

عنوان مسئله :

توسعه و پیاده‌سازی سیستم بازرسی خودکار مبتنی بر بینایی ماشین
برای ارزیابی کیفیت جوش‌های آلومینیومی با استفاده از تکنیک‌های فراصوتی (UT)

تعریف مسئله، ضرورت انجام و اهداف طرح :

بازرسی جوش‌های آلومینیومی با استفاده از روش‌های تست فراصوتی (UT) یک فرآیند حساس و زمان‌بر است که به مهارت بالای تکنسین‌ها وابسته می‌باشد. تفسیر تصاویر و داده‌های UT به صورت دستی می‌تواند همراه با خطای انسانی باشد و نیازمند زمان قابل توجهی است. این پروژه به دنبال توسعه یک سیستم هوشمند مبتنی بر الگوریتم‌های بینایی ماشین است که بتواند فرآیند بازرسی جوش‌های آلومینیومی را خودکارسازی کرده و دقت آن را افزایش دهد.

ضرورت انجام

- افزایش قابل توجه سرعت فرآیند بازرسی جوش
- کاهش خطاهای انسانی در تشخیص عیوب جوش
- استانداردسازی فرآیند بازرسی و حذف تغییرپذیری ناشی از تفاوت در تجربه و مهارت بازرسان
- کاهش هزینه‌های مرتبط با بازرسی‌های مجدد و خرابی قطعات
- ارتقای کیفیت محصولات نهایی و افزایش ایمنی سازه‌های آلومینیومی
- ایجاد بانک اطلاعاتی از الگوهای عیوب برای بهبود مستمر فرآیند تولید

اهداف طرح

- طراحی و توسعه الگوریتم‌های پیشرفته بینایی ماشین برای شناسایی و طبقه‌بندی عیوب جوش آلومینیوم
- ایجاد یک سیستم یکپارچه برای تشخیص خودکار عیوب جوش شامل ترک‌ها، حفره‌ها، عدم نفوذ و ناخالصی‌ها
- دستیابی به دقت تشخیص حداقل ۹۵٪ در مقایسه با روش‌های سنتی بازرسی
- کاهش زمان بازرسی به میزان حداقل ۶۰٪ نسبت به روش‌های دستی
- توسعه رابط کاربری ساده و کاربرپسند برای تکنسین‌های بازرسی جوش
- ارائه گزارش‌های تحلیلی و آماری از نتایج بازرسی‌ها برای بهبود فرآیند تولید

مشخصات فنی و عملیاتی

مشخصات فنی

- سیستم اکتساب داده:
 - تجهیزات فراصوتی UT با قابلیت تولید تصاویر دیجیتال با وضوح بالا
 - سنسورهای چند کاناله با فرکانس حداقل ۵ MHz برای بازرسی مواد آلومینیومی
 - سیستم پردازش سیگنال دیجیتال با نرخ نمونه‌برداری حداقل ۱۰۰ MS/s
- الگوریتم‌های بینایی ماشین:
 - استفاده از شبکه‌های عصبی کانولوشنی عمیق (CNN برای پردازش تصاویر فراصوتی)
 - الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای تشخیص و طبقه‌بندی انواع عیوب جوش
 - پیاده‌سازی الگوریتم‌های پردازش تصویر برای بهبود کیفیت تصاویر UT و حذف نویز
 - توسعه مدل‌های یادگیری ماشین برای تشخیص الگوهای پنهان در داده‌های فراصوتی

• نرم افزار:

- توسعه نرم افزار با قابلیت کار در محیط های صنعتی
- طراحی رابط کاربری گرافیکی ساده و کاربر پسند
- سیستم گزارش دهی و آرشیو خودکار نتایج بازرسی
- قابلیت یکپارچه سازی با سیستم های مدیریت کیفیت موجود
- امکان به روز رسانی خودکار مدل های یادگیری ماشین با داده های جدید

• سخت افزار:

- واحد پردازش مرکزی با قدرت محاسباتی کافی برای اجرای الگوریتم های هوش مصنوعی
- پشتیبانی از کارت های گرافیکی CUDA برای پردازش موازی
- سیستم ذخیره سازی با ظرفیت کافی برای نگهداری داده های آموزشی و نتایج بازرسی
- امکان استفاده در محیط های صنعتی با شرایط سخت (دما، رطوبت، گرد و غبار)

مشخصات عملیاتی

• کارایی سیستم:

- توانایی بازرسی حداقل ۵۰ قطعه در ساعت (بسته به پیچیدگی و اندازه قطعات)
- دقت تشخیص عیوب بالاتر از ۹۵٪ در مقایسه با بازرسی های دستی
- قابلیت تشخیص عیوبی با اندازه کوچکتر از ۰.۵ میلی متر
- زمان پاسخ سیستم کمتر از ۳۰ ثانیه برای هر قطعه

• قابلیت های بازرسی:

- توانایی تشخیص انواع عیوب جوش شامل ترک ها، حفره ها، ادغام ناقص، نفوذ ناکافی و ناخالصی ها
- قابلیت بازرسی انواع مختلف اتصالات جوشی در آلومینیوم
- توانایی بازرسی قطعات با ضخامت های مختلف (از ۲ تا ۵۰ میلی متر)
- امکان بازرسی جوش های با هندسه پیچیده

• یکپارچه سازی سیستم:

- قابلیت نصب و راه اندازی در خطوط تولید موجود
- امکان استفاده به صورت سیستم مستقل (stand-alone) یا یکپارچه با خط تولید
- قابلیت تبادل داده با نرم افزار های مدیریت کیفیت طبق استانداردهای صنعتی
- پشتیبانی از پروتکل های ارتباطی صنعتی (مانند OPC UA, PROFINET, MODBUS)

خروجی های مورد انتظار (دستاورد های فنی و تولیدات علمی):

• سیستم بازرسی یکپارچه:

- نرم افزار بازرسی جوش مبتنی بر بینایی ماشین
- الگوریتم های پردازش تصویر و یادگیری ماشین
- رابط کاربری گرافیکی برای کنترل سیستم و نمایش نتایج

• نتایج تشخیص:

- گزارش جامع از عیوب شناسایی شده به همراه موقعیت، نوع و اندازه آنها
- نقشه حرارتی (heat map) نشان دهنده نواحی با احتمال وجود عیب
- نمودار های آماری از توزیع عیوب در قطعات مختلف
- سیستم درجه بندی کیفیت جوش بر اساس استانداردهای صنعتی

• داشبورد مدیریتی:

- گزارش های آماری از روند کیفیت جوش ها در طول زمان
- شاخص های عملکردی (KPI) برای ارزیابی فرآیند جوشکاری
- هشدارها و اخطار های خودکار در صورت تشخیص الگوهای تکراری عیوب
- ابزار های تحلیلی برای بهینه سازی پارامتر های جوشکاری

• مستندات:

- مستندات فنی کامل سیستم
- راهنمای کاربری و نگهداری
- آموزش‌های لازم برای کاربران و مدیران سیستم
- گزارش نتایج آزمایش‌های میدانی و مقایسه با روش‌های سنتی

• محدودیت‌های طرح

• محدودیت‌های فنی:

- سیستم باید با انواع مختلف تجهیزات فراصوتی موجود در صنعت قابل یکپارچه‌سازی باشد
- الگوریتم‌ها باید برای تشخیص عیوب در آلیاژهای مختلف آلومینیوم قابل استفاده باشند
- سیستم باید در محیط‌های صنعتی با شرایط نویزی (الکتریکی و مکانیکی) عملکرد مناسبی داشته باشد
- محدودیت در تشخیص عیوب بسیار کوچک (کمتر از ۰.۳ میلی‌متر) ممکن است وجود داشته باشد

• محدودیت‌های قانونی و استانداردها:

- سیستم باید با استانداردهای بازرسی جوش مانند ISO 17640، AWS D1.2 و ASME Section V مطابقت داشته باشد
- گزارش‌های تولید شده باید با الزامات قانونی و مقرراتی صنعت مطابقت داشته باشند
- سیستم باید قابلیت ممیزی و پیگیری تمام فعالیت‌ها را داشته باشد
- حفظ محرمانگی داده‌های تولید و بازرسی باید تضمین شود