

عنوان مسئله :

توسعه و پیاده‌سازی سیستم هوشمند مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای افزایش دقت، سرعت و قابلیت اطمینان در تحلیل داده‌های کوانتومتری (آنالیز طیف‌سنجی) فلزات و آلیاژها

تعریف مسئله، ضرورت انجام و اهداف طرح :

کوانتومتری یا طیف‌سنجی نشر نوری، فرآیندی حیاتی در صنایع فلزی و تولیدی برای تعیین ترکیب شیمیایی دقیق فلزات و آلیاژهاست. این فناوری از طریق تحلیل طیف‌های نشر نوری حاصل از برانگیختگی اتم‌های فلز، امکان شناسایی و تعیین کمی عناصر تشکیل‌دهنده را فراهم می‌آورد. با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در سخت‌افزارهای کوانتومتری، تحلیل و تفسیر داده‌های طیفی همچنان با چالش‌های متعددی روبروست، از جمله: نویز طیفی، تداخل طیفی بین عناصر مشابه، محدودیت در تشخیص غلظت‌های بسیار کم، و زمان‌بر بودن فرآیند تحلیل و کالیبراسیون.

ضرورت انجام طرح:

- اهمیت حیاتی تشخیص دقیق عناصر آلاینده و ناخالصی‌ها در سطوح بسیار پایین
- نیاز به کاهش وابستگی به متخصصان انسانی در تفسیر داده‌های طیفی پیچیده
- ضرورت بهبود سرعت و دقت آنالیز در خطوط تولید مدرن با حجم بالای نمونه‌ها
- لزوم کاهش خطاهای انسانی و سیستمی در فرآیند آنالیز ترکیبات فلزی
- نیاز به توسعه سیستم‌های هوشمند خودتنظیم با قابلیت کالیبراسیون خودکار

اهداف اصلی طرح:

- افزایش دقت تشخیص و تعیین کمی عناصر در فلزات و آلیاژها به میزان حداقل ۳۰٪ نسبت به روش‌های سنتی
- کاهش حد تشخیص (LOD) برای عناصر کمیاب و آلاینده به میزان حداقل ۴۰٪
- کاهش زمان تحلیل و صدور گزارش نتایج به میزان ۶۰٪ نسبت به روش‌های معمول
- توسعه سیستم کالیبراسیون هوشمند با قابلیت یادگیری و تطبیق خودکار با تغییرات محیطی و دستگاهی
- ایجاد سیستم یکپارچه پردازش و تحلیل داده با قابلیت اتصال به انواع دستگاه‌های کوانتومتر موجود در صنعت
- توسعه پایگاه داده جامع و خودافزا از الگوهای طیفی برای بیش از ۵۰ فلز و آلیاژ پرکاربرد صنایع دریایی

مشخصات فنی و عملیاتی :

معماری سیستم:

- ماژول دریافت و پیش‌پردازش داده
 - رابط‌های کاربردی برای دریافت مستقیم داده از دستگاه‌های کوانتومتری مورد نیاز کارفرما
 - الگوریتم‌های پیشرفته حذف نویز و پردازش سیگنال (Wavelet Transform، فیلترهای کالمن پیشرفته)
 - سیستم تشخیص و اصلاح خودکار انحرافات و اعوجاجات طیفی
 - استانداردهای داده‌های خام براساس پارامترهای محیطی و دستگاهی
- هسته یادگیری عمیق
 - معماری شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN) چندلایه برای پردازش تصاویر طیفی
 - شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و LSTM برای تحلیل روندهای زمانی در داده‌های طیفی
 - معماری‌های توجه (Attention Mechanisms) برای تمرکز بر نواحی کلیدی طیف
 - الگوریتم‌های یادگیری فدرال برای بهره‌گیری از داده‌های توزیع‌شده بدون نقض محرمانگی

• **ماژول تفسیر و آنالیز**

- سیستم تشخیص و تفکیک خودکار تداخل‌های طیفی بین عناصر مشابه
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی چندهدفه برای تخمین دقیق غلظت عناصر
- سیستم تشخیص ناهنجاری‌ها (Anomaly Detection) برای شناسایی آلیاژهای نامتعارف یا آلوده
- ابزارهای تحلیل آماری پیشرفته برای محاسبه حدود اطمینان و خطای استاندارد

• **ماژول کالیبراسیون هوشمند**

- سیستم یادگیری تقویتی (Reinforcement Learning) برای بهینه‌سازی خودکار فرآیند کالیبراسیون
- الگوریتم‌های تشخیص خودکار انحراف کالیبراسیون (Drift)
- سیستم پیشنهاددهنده هوشمند برای انتخاب استانداردهای کالیبراسیون بهینه
- ابزارهای شبیه‌سازی برای پیش‌بینی رفتار دستگاه در شرایط مختلف

• **رابط کاربری و گزارش‌دهی**

- داشبورد تعاملی با قابلیت نمایش بصری داده‌ها و نتایج
- سیستم تولید خودکار گزارش‌های استاندارد صنعتی
- ابزارهای تحلیل تطبیقی با استانداردهای بین‌المللی آلیاژها
- هشداردهی هوشمند در صورت تشخیص انحراف از مشخصات

خروجی‌های مورد انتظار (دستاوردهای فنی و تولیدات علمی):

• **نرم‌افزار جامع تحلیل هوشمند داده‌های کوانتومتری**

- نسخه رومیزی با قابلیت نصب در محیط‌های آزمایشگاهی
- نسخه مبتنی بر ابر با قابلیت دسترسی از راه دور
- اپلیکیشن موبایل برای مشاهده نتایج و مدیریت فرآیندها
- API استاندارد برای یکپارچه‌سازی با سیستم‌های موجود

• **مدل‌های آموزش دیده**

- مجموعه مدل‌های یادگیری عمیق برای انواع اصلی فلزات و آلیاژها
- مدل‌های تخصصی برای شناسایی عناصر کمیاب و آلاینده‌ها
- مدل‌های کالیبراسیون هوشمند برای انواع دستگاه‌های کوانتومتر

• **پایگاه داده جامع**

- کتابخانه طیفی از بیش از ۲۰۰ ترکیب آلیاژی استاندارد
- مجموعه داده‌های مرجع برای آموزش و اعتبارسنجی
- پایگاه دانش از الگوهای تداخل طیفی و راهکارهای تشخیصی

• **مستندات و محتوای آموزشی**

- راهنمای جامع کاربری و مستندات فنی
- دوره‌های آموزشی آنلاین برای کاربران سطوح مختلف
- مجموعه مطالعات موردی و بهترین شیوه‌های عملی

محدودیت‌ها و قیود:

• **محدودیت‌های فنی**

- سازگاری با حداقل ۳ برند اصلی دستگاه‌های کوانتومتر موجود در بازار
- زمان پاسخگویی سیستم برای هر نمونه آنالیز کمتر از ۳۰ ثانیه
- حد تشخیص (LOD) برای عناصر کمیاب حداقل در محدوده 1-5 ppm
- دقت تشخیص غلظت با خطای نسبی کمتر از ۲٪ برای عناصر اصلی و ۵٪ برای عناصر جزئی
- قابلیت کار در محیط‌های صنعتی با شرایط محیطی متغیر

کد مسئله : SHF-2
طبقه بندی: عادی

فرم درخواست تعریف پروژه (RFP)

• محدودیت‌های داده

- نیاز به حجم قابل توجه داده‌های آموزشی باکیفیت و برجسته‌گذاری شده
- حفظ محرمانگی داده‌های حساس صنعتی و مالکیت معنوی
- استانداردسازی و یکسان‌سازی داده‌های دریافتی از منابع مختلف
- مدیریت داده‌های بسیار بزرگ و پیچیده طیفی

• محدودیت‌های اعتبارسنجی

- ارزیابی عملکرد سیستم با استفاده از نمونه‌های استاندارد گواهی‌شده بین‌المللی (CRM)
- انطباق با استانداردهای ISO، ASTM و سایر استانداردهای معتبر در حوزه آنالیز فلزات
- مقایسه دقیق نتایج با روش‌های مرجع مانند ICP-MS و ICP-OES

• محدودیت‌های صنعتی

- رعایت استانداردهای ایمنی و امنیت داده در صنایع دریایی
- سازگاری با فرآیندهای کنترل کیفیت موجود در صنایع دریایی
- در نظر گرفتن الزامات نظارتی و قانونی کارفرما
- ملاحظات مربوط به مالکیت معنوی و محرمانگی فرمولاسیون آلیاژها