

کاربرد دستگاه‌های پرتابل XRF برای شناسایی طلا (Au) و عناصر ردیاب طلا در اکتشافات معدنی

آنالیزهای فلورسانس پرتو ایکس (XRF) پرتابل، داده‌های ژئوشیمیایی با کارایی بالا و بلادرنگ ارائه می‌کنند که برای شناسایی سریع و چندعنصری خاک، سنگ و کانسنگ به کار می‌روند. پیشرفت‌های اخیر در فناوری XRF باعث افزایش تعداد عناصر قابل اندازه‌گیری، بهبود حدود تشخیص و کاهش زمان تحلیل شده است.

آنالیزهای XRF امکان اندازه‌گیری سریع و آسان گسترده‌ای از نمونه‌های مرتبط با اکتشاف طلا، عملیات در معادن طلا، آزمایشگاه‌های معدنی طلا و همچنین محصولات طلا پالایش‌شده را فراهم می‌کنند.

مزایا

- ارائه سریع نشانه‌های بالقوه کانی‌سازی طلا از طریق تحلیل عناصر ردیاب در خاک، خرده‌های حفاری و مغزه‌های حفاری با استفاده از XRF
- انتخاب نمونه‌های اولویت‌دار، بهینه‌سازی بودجه‌های تحلیلی و بهبود نقاط حفاری از طریق پیش‌غربالگری نمونه‌ها با XRF
- افزایش درک و مدل‌سازی کانسار و بهبود بردارسازی با کاهش رقیق‌سازی و افزایش بازیابی طلا از طریق نقشه‌برداری XRF از ساختارهای زمین‌شناسی و شناسایی زون‌های کانی‌سازی و دگرسانی
- سنگ‌چینی (Rock Typing) سریع و کم‌هزینه با استفاده از ژئوشیمی سنگ (Lithogeochemistry) مبتنی بر XRF



جدول ۱- آنالیز ژئوشیمیایی کانسارهای طلا

نوع کانسار	امضای ژئوشیمیایی
طلا اوروژنیک (Orogenic Au)	.Cu .W .Mo .Te .Sb .K ⁺ /.CO ₂ .As .S Hg .Zn .Pb
اپی ترمال سولفیداسیون بالا (High Sulfidation Epithermal)	Sn .Bi .Mo .Te .Cu .Ag
اپی ترمال سولفیداسیون پایین (Low Sulfidation Epithermal)	Ag/Au .Sb .As .K .Se .Hg .Zn
نوع کارلین (Carlin Type)	Tl .Hg .Sb .As
Cu-Au پورفیری (Porphyry Cu-Au)	Ag .Zn .Pb .Cu
اسکارن‌های طلا (Au Skarns)	Co .As .Te .Bi
طلا مرتبط با نفوذگرها (Intrusive Related Au)	Te .Mo .Sb .As .W .Bi
VHMS (Volcanic-Hosted Massive Sulfide)	Mg .K .Ba .Ag .Zn .Pb .Cu ± CO ₂
اکسید آهن (IOCG) Cu-Au	U .Ba .Ag .Mo .As .Ni .Co .P .F کمیاب خاکی سبک (LREE)
سوپرژن طلا (Supergene Au)	Au با خلوص بالا ± هر یک از عناصر فوق

ژئوشیمی عناصر ردیاب و دگرسانی

همان‌طور که در جدول بالا نشان داده شده است بیشتر کانسارهای طلا دارای یک امضای ژئوشیمیایی همراه هستند. آنالیز XRF قادر است این امضاهای ژئوشیمیایی را شناسایی کند و این امر زمین‌شناسان را قادر می‌سازد تا درک بهتری از سیستم زمین‌شناسی محل به دست آورند.

عناصر ردیاب معمول طلا شامل آرسنیک (As)، مس (Cu)، سرب (Pb)، روی (Zn)، آنتیموان (Sb)، بیسموت (Bi)، نقره (Ag) و تنگستن (W) هستند.

جدول ۲ - کمترین حد تشخیص معمول (LOD) برای عناصر ردیاب رایج طلا

عنصر (Element)	حدود تشخیص (LOD) بر حسب ppm*
As	1
Cu	2
Pb	2
Sb	2
Zn	1
W	1
Bi	2
Ag	2

آنالیزهای دستی XRF قادر به اندازه‌گیری مستقیم و در سطوح پایین طلا در نمونه‌های زمین‌شناسی نظیر مقادیر ppm پایین یا ppb نیستند. روش آزمایشگاهی Fire Assay (آتش‌سنجی) به‌عنوان روش استاندارد و مرجع برای تحلیل طلا شناخته می‌شود. خطوط پرتوی X سطحی (L-lines) طلا در ناحیه‌ای بسیار متراکم از طیف انرژی فلورسانس قرار دارند. در این بخش از طیف، تداخل عناصر دیگر مانند As، Zn، W و Se می‌تواند منجر به نتیجه کاذب مثبت در اندازه‌گیری طلا شود. مواردی که اندازه‌گیری مستقیم طلا با XRF امکان‌پذیر است؛

اندازه‌گیری مستقیم طلا توسط XRF تنها در شرایط خاصی قابل انجام است، از جمله:

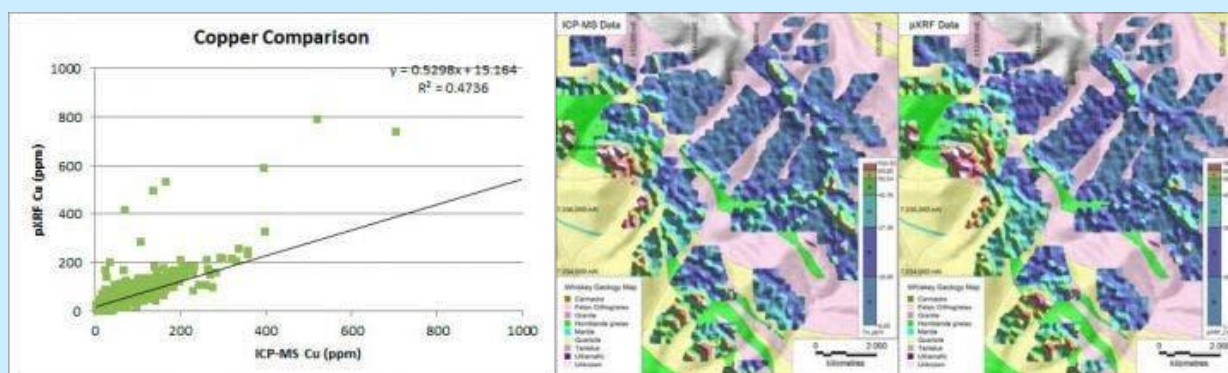
- رگه‌های کوارتزی پُرعیار (بیش از ۵ ppm) که تقریباً فاقد عناصر مزاحم هستند.
- محصولات طلا پس از پالایش که غلظت طلا در آن‌ها بسیار بالا است.

افزایش استفاده از XRF در آزمایشگاه‌های معدن طلا

تعداد رو به رشدی از آزمایشگاه‌های معدنی مستقر در محل معدن از XRF به‌عنوان جایگزین یا مکمل روش‌های دیگر استفاده می‌کنند. همچنین در بسیاری از معادن، از آنالیزهای دستی XRF برای اندازه‌گیری طلا در کربن فعال استفاده می‌شود.



شکل ۱- مقایسه‌ای مقدار آرسنیک (As) اندازه‌گیری‌شده با دو روش pXRF و ICP-MS را نشان می‌دهد



شکل ۲- مقایسه‌ای مقدار مس (Cu) اندازه‌گیری‌شده با دو روش pXRF و ICP-MS را نشان می‌دهد

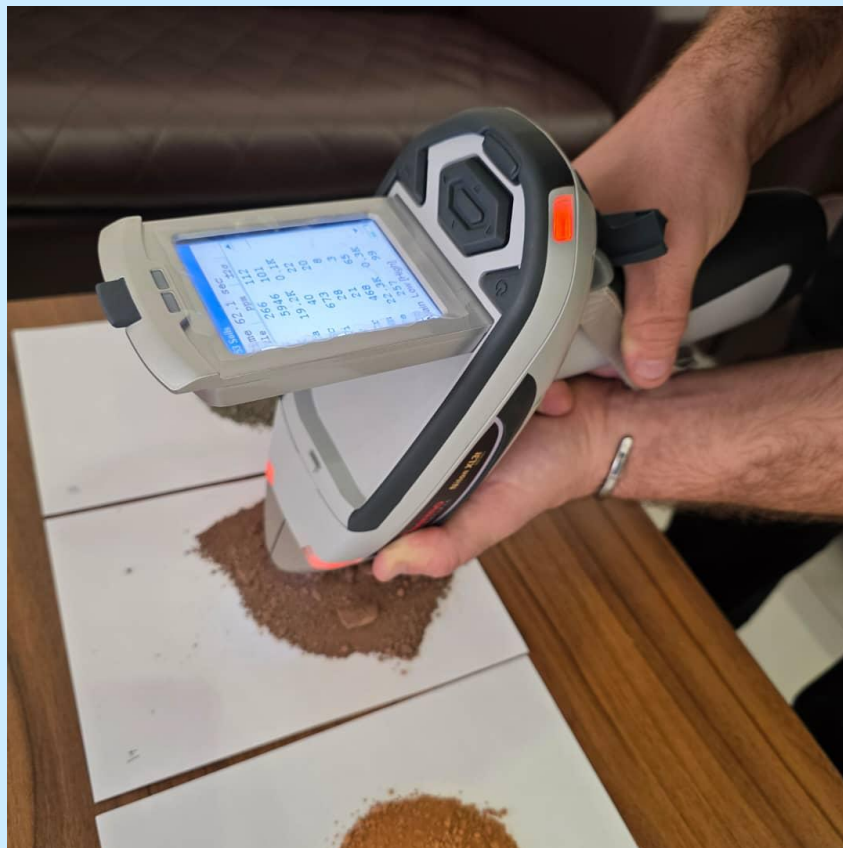


شکل ۳- مقایسه‌ای مقدار سرب (Pb) اندازه‌گیری‌شده با دو روش pXRF و ICP-MS را نشان می‌دهد

نقشه‌های کانتور عناصر As، Cu و Pb در خاک سطحی که با استفاده از دستگاه XRF صحرایی تهیه شده‌اند و با نتایج آنالیز ICP از یک پروژه اکتشاف طلا در کانادا مقایسه شده‌اند.

دستگاه XRF مدل NITON

سری آنالیزهای دستی مدل Niton، تحلیل سریع و دقیق عناصر و شناسایی آلیاژها را ارائه می‌دهند. مدل **NITON XL3t** با **GOLDD+** بالاترین قابلیت‌های تحلیلی را برای کاربردهای معدنی از جمله اکتشافات معدنی، تحلیل مواد معدنی، آزمایش خاک و آنالیزهای محیط‌زیستی ارایه می‌دهد. این آنالیزها نگهداری آسان، سادگی در استفاده و مقاوم هستند و کارایی را در سایت و آزمایشگاه به حداکثر می‌رسانند.



شکل ۴- نمایی از آنالیزور Niton XL3t 950 GOLDD+