

## ویژگی‌های میکروسکوپی و طیف‌سنجی رامان در تشخیص زمردهای طبیعی پنج شیر افغانستان

زیبا دلپسند<sup>۱\*</sup>، نیلوفر موسوی پاک<sup>۲</sup>

\*۱- موسسه توسعه گوهرشناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی، [ziba.delpasand@gmail.com](mailto:ziba.delpasand@gmail.com)

۲- موسسه توسعه گوهرشناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی، [npak77@yahoo.com](mailto:npak77@yahoo.com)

**چکیده:** زمرد پس از الماس دومین سنگ قیمتی است این گوهرسنگ در افغانستان و برخی نقاط جهان مانند کلمبیا، برزیل، روسیه و... یافت می‌شود. زمرد افغانستان با توجه به شفافیت آن نسبت به سایر زمرد های معادن دیگر کم نظیر است. افغانستان پس از کشورهای برزیل کلمبیا و زامبیا چهارمین صادرکننده زمرد می‌باشد. آنچه زمرد افغانستان را غیرمعمول می‌سازد، شفافیت بسیار خوب آن است. اغلب زمردها حتی زمردهای با کیفیت، دارای ترک‌های سطحی هستند، ولی زمرد افغانی معمولاً به‌طور فوق‌العاده‌ای تمیز است و با وجود اندازه کوچک دارد ولی از کیفیت بسیار بالایی برخوردار است. معادن زمرد افغانستان در دل کوه‌های دره پنجشیر و کوه‌های هندوکش در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق کابل، در ارتفاع ۳ تا ۴ هزار متری زمین قرار دارند. زمرد افغان از ۶ معدن در دره پنج شیر استخراج می‌شود. و به مراتب برخی از نمونه‌ها از زمردهای یافته شده در کلمبیا با کیفیت تر است. برای دست یابی به اهداف این تحقیق، تعدادی از زمردهای تراش خورده و تراش نخورده از بازار تجاری ایران و کشور افغانستان جمع آوری گردید. و پس از آماده سازی مطالعات میکروسکوپی و همچنین طیف سنجی رامان بر روی نمونه‌ها انجام شد. مشاهدات میکروسکوپی حاکی از آن است که ادخالهای سیال در زمردهای طبیعی پنج شیر افغانستان شامل کریستال های مهمان، دو وسه فازی های نامنظم و کشیده همراه با شکستگی های فراوان است. داده‌های بدست آمده از طیف سنجی رامان نیز نشان می‌دهد که تغییرات در بازه (cm-1) 4300 تا 4000 در نمونه‌ها مربوط به کروم می‌باشد.

کلمات کلیدی: زمرد، پنج شیر، ادخال، شواهد میکروسکوپی، طبیعی، رامان اسپکتروسکوپی

## Microscopic Characteristics of Raman Spectroscopy in the Detection of Natural Emeralds of Five Lions of Afghanistan

**Abstract:** Emerald after diamond is the second precious stone found in Afghanistan and in some countries around the world. The emerald of Afghanistan is unique in terms of transparency. It is the fourth largest exporter of emeralds after countries such as Brazil, Colombia and Zambia. What makes Afghanistan's emerald unusual is its excellent transparency. Most emeralds, even quality emeralds, have superficial cracks, but the Afghan emerald is usually extremely clean and small in size but of very high quality. Afghanistan's Emerald Mines are located in the heart of the Panjshir Valley and the Hindu Kush Mountains, 2 kilometers northeast of Kabul, at an altitude of 3 to 6,000 meters. And far more effective than emeralds found in Colombia. To achieve the objectives of this study, a number of shredded apricots were collected from the commercial market of Iran and Afghanistan. Samples were prepared after microscopic studies as well as Raman spectroscopy. Microscopic observations indicate that fluid inclusions in

# کانسارهای کوهرسنگ در ایران

پیی جویی . اکتشاف . استخراج . فرآوری . بازاریابی

Conference on Iraninan Gemstone Deposits

Prospecting . Exploration . Mining . Processing . Marketing

اولین جاییش ملی سالانه کانسارهای ایران

دانشگاه صنعتی شاهرود

5-6 Feb 2020

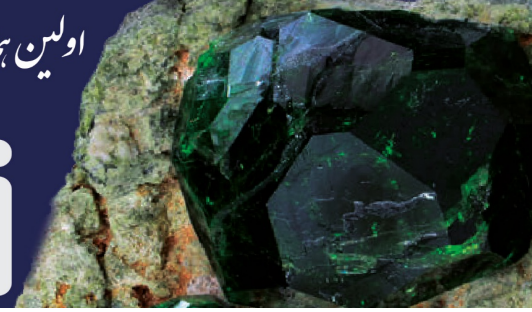
۱۶ و ۱۷ بهمن ۹۸



انجمن کانسارهای ایران

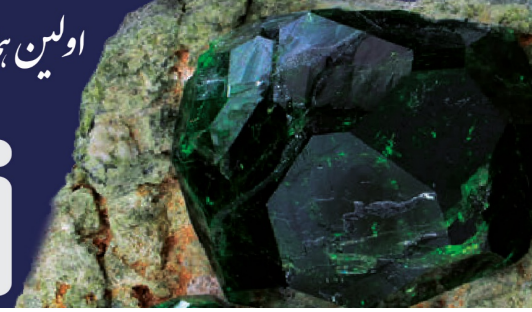


دانشگاه صنعتی شاهرود



the natural emeralds of the Panjshir of Afghanistan include guest crystals, two irregularly stretched fuzzies with numerous fractures. Raman spectroscopy data also show that the variations in the samples range from 4300 (cm-1) to 4000 (cm-1) in the chromium samples.

**Keywords:** Emerald, Panjshirm inclusion, Microscope evidence, Natural, Raman spectroscopy

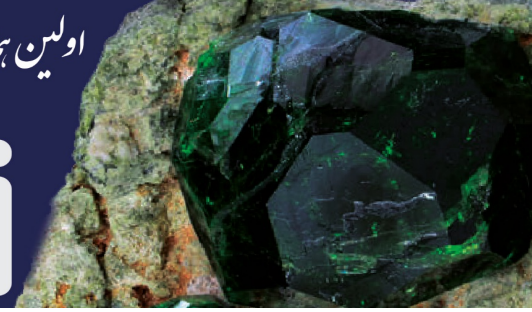


## ۱- مقدمه

افغانستان به لحاظ گوناگونی و ویژگی‌های منحصر به فرد زمین شناسی دارای پتانسیل مناسب از مواد معدنی به ویژه سنگ‌های قیمتی است که از آن جمله می‌توان به بریل (زمرد) اشاره نمود. زمرد از قدیمی‌ترین گوهرسنگ‌های شناخته شده در تاریخ است. که می‌توان علت آن را در رنگ منحصر به فرد، تراش و تجارت گسترده آن دانست. مردم افغانستان هزاران سال برای بدست آوردن سنگ‌های قیمتی از زمین زحمت کشیده ورنج برده‌اند. این سنگ‌ها از مناطق دور حمل شده و در قبیله‌های مختلف دست به دست گشته تا به نقاط دوردست دنیا، به کاخ‌های پادشاهی فراعنه و شهرهای ثروتمند سومریان رسیده تا شاید طمع یک پادشاه ویا یک زن ویا یک مرد بدوی را برآورده سازد [۱]. افغانستان مملو از مواد معدنی گرانبها به خصوص زمرد است که می‌تواند با زمرد کلمبیا رقابت نزدیکی را داشته باشد. واز این لحاظ افغانستان یک گنج جهانی محسوب می‌شود، نرخ مبادلات انجام شده در تجارت سنگ‌های قیمتی حدود سه میلیون دلار آمریکا در سال تخمین زده شده است که از آن جمله دومیلیون آن سهم زمرد پنج شیر می‌باشد. گزارش برنامه توسعه سازمان ملل متحد نیز نشان می‌دهد که سنگ‌های قیمتی افغانستان به طور کلی دارای ارزش مجموعی سالانه پنج میلیون دلار است واین ارزش می‌تواند، بعد از استفاده فنی وروش‌های مناسب استخراج به مرز صدو شصت میلیون دلار در سال افزایش یابد. زمرد پنج شیر افغانستان یکی از سنگ‌های قیمتی با تجارت بالا است. سختی و زیبایی آن باعث شده است. که سهم قابل توجهی را در این زمینه داشته باشند. وپتانسیلی ارزشمند برای حضور موفق سرمایه گزاران و متخصصین باشد. ازاینرو گوهر زمرد می‌بایست به خوبی بررسی و نوع طبیعی بودن آن تعیین شود. پتروگرافی و بررسی شواهد میکروسکوپی ابزار مناسبی است که می‌تواند برای تعیین اصالت زمرد طبیعی پنج شیر افغانستان در کنار سایر آزمون‌های متداول گوهرشناسی و بررسی‌های رامان مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲- موقعیت جغرافیایی افغانستان

کشور اسلامی افغانستان بین عرض ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و بین طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۱ دقیقه و ۷۵ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی در محدوده آسیای میانه قرار دارد و دارای مساحتی بیش از ۶۷۳۳۴۸ کیلومتر مربع می‌باشد وچهلمین کشور جهان از نظر مساحت به شمار می‌آید. افغانستان سرزمینی کوهستانی و محاط بر خشکی است، و از کشورهایی به شمار می‌رود که به دریا راه ندارد. طول مرزهای افغانستان حدود ۵۸۰۰ کیلومتر است، که شامل ۲۳۸۴ کیلومتر در شمال با جمهوری‌های تاجیکستان، ازبکستان و ترکمنستان، ۲۲۴۰ کیلومتر از شرق و جنوب با جمهوری اسلامی پاکستان، ۷۳ تا ۹۳ کیلومتر مربع از سمت شمال شرقی از طریق تنگه واخان با استان مسلمان نشین سین کیانگ (سنجان) جمهوری خلق چین و ۸۵۵ تا ۹۳۰ کیلومتر در غرب با جمهوری اسلامی ایران که ۶۱۹ کیلومتر آن با استان خراسان است. موقعیت کشور افغانستان در (شکل ۱) نشان داده شده است. افغانستان از نظر طبیعی، سرزمین افراط و تفریط است، آب و هوای خشن افغانستان یکی از مهمترین ویژگیهای طبیعی این کشور بشمار می‌رود، به این معنا که این سرزمین در زمستان هوایی بسیار سرد و در تابستان هوایی گرم دارد. کوههای سر به فلک کشیده و دره‌های ژرف، باران‌های بهاری و تابستان‌های خشک، زمستان



های بسیار سرد و تابستان های گرم، بلندهای پوشیده از برف در طول سال و سرزمین های پست و خشک و سوزان از ویژگیهای افغانستان است [۲].



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی کشور افغانستان

### ۳- زمرد در افغانستان

زمرد با ارزش ترین نوع بریل است و در حال حاضر، کشورهای برزیل، زیمبابوه، زامبیا، کلمبیا و افغانستان بیشترین معادن زمرد را در اختیار دارند و تولیداتشان در سطح جهانی است و مجموع معاملات انجام شده بالغ بر چندین میلیارد دلار است. آنچه زمرد افغانستان را غیر معمول می سازد، شفافیت بسیار خوب آن است. اغلب زمردها حتی زمردهای با کیفیت، دارای ترک های سطحی هستند، ولی زمرد افغانی معمولاً به طور فوق العاده ای تمیز است و با وجود اندازه کوچک از کیفیت بسیار بالایی برخوردار است.

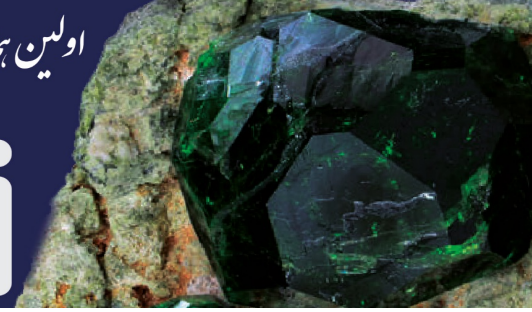
زمردهای افغانستان در دره پنج شیر یافت می شوند عامل رنگ ساز زمرد افغانستان کروم میباشد و در نتیجه وجود این عنصر رنگ سبز تیره را نشان می دهند. اندازه بلور و شفافیت آنها با بهترین زمردهای پیدا شده در کلمبیا که برای قرن ها بی رقیب بودند، رقابت می کند. دره پنج شیر، دره کوهستانی باریکی به طول ۱۱۰ کیلومتر و با اهمیت استراتژیکی است و مانند پیکانی مستقیم به طرف کابل می باشد و رودخانه ای به همین نام از هندو کش سرچشمه می گیرد و در این دره جریان دارد. منطقه معدنی زمرد دره پنج شیر حدود ۱۱۳ کیلومتری شمال شرق پایتخت افغانستان قرار دارد (شکل (۲)). ناحیه معدنی زمرد در امتداد دامنه های جنوبی هندوکش، جنوب رود پنج شیر، در امتداد سمت شرقی دره پنج شیر قرار دارد. در این ناحیه شش معدن فعال بین روستای خنج در جنوب و آرو در شمال به نامهای خنج، بوتاک، بوزمان، باخی و دارون در منطقه ای به وسعت ۴۰ و در ۸ کیلومتر را شامل می شود. زمردهای با کیفیت بهتر در منطلق خنج و میکنی در دایکها وسیله های به شدت دگرگون یافته دیوریت- گابرو ضخیم لایه یافت می شود.



انستیتو ملی تحقیقات کانسارهای ایران



دانشگاه صنعتی شاهرود



شکل (۲): موقعیت جغرافیایی دره پنج شیر افغانستان

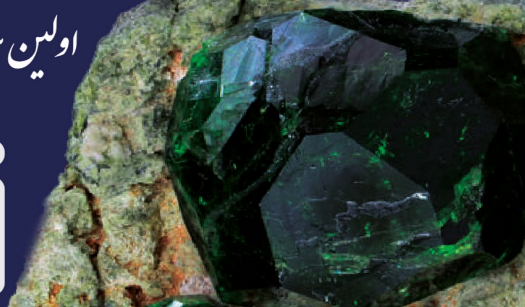
در دره پنج شیر تا اکنون ۱۷۲ معدن سنگ زمرد شناسایی شده است که اغلب توسط زمین شناسان روس اکتشاف شدند. زمرد افغانستان برای اولین بار در محل معدن بوزمان ( ۱۷۰ کیلومتری در سنگ ) در اوایل دهه ۱۹۷۰ در نزدیکی روستای دست روات در دره پنج شیر پیدا شده است [۳]. کشور افغانستان از این توانایی برخوردار است تا به دومین منبع تولید زمرد، دومین سنگ گرانبها پس از الماس، در جهان تبدیل شود. نمونه‌ایی از زمردهای دره پنج شیر در (شکل (۳)) نشان داده شده است.





شکل (۳): نمونه‌ایی از زمرد دره پنج شیر افغانستان

#### ۴- مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۱۳ نمونه زمرد طبیعی تراش خورده و دو نمونه زمرد طبیعی تراش نخورده از بازار تجاری ایران و کشور افغانستان فراهم گردید. مطالعات گوهرشناسی نمونه‌های مذکور، در آزمایشگاه موسسه توسعه گوهرشناسی ایران واقع در



دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی انجام شد که شامل مشاهدات چشمی به صورت مسلح و غیر مسلح، مطالعه خواص نوری و چند رنگی، ضریب شکست، مشاهدات میکروسکوپی و وزن مخصوص می‌باشد. مشخصات نمونه‌ها در جدول ۱ آمده است. مطالعات طیف سنجی رامان نیز در همان آزمایشگاه بر روی نمونه‌های مشابه صورت گرفت. دستگاه مذکور تولید شرکت تکسان مدل (Takram P50C0R10) طول موج لیزر (532nm) از شرکت‌های مرکز رشد دانشگاه شهید بهشتی می‌باشد.

جدول (۱): مشخصات نمونه‌های مورد مطالعه			
Transparency	color	Clarity	تصویر نمونه
TP to STP	VVSLbG	Moderately included	
OP	VVSLbG	Highly included	

## ۵- نتایج و بحث

### ۱-۵- مطالعات گوهرشناسی

زمرد دره پنج شیر افغانستان در نمونه صحرایی دارای سیستم تبلور هگزاگونال است، بنابراین به لحاظ شکل ظاهری قبل از تراش کاملاً متفاوت از زمردهای تراش خورده هستند که در نگاه اول کاملاً قابل تفکیک می‌باشند اما انواع تراش خورده، و تراش نخورده به لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کاملاً مشابه یکدیگر می‌باشند که با استفاده از روش‌های متداول گوهرشناسی نیز نتایج مشابه حاصل می‌شود. در بررسی‌های انجام شده بر روی ۱۳ نمونه زمرد تراش خورده و دو نمونه تراش نخورده پنج شیر به لحاظ بررسی خصوصیات نوری، ضریب شکست، فلورسنسی و چگالی نمونه‌ها نتایج حاصل از مطالعات گوهرشناسی در جدول ۲ درج شده است. لازم به ذکر است که تمامی آزمون‌های فوق بر روی ۱۰ نمونه تصادفی دیگر نیز مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج حاصل نیز مانند نمونه‌های اصلی بود.

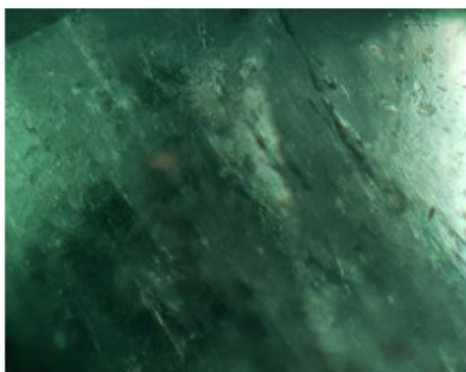


	Natural Emerald(Panjshir)
Optic character	Uniaxial negative
SR/DR/AGG	DR
RI	1.57to1.578
SG (نمونه تراش خورده)	2.70(+0.18/0.05)
UV(lw- sw)	Inert

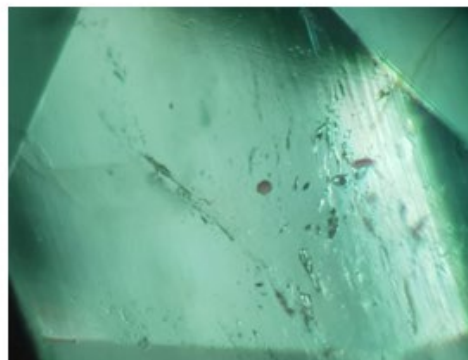
جدول (۲): مشخصات نمونه های مورد مطالعه

### ۲-۵. مطالعات میکروسکوپی

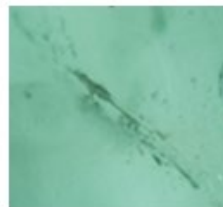
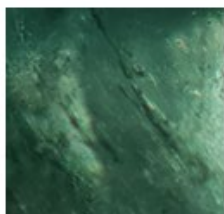
بررسی های میکروسکوپی بر مبنای معیارهای ارائه شده توسط (Van den kerkhof and Hein, 2001 shepherd, et ai.1985) (ROEDDER, 1984) [۴]. انجام پذیرفت. بر این اساس جهت مطالعه شواهد میکروسکوپی می بایست از میکروسکوپ گوهرشناسی دوچشمی استفاده نمود که امکان مشاهده با بزرگ نمایی 40x را دارا باشد. شواهد میکروسکوپی زمردهای طبیعی تراش خورده (شکل (۵)) و تراش نخورده (شکل (۶)) نشان میدهد که اذخال های موجود در زمردهای طبیعی شامل کریستال های از کانی های دیگر، همراه با دو یا سه فازی (اولیه، ثانویه) به صورت نامنظم و کشیده قابل تقسیم و همچنین دارای پدیده اثر انگشت (فینگر پرینت) می باشند که با زوایای خاصی در داخل زمرد مهمان توزیع می شوند



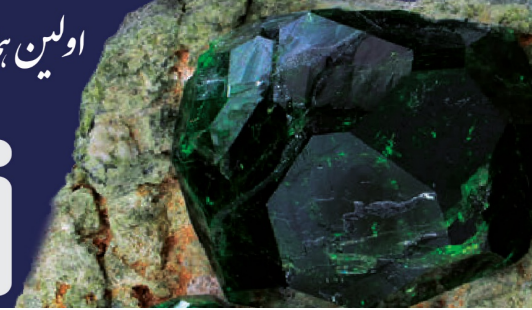
2Phase



3Phase



شکل (۵): تصاویر شواهد میکروسکوپی در زمردهای تراش خورده مورد مطالعه با بزرگنمایی 20x، وجوددوفازی (شکل سمت چپ) و سه فازی (شکل سمت راست) نامنظم و کشیده و شواهدی از اثر انگشت در زمردهای طبیعی پنج شیر افغانستان



### Crystal & 3phase

شکل (۶): تصاویر شواهد میکروسکوپی درزمردهای تراش نخورده مورد مطالعه با بزرگنمایی 20x، شواهدی از دو وسه فازی در زمردهای طبیعی پنج شیر افغانستان

### ۳-۵- مطالعات طیف سنجی رامان

در مطالعه گوهرها و سنگ‌های بهادار، علاوه بر اینکه با آزمون‌های غیرتخریبی و تخصصی گوهرشناسی نظیر پلاریسکوپ، رفرکتومتر و وزن مخصوص؛ از روش‌های نوین دیگری مانند طیف سنجی رامان نیز استفاده می‌شود که امروزه از متداول‌ترین روش‌های مطالعه گوهرها است. طیف رامان اطلاعاتی را در مورد فرکانس‌های ارتعاش معمولی و ارتعاش مختلف و سطوح ارتعاشات مولکولی را آشکار می‌کند. بنابراین طیف‌سنجی رامان اغلب برای شناسایی گروه‌های اصلی در مولکول‌های سازنده مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرکانس ارتعاشی از یک گروه اصلی در مواد مختلف اثر یکسان دارد. طیف‌سنجی رامان، مطالعه‌ی نوعی از برهم‌کنش بین نور و ماده است که در آن نور دچار پراکندگی می‌شود. غالباً فوتون‌هایی که با مولکول‌ها برهم‌کنش می‌کنند، به‌طور الاستیک پراکنده می‌شوند به این پراکندگی، پراکندگی ریلی گفته می‌شود و فوتون‌های پراکنده شده همان طول موج نور فرودی را دارند. انرژی از دست داده شده ارتباط مستقیمی با گروه عاملی، ساختار مولکولی متصل به آن، نوع اتم‌های مولکول و محیط آن دارد. طیف‌های رامان هر مولکول منحصر به فرد است. از این رو می‌توان از آن مانند اثر انگشت در تشخیص ترکیبات مولکولی روی یک سطح، درون یک مایع یا در هوا استفاده کرد. در مقایسه طیف رامان بدست آمده (شکل (۴))، در بازه 4300 (cm-1) تا 4000 (cm-1) دو پیک دیده می‌شود که نشانه پیک کروم می‌باشد. از آنالیز نمونه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های مولکولی و شیمیایی سیزده نمونه تراش خورده و دونمونه تراش نخورده انتخاب شده توسط آزمون رامان در انواع با میزان کروم مشابه، تغییرات فاحشی را نشان نخواهد داد.

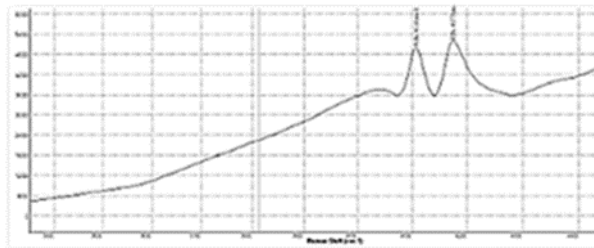
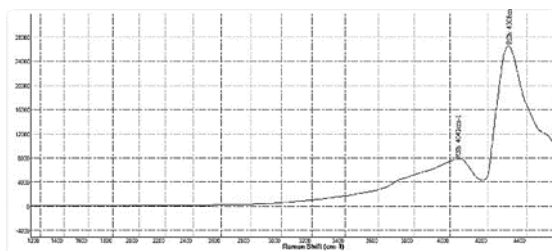




انستیتو ملی تحقیقات کانسارهای ایران



دانشگاه صنعتی شاهرود



شکل (۴): طیف رامان نمونه‌های مورد مطالعه. نتایج حاصله از تمام نمونه‌های تراش خورده و تراش نخورده با محتوای کروم مشابه، تغییرات کمی را نشان می‌دهند.

## ۶- نتیجه گیری

از آنجایی که افغانستان مملو از مواد معدنی گرانبها به خصوص زمرد است که می‌تواند با زمرد کلمبیا رقابت نزدیکی را داشته باشد. واز این لحاظ افغانستان یک گنج جهانی محسوب می‌شود، مجموع ارزش این سنگ‌ها حدود سه میلیون دلار آمریکایی در سال تخمین شده است که از آن جمله دومیلیون آن سهم زمرد پنج شیر می‌باشد. زمرد پنج شیر افغانستان یکی از سنگ‌های قیمتی با تجارت بالا است. سختی، زیبایی و رنگ سبز زمردی آن باعث شده تا با زمردهای بسیاری از کشورهای دیگر به خصوص زمرد کلمبیا رقابت نزدیکی را با توجه به ارزش آن در بازار تجاری داشته باشد. از اینرو گوهر زمرد می‌بایست به خوبی بررسی و نوع طبیعی بودن آن تعیین شود. پتروگرافی و بررسی شواهد میکروسکوپی ابزار مناسبی است که می‌تواند برای تعیین اصالت زمرد طبیعی پنج شیر افغانستان در کنار سایر آزمون‌های متداول گوهرشناسی و بررسی‌های رامان مورد استفاده قرار گیرد.

## مراجع

- [1]- بوورساکس، گ. و چمبرلین، ب. مترجم زر مهری، ب.، ۱۳۸۴، گوهر سنگ-های افغانستان، انتشارات ارسطو
- [2]- PRZEDSIĘBIORSTWO, Eksportu Geodezji I kartografii Geokart, ed. 1984. National Atlas the Democratic Republic of Afghanistan. Warsaw: Wojskowe Zakłady Kartograficzne
- [3]- Bewersox, G. W., 1985, A status report on gemstones from Afghanistan. Gems & Gemology. V.21, NO.4, PP192-204
- [4]- Van den kerckhoff, A.M. and Hein, U.F., 2001 Fluid inclusion petrography. Lithos,55 (1-4): 27-47 [5]- <https://www.gia.edu>