

مقدمه

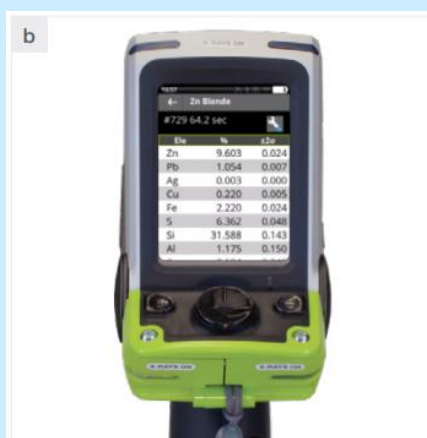
پس از آهن (Fe)، آلومینیوم (Al) و مس (Cu)، **روی (Zn)** چهارمین فلز پرمصرف در جهان امروز است. حدود نیمی از تولید سالانه روی در حفاظت از خوردگی فولاد (مانند فولاد گالوانیزه)، آلیاژهای روی و برنج به کار می‌رود. روی همچنین در مصالح ساختمانی، تولید خودرو (هر خودرو حدود ۱۸ کیلوگرم روی مصرف می‌کند) و پروژه‌های زیرساختی کاربرد دارد.

تقاضای بالای جهانی برای روی، نیاز مستمر به فعالیت‌های اکتشاف و استخراج این فلز را به وجود آورده است. کانی اصلی حاوی روی، اسفالریت (ZnS) است که حدود ۹۵٪ از تأمین جهانی روی را تشکیل می‌دهد. همچنین، عناصر دیگری مانند سرب (Pb) به صورت گالنیت، مس (Cu) به صورت کالکوپریت، و نقره (Ag) به عنوان محصولات جانبی در کنار اسفالریت یافت می‌شوند که ارزش افزوده‌ای برای پروژه‌های معدنی ایجاد می‌کنند.

کاربرد

اندازه‌گیری دقیق غلظت عناصر Zn، Pb، Cu و Ag در فرآیند اکتشاف برای ارزیابی اقتصادی ذخایر اهمیت دارد و در مرحله استخراج نیز برای کنترل عیار سنگ و تشخیص سنگ معدن از باطله حیاتی است. تحلیل‌های آزمایشگاهی اگرچه دقیق هستند، اما به دلیل زمان‌بر بودن، مانعی برای پیشرفت سریع پروژه‌ها محسوب می‌شوند. از این رو، تحلیل‌های ژئوشیمیایی سریع در محل با دقت بالا و قابل مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، ضرورت دارد.

طیف‌سنج فلورسانس پرتو ایکس (XRF) دستی، ابزاری بسیار مؤثر در این زمینه است که امکان دستیابی به نتایج لحظه‌ای را فراهم کرده و به تصمیم‌گیری سریع و مطمئن کمک می‌کند.



شکل ۱- (a) دستگاه آنالایزر دستی Niton XL5 Plus؛ (b) نمایش نتایج آنالیز عنصری سنگ معدن حاوی روی، سرب، مس و نقره روی صفحه دستگاه؛ (c) انجام آنالیز نمونه با استفاده از پایه آزمایشگاهی Thermo Scientific XL5 Mini Test Stand.

آنالیز XRF دستی

آنالیزور XRF دستی **Niton XL5 Plus** کوچک‌ترین و سبک‌ترین دستگاه مبتنی بر تیوب اشعه ایکس در بازار است. این دستگاه با تیوب اشعه ایکس ۵ وات/۵۰ کیلوولت و آشکارساز **SDD** با پنجره گرافنی، دقت و کارایی بالایی را در آنالیز عنصری در تمامی مراحل اکتشاف و معدن‌کاری ارائه می‌دهد.

در حالت معدنی (**Mining Mode**) این دستگاه، امکان اندازه‌گیری ۴۱ عنصر از منیزیم (Mg) تا اورانیوم (U) با استفاده از ۴ فیلتر و ولتاژ مختلف فراهم است که نسبت سیگنال به نویز را برای خطوط انرژی مختلف بهینه می‌کند. الگوریتم مبتنی بر پارامترهای بنیادی (FP) نیز برای اصلاح خطاهای ناشی از ترکیب نمونه و افزایش دقت استفاده می‌شود. نتایج به صورت آبی روی نمایشگر دستگاه نمایش داده می‌شوند.

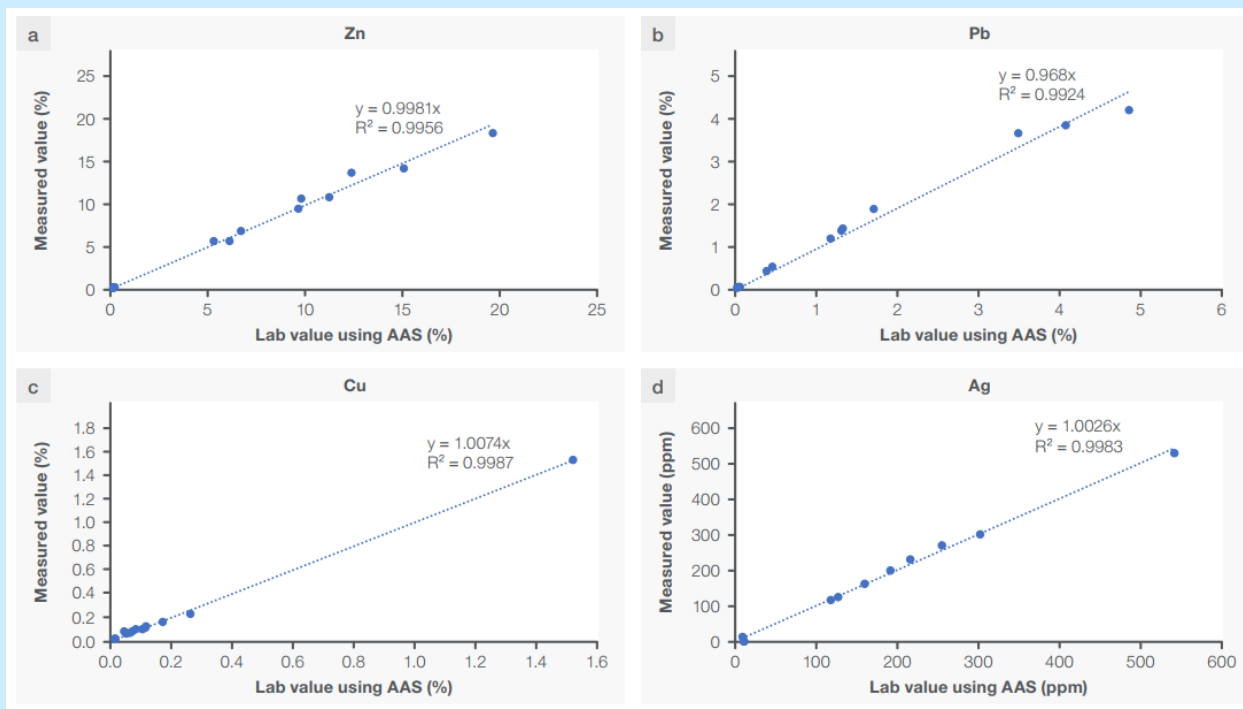
علاوه بر این، امکان ذخیره تنظیمات در قالب پروفایل وجود دارد که اجازه می‌دهد چند روش تحلیلی مختلف روی یک دستگاه تعریف شود. GPS داخلی دستگاه نیز امکان تصویرسازی مکانی داده‌ها را با نرم‌افزارهای GIS فراهم می‌سازد و برای نقشه‌برداری و مدل‌سازی سایت بسیار مفید است.

روش کار

تحلیل سنگ‌های Zn-Pb-Cu-Ag به دو روش انجام می‌شود:

روش "نقطه و شلیک (point and shoot)" مستقیم روی سنگ، برای غربالگری سریع و شناسایی عیار بالا (نتایج کیفی یا نیمه‌کمی) روش دقیق‌تر که شامل آماده‌سازی نمونه از طریق آسیاب و خشک‌کردن، ریختن در کپ‌های استاندارد XRF و استفاده از پایه تست XL5 Mini است.

در این مطالعه، نمونه‌ها آسیاب شده، در کپ‌هایی با فیلم پلی‌پروپیلن ۴ میکرونی بسته‌بندی شدند و به مدت ۹۰ ثانیه با سه شرایط پرتویی مختلف (۳۰ ثانیه برای هر محدوده) مورد آنالیز قرار گرفتند. برای افزایش دقت، تنظیم کالیبراسیون با استفاده از مواد مرجع مشابه نیز انجام شده است.



شکل ۲- نمودارهای همبستگی بین اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی و میدانی با استفاده از دستگاه Niton XL5 Plus برای:

(a) روی (Zn) ، (b) سرب (Pb) ، (c) مس (Cu) ، (d) نقره (Ag)

نتایج

نتایج آنالیز ۱۳ نمونه با دستگاه Niton XL5 Plus با داده‌های آزمایشگاهی حاصل از طیف‌سنجی جذب اتمی (AAS) مقایسه شدند. ضریب همبستگی بالا (R^2 نزدیک به ۱) و خطای سیستماتیک پایین در نتایج، نشان‌دهنده دقت بالا و قابلیت اطمینان این روش برای آنالیز میدانی است.

اندازه‌گیری نقره (Ag) حتی در غلظت‌های پایین تا ۱۰ ppm نیز با دقت انجام شد. همچنین، اطلاعات مربوط به عناصر سبک‌تر مانند آهن، داده‌های مفیدی درباره کانی‌شناسی سنگ‌ها فراهم کردند.

نتیجه گیری

آنالایزر XRF دستی Niton XL5 Plus با حساسیت بالا، قابلیت حمل آسان، و عملکرد پیشرفته، ابزاری قدرتمند برای متخصصان زمین‌شناسی و مدیران عملیات معدنی است که امکان:

- دستیابی به داده‌های آنالیز در لحظه
- کاهش نیاز به ارسال نمونه به آزمایشگاه
- تصمیم‌گیری سریع و مطمئن در محل
- افزایش بهره‌وری، صرفه‌جویی در زمان و هزینه را فراهم می‌کند.