بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

اندازه گیری ابعاد جسم با استفاده از یک سیستم اپتیکی موازی ساز به روش تشخیص لبه

ملیحه رنجبران[۱و۲]، عاطفه عجمی[۱]، محسن بنجخی[۱] و محبوبه عرب سرخی[۱]

۱. جهاد دانشگاهی صنعتی شریف، مرکز خدمات تخصصی اپتیک

۲. دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده لیزر و پلاسما

آدرس رایانامه: m_ranjbaran@sbu.ac.ir, ajami@jdsharif.ac.ir, bonjakhi@yahoo.com, m.arabsorkhi85@gmail.com

چکیده – اندازه‌گیری ابعاد قطعه در فرآیند تولید همواره از اهمیت زیادی برخوردار بوده اســت. تاکنون روش های زیادی برای این منظور معرفی شده است که در این میان استفاده از روش های اپتیکی به دلیل مزایایی که دارند گسترش زیادی پیدا نموده است. در این مقاله با استفاده از یک دیود نورانی پرشدت در اپتیک فرستنده و استفاده از سیستم تله سنتریک در اپتیک گیرنده، بهبودهایی نسبت به روش‌های لیزری صورت پذیرفته است. پردازش سیگنال دریافت شده بوسیله آشکارساز با استفاده از روش تشخیص لبه در سایه جسم انجام گرفته و ابعاد جسم آزمون در کسری از ثانیه و با دقت خوبی بدست آمده است. این روش به دلیل مزایایی که دارد در سیستم‌های اتوماسیون صنعتی برای اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد قطعه قابل استفاده می‌باشد.

کلید واژه- «اندازه‌گیری ابعاد»، «پردازش تصویر»، «تشخیص لبه»، «سیستم تله سنتریک»، «موازی‌ساز اپتیکی».

Dimension Measurement of Objects with an Optical Collimator System based on optical Edge Detection Method

Maliheh Ranjbaran[1,2], Atefeh Ajami[1], Mohsen Bonjakhi[1] and Mahbubeh Arabsorkhi[1]

1. Iranian Academic Center for Education, Culture & Research, Tehran, Iran

2 Laser and Plasma Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract- Dimension Measurement of objects has been one of the most important issues in the production process. Related to recent advances in measuring apparatus, optical methods have been focused a lot of attention due to their special advantages. In this study, we have investigated the feasibility of using high power LEDs and telecentric system for improving system features. In the signal processing section, the edge detection has been carried out to obtain the outside dimension of the test object. This technique is capable of high resolution and high speed measurement of dimensions and thus has great potential for using in industrial automation systems.

Keywords: Dimension Measurement, Optical Collimator, Telecentric System, Edge Detection, Image Processing

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

مقدمه

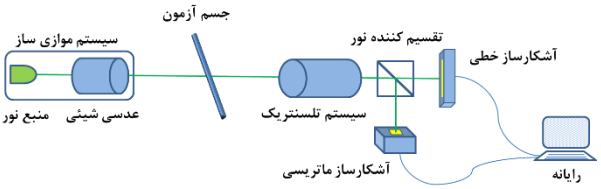
اندازه‌گیری ابعاد یک قطعه یکی از بخش‌های مهم در فرآیند تولید، ساخت و کنترل کیفیت آن است. این اندازه‌گیری می‌تواند به روش‌های مختلفی صورت بگیرد که در یک تقسیم بندی کلی شامل روش‌های تماسی و غیرتماسی می‌باشد. روش‌های تماسی مانند استفاده از کولیس و ریزسنج برای اندازه‌گیری ابعاد قطعه دارای سرعت پایین، امکان تخریب قطعه و عدم امکان استفاده در خط تولید برای اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد قطعات می‌باشند. به علاوه در این روش‌ها خطای آزمایشگر نیز به خطای سیستم افزوده می‌شود. در حالی‌که در روش‌های غیرتماسی مانند روش‌های اپتیکی، زمان اندازه‌گیری کوتاه و بسته به شرایط می‌تواند در کسری از ثانیه انجام پذیرد. در صورت استفاده از این روش در خط تولید، ابعاد قطعه بلادرنگ اندازه‌گیری شده و با بازخورد آن در سیستم تولید، خطای احتمالی تصحیح می‌شود. این در حالی است که فاصله بین ابزار اندازه‌گیری و جسم آزمون در این روش می‌تواند زیاد باشد [۱و۲].

ابعاد جسم در روش‌های اپتیکی با پردازش تصویر سایه جسم آزمونی که توسط منبع نور روشن شده است، مشخص می‌شود. در روش‌های اولیه از یک لیزر به عنوان منبع نور و یک آینه چندوجهی استفاده می‌کردند [۲]. اما سیستم‌های لیزری گرانقیمت بوده و سیستمی که برای چرخاندن آینه چندوجهی به کار می‌رود، در دراز مدت مشکل ساز است. بنابراین باید به دنبال روشی بود که ضمن رفع معایب سیستم مذکور دقت اندازه‌گیری بالایی نیز داشته باشد.

در این مقاله با تغییر سیستم اپتیک گیرنده و استفاده از سیستم تله سنتریک، از یک دیود نورانی به عنوان منبع نوری استفاده شده است. این دیود نورانی ارزان قیمت بوده و طول عمر بالایی دارد و نیاز به آینه چندوجهی را از بین می‌برد. پس از دریافت سیگنال بوسیله آشکارساز، در بخش پردازش سیگنال با استفاده از روش تشخیص لبه در سایه جسم، ابعاد جسم بدست آمده است.

چیدمان تجربی

سیستمی که در اینجا برای اندازه‌گیری ابعاد اجسام به کار می‌رود، از سه بخش اصلی فرستنده، گیرنده و نرم‌افزاری برای پردازش اطلاعات تشکیل شده است. وظیفه بخش فرستنده تولید نور موازی و یکنواخت می‌باشد. بخش گیرنده نور را دریافت و اطلاعات را به رایانه انتقال می‌دهد. بخش پردازش، اطلاعات دریافتی را پردازش و ابعاد جسم را محاسبه می‌نماید. بخش‌های مختلف این سیستم در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. چیدمان اندازه‌گیری ابعاد جسم آزمون

در این چیدمان از یک دیود نورانی پرتوان به عنوان منبع نور استفاده شده است. این در حالی است که در سامانه‌های مشابه از لیزر استفاده می‌شود. مزیت استفاده از دیود نورانی این است که علاوه بر طول عمر بالا، طول همدوسی پایینی دارند. به همین دلیل مشکل اثرات پراش از لبه‌ها بوجود نخواهد آمد. نور خارج شده از این منابع نوری، واگرا بوده لذا باید با استفاده از یک سامانه اپتیکی آن را با دقت خوبی موازی نمود. سامانه اپتیکی که در اینجا به کار رفته است، موازی سازی است که علاوه بر ایجاد نور موازی، ابیراهی‌های سیستم را تا حد امکان کمینه می‌سازد.

جسم مابین اپتیک فرستنده و گیرنده قرار می‌گیرد. پرتوهای نور پس از عبور از جسم، وارد اپتیک گیرنده می‌شوند. این اپتیک شامل سیستم تله سنتریک دوطرفه با بزرگنمایی ۰/۲۵۵ است. تله سنتریک، یک سیستم اپتیکی است که مردمک ورودی و یا خروجی آن در بی‌نهایت قرار

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

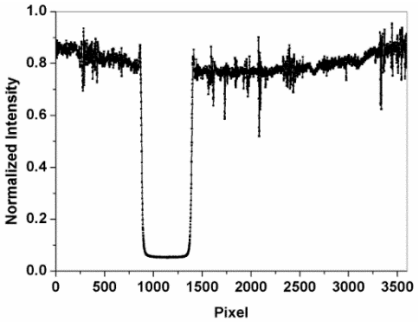
می‌گیرد. به عبارت دیگر این سیستم به گونه ای طراحی شده است که فقط به پرتوهایی که موازی محور اپتیکی باشد اجازه ورود می‌دهد.

پرتوهای موازی که از جسم عبور کرده و شامل اطلاعات سایه جسم هستند، بوسیله آشکارساز نوری دریافت می‌شوند. جلوی آشکارساز از یک فیلتر استفاده شده تا از بار شدن زیاد آشکارساز جلوگیری نماید و تا حدودی نوفه ناشی از نور محیطی را کاهش دهد. به منظور نمایش مقطع مورد اندازه گیری، نور با استفاده از یک تقسیم کننده، به دو بخش تقسیم می‌شود. بخشی از نور وارد یک آشکارساز خطی و بخش دیگر وارد یک آشکارساز ماتریسی برای نمایش مقطع روشن شده جسم می‌شود.

آشکارساز خطی که شامل ۳۶۴۸ پیکسل با عرض μ 8m (معادل μ 37/31m در صفحه جسم) است، سیگنال دریافتی را که شامل سایه جسم آزمون است به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌نماید. فرایند نمونه برداری سیگنال با سرعتی حدود ۱۰۰ فریم در ثانیه انجام می‌پذیرد. سیگنال الکتریکی به رایانه منتقل شده و سپس توسط نرم‌افزار لبویو مورد پردازش قرار می‌گیرد. بخش پردازش سیگنال، با تشخیص لبه، ابعاد سایه جسم آزمون را اندازه‌گیری می‌نماید. تشخیص لبه عبارتست از تشخیص مکان ناپیوستگی‌های تیز در تصویر. این ناپیوستگی‌ها تغییرات ناگهانی در شدت پیکسل‌ها (گذار از تاریکی به روشنایی) می‌باشند که مرزها را در تصویر مشخص می‌سازند [۳].

نتایج تجربی

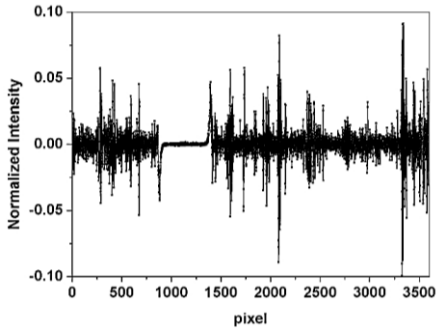
جسمی که در مسیر باریکه نور موازی شده قرار می‌گیرد، موجب تشکیل سایه بر روی آشکارساز می‌شود. شکل ۲ طرحی که بر روی آشکارساز با حضور جسم تشکیل می‌شود را نشان می‌دهد. دیده می‌شود که در محل حضور جسم و تشکیل سایه، شاهد افت سیگنال شدت هستیم.



شکل ۲. سیگنال ناشی از حضور جسم

برای تشخیص طول جسم، باید محل افت سیگنال (محل لبه) را مشخص کرد. لبه مکانی است که بیشترین تغییرات را در شدت پیکسل‌ها شاهد هستیم. بر این اساس، انتظار می‌رود که در مشتق سیگنال شدت، مکان لبه جایی باشد که مشتق (گرادیان و یا تغییرات شدت) اکسترمم شود.

گذار از تاریکی به روشنایی موجب تشکیل یک بیشینه (لبه مثبت) و گذار از روشنایی به تاریک موجب تشکیل یک کمینه (لبه منفی) در سیگنال مشتق می‌شود. بنابراین می‌توان مکان لبه را با تشخیص مکان بیشینه و کمینه سیگنال مشتق تشخیص داد. اما اگر از این سیگنال شدت مستقیما مشتق بگیریم، سیگنال شکل ۳ بدست خواهد.



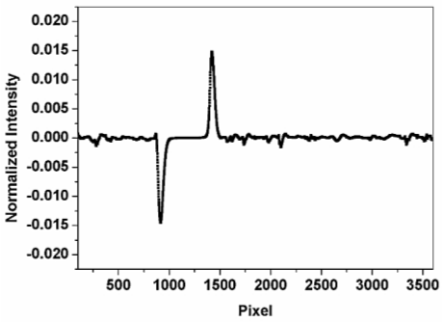
شکل ۳. مشتق سیگنال جسم بدون استفاده از فیلتر

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، به دلیل وجود نوفه تشخیص لبه امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین ابتدا باید به نحوی سیگنال را هموار و یکنواخت ساخت. بدین منظور از یک فیلتر گوسین استفاده شده و سپس عمل مشتق‌گیری انجام شده است. هرچه اندازه انحراف استاندارد فیلتر گوسین بزرگتر شود لبه محوتر می‌شود.. بنابراین پارامترهای

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]

این فیلتر در شرایط مختلف نیاز هست که تنظیم شود. با اعمال فیلتر گوسین، نمودار سیگنال جسم به صورت نشان داده شده در شکل ۴ تبدیل خواهد شد.

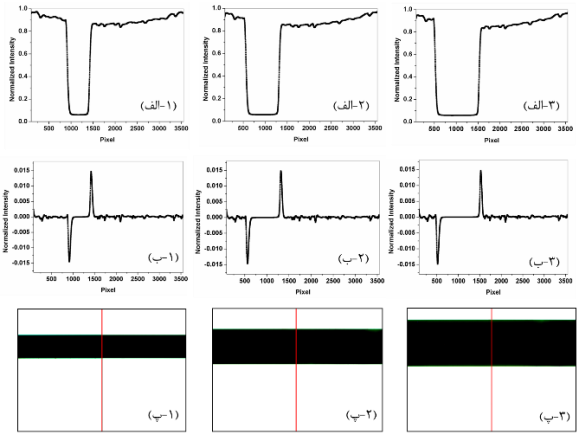


شکل ۴. مشتق سیگنال جسم پس از اعمال فیلتر

با یافتن محل بیشینه و کمینه سیگنال مشتق و در نظر گرفتن اندازه هر پیکسل، طول جسم قابل محاسبه خواهد بود. به منظور بررسی تکرار پذیری نتایج، همین فرایند برای ۳ جسم استوانه‌ای شکل که دارای قطرهای مشخصی هستند، تکرار شده است (شکل ۵). همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش قطر جسم، پهنای سیگنال دریافتی از آشکارساز خطی و در نتیجه فاصله اکسترمم‌های منحنی مشتق افزایش می‌یابد. در این تصاویر مقطعی از جسم که اندازه‌گیری می‌شود با یک خط مشخص شده است. نتایج بدست آمده از این اندازه‌گیری‌ها در جدول آورده شده است.

ردیف	قطر واقعی نمونه (µm)	قطر اندازه‌گیری شده (µm)	خطای اندازه‌گیری (µm)
۱	۳۹۹۲	۳۹۹۹	±۱۰
۲	۵۹۹۴	۵۹۹۶	±۱۰
۳	۷۹۸۶	۷۹۷۸	±۱۰

قابل ذکر است که در جدول فوق برای بدست آوردن خطای اندازه‌گیری، ۵۱۲ اندازه‌گیری (با گذاشتن و برداشتن جسم در محل اندازه‌گیری) انجام شده و انحراف معیار آن (پراکندگی از مقدار میانگین) بدست آمده است. با توجه به خطی بودن آشکارساز محدودیت اندازه‌گیری در یک بعد وجود دارد. این روش برای نمونه‌های غیرشفاف و کدر قابل استفاده است.



شکل ۵. سیگنال جسم (الف)، سیگنال مشتق (ب) و تصویر آشکارساز ماتریسی (پ) مربوط به جسمی به قطر ۳/۹۹۲ میلیمتر (۱) جسمی به قطر ۵/۹۹۴ میلیمتر (۲) و مربوط به جسمی به قطر ۷/۹۸۶ میلیمتر (۳).

نتیجه‌گیری

به منظور اندازه‌گیری ابعاد جسم، سیستمی شامل سه بخش اصلی فرستنده، گیرنده و بخش پردازش اطلاعات به کار می‌رود. در این مقاله با استفاده از دیود نورانی به عنوان منبع نور و سیستم تله‌سنتریک به عنوان اپتیک گیرنده، دقت سیستم نسبت به سیستم‌های مشابه لیزری تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. به منظور پردازش سیگنال آشکارساز به روش تشخیص لبه، مکان اکسترمم‌های سیگنال مشتق تعیین و سپس قطر جسم آزمون محاسبه شده است. با استفاده از این روش اندازه جسم با خطای ±۱۰ میکرومتر بدست آمد. این سیستم قابلیت اندازه‌گیری ابعاد اجسام را با دقت خوبی به روش غیرتماسی فراهم آورده و می‌تواند در خط تولید برای اندازه‌گیری بلادرنگ ابعاد قطعات استفاده شود.

مرجع‌ها

[1] J. Haus, "Optical Sensors: Basics and Applications", WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010.

[2] T. Yoshizawa, "Handbook of Optical Metrology: Principles and Applications", Taylor & Francis Group, LLC, 2009.

[3] D. Marr and E. Hildreth,"Theory of edge detection", Proc. R. Soc. Lond. A, Math. Phys. Sci., B, 207 (1980) 187–217.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-19]