid b \in B\}$  تعریف شده است. بر طبق نوشته‌ها، بازشدگی برای زدودن نوع نمکی نويز مناسب بوده در حالیکه بستن در زدودن نوع فلغلی نويز مفید است. با ترکیبی از بازشدگی و بستن، یک فیلتر ترتیبی متناوب<sup>1</sup> (ASF) می‌تواند شکل داده شود، که یکی از مهم‌ترین فیلترهای مورفولوژیکی ریاضی است. ما از ASF برای هموارسازی و کاهش نويز به عنوان یک پیش‌پردازش برای تصاویر استفاده می‌گردیم. معمولاً زمانی ASF خوب انجام می‌شود که تکرار بیشتر از یک عملیات منفرد باشد. ما از نوع اول ASF استفاده می‌گردیم. به طور معمول ASF سفید به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\Phi_n(T) = \varphi_n(\gamma_n \dots (\varphi_2(\gamma_2(\varphi_1(\gamma_1(T)))))) \quad (5) \text{ معادله‌ی}$$

عملکرد ASF به مقدار زیادی بستگی به ماکزیمم اندازه عنصر ساختاری دارد. برای نگاه‌داشتن جزئیات در تصاویر کرومیت، تصویر پردازش شده به عنوان نتیجه‌ی اعمال یک ASF سفید با  $n=5$  بدست می‌آید. کاهش نويز تصویر از یک طرف ضروری است و از طرف دیگر خیلی مهم است که مرزهای تصاویر میکروسکوپی در تمام تصویر مقطع نازک هموار شود.

---

<sup>1</sup> Alternative serial filter

#### 4-12- استخراج ناحیه‌ی مورد علاقه و پست پردازش

بعد از تبدیل تصویر به فضای رنگی HSL، خوب است که تصویر را براساس رنگ و درخشندگی فیلتر کنیم. تجربیات نشان می‌دهد که رنگ بین 160 و 280 و درخشندگی بین مقادیر 0.6 و 1 بهترین نتایج را به دست می‌دهد. بعد از فیلترینگ تصویر کروپ شده، از فیلتر اتساع با هسته  $3 \times 3$  استفاده می‌گردد تا حفرات کوچک را پر کند که بعد از فیلترینگ و افزایش مرز پیکسل‌ها ایجاد شده‌اند. همانند عملیات قبلی در این مرحله از فیلتر فرسایش با هسته‌ی  $3 \times 3$  برای حذف کردن نویز و روشن کردن مرزها استفاده می‌گردد. بعد از این مرحله حاصل یک تصویر می‌باشد که نواحی سفید تعیین کننده‌ی پیکسل‌های وابسته به کرومیت و نواحی سیاه تعیین‌کننده‌ی پیکسل‌های مربوط به عناصر غیر کرومیتی است.

#### 4-13- تعیین کردن تراکم‌های جامع

در اولین مرحله تصویر به کرومیت و غیرکرومیت قطعه‌بندی می‌گردد. برای تعیین تراکم جامع باید تعداد پیکسل‌ها در هر جهت را شمارش نموده و در نرم افزار اجرا شده زاویه‌ی هر جهت بین 2 (180 جهت) و 90 درجه (4 جهت) انتخاب می‌شود. برای تعیین تعداد پیکسل‌های وابسته به کرومیت از طرح 4-1 استفاده می‌شود.

هنگامی که تمام پیکسل‌های تصویر بررسی گردیدند، هر عنصر از تراکم جامع (directional densities) شمار پیکسل‌های سفید (که وابسته به کرومیت هستند) را در یک جهت حفظ می‌کند. در نهایت نتیجه در یک پنجره نشان داده می‌شود.

در این پنجره جهت با بالاترین تعداد از پیکسل‌های سفید با رنگ قرمز نمایش داده می‌شود، جهتی که دارای تعدادی از پیکسل‌های سفید بالاتر مقدار میانگین است با رنگ سبز و جهتی که دارای مقدار میانگین پایین‌تر است با رنگ سیاه نشان داده می‌شود.

```

N = number of directions = 360/direction degrees
DirectionalDensities = an array with N elements
    For all elements in DirectionalDensities
        Set the initial value to 0;
        Set CenterX = imageWidth/2 , centerY = imageHeight/2
        For all pixels
            If pixelValue = 1
                xDif = current X - CenterX;
                yDiff = -1 *(Current Y- CenterX);
                Set  $\theta = \text{arctg}(ydiff/xdiff)$ ;
                DirectionalDensities [  $\theta/N$  ] = DirectionalDensities[  $\theta/N$  ] + 1
            End for

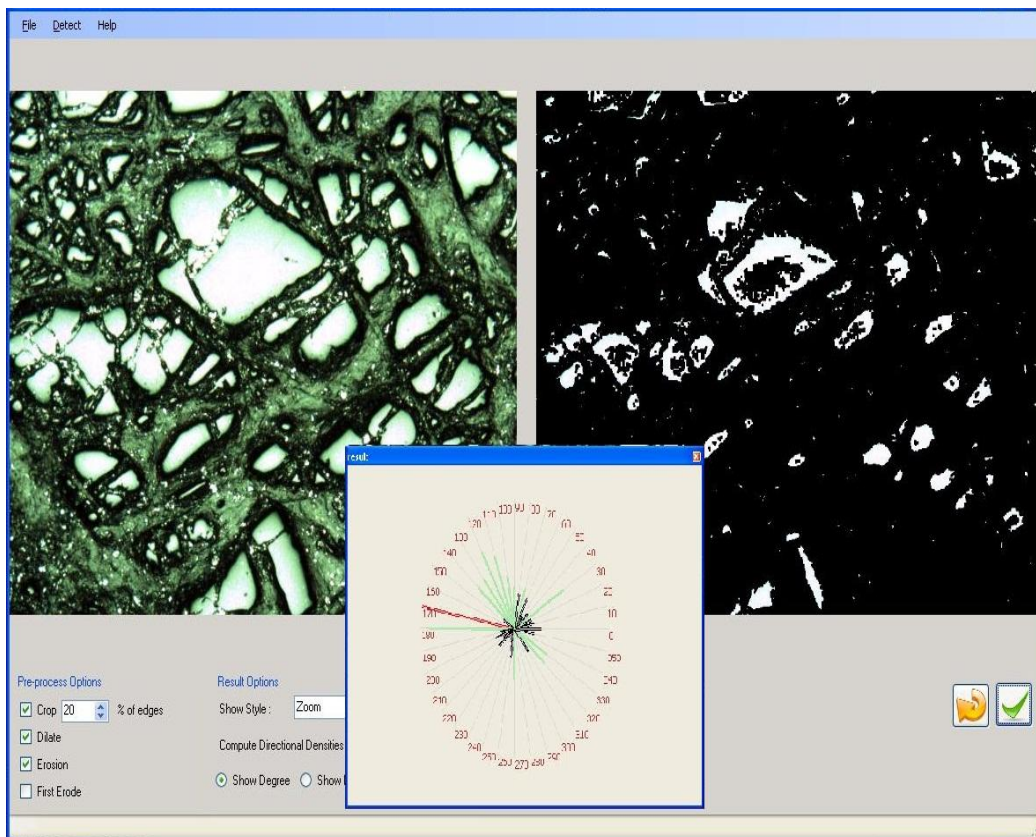
```

طرح 1-4 تعیین کردن تراکم‌های جامع

#### 14-4- نرم افزار طراحی شده

نرم افزاری که برای این کار طراحی شده در شکل 22-4 نشان داده شده است. روش کار این نرم افزار به این ترتیب است که ابتدا عکس خام میکروسکوپی تهیه شده از مقطع صیقلی کرومیت را فراخوانی می‌کند. سپس با انجام مراحل مختلف پردازش در درون نرم افزار با انتخاب دکمه‌ی نتیجه، نتیجه‌ی خروجی به صورت یک نمودار شبیه نمودار گل سرخی مشاهده می‌گردد.

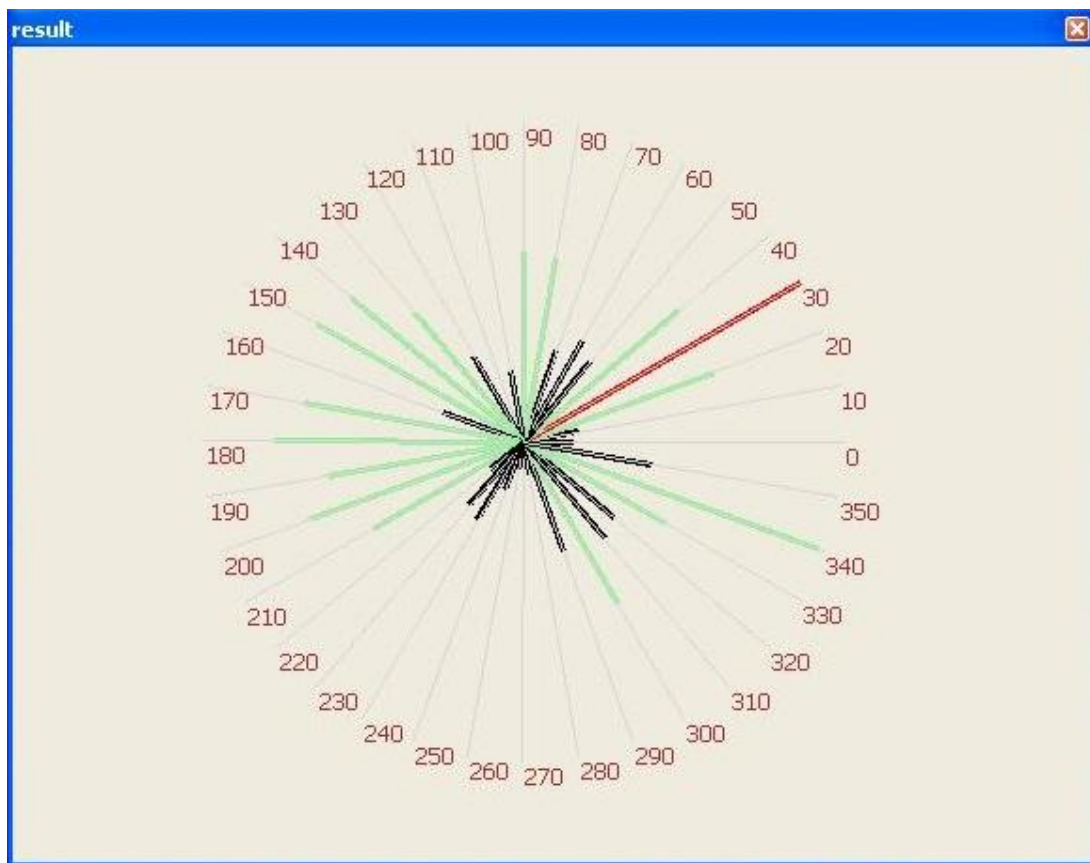
خروجی نرم افزار در شکل 23-4 نشان داده شده است. در این نمودار سه رنگ سیاه و سبز و قرمز مشاهده می‌گردد، که هر یک از این رنگ ها یک دامنه‌ی مشخصی از جهت‌یافتگی را مشخص می‌کند.



شکل 4-22 محیط نرم افزار طراحی شده برای قطعه بندی تصاویر

همان گونه که در تصویر محیط نرم افزار هم مشاهده می گردد رنگ سیاه و در واقع شعاع های سیاه معرف کمترین دامنه از جهت یافتگی می باشند. بنابراین در جهاتی که خطوط سیاه قرار دارند جهت یافتگی های جزئی بوده که میزان آنها نیز متناسب با طول خط می باشد. خطوط سبز بازه های میانی از جهت یافتگی را نشان می دهند.





شکل 4-23 خروجی نرم افزار

یعنی در جهاتی که خطوط سبز قرار دارند میزان جهت‌یافتگی دانه‌های کرومیت بیشتر از جهاتی هستند که خطوط سیاه قرار دارند ولی هیچ‌کدام از این جهات جهت ماکزیمم جهت‌یافتگی دانه‌های کرومیت نمی‌باشد بلکه این تک خط قرمز است که روند غالب جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت را مقطع صیقلی نشان می‌دهد. باید دقت شود که در خروجی این نرم افزار جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به جهت شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد زیاد می‌شود. بنابراین در شکل 4-23 مشاهده می‌شود که خط قرمز روند غالب جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت را در موقعیت 33 درجه نشان می‌دهد. اگر چه هدف اصلی از مطالعه معدن عزت از کانسار کرومیت فاریاب است اما این کار برای معادن رضا، شهریار، فطر،

شاهین و نازآفرین نیز انجام گرفته است. در فصل آتی نتایج حاصل از بررسی جهت‌یافتگی کانی-

های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی به نمایش در آمده است.

## فصل پنجم

---

# تفسیر نتایج پردازش تصویر

---

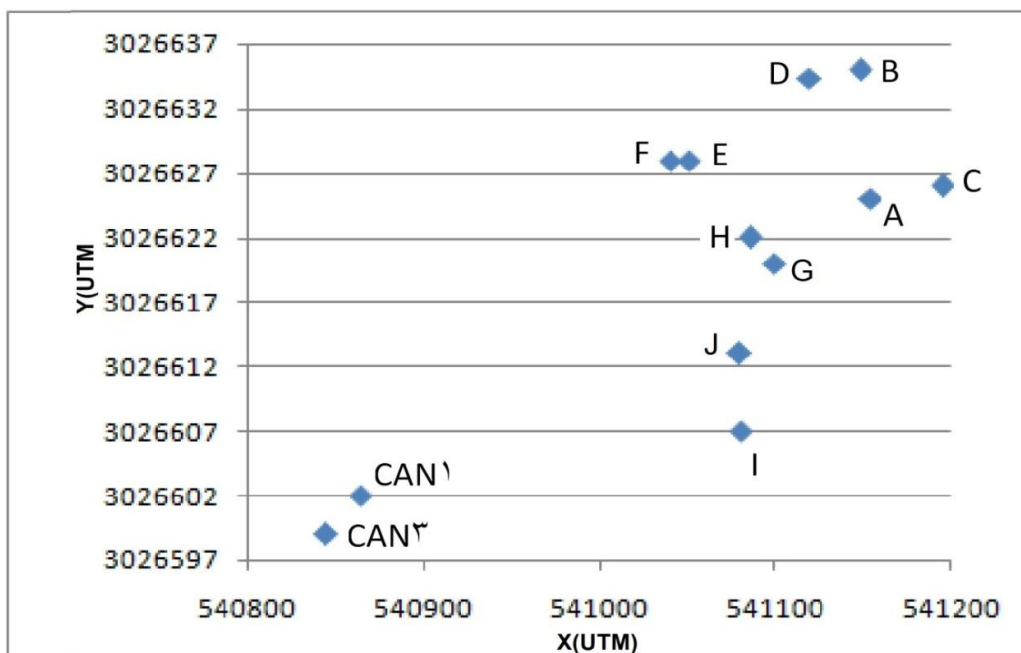
## 5-1- مقدمه

در فصل قبل به طور مفصل به تشریح روش کار و مراحل مختلف تحقیق از آغاز نمونه برداری گرفته تا تهیه‌ی مقطع صیقلی از نمونه‌ها و تصویربرداری توسط میکروسکوپ و پردازش‌های اولیه روی تصاویر پرداخته شد. همچنین متدولوژی پردازش تصویر و مراحل مختلف پردازش نیز در حد نیاز شرح داده شد. در این فصل نتایج بدست آمده را مرور می‌کنیم. نتایج حاصل پردازش تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی از نمونه‌های گرفته شده از معادن عزت، رضا، شهریار، شاهین، فطر و نازآفرین واقع در کانسار کرومیت فاریاب می‌باشد. این نتایج حاصل آنالیز تصاویر میکروسکوپی 12 نقطه از معدن عزت، 5 نقطه از معدن فطر، 4 نقطه از معدن شاهین، 6 نقطه از معدن نازآفرین، 8 نقطه از معدن رضا و 6 نقطه از معدن شهریار می‌باشد. جدول 5-1 مشخصات نمونه‌های مطالعه شده را نشان می‌دهد. این مشخصات شامل جنس مقطع صیقلی، نام مقطع و مختصات جغرافیایی محل مغزه‌گیری است. لازم به ذکر است که تمامی این نمونه‌ها از جنس کرومیت نیستند بلکه برخی از آنها حاوی کرومیت و برخی نیز حاوی دونیت هستند که سنگ میزبان کرومیت در کانسار کرومیت فاریاب است. می‌دانیم که با توجه به اینکه منطقه افیولیتی است بنابراین تغییرات جهت‌یافتگی در کرومیت در سنگ میزبان نیز تاثیرگذار است و این واحدها همزمان دچار تغییر شکل می‌شوند. همان‌گونه که قبلاً هم اشاره شده است از هر مغزه 2،3 و یا چهار مقطع صیقلی تهیه گردیده و برای بعضی از آنها فقط یک مقطع و برای بعضی دو و یا سه مقطع مطالعه گردیده و بهترین نتیجه برای آن نقطه در نظر گرفته شده است. نتایج نمونه‌های مربوط به هر معدن در کنار هم و در یک شکل جداگانه آورده شده‌اند. شکل 5-1 موقعیت نقاط مطالعه شده در داخل معدن عزت را نشان می‌دهد.

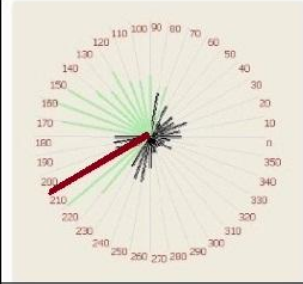
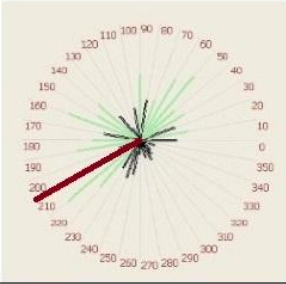
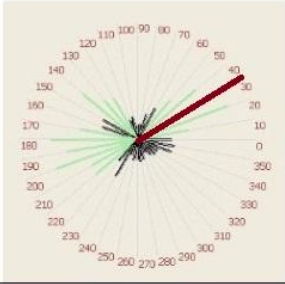
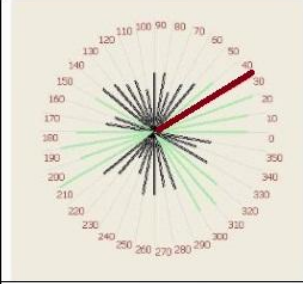
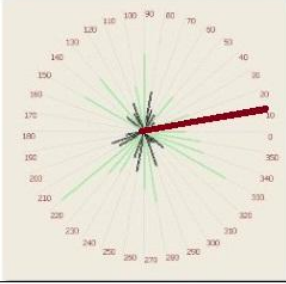
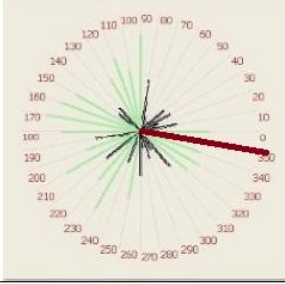

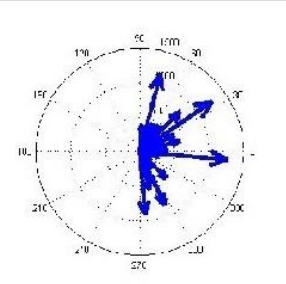

در این معدن در مجموع 12 نقطه مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل های 2-5 و 3-5 هم نمودارهای مربوط به آنالیز مقاطع صیقلی این معدن آورده شده است و در شکل 4-5 نیز نقشه‌ی جهت یافتگی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی معدن عزت نشان داده شده است.

جدول 1-5 مشخصات نمونه های مطالعه شده در معادن مختلف کانسار کرومیت فاریاب

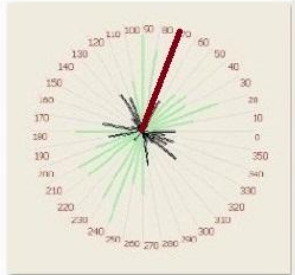
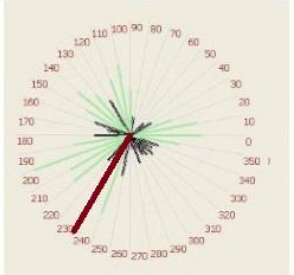
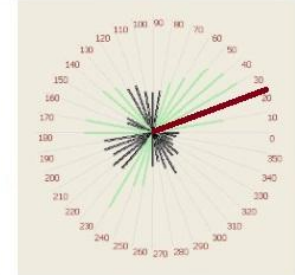
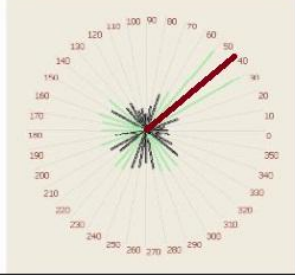
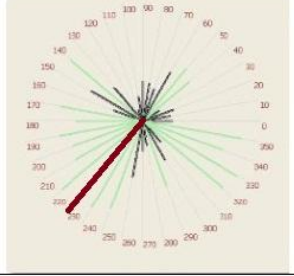
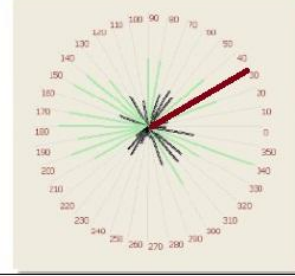
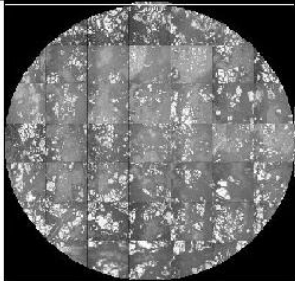
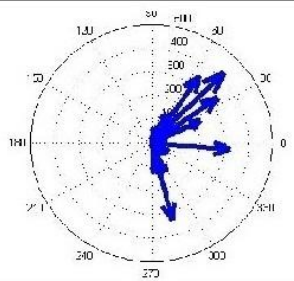

Cr or gang?	samples	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)	Cr or gang?	samples	X (UTM)	Y (UTM)	Z (m)
Px	ANT	539853	3027423	1023	Du	SHR-A-1	539607	3029539	995
Cr	EZ-A-1				Du	SHR-A-2			
Cr	EZ-A-2	541155	3026625	880	Du	SHR-A-3			
Cr	EZ-B-1				Cr	SHR-B-1	539642	3029551	970
Cr	EZ-B-2				Cr	SHR-B-2			
Cr	EZ-B-3	541149	3026635	883	Cr	SHR-B-3			
Cr	EZ-C-1	541196	3026626	885	Cr	SHR-C-1	539638	3029547	968
Cr	EZ-C-2				Cr	SHR-C-2			
D	EZ-C-3				Cr	SHR-C-3			
Cr	EZ-CAN-1	540864	3026602	906	Cr	SHR-C-4			
Cr	EZ-D-1	539646	3029564		Du	SHR-D-1	539646	3029564	984
Cr	EZ-D-2				Du	SHR-D-2			
Cr	EZ-D-3				Du	SHR-D-3			
Cr	EZT-CAN-1-1				Du	RZ4-A-1	541591	3027328	986
Cr	EZT-CAN-1-2				Du	RZ4-A-2			
Cr	EZT-CAN-1-3				Du	RZ4-A-3			
Cr	EZT-CAN-3-1	540845	3026599	933	Du	RZ4-B-1	541587	3027324	983
Cr	EZT-CAN-3-2				Du	RZ4-B-2			
Cr	EZT-CAN-3-2				Du	RZ4-B-3			
Cr	EZT-CAN-3-3				Cr	RZ4-C-1	541550	3027336	910
Cr	EZT-E-1	541051	3026628	890	Cr	RZ4-C-2			
Cr	EZT-E-2				Du	RZ4-D-1	541535	3027329	898
Cr	EZT-F-1	541041	3026628	889	Du	RZ8-A-1	541824	3027462	882
Cr	EZT-G-1	541100	3026620	906	Du	RZ8-A-2			
Cr	EZT-G-2				Du	RZ8-B-1	541827	3027480	881
Cr	EZT-G-3				Du	RZ8-B-2			
Cr	EZT-H-1	541086	3026622	910	Du	RZ8-B-3			
Du	EZT-I-1	541080	3026613	893	Du	RZ8-C-1	541593	3027474	925
Du	EZT-I-1				Du	RZ8-C-2			
Du	EZT-I-2				Cr	RZ8-D1	541824	3027476	879
Du	EZT-I-2				Cr	RZ8-D-1			
Du	EZT-J-1	541081	3026607	880	Cr	RZ8-D-2			
Du	EZT-J-2				Cr	RZ8-D-2			
Du	EZT-J-3				Cr	RZ8-D-3			
Du	FET-A	540590	3030710	761	Cr	RZ8-D-3			
Du	FET-B-1	540594	3030687	755	Cr	NAZ-A-1	540339	3028290	947
Du	FET-B-2				Cr	NAZ-A-2			
Cr	FSH-A-1	537964	3028910	797	Cr	NAZ-A-3			
Cr	FSH-A-2				Cr	NAZ-B-1	540342	3028292	945
Du	FSH-B-1	537960	3028903	791	Cr	NAZ-B-2			
Du	FSH-B-2				Du	NAZ-C-1	540336	3028310	925
Du	FTA-A-1				Du	NAZ-C-2			
Du	FTA-A-3				Du	NAZ-C-3			



شکل 5-1- نقشه‌ی موقعیت نقاط نمونه‌برداری در داخل معدن عزت

		
EZ-A	EZ-B	EZ-C
		
EZ-D	EZ-E	EZ-F
		
تصویر میکروسکوپی موزائیک شده (حاصل ۴۹ عکس) از مقطع صیقلی کرومیت	جهت یابی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی	لایه بندی کرومیت

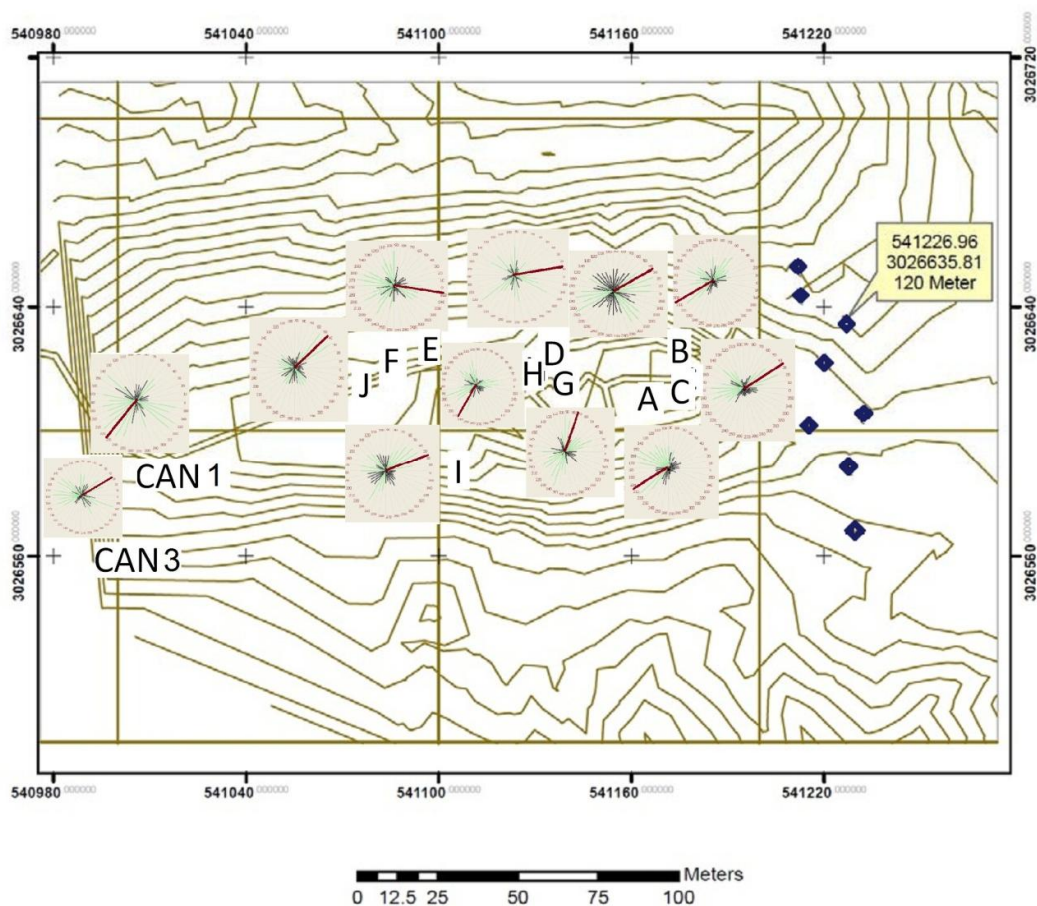
شکل 5-2- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن عزت-قسمت اول (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)

		
EZ-G	EZ-H	EZ-I
		
EZ-J	EZ-CAN1	EZ-CAN3
		
تصویر میکروسکوپی موزائیک شده (حاصل ۴۹ عکس) از مقطع عمیقی کرومیت	جهت یابی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی	لایه بندی کرومیت

شکل 5-3- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن عزت - قسمت دوم (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)



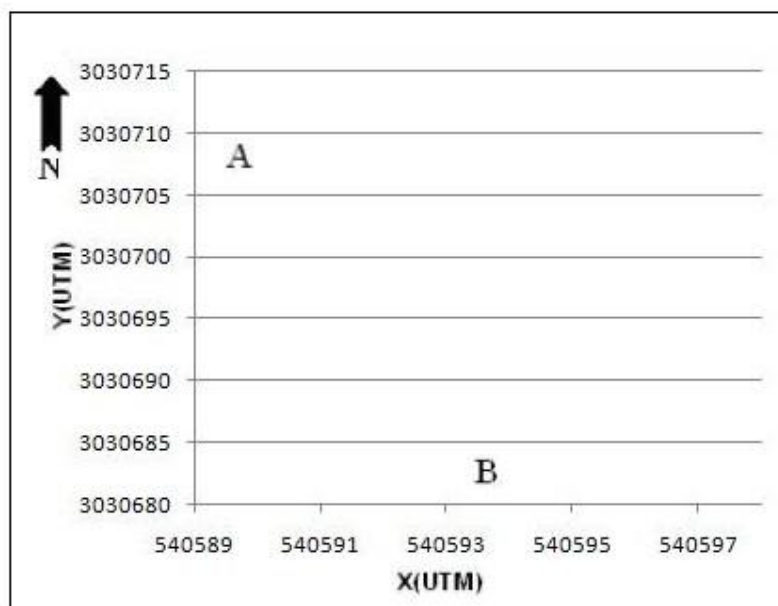
در شکل زیر نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌ها در معدن عزت بر اساس 12 نمونه‌ای که در دو شکل 2-5 و 3-5 آمده است ترسیم شده است. مختصات بر حسب UTM می‌باشد که در هنگام مغزه‌گیری در نقاط نمونه‌برداری شده ثبت شده است.



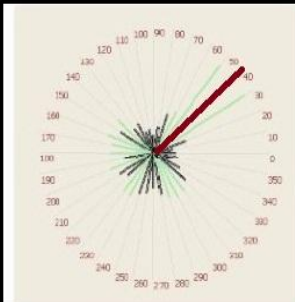
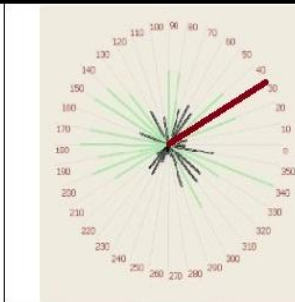
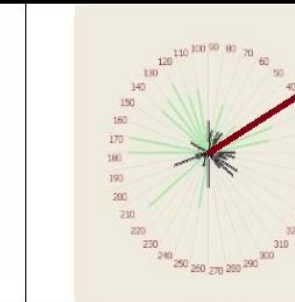
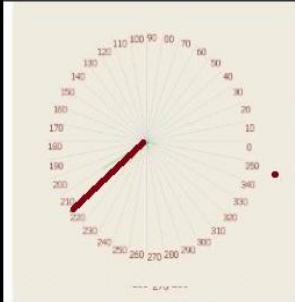
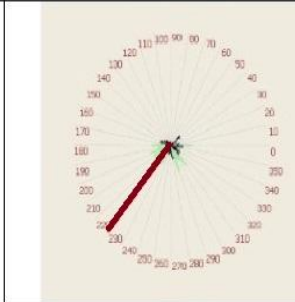
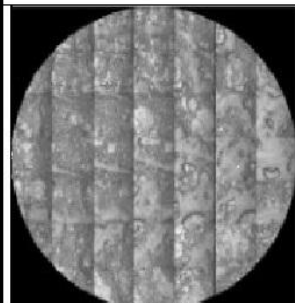
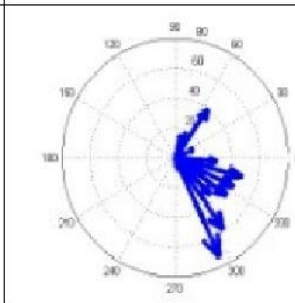

شکل 5-4- نقشه‌ی جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر عزت

در شکل 5-5 نقشه‌ی موقعیت نقاط نمونه‌برداری در معدن فطر آورده شده است. با توجه به این‌که این معدن از لحاظ اکتشافی در اولویت قرار نداشت در مطالعه این معدن فقط به دو نمونه اکتفا گردید. باید ذکر شود که در معدن فطر هر دو نمونه از جنس سنگ میزبان کرومیت یعنی دونیت هستند. شکل 5-6 جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر را نشان

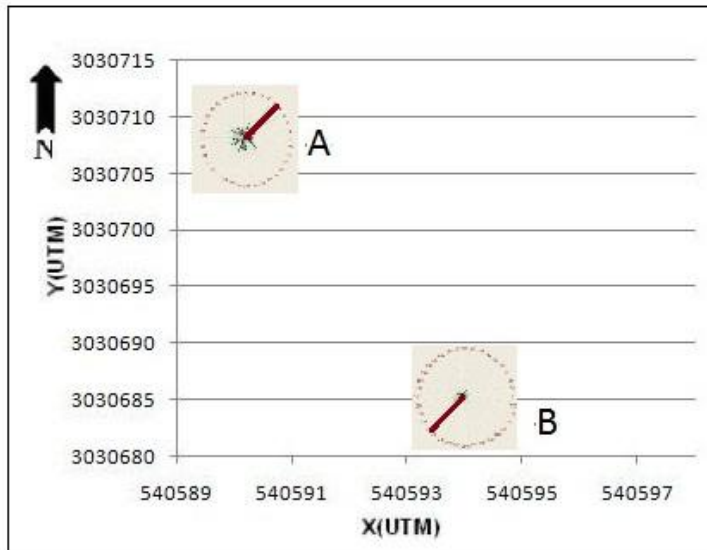
می‌دهد و در شکل 7-5 نیز جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر نمایش داده شده است. همان‌گونه که در شکل 7-5 مشاهده می‌شود در این معدن جهت یافتگی کانی‌های سنگ میزبان از یک الگوی شمال-شرقی جنوب غربی پیروی می‌کند.



شکل 5-5- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن فطر

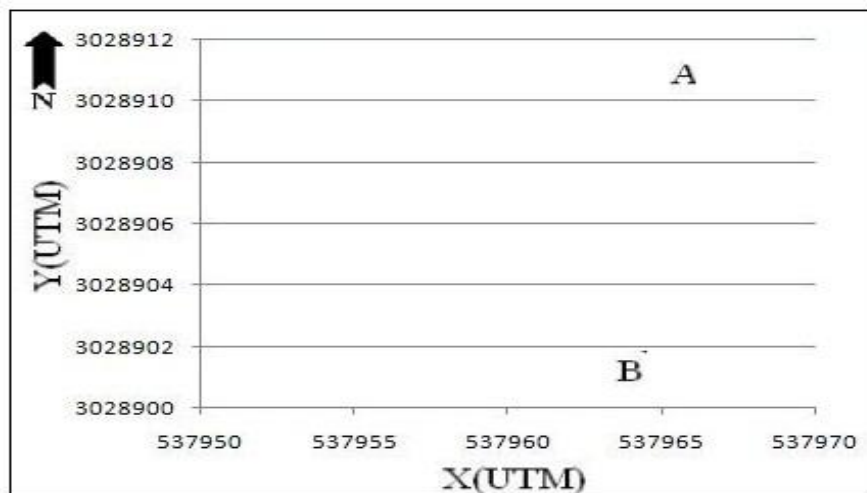
		
FET-A-1	FET-A-2	FET-A-3
		
FET-B-1	FET-B-2	
		
تصویر میکروسکوپی موزائیک شده (حاصل ۴۹ عکس) از مقطع صیقلی کرومیت	جهت یابی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی	لایه بندی کرومیت

شکل 5-6- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن فطر (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)

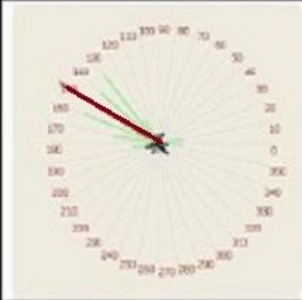
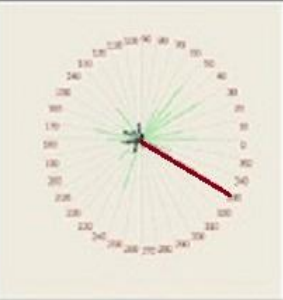
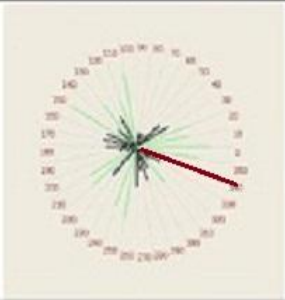
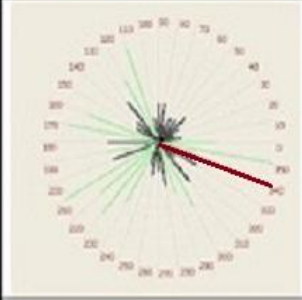
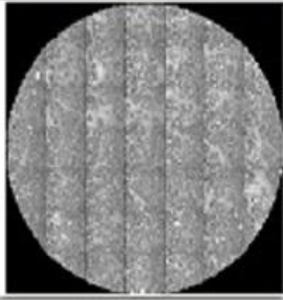
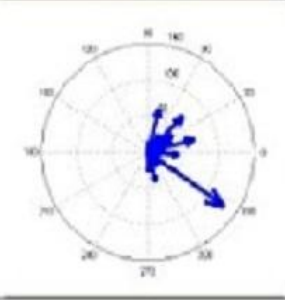
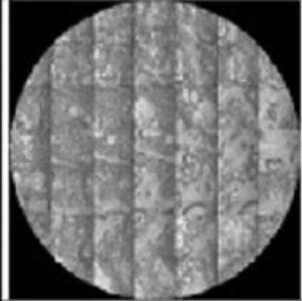
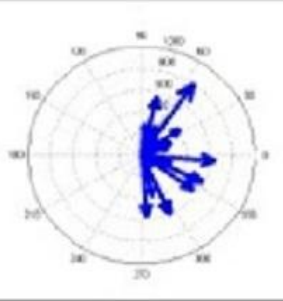



شکل 5-7- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در معدن فطر

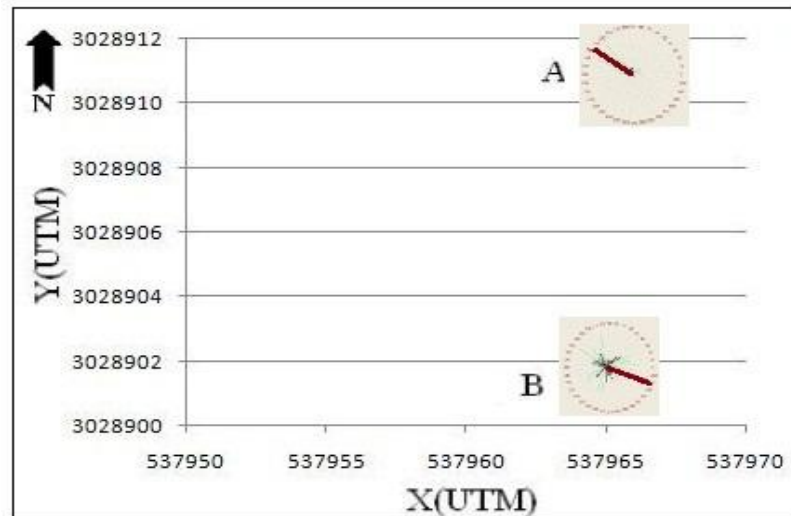
شکل 5-8 نقشه‌ی موقعیت نقاط مغزه‌گیری در معدن شاهین را به نمایش می‌گذارد. در این معدن ما دو نمونه را مطالعه کردیم که نمونه‌ی A مربوط به کرومیت و نمونه‌ی B مربوط به سنگ میزبان یعنی دونیت است. در شکل 5-9 جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شاهین و در شکل 5-10 نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در معدن شاهین نشان داده شده است.



شکل 5-8- موقعیت نقاط در داخل معدن شاهین

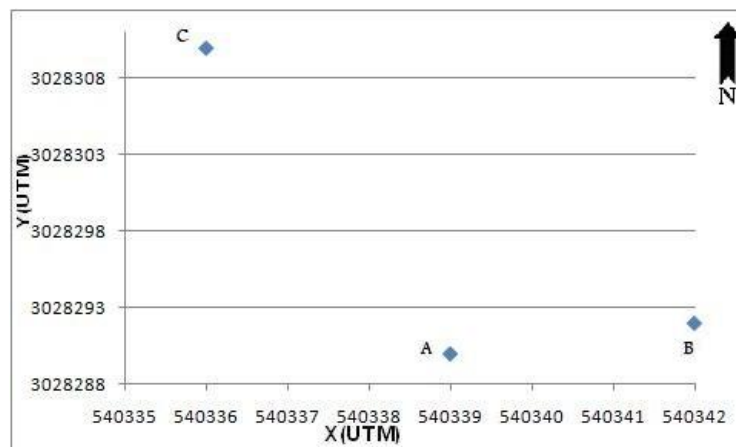
		
FSH-A-1	FSH-A-2	FSH-B-1
		
FSH-B2		
		
تصویر میکروسکوپی موزائیک شده (حاصل ۴۹ عکس) از مقطع صیقلی کرومیت	جهت یابی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی	لایه بندی کرومیت

شکل 5-9- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شاهین (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)

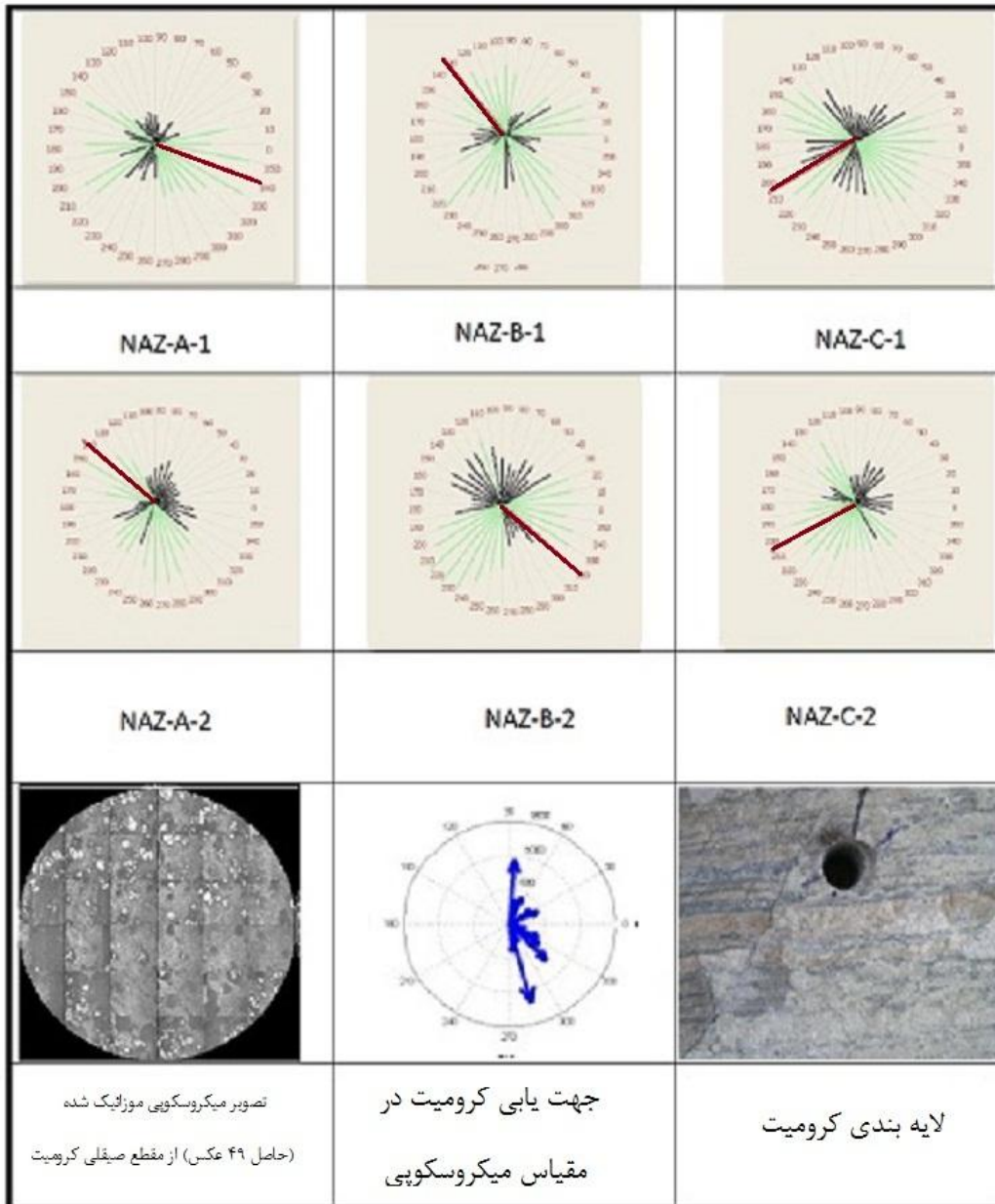


شکل 5-10- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در معدن شاهین

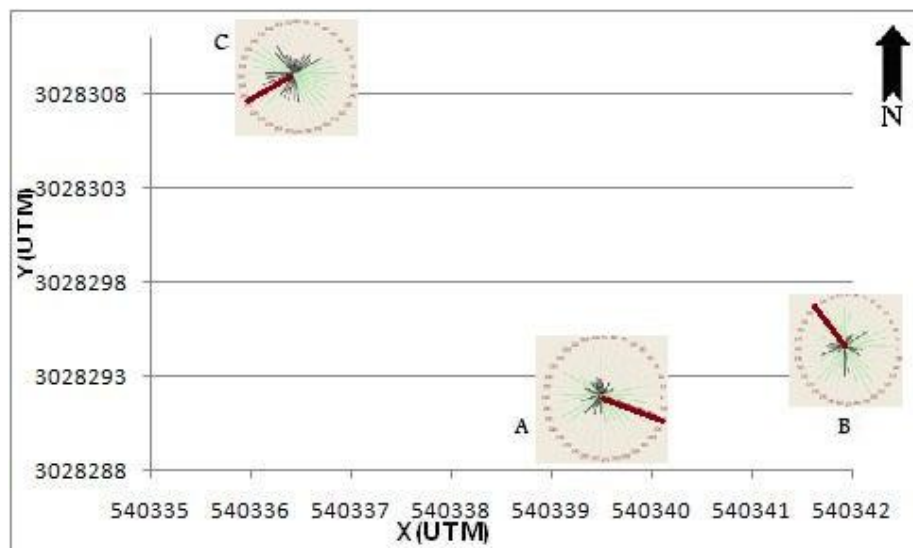
شکل 5-11 نقشه‌ی موقعیت نقاط مغزه‌گیری در داخل معدن نازآفرین را نشان می‌دهد. در معدن نازآفرین از سه نمونه استفاده کردیم که نمونه‌های A و B از کرومیت و نمونه‌ی C از جنس دونیت است. در شکل 5-12 جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن نازآفرین نشان داده شده است و در شکل 5-13 نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در این معدن به نمایش گذاشته شده است.



شکل 5-11- نقشه‌ی موقعیت نقاط مغزه‌گیری در داخل معدن نازآفرین



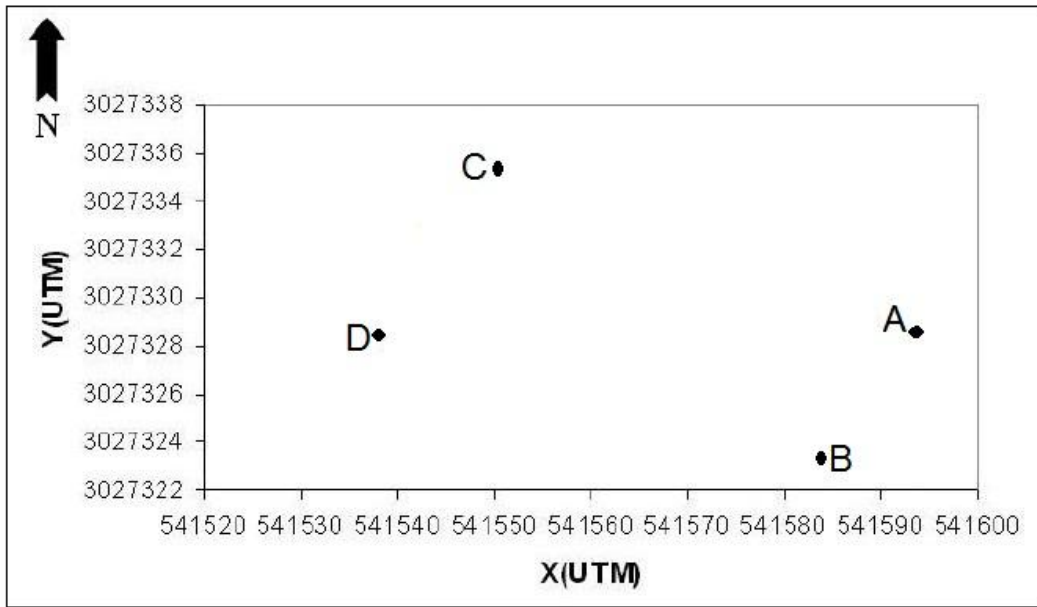
شکل 5-12- نمایش جهت یافتگی کانی های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه های معدن ناز آفرین (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می یابد)



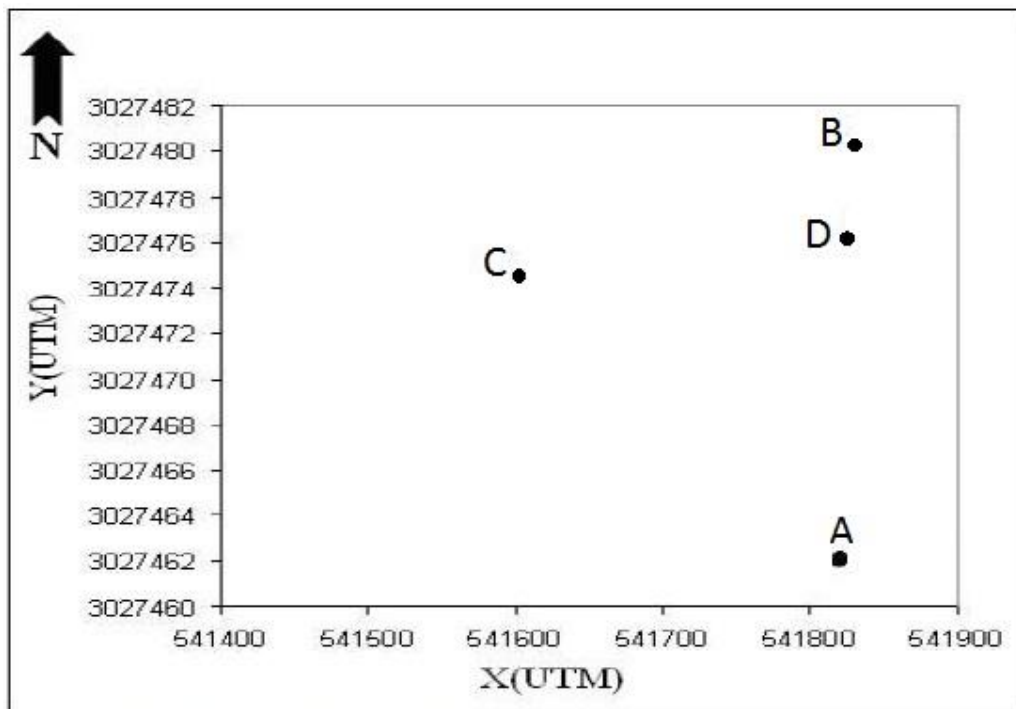
شکل 5-13- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در معدن نازآفرین

در شکل 5-14 نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 4 نشان داده شده است. در نمونه‌های این معدن فقط نمونه‌ی C از جنس کرومیت است و سه نمونه‌ی دیگر از جنس دونیت هستند. شکل 5-15 نیز نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 8 آورده شده است. در بین نمونه‌های مطالعه شده برای این معدن هم فقط نمونه‌ی D از جنس کرومیت است و سایر نمونه‌ها از جنس سنگ میزبان کرومیت یعنی دونیت هستند. در شکل 5-16 جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن رضا (رضا 4 و رضا 8) به نمایش در آمده است. در شکل‌های 5-17 و 5-18 نیز نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی کانی‌های کرومیت در دو معدن رضا 4 و رضا 8 نشان داده شده است.

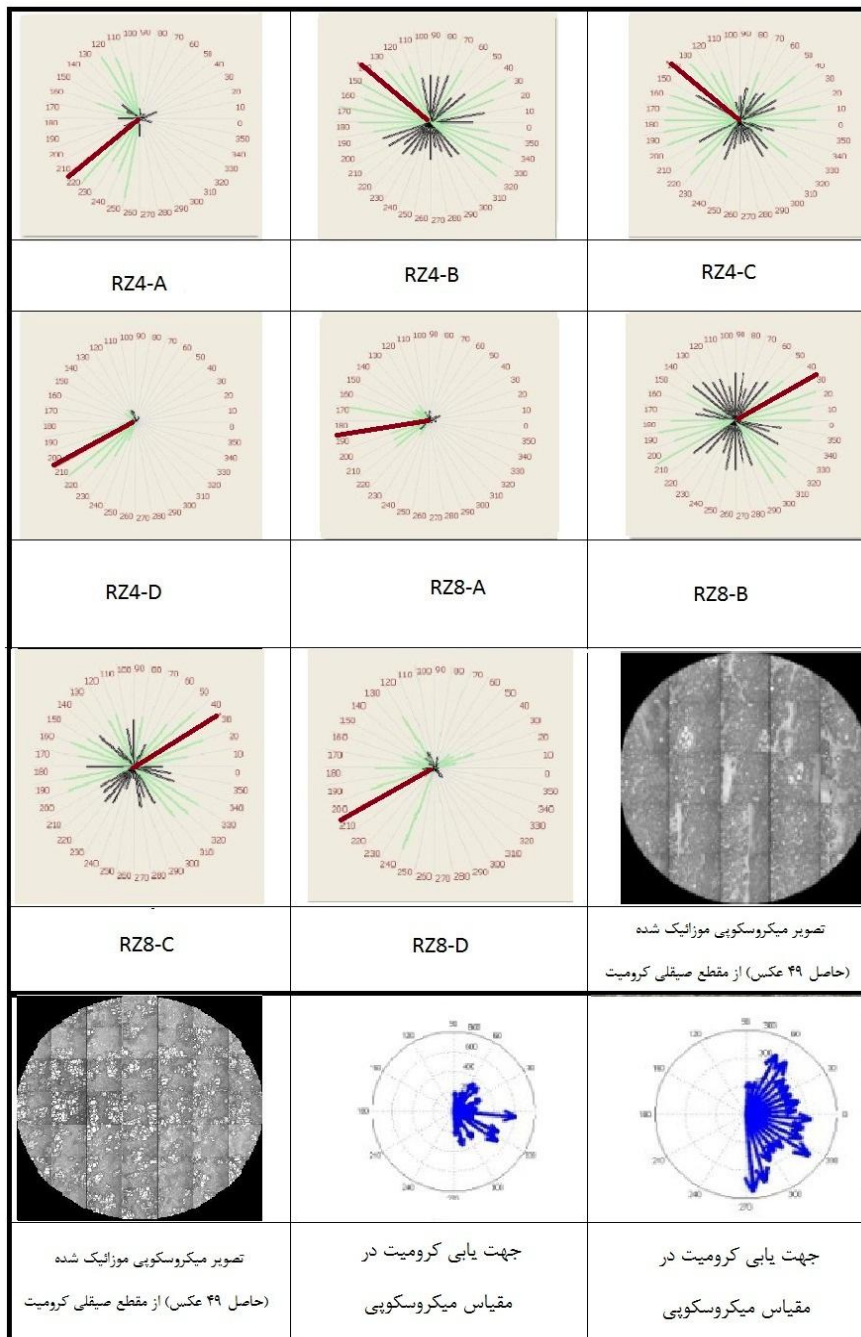




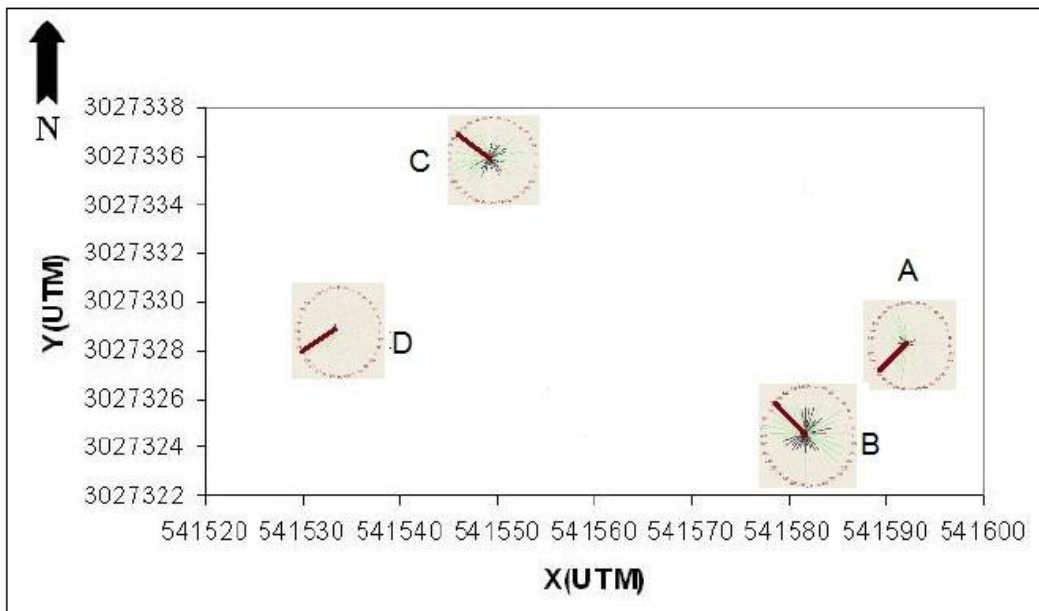
شکل 5-14- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 4



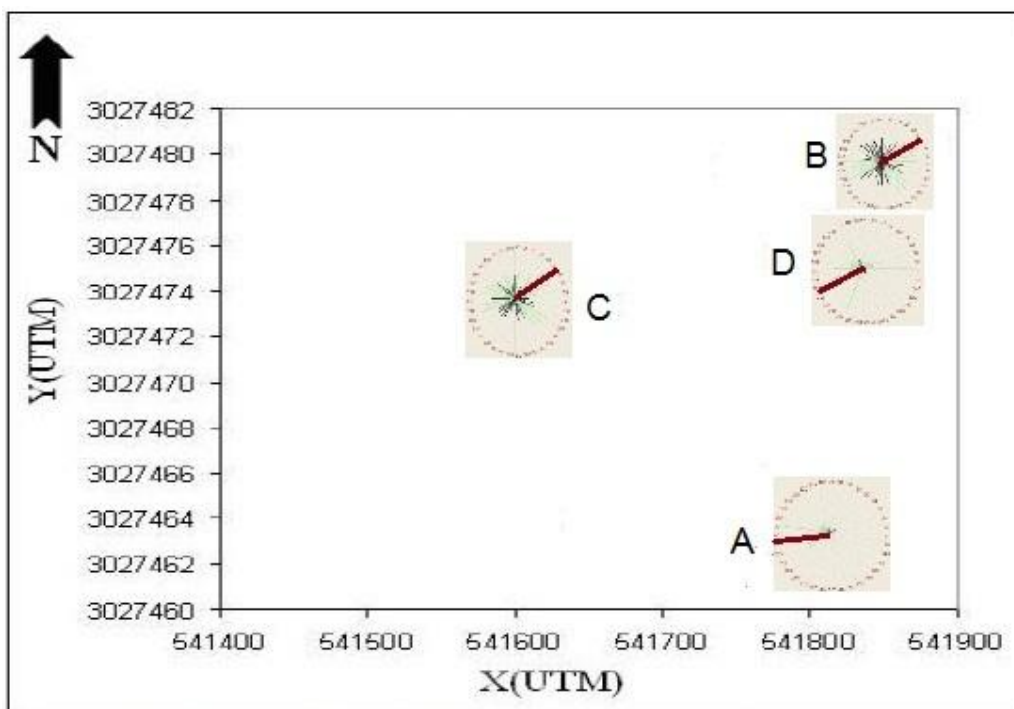
شکل 5-15- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن رضا 8



شکل 5-16- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن رضا (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)

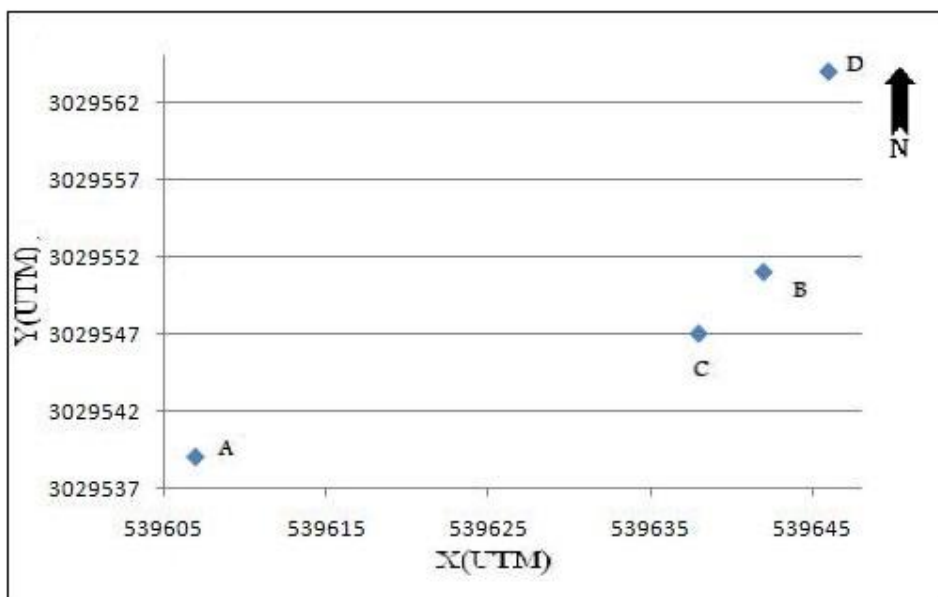


شکل 5-17- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن رضا 4



شکل 5-18- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن رضا 8

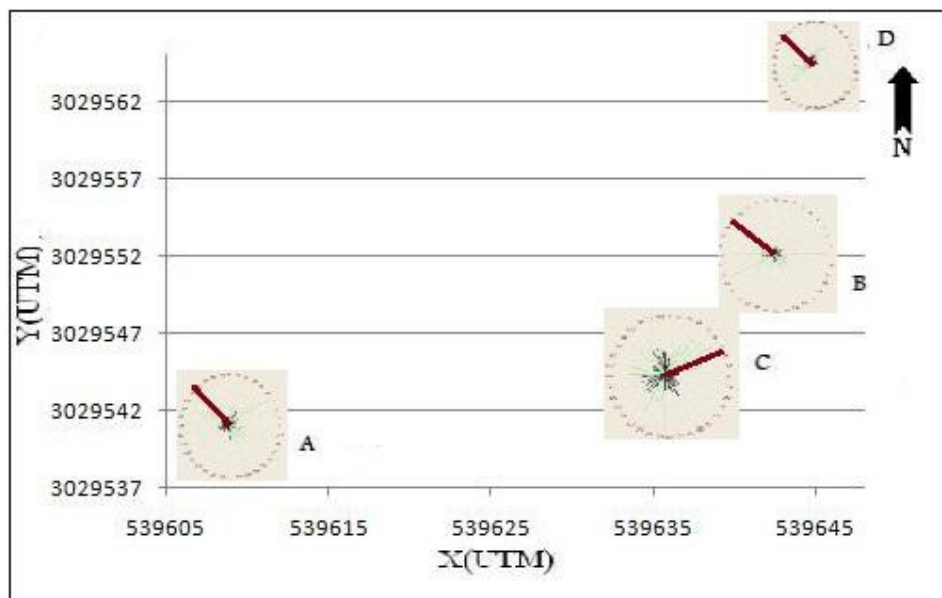
در شکل 5-19 نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن شهریار نشان داده شده است. در این معدن از 4 نمونه برای مطالعه استفاده شده است. در بین نمونه‌های مطالعه شده از این معدن هم نمونه‌های A و D از جنس دونیت هستند و مابقی نمونه‌ها از جنس کرومیت می‌باشند. شکل 5-20 جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شهریار را به نمایش می‌گذارد و شکل 5-21 نیز نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در این معدن را نشان می‌دهد.



شکل 5-19- نقشه‌ی موقعیت نقاط در داخل معدن شهریار

SHR-A-1	SHR-B-1	SHR-C
SHR-A-2	SHR-B-2	SHR-D
تصویر میکروسکوپی موزائیک شده (حاصل ۴۹ عکس) از مقطع صیقلی کرومیت	جهت یابی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی	لایه بندی کرومیت

شکل 5-20- نمایش جهت یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی در نمونه‌های معدن شهریار (جهت جغرافیایی از صفر درجه نسبت به شمال جغرافیایی در موقعیت ساعت 3 شروع شده و به صورت پادساعتگرد افزایش می‌یابد)



شکل 5-21- نقشه‌ی جهت‌یافتگی میکروسوپی کانی‌های کرومیت در معدن شهریار

## فصل ششم

---

**تحلیل سیستم درزه در کانسار**

**کرومیت فاریاب**

---

## 6-1-1- مقدمه

در این فصل به بررسی سیستم درزه و گسل در معدن فاریاب می‌پردازیم. همان‌طور که در فصل 2 اشاره شد معدن کرومیت فاریاب در یک منطقه‌ی به شدت تکتونیکی و افیولیتی واقع شده است. افیولیت‌ها چه در زمان تشکیل و چه در زمان بالا آمدن و جابجایی همواره متأثر از نیروهای تکتونیکی مختلف هستند. به همین جهت اکثر مناطق افیولیتی در ایران دارای سیمای تکتونیکی بسیار خرد شده هستند و سیستم درزه و گسل‌های بسیار زیادی را می‌توان در این مناطق مشاهده نمود. این میزان خردشدگی فقط در مقیاس چشمی و ماکروسکوپی عمل نکرده است بلکه در مقیاس میکروسکوپی هم کانه‌ی کرومیت و سنگ‌های در برگیرنده را دچار خردشدگی فراوان نموده است. همان‌گونه که در عکس‌های میکروسکوپی گرفته شده از مقاطع صیقلی کرومیت مشاهده گردید، کانسارهای کرومیت این منطقه در مقیاس میکروسکوپی هم دارای خرد شدگی بسیار زیادی شده‌اند که به وضوح قابل درک و مشاهده است. آنچه که در این فصل به دنبال آن هستیم این است که روند شیب و جهت سیستم درزه و گسل را در این منطقه تعیین کنیم و سپس با نتایج حاصل از بررسی جهت یافتگی کرومیت در مقیاس تصاویر میکروسکوپی که در فصل قبل به آن پرداخته شد مقایسه کنیم. چرا که فرض ما بر این است که خوردشدگی کرومیت در مقیاس میکروسکوپی و جهت یافتگی آن در مقیاس ذرات کرومیت در مقیاس میکروسکوپی بسیار متأثر از نیروهای تکتونیکی در مقیاس ماکروسکوپی است و از طرف دیگر هم تاثیر نیروهای تکتونیکی در مقیاس ماکروسکوپی در سیمای سیستم درزه و گسل منطقه قابل مشاهده است. بنابراین مقایسه‌ی این دو می‌تواند نتایج جالبی را دربر داشته باشد. همانگونه که می‌دانیم اکثر کانسارهای کرومیت در زمان شکل‌گیری به صورت ته-



نشینی در اتاقک ماگمایی و به روش ثقلی تشکیل می‌شوند و بنابراین جهت‌گیری فعلی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی نمی‌تواند متأثر از نحوه‌ی شکل‌گیری کانسارهای کرومیت در زمان اولیه باشد. در مورد دیگر کانسارها مثل مثلاً طلای اپی‌ترمال این نکته می‌تواند صادق باشد که جهت‌گیری کانی‌ها متأثر از سیستم گسل منطقه در زمان تشکیل باشد ولی در کرومیت نمی‌توانیم چنین فرضی داشته باشیم. چرا که اصولاً شکل‌گیری کانسارهای کرومیت متأثر از سیستم گسل نیست و گسل نقشی در چگونگی تشکیل کرومیت ندارد. بلکه کرومیت یا در یک سطح وسیع به آرامی تشکیل شده و کانسارهای کرومیت لایه‌ای را بوجود می‌آورد و یا اینکه در داخل اتاقک‌های ماگمایی کوچک تشکیل شده و تشکیل کانسارهای انبانه‌ای را می‌دهد. آنچه ما در نظر داریم تاثیر-پذیری کرومیت از نیروهای تکتونیکی در مقیاس میکروسکوپی است تا با بدست‌آوردن جهت غالب جهت بافتگی کرومیت در این مقیاس روند غالب نیروهای تکتونیکی را در منطقه تعیین کنیم. چرا که ما معتقدیم جهت‌یافتگی کانی‌های کرومیت در مقیاس میکروسکوپی متأثر از نیروهای ثانویه‌ی تاثیر-گذار بر منطقه بوده است. بنابراین اگر بتوانیم این روند در مقیاس میکروسکوپی را تعیین کنیم می‌توانیم روند غالب نیروهای تکتونیکی را هم از روی آن بدست آوریم، آنگاه یک پیشنهاد و یک حدسی از سیستم گسل اصلی منطقه را بدست می‌آوریم و به کمک آن به ردیابی عدسی‌های قطع‌شده و گم-شده در منطقه می‌پردازیم از جمله در معدن عزت که به دلیل قطع شدن ناگهانی عدسی کرومیت و مبهم‌بودن ادامه‌ی آن چندین سال است که نیمه‌کاره رها شده است.

## 6-2- روش کار

همزمان با مغزه‌گیری از کانسار کرومیت و سنگ‌های میزبان در معادن مختلف کانسار کرومیت فاریاب کار برداشت درزه هم انجام گردیده است. روش به این صورت است که برای هر یک از معادن در داخل کانسار فاریاب یک بانک داده از سیستم درزه‌های آن ساخته و به همین دلیل در زمان مغزه‌گیری و نمونه‌برداری همزمان کار برداشت درزه نیز انجام می‌گردد. به این صورت که در هر مکان اقدام به تهیه مغزه از کانسار کرومیت و یا سنگ میزبان می‌گردد در اطراف این محل در صورتی که امکان برداشت سیستم درزه از لحاظ مورفولوژیکی وجود داشته باشد تا شعاع 20 متری اقدام به برداشت سیستم درزه‌های مختلف نموده به‌طوری که برای هر یک از نمونه‌ها یک دسته داده از سیستم شیب و جهت سیستم درزه‌ها تهیه گردیده، برای هر یک از معادن که چندین نمونه از داخل آن برداشت شده یک بانک داده از سیستم درزه نیز فراهم می‌گردد. این اطلاعات شامل امتداد جغرافیایی درزه و شیب صفحه‌ی آن نسبت به افق می‌باشد. ضمن اینکه در تمام نقاط نمونه برداری و مغزه‌گیری و هم چنین نقاط برداشت سیستم درزه مختصات محل توسط GPS<sup>50</sup> در مقیاس داده های UTM ثبت گردیده است. بنابراین می‌توان با تحلیل این اطلاعات دید کلی از نیروهای تکتونیکی غالب در این منطقه و روند آنها بدست آورد. برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار 8 Fabric استفاده گردیده که یک نرم افزار تحلیل ساختاری برای بررسی داده‌های برداشت زمین‌شناسی می‌باشد. از آنجا که هدف اصلی اکتشاف در کانسار کرومیت فاریاب معدن عزت می‌باشد، بنابراین بیشترین تاکید بر روی تحلیل داده‌های سیستم درزه و شکستگی مربوط به این معدن می‌باشد. جداول 6-1 و 6-2 زیر نمونه‌ای از دسته داده‌های برداشت شده از سیستم درزه را در دو معدن عزت و رضا نشان می‌دهد.

---

<sup>50</sup> Global position system

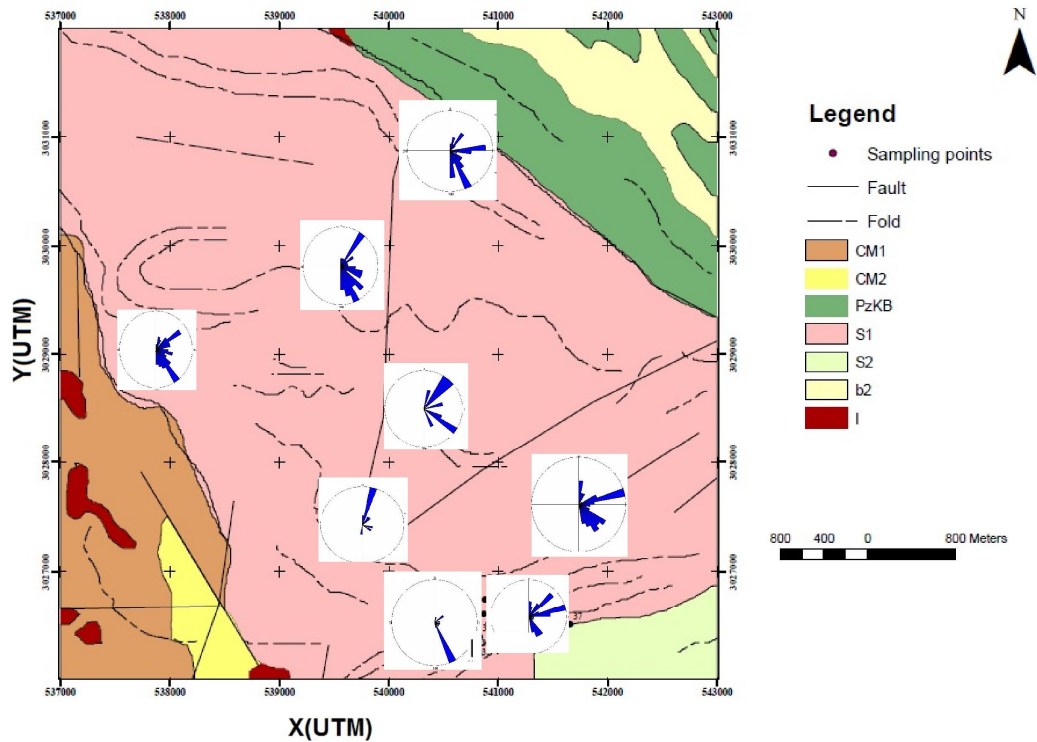
جدول 1-6 نمونه‌ای از دسته داده‌های سیستم درزه در معدن عزت از کانسار کرومیت فاریاب

نقطه	امتداد	شیب	جهت شیب	نقطه	امتداد	شیب	جهت شیب
۱	۱۵۶	۶۵	NE	۱۶	۵	۸۵	W
۲	۱۹	۳۲	W	۱۷	۷۴	۵۷	S
۳	۸۹	۸۱	NE	۱۸	۱۴۷	۵۶	E
۴	۸۳	۷۴	NW	۱۹	۴۲	۸۹	NE
۵	۱۰	۸۶	SE	۲۰	۱۶۴	۶۰	W
۶	۴۳	۶۴	SE	۲۱	۴۶	۴۳	E
۷	۶	۵۹	SE	۲۲	۴۶	۴۳	E
۸	۱۵۲	۸۱	W	۲۳	۸۵	۹۰	S
۹	۱۵۳	۶۴	NE	۲۴	۴۲	۸۹	E
۱۰	۶۷	۸۰	SE	۲۵	۱۴۹	۶۹	W
۱۱	۲	۸۹	E	۲۶	۱۶۱	۳۸	W
۱۲	۹۲	۵۱	SW	۲۷	۴۲	۷۱	E
۱۳	۱۴۶	۷۳	W	۲۸	۷۷	۷۰	N
۱۴	۸۴	۳۰	N	۲۹	۱۶۷	۸۲	E
۱۵	۷۲	۴۹	S	۳۰	۱۵۶	۷۰	E

جدول 2-6 نمونه‌ای از دسته داده‌های سیستم درزه در معدن رضا از کانسار کرومیت فاریاب

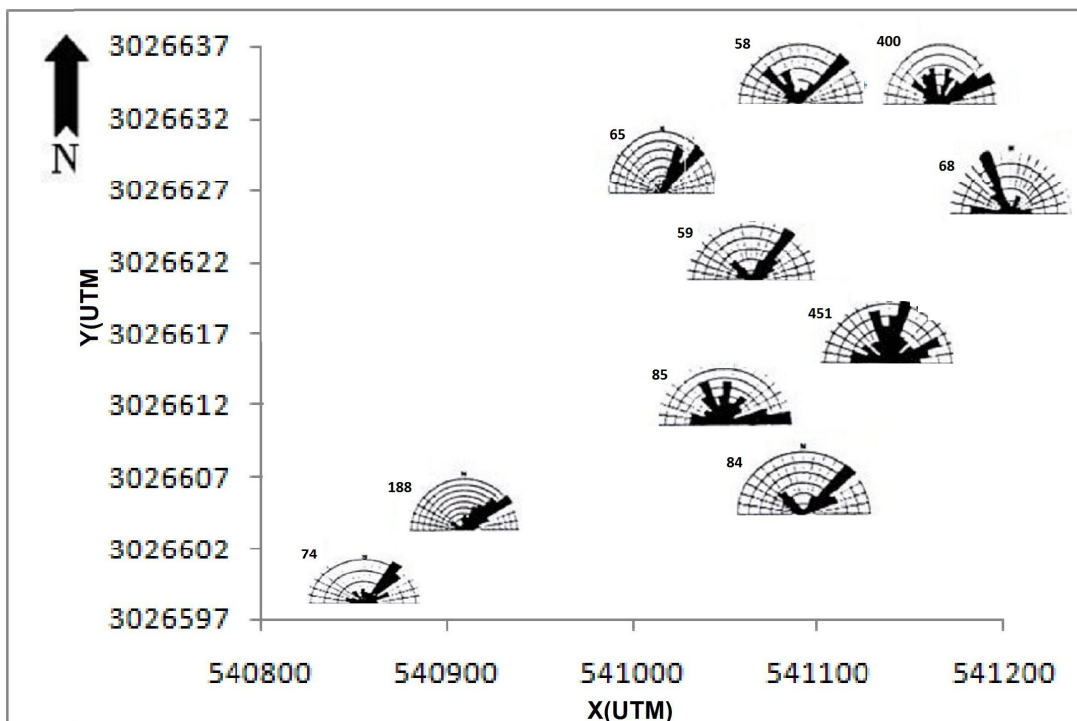
نقطه	امتداد	شیب	جهت شیب	نقطه	امتداد	شیب	جهت شیب
۱	۱۷۵	۵۵	S	۱۶	۱۶۹	۵۰	W
۲	۶۰	۷۳	N	۱۷	۱۷	۴۷	E
۳	۷۵	۷۳	S	۱۸	۳	۵۶	E
۴	۳	۵۱	SW	۱۹	۱۲۰	۴۵	E
۵	۱۶۵	۵۵	E	۲۰	۱۰۸	۴۲	E
۶	۱۵۰	۵۲	E	۲۱	۷۲	۷۸	N
۷	۱۱۰	۵۴	N	۲۲	۱۴۸	۹۰	E
۸	۱۴۰	۶۴	E	۲۳	۱۵۵	۵۲	E
۹	۸۰	۸۰	S	۲۴	۱۵۸	۸۸	E
۱۰	۶۸	۴۷	N	۲۵	۱۵	۴۵	S
۱۱	۹۵	۸۵	S	۲۶	۸	۵۰	E
۱۲	۹۲	۸۰	S	۲۷	۱۴۳	۹۳	E
۱۳	۱۳۰	۴۰	E	۲۸	۱۳۰	۶۲	W
۱۴	۱۵۶	۹۰	E	۲۹	۱۲۸	۶۴	W
۱۵	۶۴	۸۵	N	۳۰	۷۸	۸۸	S

در ادامه‌ی کار برای تمام داده‌های برداشت سیستم درزه در هر معدن نمودار گل‌سرخ<sup>51</sup> مربوط به - آن رسم گردیده است. شکل 1-6 جهت‌یافتگی سیستم درزه در معادن مختلف کانسار کرومیت فاریاب را نشان می‌دهد.



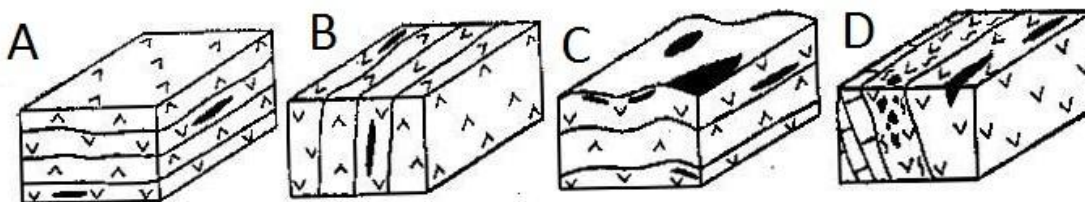
شکل 1-6 نقشه‌ی بررسی سیستم درزه در کانسار کرومیت فاریاب  
 شکل 2-6 جهت‌یافتگی سیستم درزه و گسل را در معدن عزت به نمایش می‌گذارد. در این شکل اعدادی که در کنار نمودارهای گل‌سرخ مربوط به نقاط نمونه‌برداری دیده می‌شود نشان‌دهنده‌ی تعداد داده‌ی برداشت شده از سیستم درزه و شکستگی در آن محل است.

<sup>51</sup> Rose diagram



شکل 2-6 نقشه‌ی بررسی سیستم درزه در معدن عزت واقع در کنسار کرومیت فاریاب

وضعیت هندسی کنسارها بیشتر به واسطه نیروهای تکتونیکی عمل‌کننده است. برای مثال لایه‌های کرومیت در معدن عزت عمدتاً با شیب کم تا افقی، در معدن نازآفرین دارای شیب متوسط و در معدن رضا با شیب نسبتاً زیاد تا قائم می‌باشد. در معدن عزت وضعیت قرارگیری عدسی‌های کرومیت به این صورت است که دارای امتداد شرقی-غربی بوده و ناگهان در قسمت شرقی توسط یک گسل شمالی-جنوبی قطع شده و ناپدید شده‌اند. با مقایسه‌ی جهت‌یافتگی میکروسکوپی با مشاهدات صحرایی و داده‌های حاصل از زمین‌شناسی ساختمانی (اندازه‌گیری شیب و امتداد لایه‌ها با کمپاس) می‌توان به تطابق نسبتاً خوب نتایج با یک‌دیگر پی برد. رگه‌ها و عدسی‌های کرومیت در کنسار کرومیت فاریاب به شکل‌های مختلف دیده می‌شود. در شکل 3-6 اشکال مختلف قرارگیری رگه‌ها را در کنسارهای کرومیت دیده می‌شود.



شکل 3-6 اشکال مختلف قرارگیری رگه‌ها و عدسی‌های کرومیت در کانسارهای کرومیت (کرافچنکو، 1996)

در کانسار کرومیت فاریاب معادن مختلف دارای اشکال گوناگون هستند. به عنوان مثال در معدن رضا شکل قرارگیری عدسی‌های کرومیت همانند B است و در معدن عزت شکل عدسی‌های کرومیت از الگوی C پیروی می‌کند.

### 3-6- نتایج اندازه‌گیری فابریک مغناطیسی و آنالیز فرای در کانسار کرومیت فاریاب

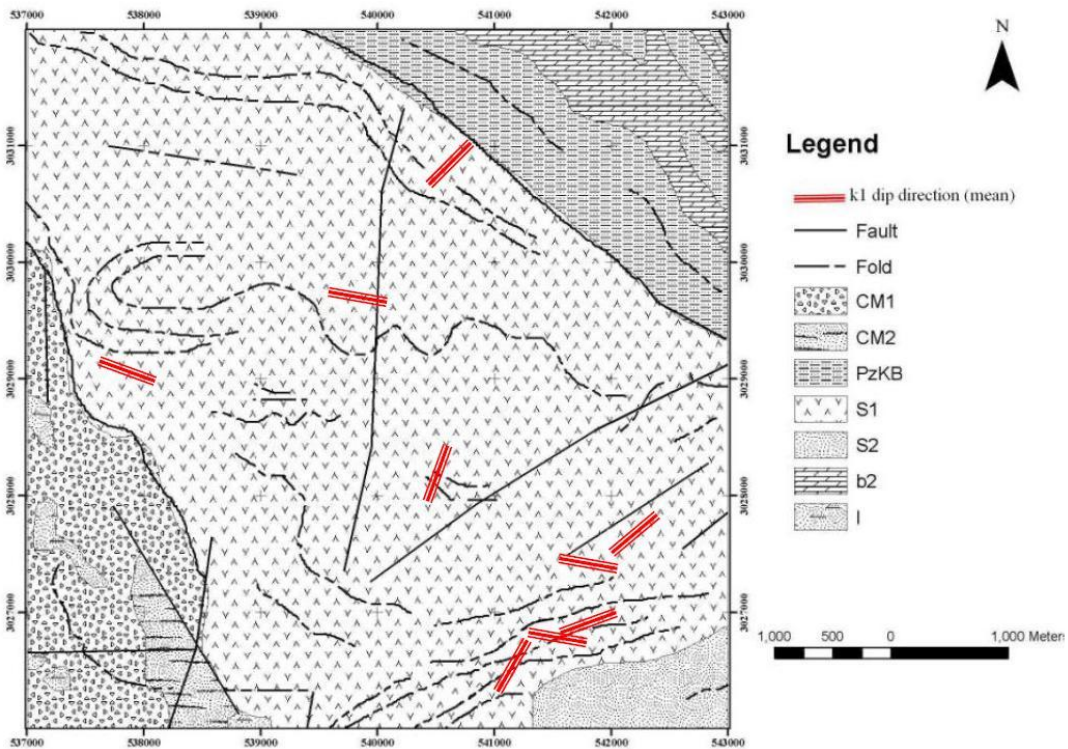
قریب‌بلوک (1388) در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود با استفاده از روش فابریک مغناطیسی (AMS<sup>52</sup>) و روش آنالیز فرای<sup>53</sup> به مطالعه این کانسار پرداخته است.

<sup>52</sup> Anisotropy of magnetic susceptibility

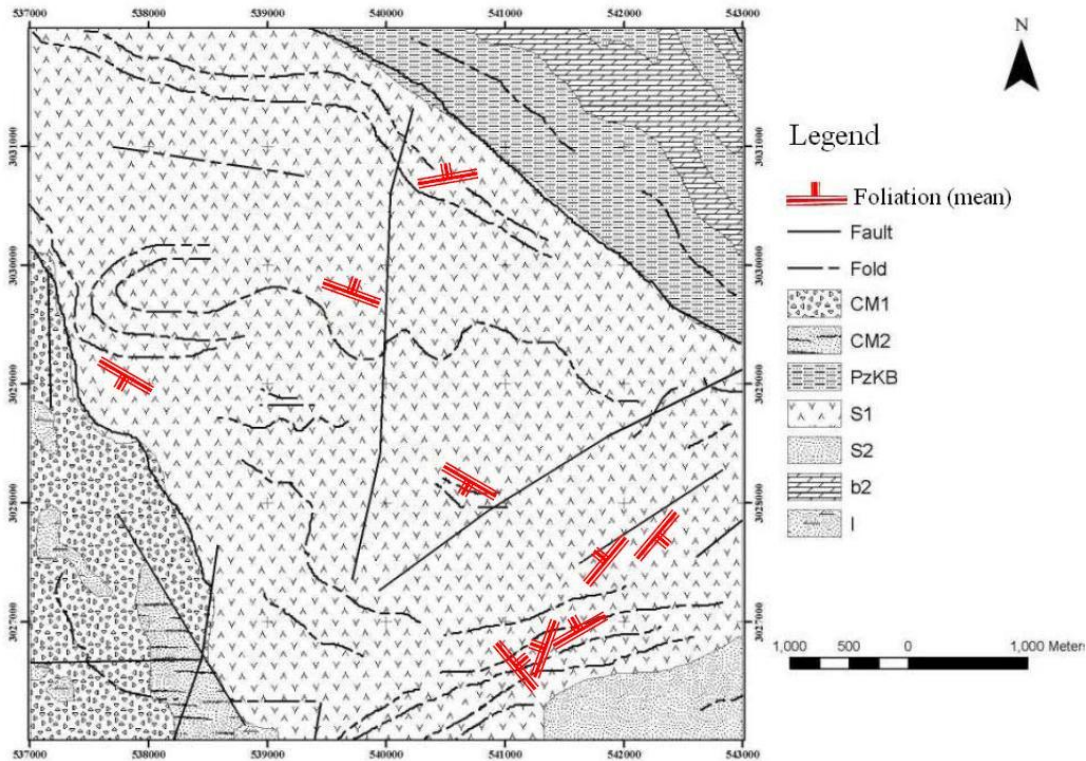
<sup>53</sup> Fry

### 6-3-1- روش فابریک مغناطیسی

قریب‌بلوک برای تعیین وضعیت هندسی لایه‌های حاوی ماده معدنی (جهت شیب و شیب)، نقشه‌ی فولیاسیون منطقه را بررسی نموده است. در شکل 4-6 روند غالب لیناسیون ایستگاههای نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه ارائه شده است و شکل 5-6 نیز روند غالب فولیاسیون‌های ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی کانسار کرومیت فاریاب را نشان می‌دهد.



شکل 4-6 نمایش روند غالب لیناسیون ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی کانسار کرومیت فاریاب (قریب‌بلوک 1388)



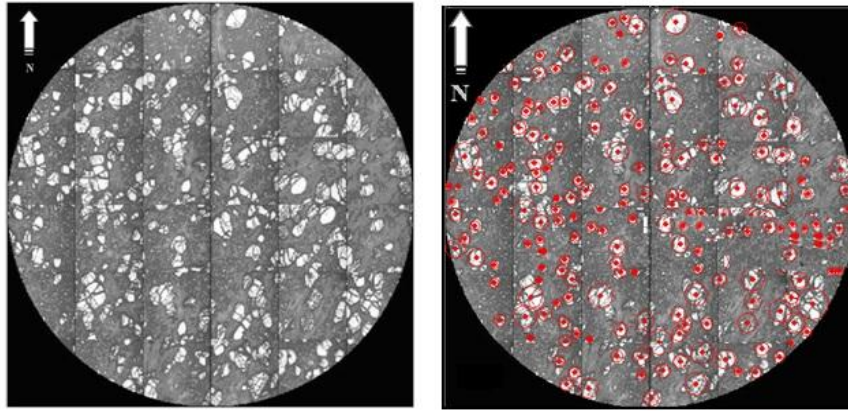
شکل 5-6 نمایش روند غالب فولیاسیون ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی نقشه زمین‌شناسی کانسار کرومیت فاریاب (قریب‌بلوک 1388)

### 6-3-2- نتایج استفاده از روش آنالیز فرای در معدن عزت

معدن عزت به عنوان یک منطقه‌ی هدف در اکتشاف کرومیت می‌باشد. از این لحاظ بیشترین نمونه‌برداری و متعاقباً تهیه‌ی مغزه از رخنمون‌های کرومیتی را در محدوده‌ی این معدن انجام گرفته است. قریب‌بلوک (1388) در پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد خود روش فرای را به عنوان یک روش مکمل برای فابریک مغناطیسی برای این معدن به کار برده است. وی در مجموع از تعداد 12 تصویر میکروسکوپی تهیه شده از مقاطع مختلف و تصاویر ماکروسکوپی لایه‌های کرومیت در معدن عزت به عنوان ورودی نرم‌افزار جدید Fabric8 که مربوط به تحلیل داده‌ی زمین‌شناسی ساختمانی است استفاده کرده است.

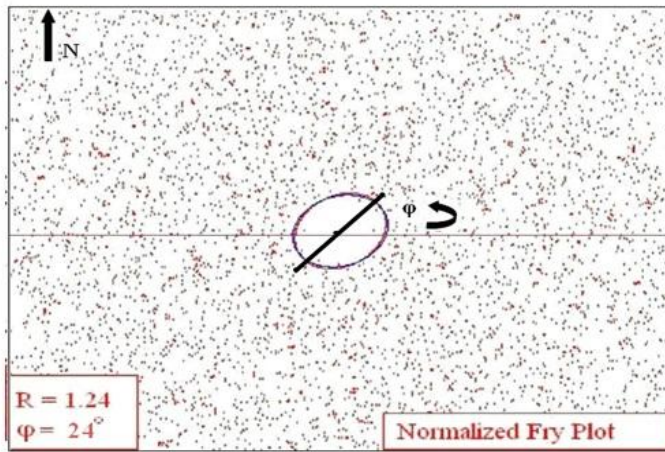


پس از بافر زدن محدوده‌ی تک‌تک ذرات کرومیت (نمونه‌ای از این ذرات تقریباً کروی شکل سفید-رنگ در شکل 6-6 الف مشاهده می‌شود)، روابط مرکز به مرکز فضایی به طور اتوماتیک توسط نرم افزار ایجاد می‌گردد. شکل 6-6 ج، یک مثال از نمودارهای فرای می‌باشد که متعلق به نمونه C<sup>1</sup> است (معدن عزت). این نمودار حاصل از 190 نقطه داده می‌باشد (نقاط به صورت مرکز دواپر در شکل 6-6 ب مشخص هستند) که علت زیاد بودن داده‌ها (نقاط)، شکستگی بیش از حد دانه‌های کرومیتی به علت اعمال تنش‌های تکتونیکی قوی می‌باشد. پیامد این موضوع، تعداد 35910 رابطه فضائی می‌باشد که به صورت نقاط ریز در شکل 6-6 ج مشاهده می‌گردد. زاویه  $\varphi$ ، زاویه بین محور بزرگ بیضی با خط افق در جهت پادساعتگرد می‌باشد و R نسبت قطر بزرگ بیضی به قطر کوچک آن می‌باشد. برای یافتن جهت ذرات کرومیت، مقدار زاویه  $\varphi$  با جهت شمال را بدست آورده، ( $\Phi$ ) که در این نمونه زاویه  $\varphi$  برابر 24 درجه و در نتیجه زاویه  $\Phi$  برابر 66 درجه می‌باشد.



الف

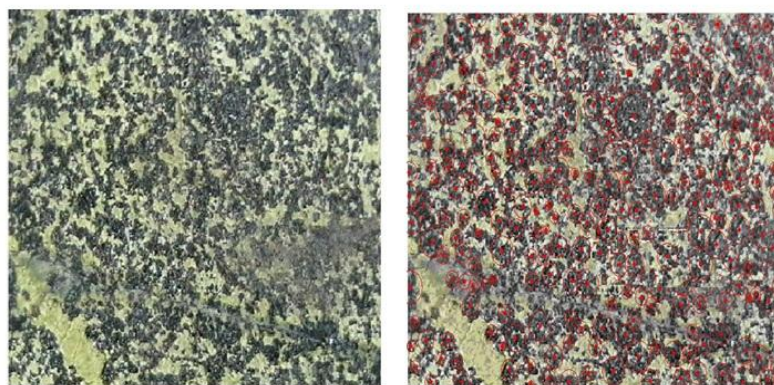
ب



ج

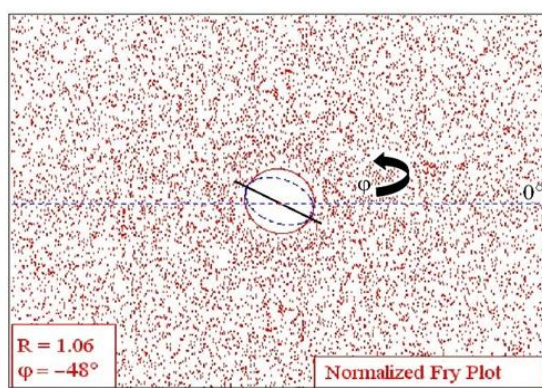
شکل 6-6- الف- تصویر مقطع میکروسکوپی متعلق به نمونه C<sup>1</sup>. ب- تصویر مقطع میکروسکوپی پس از بافر زدن در محیط نرم‌افزار متعلق به نمونه C<sup>1</sup>. ج- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونه C<sup>1</sup> (اقتباس با تصرف از قریب بلوک 1.1388).

شکل 6-7 مربوط به نمونه ماکروسکوپی P می‌باشد (نمونه‌ی P نمونه ماکروسکوپی حوالی معدن عزت می‌باشد). در این نمونه زاویه‌ی  $\phi$  برابر 24- درجه و در نتیجه زاویه‌ی  $\Phi$  برابر 114 درجه می‌باشد.



الف

ب



ج

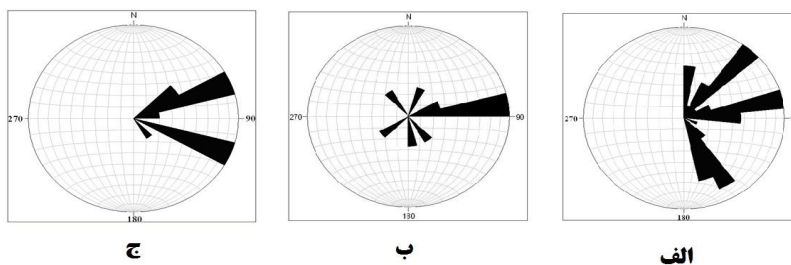
شکل 6-7- الف- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونهی P. ب- تصویر نمونه ماکروسکوپی متعلق به نمونه P پس از بافر زدن. ج- نمودار فرای نرمال تخمین زده شده، متعلق به نمونهی P (اقتباس با تصرف از قریب بلوک 1.1388).

مجموع نتایج حاصل از همه نمونه‌ها بصورت جدول 6-3 مشخص است، همچنین توزیع کلی این جهات بصورت نمودار گل سرخی<sup>54</sup> در شکل 6-8 نمایش داده شده است.

<sup>54</sup> Rose diagram

جدول 6-3- جهت یافتگی ذرات کرومیت در نمونه های متعلق به کانسار عزت (اقتباس از قریب بلوک 1388.ا).

نوع نمونه	عنوان نمونه	زاویه $\phi$ (درجه)	زاویه $\Phi$ با جهت شمال ( $\Phi$ ) (درجه)
میکروسکوپی	A1	۲۰	۷۰
میکروسکوپی	B1	۳۶	۵۴
میکروسکوپی	B2	-۱۷	۷۳
میکروسکوپی	B3	-۲۱	۱۱۱
میکروسکوپی	C1	۲۴	۶۶
میکروسکوپی	C2	۳	۸۷
میکروسکوپی	C3	۲۹	۶۱
میکروسکوپی	E2	-۵۹	۱۴۹
میکروسکوپی	H	۴۰	۵۰
میکروسکوپی	Can	-۲۷	۱۱۷
ماکروسکوپی	D-2	-۲۳	۱۱۳
ماکروسکوپی	P	-۲۴	۱۱۴

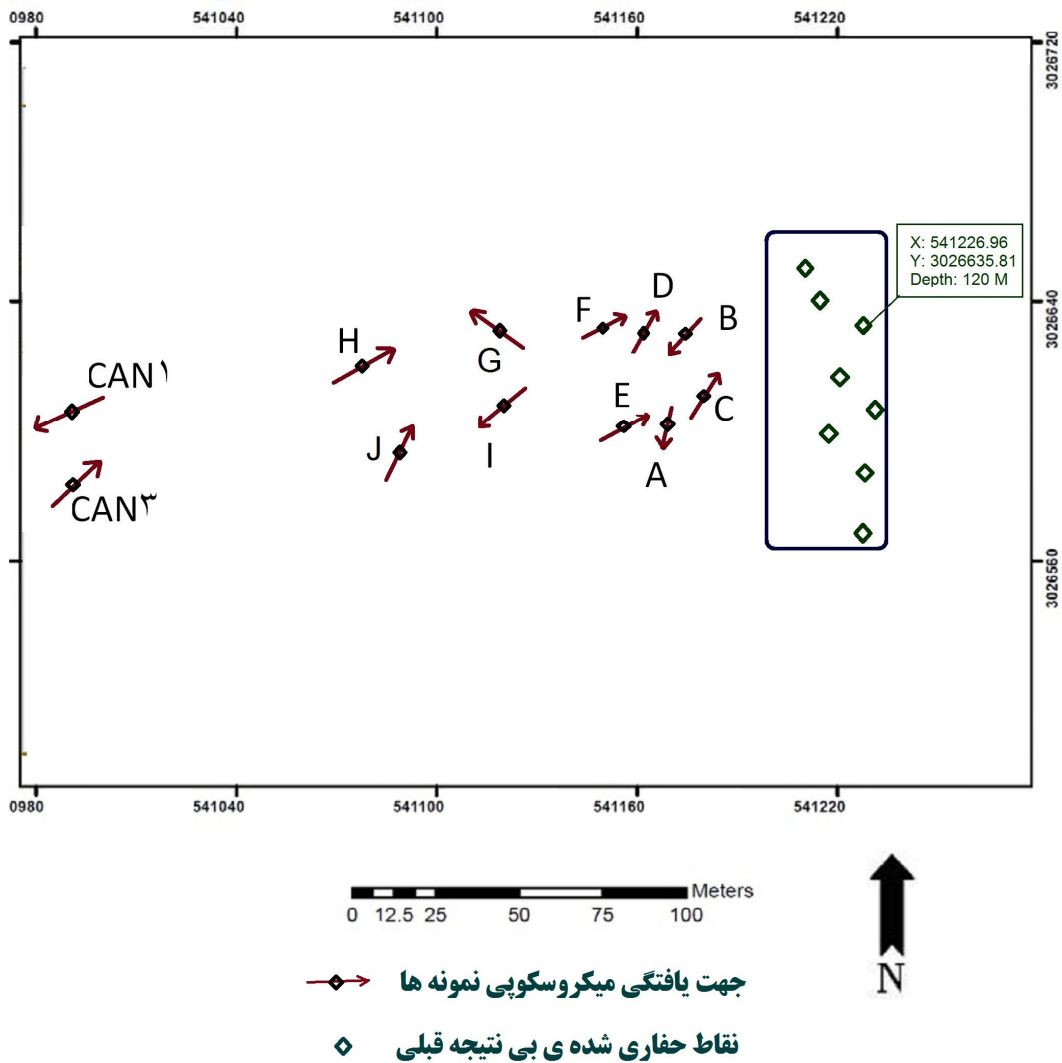


شکل 6-8- الف- دیاگرام گل سرخی مربوط به شکستگی ها (کنترل کننده های ساختاری) در معدن عزت. ب- دیاگرام گل سرخی مربوط به روند کرومیت در معدن عزت (لیناسیون غالب) ج- دیاگرام گل سرخی مربوط به نمونه های ماکروسکوپی (اقتباس با تصرف از قریب بلوک 1388.ا).

#### 6-4- مقایسه و نتیجه گیری

نتیجه‌ی مطالعه و بررسی سه نمودار گل‌سرخ‌ی در شکل‌های 6-8 چنین نشان می‌دهد که دو روند کلی حدود 60 تا 80 درجه و 105 تا 120 درجه برای ادامه‌یافتگی عدسی‌های کرومیتی در منطقه عزت می‌توان نتیجه گرفت؛ از طرفی شکل 6-8 ب، یک روند کلی (لیناسیون غالب حاصل از فابریک مغناطیسی) 80 تا 90 درجه در محدودهٔ مورد نظر را نشان می‌دهد. با مقایسه این دو نمودار با شکل 6-8 ج که نمایان‌گر توزیع شکستگی‌های موجود در منطقه می‌باشند (گسل‌ها و درزه‌ها) سه روند کلی شکستگی 40 تا 50 درجه، 70 تا 80 درجه و 140 تا 150 درجه قابل مشاهده است. می‌توان گفت با توجه به وجود خطای احتمالی در روش به کار برده شده و خطاهای برداشت، یک روند کلی میانگین حدود 70 تا 120 درجه را می‌توان در ادامه‌یافتگی عدسی‌های کرومیتی در نظر گرفت، یا به عبارتی یک روند شکستگی تقریباً شرقی - غربی به عنوان کنترل‌کننده‌ی ساختاری در کانی‌سازی نقش اساسی دارد.

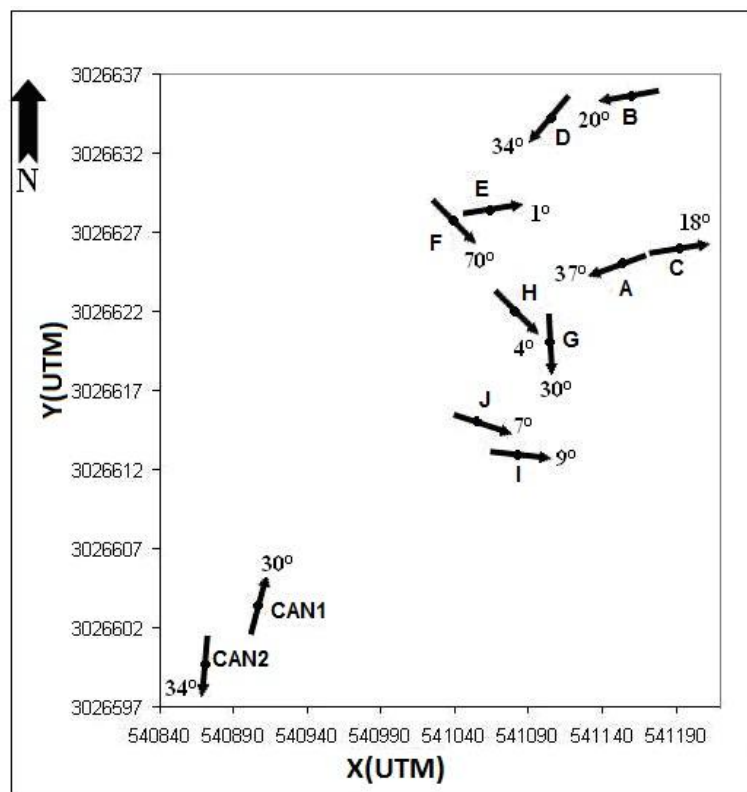
حال به نتایج آنالیز تصاویر میکروسکوپی کرومیت و سنگ میزبان در معدن عزت باز گشته‌ایم. شکل 6-9 روند جهت‌یافتگی کرومیت را در نمونه‌های آنالیز شده در معدن عزت نشان می‌دهد.



شکل 9-6 روند جهت‌یافتگی کرومیت در نمونه‌های آنالیز شده در معدن عزت

با بررسی و مشاهده‌ی نقشه 9-6 مطالعات انجام شده در مقیاس میکروسکوپی شاهد یک روند جهت یافتگی غالب در جهت شمال شرق-جنوب غرب در معدن عزت می‌باشند. مقایسه‌ی این نقشه با شکل‌های 2-6 (روند سیستم درزه در معدن عزت)، شکل 4-6 (روند غالب لینیاسیون (خطوارگی مغناطیسی) در معدن عزت با استفاده از روش فابریک مغناطیسی)، شکل 8-6 (نتایج آنالیز فرای بر روی سیستم درزه و نمونه‌های ماکروسکوپی) و همچنین شکل 10-6 که نقشه‌ی

لیناسیون (خطوارگی مغناطیسی) را در ایستگاه‌های نمونه‌برداری معدن عزت نشان می‌دهد. بیانگر این است که همه‌ی این نقشه‌ها و جهت‌یافتگی‌ها که با استفاده از روش‌های مختلف بدست آمده‌اند نزدیکی زیادی به هم داشته و مخصوصاً روند غالب شمال شرق-جنوب غرب در همه‌ی آنها مشاهده می‌شود. که در اینجا روند غالب شمال شرق یا ناحیه‌ی شرقی می‌باشد.



شکل 10-6 نقشه‌ی لیناسیون (خطوارگی مغناطیسی) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری معدن عزت (اقتباس از قریب بلوک 1.1388).

## فصل هفتم

---

# نتیجه‌گیری و پیشنهادات

---



## 7-1 نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این فصل هدف بررسی نتایج روش آنالیز تصاویر میکروسکوپی و مزیت‌های آن و همچنین ارائه چند پیشنهاد می‌باشد. روش آنالیز تصویر یک روش بسیار کارآمد و نو در زمینه اکتشاف مواد معدنی و به خصوص در زمینه اکتشاف کانسارهای کرومیت است. بنا به دلایلی که در فصل دوم راجع به اکتشاف کرومیت ذکر شد این روش جدید می‌تواند بسیار کارآمد و مفید در این زمینه باشد. از مهم‌ترین نتایج و مزیت‌های این روش می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

1- روش آنالیز تصویر نسبت به دیگر روش‌های اکتشاف کرومیت دارای کم‌ترین هزینه، بیشترین دقت و صحت، سرعت زیاد است.

2- این روش می‌تواند در خیلی از رخنمون‌ها و معادنی که روش‌های دیگر مخصوصاً روش ژئوفیزیکی قابل اجرا نیست، مورد استفاده قرار گیرد.

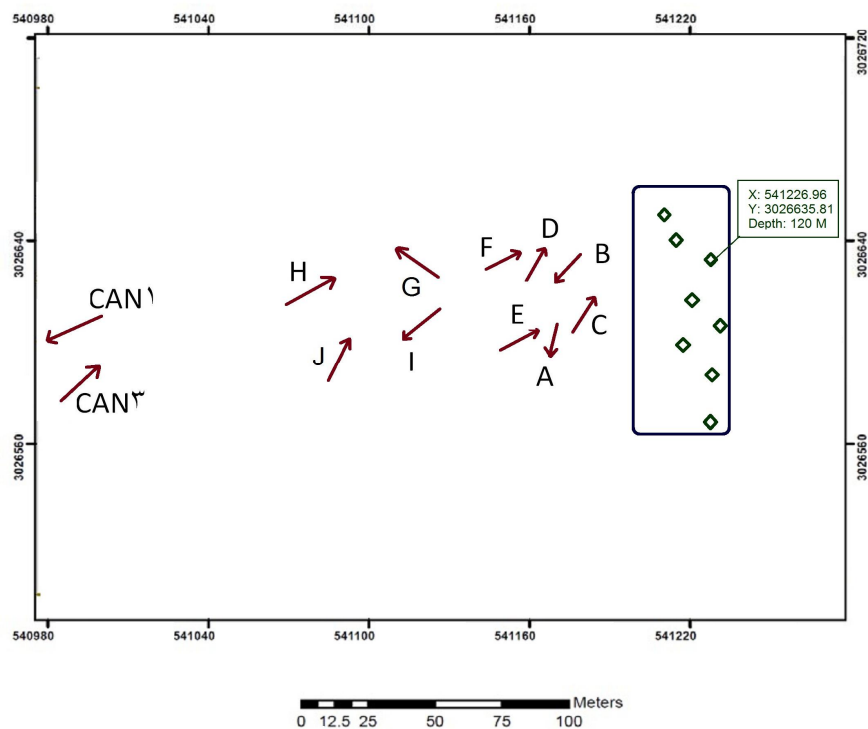
3- این روش می‌تواند انواع پارامترهای کانی‌شناسی در مقیاس میکروسکوپی و هم چنین برخی پارامترهای ساختاری در مقیاس ماکروسکوپی را تحت پوشش و مطالعه قرار دهد. علی‌الخصوص پارامترهای کانی‌شناسی که از این لحاظ می‌تواند بیشترین کمک را به زمین‌شناسان و کانی‌شناسان داشته باشد.

4- یکی از بهترین مزیت‌های این روش این است که داده‌های مورد نیاز در آزمایشگاه آنالیز تصویر (آزمایشگاه خشک) بدست آمده‌اند. بنابراین همه‌ی نمونه‌ها و مواد در این روش قابل اندازه‌گیری دوباره هستند و می‌توان آنها را بارها و بارها مورد آزمایش قرار داد بدون اینکه از بین بروند و یا تغییر شکل بدهند.

- 5- این روش دارای کمترین خطا نسبت به روش‌های شبکه‌ی عصبی بوده در حالی که روش‌های سنتی از جمله روش‌های ژئوشیمیایی علاوه بر اینکه با هزینه و زمان طولانی همراه هستند به دلیل زونالیت‌های بسیار پائینی که نشان می‌دهند، معمولاً در اکتشاف کرومیت جواب‌گو نیستند.
- 6- مهم‌ترین نوآوری این روش این است که برای اولین بار روش‌های اکتشاف سنتی و ساختاری برای کرومیت (کرافچنکو، 1969) بصورت اتوماسیون‌سازی ارائه شده است.
- 7- این روش را می‌توان در دیگر زمینه‌های مهندسی معدن از جمله در کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی مورد استفاده قرار داد و بسیاری از پارامترهای مورد نیاز در فرآیند کانه‌آرایی مواد معدنی همانند درجه‌ی آزادی، میزان درگیری کانه و باطله، کنترل کف فلوتاسیون و غیره را با سرعت و دقت بالا تعیین کرد.
- 8- همان‌گونه که در نقشه‌های بدست آمده در فصل 5 مشاهده کردیم نتایج روش آنالیز تصویر می‌توانند به عنوان یک لایه‌ی اطلاعاتی مناسب در GIS مورد استفاده قرار گیرد.
- 9- روش آنالیز تصویر یک روش الگوریتمیک بر اساس و پایه ریاضی و بر مبنای روش‌های هوش مصنوعی استوار است.
- 10- تحلیل و تفسیر این روش برای معدن عزت در داخل کانسار کرومیت فاریاب نشان می‌دهد که گسترش کانی‌سازی به سمت شرق ادامه ندارد (حفاری‌های اکتشافی هم این مطلب را تأیید کرده است)، بلکه گسترش عدسی‌های کرومیت به سمت شمال شرق این معدن می‌باشد.

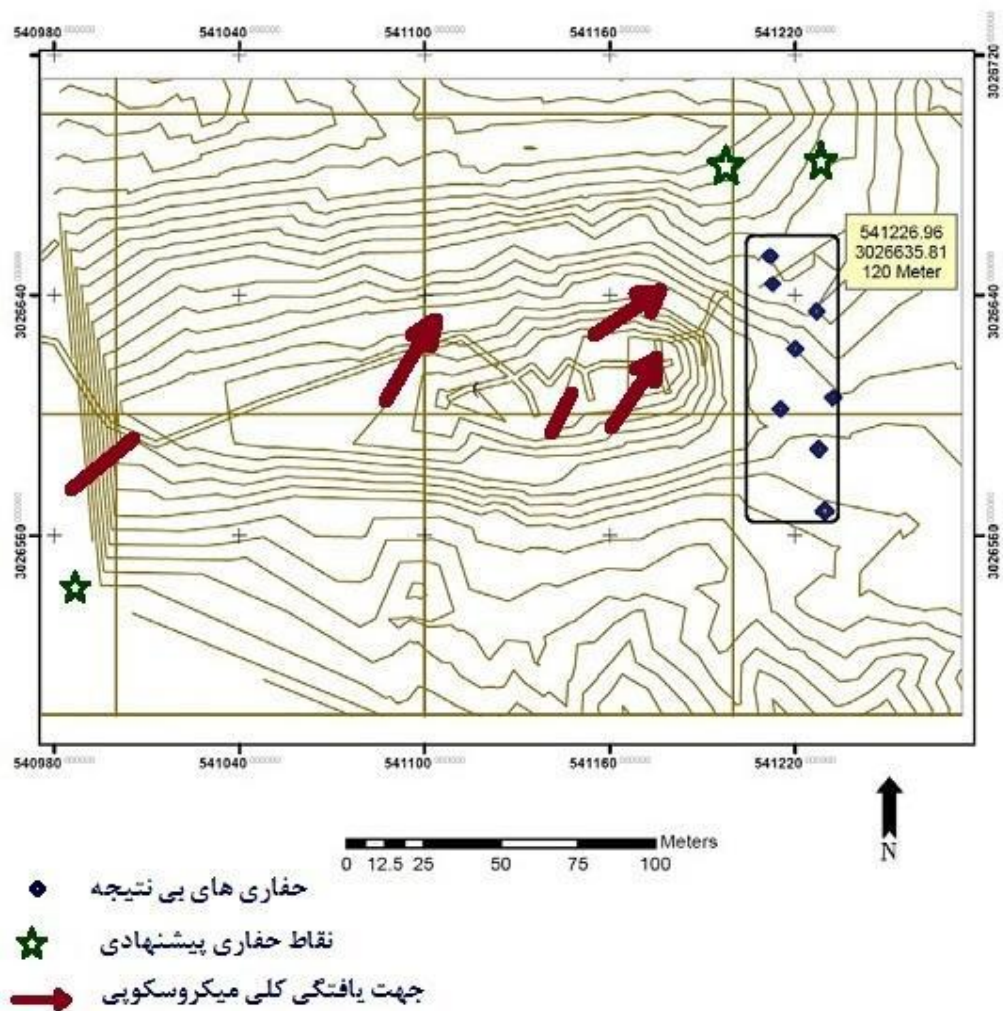
نتایج تحلیل و تفسیر بین معدن عزت و رضا بر اساس داده‌های آنالیز تصاویر میکروسکوپی و روش فابریک مغناطیسی و همچنین داده‌ها و تفاسیر ساختاری نشان می‌دهد که عدسی‌های کرومیت در معدن رضا دارای ساختار موازی و قائم (مدل B از شکل 3-6) و در معدن عزت نیز دارای حالت افقی (مدل A از شکل 3-6) می‌باشند.

در شکل 1-7 نقشه‌ی جهت‌یافتگی کرومیت در نمونه‌های معدن عزت همراه با نقاط حفاری شده ناموفق قبلی ارائه شده است. در انتهای شرقی معدن عزت، جایی که عدسی کرومیت قطع شده است در فاصله‌ی 4 متری در 8 نقطه تا اعماق 120 و 150 متر حفاری انجام گردیده که کلیه‌ی آنها بی نتیجه بوده‌اند.



شکل 1-7 نقشه‌ی جهت‌یافتگی در نمونه‌های مطالعه شده در معدن عزت

شکل 7-2 نیز نقشه‌ی توپوگرافی معدن عزت را همراه با جهت‌یافتگی کلی کانی‌های کرومیت و سنگ میزبان دونیت در مقیاس میکروسکوپی و نقاط حفاری شده بی‌نتیجه‌ی قبلی به نمایش می‌گذارد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود جهت‌یافتگی کلی ذرات کرومیت و سنگ میزبان در این معدن در جهت شمال‌شرق - جنوب‌غرب می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود حفاری‌ها در معدن عزت به سمت شرق متوقف و اکتشاف به سمت شمال‌شرق این معدن هدایت گردد.



شکل 7-2 نقشه‌ی توپوگرافی معدن عزت را همراه با جهت‌یافتگی کلی کانی‌های کرومیت و سنگ میزبان دونیت در مقیاس میکروسکوپی و نقاط حفاری شده بی‌نتیجه‌ی قبلی

در این شکل روندهای غالب جهت یافتگی ذرات کرومیت و سنگ میزبان در مقیاس میکروسکوپی با پیکان‌های قرمز رنگ مشخص گردیده است. علائم ستاره‌ی سبز رنگ نیز نشان دهنده‌ی نقاط حفاری پیشنهادی می‌باشند. شکل 3-7 بخشی از قسمت شمال شرقی معدن عزت می‌باشد که در آن موقعیت پیشنهادی برای حفاری در شمال شرقی معدن عزت و محل تونل‌های متروکه مشخص شده است.



شکل 3-7 موقعیت نقاط پیشنهادی برای حفاری در معدن عزت

# منابع و ماخذ

## منابع فارسی

1. پازند، ک و علی نیا، ف، 1386، "بررسی کانی سازی عناصر گروه پلاتین در پیروکسنیت-های منطقه معدنی فاریاب"، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.
2. پازند، ک. علی نیا، ف، 1386، "کاربرد روش نسبت‌های فلزی در اکتشاف عناصر گروه پلاتین در منطقه فاریاب"، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.
3. پازند، ک. قنبری، ی و علی نیا، ف، 1387، "مقایسه روند کانی سازی عناصر گروه پلاتین (PGE) در دو منطقه سیخوران و فاریاب"، چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست.
4. رجب زاده، م. 1378، "کانه زایی عناصر گروه پلاتین در کانسارهای کرومیت مناطق افیولیتی نی‌ریز (منطقه آباد طشک) و فاریاب (آسمینون) در جنوب ایران"، سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
5. سازمان زمین‌شناسی. 1386، "نقشه پراکندگی محیط‌های مناسب و پتانسیل‌دار کرومیت در ایران با مقیاس 1:6500000" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، مدیریت ژئومتیکس، تهران.
6. سازمان زمین‌شناسی، 1385. "نقشه زمین‌شناسی ورقه 1:100000 میناب" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران، تهران.
7. سبزه‌ئی، م. 1364، "پایانی بر افسانه فرورانش در ایران، نمونه اختصاصی فرورانش در امتداد زون شکستگی زاگرس"، چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
8. فصل‌نامه‌ی سنگ و معدن، بهار 1388، شماره‌ی 11، صفحه‌ی 17 تا 26، کروم و کرومیت فلزی راهبردی.
9. قریب بلوک، ا. 1388، "بررسی و مطالعه‌ی کاربرد روش AMS در اکتشاف کانسارهای کرومیت (مطالعه‌ی موردی کانسار کرومیت فاریاب)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. شاهرود.

10. کیمیا قلم ج، 1367، "گزارش اکتشافات ژئوفیزیکی (گرانی سنجی، مغناطیس سنجی و مقاومت ویژه)"
۱۱. مجتمع و کارگاه معدنی آسمینون، 1387، گزارشات و منابع موجود در شرکت معادن فاریاب.
12. مطیعی، ه. 1372، "چینه شناسی زاگرس"، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین شناسی کشور، 497ص.
13. مؤسسه جغرافیایی ایران، 1382. "اطلس راههای ایران"، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی، تهران.
14. هلالات، ه. بلورچی، م.ح، 1373، "ذخایر فسفات"، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین شناسی کشور، 355ص.



## References:

۱. Alavi Tehrani, N., ۱۹۷۷. "Geology and petrography in the ophiolite range NW of Sabzevar (Khorassan/Iran) with special regard to metamorphism and genetic relation in an ophiolite suite". H.T. ۹, S.1: ۱-۴۷.
۲. Bakhterev .V. V., ۲۰۰۵. "Parameters of High-Temperature Conductivity of Alpine-Type Dunite–Harzburgite Ultramafic Rocks of the Urals as a Possible Guide for Their Potential Chromite Mineralization"., *Doklady Akademii Nauk*, ۲۰۰۶, Vol. ۴۰۸, No. ۳, pp. ۳۶۳–۳۶۵.
۳. Boguslaw, Obara., ۲۰۰۶. "An image processing algorithm for the reversed transformation of rotated microscope images", *J. of Computers & Geosciences* ۳۳ (۲۰۰۷) ۸۵۳–۸۵۹.
۴. González Rafael C., Eugene Woods Richard., ۲۰۰۸. "Digital image processing", ۹۵۴ pages.
۵. ICDA (World Mining Data/Vienna), ۲۰۰۴, "International Chromium Development Association", , Statistical bulletin ۲۰۰۴ edition: Paris, France, International Chromium Development Association, July, ۴۵ p.
۶. IMIDRO, Relations Department of Iranian Mines and Mining Industries, Development and Renovation Organization. ۲۰۰۵. Public. "Mines and Mining in Iran".
۷. Kravchenko.G.G., ۱۹۹۶. "Role of Tectonics in Crystallization of Chromite Ore of the Kempirsai", (Nauka, Moscow, ۱۹۶۹) [in russian].
۸. Liu. J.J., MacGregor. J.F., Duchesne .C. and Bartolacci. G., ۲۰۰۴. "Flotation froth monitoring using multiresolutional multivariate image analysis" *J. of Minerals Engineering* ۱۸. ۶۵–۷۶.
۹. MatLab Help
۱۰. Pirard, Eric. Sophie, Lebichot and William Krier., ۲۰۰۷. "Particle texture analysis using polarized light imaging and grey level intercepts", *International J. of Mineral Processing Int. J. Miner. Process.* ۸۴. ۲۹۹–۳۰۹.
۱۱. Robert, Marmo. Sabrina, Amodio. Roberto, Tagliaferri. Vittoria, Ferreri. and Giuseppe longo., ۲۰۰۴. "Textural identification of carbonate rocks by image processing and neural network", *J. of Computers & Geosciences* ۳۱. ۶۴۹–۶۵۹

۱۶. Sabzehei, M., ۱۹۷۴. "*Les melanges ophiolotiques de la region d'Esfandagheh (Iran meridional), etude petrographique et structural*", these Doct. Etat, Univ. Grenoble, ۳۰۶ p.
۱۷. Singh, Veerendra. Mohan Rao, S., ۲۰۰۰. "*Application of image processing and radial basis neural network techniques for ore sorting and ore classification*" .J. of Minerals Engineering ۱۸. ۱۴۱۲-۱۴۲۰.
۱۸. Smith John .V, Beermann Eberhard., ۲۰۰۰. "*Image analysis of plagioclase crystals in rock thin sections using grey level homogeneity recognition of discrete areas*" .j.of. Computers & Geosciences ۳۳. ۳۳۵-۳۵۶
۱۹. USGS., ۲۰۰۴. "*Chromium*".
۲۰. USGS., ۲۰۰۰. "*Minerals Information Commodity Statistics and Information: Chromium*".
۲۱. USGS., ۲۰۰۹. "*Minerals Information Commodity Statistics and Information: Chromium*".
۲۲. Wikipedia
۲۳. Yaghubpur.A, Hassannejad. A., ۲۰۰۶, "*The Spatial Distribution of Some Chromite Deposits in Iran, Using Fry Analysis*", j.of Islamic Republic of Iran ۱۷(۲): ۱۴۷-۱۵۲.
۲۴. Zhang, Ga. Dongfang, Liang. And Jian-Min Zhang., ۲۰۰۶. "*Image analysis measurement of soil particle movement during a soil-structure interface test*" ,J.of. Computers and Geotechnics ۳۳. ۲۴۸-۲۵۹

## **Abstract**

In this study, several image processing techniques have been studied for the mine scale exploration for chromites deposits. Traditional exploration methods are based on gravity, magnetic and structural geology, which suffer several shortcomings, including lack of sufficient geophysics methods. This is because of almost equal density of rocks containing chromites. The method introduced by Kravchenko (in Kimbersai chromite deposit) is a qualitative method and cannot be automated. Obtaining a data base, based on this method by optical method is time consuming and costly. The other reasons could be addressed by the existence of different kind of ore deposits and uncertain exploration status of many chromites deposits. These shortcomings make the interpretation process time consuming and costly, as well.

The proposed technique in this research requires nothing more than an ore microscope fitted with a digital camera, and a PC which will run off – the shelf image processing software. This method works, despite the fact that the image analysis technique includes a wide range of mineral substances from sulfide to coal, iron to rare elements and diamond, and from bauxites to clay. Using the image processing technique, color, brightness and morphometry analysis can be done in a quantitative method. Because optical characteristic and physical phenomena of minerals can be explained more clearly. We outline here a relatively automated method, which uses standard image processing techniques to acquire size, shape and model data for chromites phenocrysts and voids in a suite of donate Alpyan, in Faryab mine area (SE Iran).

Based on the proposed method estimated and calculated geometric attributes (parameters) of minerals and natural elements in microscopic and low density scale are stored in a data base. This is based on their brightness and morphometry properties by a computer based optic-geometric image processing method.

Computationally, the introduced technique make possible, without exploration drilling, the distinction between blind mineralization and false ore mineralization. The methodology developed in this research has been verified by testing it on various real – world mining geology projects. The end result of this study gives promises for chromites exploration in mine scale using an algorithmic digital image processing technique.

Key words: microscope image processing, Chromite, Faryab, lination



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Mining, Petroleum Engineering and Geophysics**

**An Image Processing Approach for  
Chromite Deposits Exploration (case  
study: faryab chromite deposite)**

**Barat Ghaviandam Emamverdikhan**

**Supervisors:  
Dr. Mansour Ziaii  
Dr. Ali A. Pouyan**

**MSc. thesis  
jun ۲۰۱۰**