



به نام خدا



دانشکده مهندسی برق

دریافت اطلاعات سه بعدی چهره با اسکنر سه بعدی به روش نور ساختاریافته

نوید فرجی

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی برق - الکترونیک

استاد راهنما: دکتر غلامعلی رضائی راد

استاد مشاور: دکتر شهریار برادران شکوهی

آذر ۱۳۸۷



تاییدیه هیأت داوران

هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه با عنوان

" دریافت اطلاعات سه بعدی چهره با اسکنر سه بعدی به روش نور ساختاریافته "

توسط آقای نوید فرجی کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته برق ،
گرایش الکترونیک مورد تأیید قرار می دهد.

اسامی هیأت داوران بشرح زیر می باشد:

- | | | |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------|
| دانشگاه: علم و صنعت ایران | مرتبه علمی: دانشیار | ۱- دکتر غلامعلی رضائی راد |
| دانشگاه: علم و صنعت ایران | مرتبه علمی: دانشیار | ۲- دکتر شهرام محمد نژاد |
| دانشگاه: علم و صنعت ایران | مرتبه علمی: دانشیار | ۳- دکتر ستار میرزا کوچکی |
| دانشگاه: خواجه نصیرالدین طوسی | مرتبه علمی: استادیار | ۴- دکتر امیر موسوی نیا |

بسمه تعالی

اینجانب **نوید فرجی** به شماره دانشجویی **۸۵۶۱۱۱۸۳** دانشجوی رشته **برق - الکترونیک** مقطع تحصیلی **کارشناسی ارشد** بدین وسیله صحت و درستی نتایج موجود در این پایان نامه را تایید نموده و گواهی می نمایم که در این نتایج هیچ گونه دخل و تصرفی صورت نگرفته باشد. همچنین متعهد می گردم که کلیه نتایج عملی موجود در این پایان نامه حاصل کار اینجانب بوده و متعلق به هیچ یک از محققین قبلی نمی باشد. چنانچه خلاف موارد فوق حتی بصورت جزئی و در هر زمان مشخص گردد دانشگاه علم و صنعت ایران حق دارد که این پایان نامه را باطل نماید. در این صورت تعهد می نمایم که تبعات قانونی این مسئله و همچنین کلیه خسارات ناشی از آن به عهده اینجانب باشد.

نام و نام خانوادگی

امضاء و تاریخ

...

دستم بگرفت و پا به پا برد.

تقدیم به پدر و مادر مهربانم،

که با من خندیدند، با من گریستند، با من لحظه لحظه نفس کشیدند و درس زندگی به من آموختند.

تقدیم به خواهر عزیزم،

که همیشه در کنارش بهترین لحظات زندگی را تجربه کرده ام.

ضمن تقدیر و تشکر از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر غلامعلی رضائی‌راد و استاد

مشاور بزرگوالم جناب آقای دکتر شهریار برادران شکوهی که در طول مراحل انجام این پایان

نامه مرا از راهنمایی‌های بی‌دریغ خویش بهره‌مند نموده‌اند، برای ایشان و خانواده محترمشان آرزوی

توفیق و سلامتی می‌نمایم.

چکیده

امروزه با توجه به گسترش روزافزون استفاده از سیستم های هوشمند و نیاز به بکارگیری سیستم های بینایی، مدل سازی سه بعدی به عنوان کاملترین سیستم بینایی استاندارد که بعد سوم اجسام را نیز در اختیار قرار می دهد، از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است.

در این میان چهره با ویژگی های منحصر به فرد آن نظیر پیچیدگی سطوح، هنرهای حرکتی و کاربردهای بسیار در مواردی از قبیل انیمیشن سازی سه بعدی، واقعیت بخشی به کاتالوگ های سه بعدی و موزه های مجازی، نمونه سازی اولیه سریع، حمایت از پروژه های مرمت سازی و ... موضوع بسیار مهم و مناسبی برای اسکنرهای سه بعدی می باشد.

در این پروژه هدف این بوده است که علاوه بر ساخت یک اسکنر سه بعدی به منظور دریافت اطلاعات چهره، سیستمی تحقق یابد که در آن نیازی به عملیات سخت، خسته کننده و زمان گیر کالیبراسیون نباشد و با استفاده از همان تصاویر دریافتی از موضوع موردنظر و بدون نیاز به از قبل کالیبره کردن سیستم با استفاده از صفحات و اجسام کالیبراسیون، اجزای دستگاه اسکنر سه بعدی یعنی دوربین و پروژکتور را کالیبره کرد. در واقع سیستم خودش، خودش را کالیبره می کند و نیازی به کالیبراسیون دستی ندارد.

یکی دیگر از نکات ممتاز این پروژه، حذف تاثیر نور محیط بر عمل اسکن کردن می باشد، که باعث می شود در اتاق غیر تاریک نیز بتوان موضوع را اسکن کرد.

همچنین با ارائه روشی مشکل اصلی سیستم های نور ساختاریافته یعنی نیاز به تابش الگوهای فراوان به منظور کد کردن موضوع و مسائلی که این کار ایجاد می کند، نیز برطرف شده است.

مقدمه	۱
فصل اول : آشنایی با روش‌ها و تکنیک‌های سه بعدی سازی	۱۴
۱.۱ - مقدمه	۱۴
۱.۲ - روش‌های تماسی	۱۵
۱.۳ - روش‌های غیر تماسی	۱۶
۱.۳.۱ - روش ارسال امواج	۱۶
۱.۳.۲ - روش‌های انعکاسی	۱۷
۱.۳.۲.۱ - رهیافت‌های غیرنوری	۱۷
۱.۳.۲.۲ - رهیافت‌های نوری	۱۷
۱.۳.۲.۲.۱ - روش‌های غیرفعال	۱۸
۱.۳.۲.۲.۱.۱ - روش استریوفتوگرامتری (بینایی استریو)	۱۸
۱.۳.۲.۲.۱.۲ - روش سایه‌اندازی	۲۰
۱.۳.۲.۲.۲ - روش‌های فعال	۲۱
۱.۳.۲.۲.۲.۱ - رادار تصویربرداری	۲۱
۱.۳.۲.۲.۲.۲ - روش‌های اینترفرومتریک	۲۳
۱.۳.۲.۲.۲.۳ - عمق یابی از طریق عدم تمرکز فعال	۲۴
۱.۳.۲.۲.۲.۴ - استریوی فعال	۲۵
۱.۳.۲.۲.۲.۴.۱ - روش نور ساختاریافته گذشته	۲۶
۱.۳.۲.۲.۲.۴.۲ - روش راستر استریوفتوگرامتری	۲۷
۱.۳.۲.۲.۲.۲.۵ - روش مثلث‌بندی	۲۹

۲۹	..... ۱.۳.۲.۲.۲.۵.۱ - تکنیک لیزری
۳۰	..... ۱.۳.۲.۲.۲.۵.۲ - تکنیک نور ساختاریافته
۳۴	..... ۱.۴ - روش شبکه عصبی
۳۴	..... ۱.۴.۱ - روش شبکه HRBF
۳۷	..... ۱.۵ - مقایسه روش‌ها و تکنیک‌ها
۴۰	..... فصل دوم: دریافت اطلاعات چهره به روش‌های نور ساختاریافته و اسکنر لیزری
۴۰	..... ۲.۱ - مقدمه
۴۱	..... ۲.۲ - چهره و ویژگی‌های آن
۴۳	..... ۲.۳ - دریافت اطلاعات ۳-بعدی چهره به روش اسکنر لیزری
۴۳	..... ۲.۳.۱ - مقدمه
۴۳	..... ۲.۳.۲ - روش‌ها و مواد اولیه
۴۴	..... ۲.۳.۳ - تاثیرات حرکتی
۴۶	..... ۲.۳.۴ - موقعیت چهره
۴۷	..... ۲.۳.۵ - علامت‌گذاری چهره
۴۷	..... ۲.۳.۶ - وضعیت چهره در حین اسکن
۴۸	..... ۲.۳.۷ - دقت سیستم اسکنر لیزری
۵۰	..... ۲.۳.۸ - خلاصه
۵۳	..... ۲.۴ - دریافت اطلاعات ۳-بعدی چهره به روش نور ساختاریافته
۵۳	..... ۲.۴.۱ - مقدمه
۵۵	..... ۲.۴.۲ - پیکربندی اسکنر به روش نور ساختاریافته

-
-
- ۲.۴.۳ - طراحی کدهای تصویری و الگوی مناسب تابش ۵۶
- ۲.۴.۳.۱ - روش مالتی پلکس زمانی در نور ساختاریافته ۵۹
- ۲.۴.۳.۱.۱ - روش های مبتنی بر کدهای باینری ۶۰
- ۲.۴.۳.۱.۲ - روش های مبتنی بر کدهای n-ary ۶۲
- ۲.۴.۳.۱.۳ - روش های مبتنی بر ترکیب کد Gray و شیفیت فاز ۶۳
- ۲.۴.۳.۱.۴ - روش های هایبرید ۶۳
- ۲.۴.۳.۲ - روش همسایگی فضایی در نور ساختاریافته ۶۳
- ۲.۴.۳.۳ - روش کدینگ مستقیم در نور ساختاریافته ۶۴
- ۲.۴.۳.۳.۱ - روش های کدینگ مبتنی بر سطوح خاکستری ۶۴
- ۲.۴.۳.۳.۲ - روش های کدینگ مبتنی بر رنگ ۶۵
- ۲.۴.۴ - کالیبراسیون ۶۹
- ۲.۴.۴.۱ - الگوی کالیبراسیون ۷۱
- ۲.۴.۴.۲ - کالیبراسیون درونی دوربین و پروژکتور ۷۲
- ۲.۴.۴.۳ - کالیبراسیون بیرونی دوربین و پروژکتور ۷۲
- ۲.۴.۴.۴ - کالیبراسیون محور میز چرخان ۷۲
- ۲.۴.۴.۵ - کالیبراسیون نورپردازی پروژکتور ۷۳
- ۲.۴.۴.۶ - مدل دوربین و پارامترهای آن ۷۳
- ۲.۴.۴.۷ - الگوریتم کالیبراسیون ۷۵
- ۲.۴.۵ - مثلث سازی و بدست آوردن اطلاعات ۳-بعدی ۷۸
- ۲.۴.۶ - اعمال پردازش های نهایی بمنظور بهینه سازی و ویرایش مدل بدست آمده ۸۱
- ۲.۴.۷ - خلاصه ۸۱

فصل سوم : دریافت اطلاعات ۳- بعدی چهره به روش نور ساختاریافته بر پایه سیستم

۸۲	..... استریو کالیبره نشده
۸۲	..... ۳.۱ - مقدمه
۸۴	..... ۳.۲ - پیکربندی سیستم و شرایط تصویربرداری
۸۶	..... ۳.۳ - طراحی کدهای تصویری و الگوی مناسب تابش
۸۷	..... ۳.۳.۱ - کدکردن الگو
۹۰	..... ۳.۴ - دریافت اطلاعات چهره گذشته
۹۲	..... ۳.۵ - اعمال پردازش های مقدماتی روی تصاویر گذشته
۹۲	..... ۳.۵.۱ - تصویر خاکستری
۹۴	..... ۳.۵.۲ - آشکارسازی لبه ها
۹۹	..... ۳.۵.۳ - حذف اثر نور محیط و نرمالیزه کردن تصاویر
۱۰۰	..... ۳.۵.۴ - باینری کردن تصاویر
۱۰۴	..... ۳.۵.۵ - تخمین صحت تصاویر در حد پیکسل
۱۰۹	..... ۳.۶ - استخراج نقاط تقاطع
۱۰۹	..... ۳.۶.۱ - کدگشایی تصویر گذشته و استخراج نقاط تطابق
۱۱۴	..... ۳.۷ - کالیبراسیون
۱۱۵	..... ۳.۷.۱ - کالیبراسیون اتوماتیک
۱۱۵	..... ۳.۷.۱.۱ - تعیین دستگاه مختصات دوربین و پروژکتور
۱۱۵	..... ۳.۷.۱.۲ - انتقال نقاط تطابق به دستگاه مختصات دوربین و پروژکتور
۱۱۷	..... ۳.۷.۱.۲.۱ - محاسبه اندازه پیکسل دوربین
۱۱۷	..... ۳.۷.۱.۲.۲ - محاسبه اندازه پیکسل پروژکتور

۱۱۷	۳.۷.۱.۲.۳ - انتقال نقاط تطابق به دستگاه مختصات دوربین و پروژکتور ...
۱۱۸	۳.۷.۱.۲.۴ - پارامترهای کالیبراسیون و نحوه استخراج آن ها
۱۲۰	۳.۷.۱.۲.۴.۱ - ماتریس چرخش (R_p)
۱۲۲	۳.۷.۱.۲.۴.۲ - ماتریس انتقال (T_p)
۱۲۲	۳.۷.۱.۲.۴.۳ - مختصات خطوط epipolar در دستگاه مختصات مرجع ...
۱۲۳	۳.۷.۱.۲.۴.۴ - محاسبه فاصله خطوط epipolar
۱۲۳	۳.۷.۱.۲.۴.۵ - تخمین خطای سیستماتیک و تابع وزن دهی شده فاصله ...
۱۲۴	۳.۷.۱.۲.۴.۶ - روش گاوس-نیوتن و استخراج پارامترهای کالیبراسیون
۱۲۶	۳.۸ - مثلث بندی و استخراج مختصات سه بعدی چهره
۱۲۸	فصل چهارم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۲۸	۴.۱ - مقدمه
۱۲۹	۴.۲ - ارزیابی نتایج حاصل از مدل سه بعدی به دست آمده
۱۲۹	۴.۲.۱ - مدت زمان تولید مدل سه بعدی
۱۳۰	۴.۲.۲ - دقت سیستم
۱۳۱	۴.۲.۳ - ارائه مدل سه بعدی چهره انسان
۱۳۳	۴.۳ - ارائه روشی برای بهینه سازی سیستم ساخته شده
۱۳۳	۴.۳.۱ - استفاده از الگوی تابشی خاکستری و ارائه مدل سه بعدی
۱۳۶	۴.۴ - مقایسه
۱۳۷	۴.۵ - پیشنهادات

- شکل (۱) : نمونه‌ای از کاربرد اسکنر ۳-بعدی در مهندسی معکوس ۲
- شکل (۲) : نمونه‌ای از کاربرد اسکنر ۳-بعدی در پزشکی ۵
- شکل (۳) : نمونه‌ای از کاربرد اسکنر ۳-بعدی در دندانپزشکی ۵
- شکل (۴) : نمونه‌ای از کاربرد اسکنر سه بعدی در تولید کفش های طبی ۶
- شکل (۵) : طرح سیستم اسکنر سه بعدی به روش نور ساختاریافته ۱۲
- شکل (۶) : بلوک دیاگرام سیستم اسکنر سه بعدی برای دریافت اطلاعات چهره به روش نور ساختاریافته ۱۳
- شکل (۱-۱) : انواع روش‌ها و تکنیک‌های ۳-بعدی‌سازی در یک نگاه ۱۴
- شکل (۱-۲) : انواع روش‌های نوری ۳-بعدی‌سازی ۱۸
- شکل (۱-۳) : ساختار سیستم استریوفتوگرامتری ۱۹
- شکل (۱-۴) : نمونه‌ای از مدل‌سازی ۳-بعدی به روش سایه‌اندازی ۲۱
- شکل (۱-۵) : نمای سیستم ToF ۲۲
- شکل (۱-۶) : الف-مویره سایه، ب-مویره تصویر ۲۳
- شکل (۱-۷) : فرنج‌های مویره بر روی چهره ۲۴
- شکل (۱-۸) : ساختار روش استریو فعال ۲۶
- شکل (۱-۹) : نور ساختاریافته گذشته ۲۶
- شکل (۱-۱۰) : ساختار سیستم راستر استریوفتوگرامتری ۲۷
- شکل (۱-۱۱) : ساختار سیستم مجتمع تصویربرداری ۲۸
- شکل (۱-۱۲) : ساختار روش مثلث‌بندی لیزری ۲۹
- شکل (۱-۱۳) : ساختار روش مثلث‌بندی نور ساختاریافته ۳۰
- شکل (۱-۱۴) : نمونه‌ای از تکنیک موازی در روش نور ساختاریافته ۳۱

- شکل (۲-۱) : موقعیت نقاط علامت‌گذاری شده روی چهره ۴۴
- شکل (۲-۲) : موقعیت نقاط علامت‌گذاری شده روی چهره ۴۶
- شکل (۲-۳) : موقعیت نقاط علامت‌گذاری شده روی چهره ۴۸
- شکل (۲-۴) : انحراف فاصله نقاط محاسبه شده ناشی از مدل ۳-بعدی از مقادیر مرجع ۴۹
- شکل (۲-۵) : همبستگی نقاط محاسبه شده ناشی از مدل ۳-بعدی با مقادیر مرجع ۴۹
- شکل (۲-۶) : بلوک دیاگرام سیستم اسکنر سه بعدی برای دریافت اطلاعات چهره به روش نور ساختاریافته ۵۳
- شکل (۲-۷) : کاربرد الگوی تابشی در نور ساختاریافته ۵۴
- شکل (۲-۸) : طرح کلی اسکنر به روش نور ساختاریافته ۵۶
- شکل (۲-۹) : استفاده از کدینگ زمانی در تکنیک نور ساختاریافته ۵۹
- شکل (۲-۱۰) : کدینگ زمانی باینری ۶۱
- شکل (۲-۱۱) : الگوهای کد شده باینری ۸ بیتی ۶۱
- شکل (۲-۱۲) : الگوهای کد Gray ۸ بیتی ۶۲
- شکل (۲-۱۳) : الگوی پیشنهادی Carrihill-Hummel ۶۵
- شکل (۲-۱۴) : الگوی پیشنهادی CIS ۶۶
- شکل (۲-۱۵) : الگوی تابشی خطی ۶۷
- شکل (۲-۱۶) : انواع کدینگ باینری ۶۷
- شکل (۲-۱۷) : الگوی تابشی مشبک ۶۸
- شکل (۲-۱۸) : انواع کدینگ خاکستری ۶۸
- شکل (۲-۱۹) : نمونه‌ای از کدینگ رنگی ۶۹
- شکل (۲-۲۰) : مراحل انجام کالیبراسیون پارامترهای درونی و بیرونی ۷۰

- شکل (۲-۲۱) : الگوی کالیبراسیون ۷۱
- شکل (۲-۲۲) : هندسه دوربین با در نظر گرفتن اعوجاج لنز ۷۴
- شکل (۲-۲۳) : به دست آوردن اطلاعات ۳-بعدی به روش نور ساختاریافته ۸۰
- شکل (۳-۱) : سیستم نور ساختاریافته با کالیبراسیون اتوماتیک ۸۴
- شکل (۳-۲-۱) : الگوهای باینری طراحی شده برای کدگذاری چهره در جهت افقی ۸۶
- شکل (۳-۲-۲) : الگوهای باینری طراحی شده برای کدگذاری چهره در جهت عمودی ۸۷
- شکل (۳-۳) : الگوی باینری کدشده در جهت افقی ۸۹
- شکل (۳-۴) : الگوی باینری کدشده در جهت عمودی ۸۹
- شکل (۳-۵) : تصاویر دریافتی چهره کدشده ۹۱
- شکل (۳-۶) : تصاویر خاکستری چهره کدشده ۹۳
- شکل (۳-۷) : اعمال عملگر سوبل به تصویر خاکستری چهره ۹۵
- شکل (۳-۸) : تصاویر لبه یابی شده چهره با حذف اطلاعات اضافی با اعمال عملگر سوبل ۹۶
- شکل (۳-۹) : اعمال عملگر کنی به تصویر خاکستری چهره ۹۷
- شکل (۳-۱۰) : تصاویر لبه یابی شده چهره با حذف اطلاعات اضافی با اعمال عملگر کنی ۹۸
- شکل (۳-۱۱) : تصاویر نرمالیزه شده چهره با حذف اثر نور محیط ۱۰۰
- شکل (۳-۱۲) : تصاویر باینری چهره ۱۰۱
- شکل (۳-۱۳) : تصاویر کدگذاری شده چهره ۱۰۲
- شکل (۳-۱۴) : تصویر کدشده ناپیوسته ۱۰۴
- شکل (۳-۱۵) : تصویر نرمالیزه شده J1 ۱۰۵
- شکل (۳-۱۶) : اعمال تابع توزیع گاوسی به تصویر نرمالیزه شده J1 ۱۰۶

- شکل (۳-۱۷) : اعمال تابع توزیع گاوسی به تصاویر نرمالیزه شده چهره ۱۰۷
- شکل (۳-۱۸) : تصاویر بهینه سازی شده چهره ۱۰۸
- شکل (۳-۱۹) : استخراج نقاط تطابق ۱۱۰
- شکل (۳-۲۰) : چگونگی تغییرات نقاط استخراج شده ۱۱۲
- شکل (۳-۲۱) : وضعیت صفحه تصویر دوربین (پروژکتور) و دستگاه مختصات تعریف شده نسبت به یکدیگر ... ۱۱۶
- شکل (۳-۲۲) : خطوط Epipolar در صفحات تصویر دوربین و پروژکتور ۱۲۰
- شکل (۳-۲۳) : چرخش یک نقطه حول محورهای مختصات با استفاده از پارامترهای اولر ۱۲۱
- شکل (۳-۲۴) : مدل سه بعدی به دست آمده از چهره مجسمه موردنظر ۱۲۷
- شکل (۴-۱) : مدل سه بعدی به دست آمده از چهره مجسمه موردنظر ۱۲۹
- شکل (۴-۲) : مدل سه بعدی به دست آمده از چهره فرد موردنظر ۱۳۲
- شکل (۴-۳) : الگوی تابشی خاکستری در دو جهت افقی و عمودی ۱۳۴
- شکل (۴-۴) : مدل سه بعدی به دست آمده از چهره مجسمه موردنظر ۱۳۴
- شکل (۴-۵) : مدل سه بعدی به دست آمده از چهره فرد موردنظر ۱۳۵

- جدول (۱-۱) : مقایسه روش‌ها و تکنیک‌ها ۳۷
- جدول (۲-۱) : قابلیت اطمینان فاصله بین اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده از مدل مجازی از
اندازه‌گیری‌های مرجع ۴۵
- جدول (۲-۲) : قابلیت اطمینان فاصله بین اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده از مدل مجازی از
اندازه‌گیری‌های مرجع در زوایای مختلف ۴۷
- جدول (۲-۳) : قابلیت اطمینان فاصله بین اندازه‌گیری‌های به‌دست‌آمده از مدل مجازی از
اندازه‌گیری‌های مرجع در ۲ وضعیت مختلف ۴۸
- جدول (۲-۴) : روش‌های پیشنهادی برای کدینگ‌های نور ساختاریافته ۵۸
- جدول (۳-۱) : مشخصات دوربین و پروژکتور سیستم ساخته شده ۸۴
- جدول (۳-۲) : بخشی از نقاط تطابق استخراج شده ۱۱۱
- جدول (۴-۱) : مدت زمان تولید مدل سه بعدی ۱۲۹
- جدول (۴-۲) : مقادیر واقعی و محاسبه شده از مدل سه بعدی نواحی مختلف چهره ۱۳۰
- جدول (۴-۳) : خطای مطلق و نسبی نواحی مختلف چهره ۱۳۱
- جدول (۴-۴) : خطای مطلق، نسبی و انحراف میانگین خطای سیستم ۱۳۱

مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون استفاده از سیستم های هوشمند، لزوم بکارگیری سیستم های بینایی به منظور کسب اطلاعات مربوط به ابعاد اجسام، جهت مشخصه‌نگاری (ساخت ابرنقاط و بدست آوردن مدل سه بعدی) آن ها بیشتر احساس می شود.

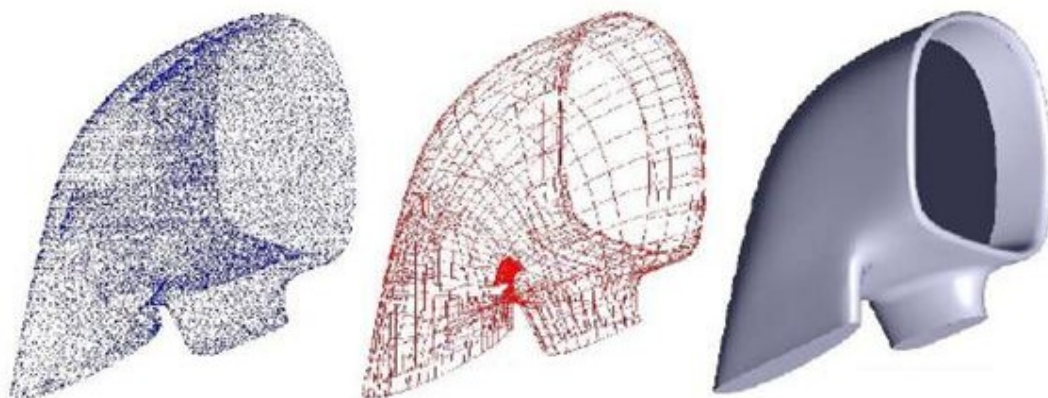
امروزه در راستای اتوماسیون صنایع مختلف تولیدی، در مراحل مختلف تولید در ایستگاه های بازرسی و کنترل کیفیت جهت بررسی دقیق تر میزان تطابق قطعه در دست تولید با قطعه مطلوب، از سیستم های بینایی استفاده می شود تا ضمن بررسی میزان تطابق، راهنمایی های لازمه را نیز جهت مشخص کردن محل بروز خطا و میزان آن در اختیار قرار دهد. علوم نظامی، پزشکی، باستان شناسی، راه و ساختمان و زمین شناسی از دیگر مواردی هستند که بکارگیری سیستم های بینایی در آنها روزبه روز افزایش می یابد.

سیستم های بینایی استاندارد، تنها یک تصویر دو بعدی از محیط کار فراهم می کنند و قادر به تشخیص فاصله یا ارتفاع جسم دیده شده نمی باشند. در نتیجه بدلیل عدم کسب اطلاعات کافی از سیستم های بینایی دو بعدی، محققان برآن شده اند تا تلاش خود را در جهت به دست آوردن بعد سوم موضوع مصروف دارند. در این راستا رهیافت های متفاوتی جهت اسکن کردن سه بعدی یک موضوع ارائه شده است:

اسکنرهای تماسی مبتنی بر سنسورهای مکانیکی و دیجیتالی‌زهای غیرتماسی مبتنی بر تکنولوژی اپتیک رهیافت هایی هستند که محققان به عنوان تکنیک های اسکن سه بعدی در پیش رو دارند و در این میان تکنولوژی اپتیک به دلیل انعطاف پذیری بیشتر در دیجیتالی‌ز کردن سطوح ترجیح داده می شود. ضمن آنکه از دقت و قدرت تفکیک پذیری بالاتری در مقایسه با تکنولوژی مکانیکی برخوردار می باشد [1].

در زیر برخی کاربردهای اسکنر سه بعدی را ذکر می‌کنیم:

۱. **مهندسی معکوس^۱**: همانطور که می‌دانیم امروزه بسیاری از قطعات تولیدی، با نرم افزار گرافیکی^۲ طراحی می‌شوند. بنابراین در اغلب این موارد، قطعه مکانیکی که وجود دارد متعلق به یک سیستم کاری است که به مدل کامپیوتری برای تولید دوباره احتیاج ندارد. اما اطلاعات بسیاری از قطعات مهم و حساس دستگاه‌هایی که در حال کار هستند، بصورت دیجیتالی در دست نمی‌باشد و چنانچه قطعه ای از این دستگاه دچار فرسایش شود و یا بشکند و قطعه یدکی از آن وجود نداشته باشد، منجر به توقف کار دستگاه خواهد شد. در این گذار تکنولوژی اسکنر سه بعدی می‌تواند این امکان را فراهم کند که با دیجیتالی کردن دقیق قطعه موردنظر و استخراج پروفایل سه بعدی آن، اطلاعات گرافیکی را برای تولید دوباره تولید کند.



شکل (۱): نمونه‌ای از کاربرد اسکنر سه بعدی در مهندسی معکوس

این تکنولوژی همچنین زمانی که نمونه ای از یک قطعه (بدون اطلاعات گرافیکی آن) جهت تولید انبوه بصورت اتوماتیک در نظر گرفته شود، نیز اهمیت پیدا می‌کند. امروزه شرکت‌های بسیاری در جهان، به تولید محصولات مشابه شرکت‌های دیگر می‌پردازند و این امر بدون داشتن اطلاعات سه بعدی قطعه برای تولید انبوه، میسر نمی‌شود.

¹ Reverse Engineering

² Computer Aided Design

در نتیجه مهندس معکوس را می توان رهیافتی بسوی تولید سریع نمونه اولیه و همچنین تولید بدون قالب دانست [1].

۲. طراحی همکارانه : اگر چه طراحی بوسیله شهودی ترین روش طراحی، برهم کنش

فیزیکی با مدل است. این امر خصوصا زمانی که مدل بایستی جاذبه حسی نیز داشته باشد، بیشتر اهمیت پیدا می کند. در این موارد کمپانی ها، غالبا از مجسمه سازان جهت طراحی تندیس این مدل ها با خاک رس استفاده می کنند. یکبار که تندیس مجسمه مدل آماده شد، دیجیتایز شده و روی کامپیوتر بازسازی می شود. بدنبال آن مدل کامپیوتری جهت بررسی برای مهندسين مربوطه و حتی مشتری ها ارسال شده و پس از نظرخواهی به ساخت مدل اصلی پرداخته می شود، ضمن آن که این اطلاعات نقطه شروع استخراج یک مدل گرافیکی مناسب برای تولید محسوب می شوند [1].

۳. بازرسی محصول : بعد از این که تولیدکننده، مدل کامپیوتری برای قطعه (یا با

دیجیتایز کردن شکل مدل فیزیکی و یا از طریق طراحی گرافیکی برهم کنشی) تهیه کرده است، انتخاب های مختلفی برای تولید آن، هم بعنوان یک نمونه در حال کار و هم بعنوان یک نقطه شروع برای تولید انبوه دارد. اما در نهایت این نکته حائز اهمیت است که ابعاد قطعه تولیدی باید ترانس های کمی نسبت به مدل کامپیوتری اصلی داشته باشد. در این حالت، دیجیتایز کردن شکل و قالب قطعه می تواند به تعیین مکان و میزان تفاوت بین مدل کامپیوتری و قطعه تولیدی پرداخته و آن را استخراج کند. استخراج این اختلافات می تواند راهنمای خوبی برای اصلاح پروسه تولید تا زمانی که قطعه مطلوب تولید شود، باشد.

امروزه بازرسی محصول نه تنها در انتهای خط تولید، بلکه در ایستگاه های مختلف در حین فرایند تولید مورد توجه بوده و تکنولوژی های اپتیکی اسکن سه بعدی در این راستا بسیار مورد استفاده قرار می گیرند. از بازرسی بردهای الکترونیکی^۱ دستگاه های مختلف گرفته تا بازرسی در حین

^۱ PCB