Archive of SID

نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۴، از صفحه ۲۱ تا ۳۱

شناسایی ضایعات خط تولید با الگوی پردازش تصویر در شرکت روغن نباتی شیراز

سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی[۱*]، وجیهه ظریف[۲]

۱. دانشیار دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبایی(ره)

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، گرایش تحقیق در عملیات، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت ۹۲/۷/۶ـ تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۳/۱/۲۴ـ تاریخ تصویب ۹۳/۳/۱۱)

چکیده

امروزه رقابت شدید بین تولیدکنندگان و هزینهٔ بالای تولید باعث شده کاهش ضایعات و استفادهٔ دوباره در مرحلهٔ بازیافت به یکی از دغدغه‌های بسیار مهم کارخانه‌ها و شرکت‌های صنعتی و تولیدی تبدیل شود. هدف این تحقیق کاربرد الگوی پردازش تصویر در شناسایی ضایعات خط تولید بود. جهت مطالعهٔ موردی، از ظروف تولیدی شرکت روغن نباتی شیراز استفاده شد. عملیات پردازش تصویر با استفاده از نرم‌افزار MATLAB انجام گرفت. در این تحقیق، از دو نظریه برای سنجش و شناسایی ظروف سالم و معیوب استفاده شد. نظریهٔ اول بر مبنای مقایسهٔ مساحت تصویر ظروف سالم و معیوب با یک نمونهٔ سالم و نظریهٔ دوم بر مبنای نسبت طول به مجموع عرض‌های قسمت‌های مختلف هر تصویر است. نظریهٔ دوم از الگوریتم تابع لبه استفاده می‌کند. نتایج تحقیق نشان داد نظریهٔ دوم نسبت به نظریهٔ به‌دست‌آوردن مساحت تصویر دقیق‌تر است.

کلیدواژگان: الگوریتم آشکارسازی لبه، بازیافت، پردازش تصویر، ضایعات، ظرف روغن.

مقدمه

امروزه، با روند روبه‌رشد توسعهٔ سیستم‌های الکترونیکی و هوشمند از یک سو و رقابت صاحبان صنایع برای تسخیر بازارهای تجاری از سوی دیگر، کنترل کیفیت نقشی مهم در صنایع ایفا می‌کند. روش‌های معمول بازرسی، درجه‌بندی و سورتینگ دستی فراورده‌های غذایی هزینه‌بر و وقت‌گیر و مشکل است. به‌علاوه، نتیجهٔ عملکرد این روش‌ها قابل تضمین نیست و نمی‌توان کیفیت یکنواخت و پایدار محصولات غذایی را با این روش‌ها کنترل کرد. در مقابل، سیستم‌های بینایی کامپیوتری، غیر مخرب و کارآمد و مقرون‌به‌صرفه‌اند و نسبت به روش‌های معمول نیز نتایجی باثبات‌تر و پایدارتر ارائه می‌کنند. به طور کلی، سیستم‌های بینایی کامپیوتری بر مبنای تصویربرداری از محصول حتی در حین عبور از خط تولید و سپس پردازش تصویر گرفته‌شده و آنالیز آن کار می‌کنند. سیستم‌های بینایی کامپیوتری نه‌تنها اندازه، شکل، رنگ، و بافت اشیا را تشخیص می‌دهند، بلکه ویژگی‌های عددی اشیا و صحنهٔ تصویربرداری‌شده را نیز تعیین می‌کنند [۱].

در این تحقیق از دو نظریه برای سنجش و شناسایی ظروف سالم و معیوب استفاده شد. نظریهٔ اول بر مبنای مقایسهٔ مساحت تصویر ظروف سالم و معیوب با یک نمونهٔ سالم بود و نظریهٔ دوم نسبت طول به مجموع عرض‌های قسمت‌های مختلف هر تصویر را به دست آورد. نتیجه مبنای بررسی قرار گرفت.

بیان مسئله

یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری کاهش ضایعات است. ضایعات و افزایش روزافزون آن یکی از پدیده‌های تولید انبوه است که کشورهای صنعتی در جست‌وجوی یافتن راه‌های جلوگیری و کاهش آن‌اند. موضوع قطع جریان ضایعات یا کاهش آن، به دلیل حجم بالای منابع تولیدی تلف‌شده و خسارت بالقوهٔ محیطی، از اهمیتی خاص برخوردار است. با کاهش ضایعات و در نتیجه کاهش هزینه‌ها سود بیشتری عاید شرکت می‌شود که بخشی از آن، به منزلهٔ بهره‌وری، به کارگران و کارکنان پرداخت می‌شود. از این رو، تولید بهتر با ضایعات کمتر، علاوه بر آنکه سطح زندگی کارگران را بهبود می‌بخشد، موجب شکوفایی اقتصاد نیز می‌شود. داشتن برنامه و تکنولوژی مناسب جهت کاهش ضایعات برای هر صنعتی امری اجتناب‌ناپذیر است. این برنامه موجب هدایت تلاش‌های سازمان در جهت تأمین نیازها و ابزارهای کاهش ضایعات می‌شود [۲].

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۲۱۸۸۷۷۰۰۱۵، فکس: ۰۲۱۸۸۸۸۶۰۰۲ Email : a.khatami@atu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

هدف این تحقیق ارائهٔ راهکاری جهت مقایسهٔ محصولات خط تولید با نمونهٔ سالم و بدون نقص آن و شناسایی محصول سالم از معیوب در بخش تولید و بسته‌بندی شرکت روغن نباتی شیراز بود. جهت شناسایی محصولات در خط تولید دوربین‌هایی برای تصویربرداری به کار رفت. برای انجام‌دادن این طرح از الگوریتم‌هایی استفاده شد که در زمینهٔ پردازش تصویر وجود دارد. از این الگوریتم‌ها می‌توان به الگوریتم آشکارسازی لبه اشاره کرد، که کاربرد فراوان در زمینهٔ پردازش تصویر دارد.

این تحقیق در شرکت روغن نباتی نرگس شیراز جهت کاهش ضایعات در بخش بسته‌بندی انجام شد. موضوع شرکت ایجاد کارخانه‌های روغن‌کشی از دانه‌های روغنی، استحصال دانه‌های روغنی و تولید محصولات فرعی، ایجاد کارخانه‌های تصفیه، و تولید انواع روغن‌های نباتی- نظیر جامد، ویژه، کرهٔ نباتی، و ...- است.

در ادامه پیشینهٔ تحقیق بررسی و پس از آن مراحل انجام‌دادن تحقیق ارائه می‌شود. سپس، نظریه‌های موجود در الگوهای پردازش تصویر می‌آید و پس از آن نتایج این نظریه‌ها، همراه نظریهٔ پیشنهادی، مطرح می‌شود. در بخش نهایی نیز نتیجهٔ این پژوهش بیان می‌شود.

پیشینهٔ تحقیق

رشد سریع تکنولوژی برای اجرای عملیات تکراری و سرعت زیاد عملیات موجب شده پردازش تصاویر در دنیای کنونی به ابزاری جهت تشخیص موارد متعدد تبدیل شود؛ از تشخیص خودرو در بزرگ‌راه تا تشخیص ضایعات در خط تولید [۳]. پردازش و آنالیز تصویر هستهٔ سیستم‌های بینایی کامپیوتری‌اند. پردازش تصویر مستلزم انجام‌دادن مجموعه‌ای از عملیات بر تصویر است که کیفیت یک تصویر را به منظور حذف عیوبی نظیر اعوجاج هندسی، فوکوس نامناسب، اغتشاش، نورپردازی غیر یکنواخت، و حرکت دوربین افزایش می‌دهد. آنالیز تصویر عبارت است از فرایند تشخیص اشیا (یا نواحی مورد نظر) از زمینهٔ تصویر. آنالیز تصویر همچنین می‌تواند اطلاعات عددی را ارائه دهد که در سیستم‌های کنترلی برای تصمیم‌گیری استفاده می‌شوند. پردازش و آنالیز تصویر شامل مجموعه‌ای از مراحل است که می‌توان آن‌ها را به سه سطح پردازش سطح پایین، پردازش سطح متوسط، و پردازش سطح بالا تقسیم کرد [۴].

تشخیص شیء به شناسایی انواع اشیای موجود در یک تصویر گفته می‌شود. یکی از روش‌های اصولی تشخیص شیء بر اساس ویژگی‌های کلیدی استخراج‌شده از آن بنیان نهاده شده است. این ویژگی‌ها مشخصات شیء مورد نظر را می‌گیرد و آن را با بانک داده‌های تصویری مقایسه می‌کند. باید توجه داشت استخراج ویژگی‌های مناسب از تصاویر واقعی به علت وجود عوامل مخرب، از جمله نویز، فعالیت آسانی نیست [۵].

اگرچه مدلی برای تشخیص اشیا با دقت تشخیص انسان وجود ندارد، نظریه‌ها و مدل‌های قابل قبول بسیاری بدین منظور پیشنهاد شده است. دو روش مهم‌تر عبارت‌اند از تشخیص بر اساس مدل و تشخیص بر اساس ظاهر.

- **تشخیص بر اساس مدل**

در این نوع تشخیص قسمتی از یک شیء سه‌بعدی انتخاب می‌شود و اجزای بخش‌های انتخاب‌شده با همان بخش در شیء استاندارد مقایسه می‌شود. از بین مدل‌های سه‌بعدی کامل، موفق‌ترین و مهم‌ترین آن‌ها عبارت است از مدل‌های لاو و هاتنلاچر [۵ و ۶]. تشخیص بر اساس مدل مشکلاتی به همراه دارد؛ از جمله محدودیت در بخش‌های انتخاب‌شده (لایه‌های زیرین) در یک شیء، تهیهٔ مدل سه‌بعدی، و حجم ذخیرهٔ زیاد برای ذخیره‌کردن تصاویر سه‌بعدی از اشیا.

- **تشخیص بر اساس ظاهر**

در این نوع تشخیص اشیای سه‌بعدی به صورت مجموعه‌ای از تصاویر دوبعدی درمی‌آید و سپس مدل از روی آن ساخته می‌شود. در این تشخیص، هر یک از این تصاویر نمایی خاص از شیء مربوطه را نشان می‌دهد. بنابراین، به ذخیره‌کردن مدل‌های سه‌بعدی نیاز ندارد. به عبارت دیگر، روش‌های بر اساس ظاهر عمل تشخیص شیء را به صورت یک مسئلهٔ بازیابی تصویر در نظر می‌گیرند؛ در حالی که روش‌های بر اساس مدل به آن به صورت یک مسئلهٔ بازیابی مدل هندسی می‌نگرند [۶].

علاوه بر موضوعاتی که در این بخش تا کنون مطرح شد، در قسمت بعد، مفاهیم دیگری نظیر خط تولید، ضایعات، و پردازش تصویر ارائه و به خلاصه‌ای از تحقیقات پیشین اشاره می‌شود.

خط تولید

خط تولید مجموعه‌ای نظام‌یافته از ایستگاه‌های کار، یعنی ماشین‌آلات و تجهیزات و ابزار و لوازم به ترتیب توالی عملیات تولیدی، است. خط تولید مواد را به صورت یکنواخت و مداوم و با سرعتی همسان از یک سلسله مراحل عملیاتی می‌گذراند؛ طوری که هر یک از عملیات ادامهٔ عملیات قبلی و پیش‌نیاز عملیات بعدی باشد [۷].

www.SID.ir

Archive of SID

تشخیص اجسام متحرک با کمک پردازش تصویر

تشخیص اجسام به کمک پردازش تصویر یکی از مسائلی است که امروزه به آن بسیار توجه می‌شود و یکی از شاخه‌های مهم بینایی ماشین است. در این‌گونه سیستم‌ها تغییرات محل، اندازه، و تا حدودی دوران جسم نباید بر کارایی دستگاه تأثیر بگذارد؛ علاوه بر آن، در مقابل تغییرات گذرا نیز پایدار باشد. می‌توان با کاهش وضوح تصویر و انتخاب مناسب مجموعه‌ای از خصوصیات آماری و هندسی تصاویر اعوجاج‌یافته را سریع پردازش کرد [۸].

ضایعات

تولید محصول با کیفیت بالا و عاری از عیب از اهداف استراتژیک شرکت‌های تولیدی است که هر سازمانی را در دست‌یابی به سهم مناسب از بازار رقابت جهانی یاری می‌کند. کاهش و حذف ضایعات نقشی مهم در رسیدن به هدف مزبور ایفا می‌کند.

مدیریت ضایعات چالشی مهم در سطح کلی است. زیرا، در برخی موارد ضایعات تهدیدکنندهٔ بهداشت عمومی و محیط‌اند و حتی ممکن است مانعی سر راه توسعهٔ اقتصادی تلقی شوند. راه‌حل‌های گوناگونی برای حل مشکل ضایعات ارائه شده است. باید توجه داشت که بروز ضایعات اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد؛ به‌خصوص برای سازمان‌ها یا شرکت‌هایی که بازار انحصاری یا تا حدودی انحصاری دارند [۹].

هرچند تا کنون تحقیقات متنوعی در خصوص سه زمینهٔ مطرح‌شده انجام شده است، در ادامه به آن دسته از تحقیقات اشاره می‌شود که با پردازش تصویر ارتباط دارند.

- **بهینه‌سازی تفسیر تصاویر پرتونگاری صنعتی جهت تشخیص عیوب لوله‌های نفت و گاز در نواحی جوش با استفاده از پردازش تصویر**

آزمون پرتونگاری، از مجموعهٔ آزمون‌های غیر مخرب، یکی از روش های پرکاربرد و قدیمی جهت تشخیص عیب‌های نواحی جوش خطوط انتقال نفت و گاز است. در این تحقیق روشی شامل چندین مرحله، جهت بهبود کیفیت تصاویر پرتونگاری نواحی جوش، به منظور آشکارسازی عیب‌های جوش موجود در این تصاویر، پیشنهاد می شود. سیستم ارائه‌شده شامل چهار مرحلهٔ دیجیتال‌کردن تصاویر پرتونگاری، پیش‌پردازش تصویر، فشرده‌سازی تصویر، و ایجاد مستطیل محیط بر آن است.

در این تحقیق از روش رشد ناحیه (یکی از تکنیک‌های پردازش تصویر) استفاده شد. روش کار به این صورت بود که کاربر یک پیکسل از عیب را انتخاب کرد. در پردازش تصویر، اصطلاحاً، این پیکسل را بذر می‌نامند. سپس با پیوستن پیکسل‌های همسایهٔ بذر به آن نواحی بزرگ و بزرگ‌تری ایجاد شد. شرط پیوستن این پیکسل‌ها به بذر تشابه سطح خاکستری آن‌ها با بذر بود. سرانجام، وقتی هیچ پیکسل دیگری معیارهای پیوستن به یک ناحیه را برآورده نکرد رشد ناحیه متوقف شد [۱۰].

- **امکان‌سنجی درجه‌بندی کیفی سیب با استفاده از پردازش تصویر**

هدف تحقیق مزبور بررسی امکان استفاده از پردازش تصویر در درجه‌بندی کیفی سیب بر اساس صدمات سطحی بود. بدین منظور از یک سیستم کامل ماشین بینایی، شامل محفظهٔ نوردهی و دوربین و کامپیوتر، استفاده شد که به کمک آن‌ها بتوان شاخصی برای تشخیص معیوب یا سالم بودن سیب بر اساس مقدار آستانه‌ای تعریف‌شده به دست آورد. مشکلی که در این تحقیق وجود داشت وجود دُم‌گل بود که در تصویر باینری با نواحی معیوب اشتباه گرفته می‌شد. به همین علت از روش نسبت طول به ضخامت برای حذف دُم‌گل استفاده شد [۱۱].

- **کاهش اثر فلز مصنوعی در تصاویر سی‌تی‌اسکن[1] با تکنیک‌های پردازش تصویر**

اثر فلز مصنوعی یکی از مشکلات عمده در تصاویر سی‌تی‌اسکن است. الگوریتم جدیدی برای غلبه بر این مشکل در تحقیق مزبور ارائه شد. این الگوریتم در پنج مرحله تعریف شد که از تعیین ناحیهٔ فلزدار شروع و به جایگزینی تصویر اصلاح‌شده ختم شد. استفاده از الگوریتم جدید موجب شد تصویر خروجی کنتراست بهتری نسبت به وضعیت اولیه داشته باشد [۱۲].

- **ارزیابی الگوریتم‌های پردازش تصویر در تشخیص لبه**

در این تحقیق انواع الگوریتم‌های تشخیص لبه به منزلهٔ اساسی‌ترین الگوریتم‌های پردازش تصویر مقایسه شد. نتایج این ارزیابی می‌تواند اطلاعاتی ارزنده باشد برای سایر طرح‌های تشخیص اشیا [۱۳].

- **استفاده از پردازش تصویر برای شناخت رفتار ترافیک**

در این پژوهش سیستمی ابداع شد که با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

الگوریتم‌های سادهٔ پردازش تصاویر موقعیت هر یک از وسایل نقلیه را در آزادراه تعیین می‌کند. همچنین، برخی تخلفات رانندگی، مانند سرعت غیر مجاز و سبقت غیر مجاز و عدم رعایت فاصلهٔ مطمئنه، قابل تشخیص می‌شود. استفاده از پردازش تصاویر به جای روش‌های دستی قدیمی باعث افزایش دقت محاسبات می‌شود و از آن جهت که کار یکنواخت و خسته‌کننده را ماشین انجام می‌دهد، امکان انتخاب نمونهٔ آماری بزرگ‌تر و در نتیجه به‌دست‌آوردن نتایج دقیق‌تر فراهم می‌شود [۱۴].

- **پردازش تصویر کاتادیوپتریک[۲] (شکست و انعکاس نور) مرکزی با استفاده از معیار ژئودسیک[۳] (کوتاه‌ترین خط بین دو نقطه روی سطح)**

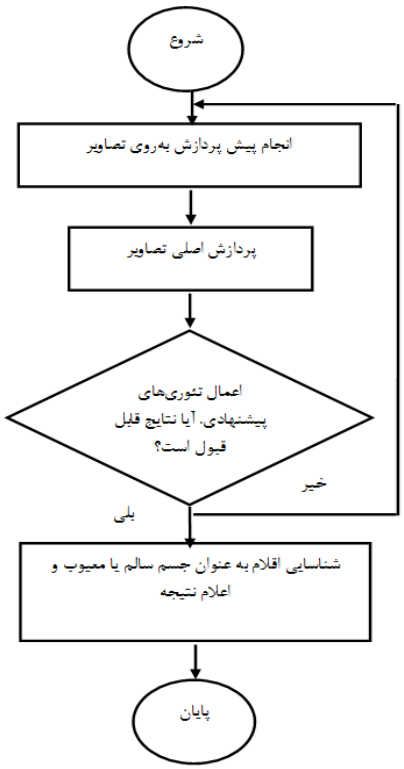
از آنجا که معمولاً اعوجاج در صورت وجود منبع نور یا وجود آینه ایجاد می‌شود تصاویر کاتادیوپتریک نمی‌توانند مانند تصاویر کلاسیک شفاف باشند. دمونساکس و همکاران پردازش تصویر کاتادیوپتریک را با توجه به معیار ژئودسیک پیشنهاد کردند. با استفاده از این روش، روش‌های پردازش تصویر کلاسیک به‌سادگی قابل انطباق خواهند بود. به طور خاص، در این روش بر شیب تصویر و کشف نقطهٔ همبستگی و نظایر آن تمرکز می‌شود [۱۵].

روش‌شناسی تحقیق

مراحل کلی انجام‌گرفتن تحقیق در شکل ۱ می‌آید. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، در گام اول لازم است عمل پیش‌پردازش روی تصاویر انجام شود. برای پیش‌پردازش تصاویر الگوریتمی لازم است. روش انجام‌گرفتن آن در شکل ۲ می‌آید. پس از آن، تصاویر اصلی پردازش و نظریه‌های پیشنهادی روی آن اعمال می‌شود. در صورت موجه‌بودن نتایج، اقلام سالم یا معیوب شناسایی می‌شوند. در غیر این صورت، پیش‌پردازش تصاویر انجام می‌شود.

پیش‌پردازش تصاویر

قبل از پردازش اصلی تصاویر باید روی آن‌ها پردازش اولیه یا پیش‌پردازش انجام شود. مراحل انجام‌گرفتن پیش‌پردازش در الگوریتم شکل ۲ می‌آید. مراحل مختلف آن نیز اینجا به تفصیل تشریح می‌شود. این الگوریتم بر همهٔ تصاویر اعمال می‌شود. پس از جمع‌آوری تصاویر، که به وسیلهٔ دوربینی با قدرت نزدیکی زیاد گرفته می‌شود، یکسان‌سازی قالب تصاویر انجام می‌شود؛ به گونه‌ای که تصاویر با فرمت‌های مختلف Tif، Bmp، و... به فرمت Jpg تبدیل می‌شود (شکل ۳). سپس تصاویر به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزاری گرافیکی، مانند فتوشاپ یا نرم‌افزارهای مشابه، همسان‌سازی می‌شود. همسان‌سازی به معنای یکسان‌کردن طول و عرض تصاویر بر مبنای پیکسل است (شکل ۴).



شکل ۱. مراحل کلی عملیات

شکل ۲. الگوریتم پیش‌پردازش تصاویر

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳. نمونه‌ای از تصویر گرفته‌شده

شکل ۴. یکسان‌سازی اندازهٔ تصویر

شکل ۵. فرمت سیاه و سفید

مرحلهٔ بعد تبدیل تصاویر به قالب سیاه و سفید است. اولین دلیل این کار کمترکردن حجم عکس است. پردازش تصویری که حجم کمتری داشته باشد راحت‌تر است. دلیل دیگر آن این است که در نرم‌افزار متلب کارکردن با تصاویر سیاه و سفید آسان‌تر است (شکل ۵).

در مرحلهٔ بعد باید فشرده‌سازی تصویر انجام شود. فشرده‌سازی (نازک‌سازی) تصویر به منظور کاهش نویز و کاهش اندازهٔ تصویر قبل از استفاده از آن انجام می‌شود. تصویر فشرده‌شده خصوصیات اصلی تصویر را با پهنای باند کمتر حفظ می‌کند. ابتدا تصویر ورودی به بلوک‌هایی تقسیم و DCT[5] دوبعدی برای هر بلوک محاسبه می‌شود. عامل DCT به‌تدریج کدگذاری و سپس به سمت گیرنده فرستاده می‌شود. گیرنده عامل DCT را رمزگشایی می‌کند، مرحله‌به‌مرحله معکوس DCT دوبعدی را برای هر بلوک محاسبه می‌کند، و بلوک‌ها را به تصویری واحد تبدیل می‌کند.

آخرین مرحلهٔ پیش‌پردازش تصویر افزایش کنتراست (کیفیت) تصویر است که به کمک توابع مناسب افزایش کیفیت تصویر انجام می‌شود.

الگوریتم آشکارسازی لبه

آشکارسازی لبه یکی از مفاهیم اصلی پردازش تصاویر است. با انجام‌دادن پیش‌پردازش تصاویر لازم است روشی برای بررسی تصاویر به کار رود. الگوریتم آشکارسازی لبه یکی از روش‌های پرکاربرد در این زمینه است [۴]. هدف آشکارسازی لبه نشان‌گذاری نقاطی از یک تصویر است که در آن‌ها شدت روشنایی به‌تندی تغییر می‌کند. تغییرات تند در خصوصیات تصویر معمولاً نشان‌دهندهٔ رویدادهای مهم و تغییرات محیطی است. لبه‌ها می‌توانند به زاویهٔ دید بستگی داشته باشند؛ به این معنی که با جابه‌جایی نقطهٔ دید تغییر یابند یا مستقل از زاویهٔ دید باشند. در مورد اول، جسمی که پشت جسم دیگری قرار می‌گیرد قابل مشاهده نیست. در این حالت، تصویر گرفته‌شده فقط می‌تواند هندسهٔ صحنه را نشان دهد. در مورد دوم، ویژگی‌های اجسام، همچون نشانه‌های خاص و شکل مسطح، را نشان می‌دهد.

یک لبهٔ نوعی ممکن است مثلاً مرز میان یک بخش قرمزرنگ و یک بخش سیاه‌رنگ باشد. حال آنکه یک خط می‌تواند تعداد کمی از پیکسل‌های ناهم‌رنگ در زمینه‌ای یکنواخت را نشان دهد. در این حالت، در هر سوی خط یک لبه وجود خواهد داشت. مراحل این الگوریتم، که برای همهٔ نمونه‌های بررسی‌شده در این تحقیق اعمال شده است، در شکل ۶ می‌آید.

در مرحلهٔ اول تصویر مورد نظر از نرم‌افزار فراخوانده می‌شود. سپس، فیلتر مورد نظر و مناسب روی تصویر اعمال می‌شود. منظور از فیلتر در الگوریتم آشکارسازی لبه شناسایی دقیق‌تر لبه‌های نادرست است. فیلتر کنی یکی از فیلترهای مناسب برای این منظور است. زیرا در این فیلتر از دو آستانهٔ مختلف برای یافتن لبه‌های مناسب و نامناسب استفاده می‌شود. بنابراین، می‌تواند در خروجی تصویر این

www.SID.ir

Archive of SID

لبه‌ها را نشان دهد؛ ضمن آنکه توانایی مقایسه بین لبه‌های مناسب و نامناسب را دارد. علت استفاده از فیلتر کنی در این پژوهش نه‌تنها پرکاربردترین فیلتر بود، بلکه گزارش‌های متعدد نشان می‌دهد سایر فیلترها برتری قابل ملاحظه‌ای بر فیلتر کنی ندارند [۱۶].

شکل ۶. الگوریتم تابع لبه

باید توجه کرد در یک تصویر لبهٔ یک انحناست که مسیر تند تغییریافته در تصویر را دنبال می‌کند. لبه‌ها اغلب به کرانه‌های شیء در تصویر وابسته‌اند. برای یافتن لبه‌ها از تابع لبه نیز می‌توان استفاده کرد. این تابع مکان‌هایی را در تصویر جست‌وجو می‌کند که شدت تغییر بیش از حد است. در این حالت، می‌توان حساسیت به لبه‌های افقی یا لبه‌های عمودی یا هر دو را تعیین کرد. در یک تصویر باینری، مقدار تابع لبه در صورت شناسایی گوشه ۱ و در غیر این صورت ۰ خواهد بود.

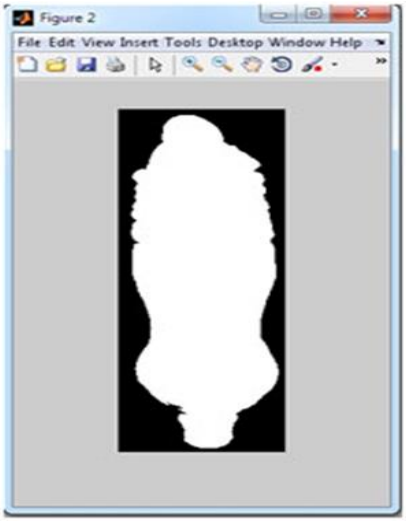
مطالعهٔ موردی و نظریه‌های مطرح

در این تحقیق، خط تولید شرکت روغن نباتی شیراز در نظر گرفته شد. بخش کنترل کیفیت شرکت مزبور در خط تولید ظرف‌های روغن با مشکل ضایعات مواجه است و طی سالیان اخیر سعی کرده شناسایی آن‌ها را بدون کنترل مستقیم انجام دهد. این ضایعات در فرورفتگی ظرف‌ها، ناصاف بودن لبه‌های بطری، و ... مشاهده می‌شود. متغیر ورودی در این تحقیق تصاویر ظروف سالم و معیوب و متغیر خروجی تشخیص سالم یا معیوب بودن اقلام یا کالاها بود.

شکل ۷. فراخوانی و نمایش تصویر

شکل ۷ تصویر یک ظرف معیوب روغن را نشان می‌دهد. از آنجا که تقریباً خرابی همهٔ ظروف در قسمت ته ظرف است، برای حفظ تعادل ظرف هنگام درج تصویر، تصاویر به صورت وارونه ثبت شد.

پس از فراخوانی و نمایش تصویر، لازم است تصویر به نوع باینری تبدیل شود. برای این منظور از دستور خاص در متلب[۴] استفاده می‌شود. تصاویر در متلب دارای انواع و گونه‌های مختلف است؛ هم‌چون رنگی یا RGB، سیاه و سفید، باینری، و ... جهت باینری‌کردن یک تصویر، با اعمال دستور مزبور، تصویر باینری خروجی به‌ازای همهٔ پیکسل‌هایی که میزان روشنایی آن‌ها کمتر از مقدار از قبل مشخص‌شده باشد مقدار ۰ (سیاه) و برای بقیهٔ پیکسل‌ها مقدار ۱ (سفید) اختیار می‌کند.

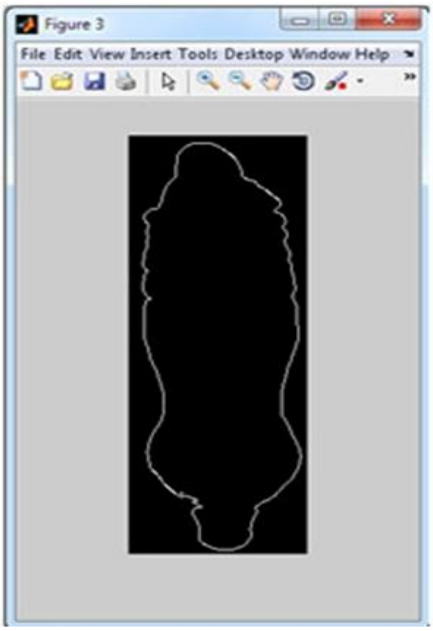


شکل ۸. تصویر باینری‌شده

www.SID.ir

Archive of SID

این مقدار از قبل مشخص‌شده مقداری در دامنه [۱ و ۰] است که در آن سطح ۰ مربوط به رنگ سیاه و سطح ۱ مربوط به رنگ سفید است. اگر برای پارامتر مزبور عددی در نظر گرفته نشود، برنامه به صورت پیش‌فرض مقدار ۰/۵ را منظور خواهد کرد. نتیجهٔ اعمال این دستور در شکل ۹ می‌آید. سپس، همین مراحل بر یکی از ظروف سالم نیز انجام می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۹. تصویر پس از اعمال تابع لبه و فیلتر کنی

نظریه‌های مطرح

در این بخش به معرفی نظریه‌های مطرح در این تحقیق پرداخته می‌شود. نظریهٔ اول بر مبنای مساحت تصویر ظروف و نظریهٔ دوم بر پایهٔ نسبت طول و عرض‌های هر تصویر است.

نظریهٔ بررسی مساحت تصاویر

برای به‌دست‌آوردن نتیجهٔ نهایی هر پردازش، به طرحی برای اجماع و به‌دست‌آوردن نتایج مستند نیاز است. یکی از این نظریه‌ها بر پایهٔ محاسبهٔ مساحت تصاویر ظروف است. در این نظریه، پس از فراخوانی تصویر و انجام‌دادن پیش‌پردازش و پردازش تصاویر، مساحت هر تصویر محاسبه می‌شود. سپس با قراردادن یک تصویر سالم، به منزلهٔ مرجع، بقیهٔ تصاویر سالم و معیوب با آن مقایسه می‌شود و تلورانس محاسبه‌شده به منزلهٔ نتیجهٔ این نظریه ارائه می‌شود.

نتایج نظریهٔ بررسی مساحت تصویر

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از محاسبهٔ مساحت ظروف، مشخص شد از دَه تصویر ظروف سالم هفت تصویر درست تشخیص داده شده است. از سیزده تصویر ظروف معیوب نیز دوازده تصویر درست تشخیص داده شده است. این نتایج با توجه به تلورانس درنظرگرفته‌شده به دست آمد. تصاویر متناظر با مقادیر بیشتر از ۵ درصد خطا (که با توجه به پردازش تصویر سالم مشخص می‌شود) به منزلهٔ کالای معیوب و مقادیر کمتر از آن به منزلهٔ کالای سالم شناخته شدند. نتایج نهایی کارایی نظریهٔ بررسی مساحت تصویر در جدول ۱ می‌آید.

از آنجا که هدف این تحقیق شناسایی ظروف معیوب است، نتیجهٔ به‌دست‌آمده از نظریهٔ بررسی مساحت تصویر خوب و مفید است؛ اما قانع‌کننده نیست. زیرا شناسایی یک ظرف سالم به مثابهٔ یک ظرف معیوب می‌تواند مشکل‌ساز باشد.

جدول ۱. نتایج نهایی بررسی مساحت تصویر

درصد شناسایی اقلام معیوب با استفاده از نظریهٔ بررسی مساحت تصویر	درصد شناسایی اقلام سالم با استفاده از نظریهٔ بررسی مساحت تصویر
۹۲/۳۰	۷۰

از دیگر نکات قابل بررسی در این نظریه این است که روش مزبور بدون درنظرگرفتن فاصلهٔ ظرف از لبهٔ تصویر مساحت ظرف را محاسبه می‌کند. این روش بدون استفاده از الگوریتم آشکارسازی لبه انجام می‌گیرد. در نظریهٔ بعد، از الگوریتم آشکارسازی لبه استفاده می‌شود.

نظریهٔ بررسی نسبت طول به عرض

در این نظریه نیز، مانند نظریهٔ محاسبهٔ مساحت تصویر، ابتدا پیش‌پردازش و پردازش کلی بر شکل انجام می‌شود. سپس طول و عرض‌های مختلف تصویر محاسبه می‌شود. مبنای محاسبه طول پیکسل‌های ستون ۶۵ هر تصویر است. ستون ۶۵ ستون وسط هر تصویر است که فقط به تعداد پیکسل‌های بین ابتدا و انتهای هر تصویر توجه می‌کند.

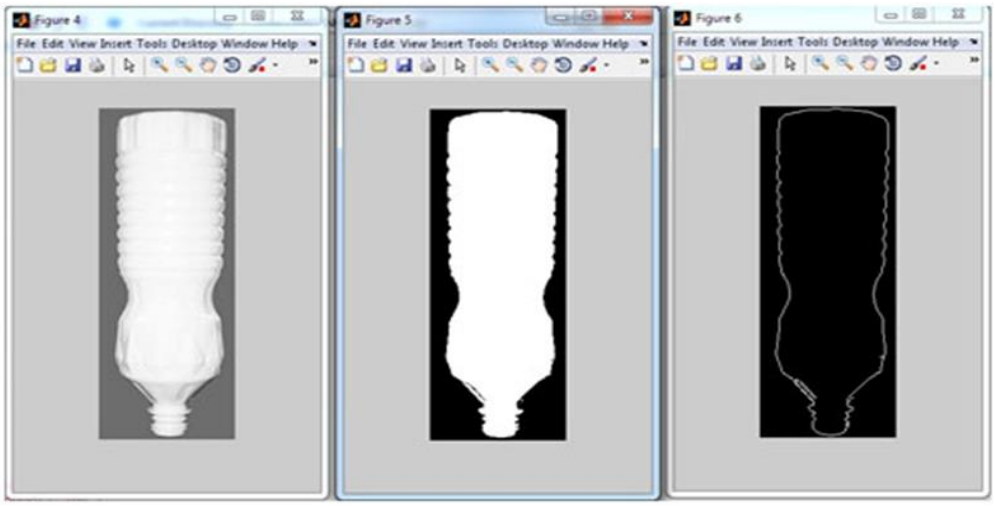
هر پیکسل یک واحد سطح در محاسبه در نظر گرفته می‌شود. در زمینهٔ محاسبهٔ عرض هر تصویر، از آنجا که تصویر عرض‌های مختلف دارد، برای مستدل‌بودن محاسبه، بخش‌های مختلف تصویر (به‌ویژه بخش‌های بالایی) در

www.SID.ir

Archive of SID

قسمت‌های مختلف محاسبه و ارزیابی می‌شود. این بدان معناست که در ردیف‌هایی مانند ردیف ۱۰، ۲۰، ۳۰، و ... تعداد پیکسل‌های بین دو لبهٔ کناری هر جسم، اعم از سالم یا معیوب، محاسبه می‌شود. پس از محاسبهٔ طول و عرض بخش‌های مختلف هر تصویر، با محاسبهٔ نسبت طول به برایند عرض‌ها، نتایج به دست می‌آید.

در این نظریه شکلی به منزلهٔ شکل مرجع در نظر گرفته نمی‌شود تا بقیهٔ تصاویر با آن مقایسه شود؛ بلکه با محاسبهٔ نسبت مزبور نتایج ارزیابی می‌شوند.



شکل ۱۰. اعمال مراحل پیش‌پردازش و پردازش با استفاده از تابع لبه بر تصویر جسم سالم

- **محاسبهٔ طول**

برای انجام‌دادن این نظریه، لازم است طول ظروف محاسبه شود. بدین منظور باید خط وسط هر تصویر را مد نظر قرار داد. از آنجا که اجسام در تصویر به صورت طولی قرار دارند و هر تصویر ۱۳۰ پیکسل دارد، خط وسط هر شکل خط ۶۵ است. برای محاسبهٔ طول ستون وسط، که همان ستون ۶۵ است، ۱های موجود در ماتریس نشان‌دهندهٔ لبه‌های ظروف است. با محاسبهٔ تعداد پیکسل‌های بین ۱ بالایی و پایینی هر شکل در ستون ۶۵ طول هر تصویر به دست می‌آید.

- **محاسبهٔ عرض**

برای محاسبهٔ عرض، از آنجا که عرض هر تصویر کاملاً یکسان نیست، به عرض قسمت‌های مختلف هر تصویر نیاز است. بدین منظور، در سطر مورد نظر تعداد پیکسل‌های بین ابتدایی‌ترین و انتهایی‌ترین ۱ موجود در ماتریس شمارش می‌شود. در این تحقیق، عرض سطرهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۱۴۰، و ۲۱۰ محاسبه شد.

نتایج نظریهٔ بررسی نسبت طول به عرض

نتایج کاربردی این نظریه در جدول ۲ می‌آید. این روش نسبت به نظریهٔ بررسی مساحت تصویر اعتبار بیشتری دارد. چون در این روش اشیا و تصاویر نسبت به هم سنجیده نمی‌شوند، بلکه نسبت طول به عرض ملاک سنجش قرار می‌گیرد. بنابراین، نسبت به بررسی مساحت دقیق‌تر است.

جدول ۲. نتایج نهایی نظریهٔ شمارهٔ ۲

درصد شناسایی اقلام معیوب با استفاده از نظریهٔ نسبت طول به عرض	درصد شناسایی اقلام سالم با استفاده از نظریهٔ طول به عرض
۹۲٫۳۰	۹۰

نتایج نظریه‌های پیشنهادی

در این بخش طرح پیشنهادی جهت نصب دوربین در خط تولید و دو نظریهٔ پیشنهادی (نظریهٔ بر مبنای نقطهٔ مرجع و نظریهٔ بر اساس مرکز ثقل هر تصویر) ارائه می‌شود.

طرح پیشنهادی جهت نصب دوربین در خط تولید

خط تولید روغن نباتی به گونه‌ای است که تا قبل از پرشدن ظروف باید از سالم‌بودن آن اطمینان حاصل کرد. با این طرح پیشنهادی می‌توان از صحت و سلامت ظروف، قبل از پر شدن، اطمینان حاصل کرد. همان‌طور که در شکل ۱۱ دیده می‌شود، با قرارگرفتن ظرف در برابر

www.SID.ir

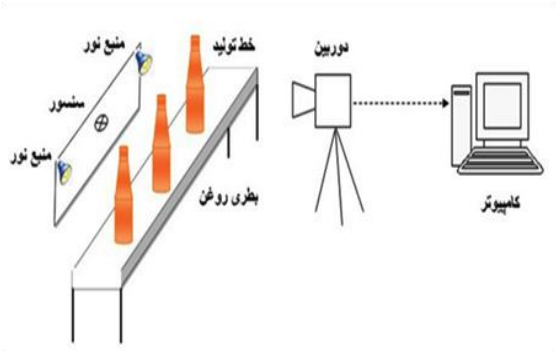
Archive of SID

سنسور، دوربین عملیات تصویربرداری را انجام می‌دهد و با ارسال آن به سیستم کامپیوتری و پردازش آن به وسیلهٔ نرم‌افزار پاسخ مناسب ارائه می‌شود.

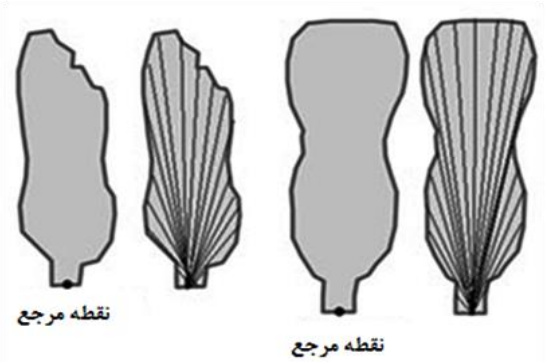
نظریهٔ نقطهٔ مرجع

این نظریه نیز مانند نظریهٔ نسبت طول به عرض بر الگوریتم آشکارسازی لبه استوار است. در این نظریه، همان‌طور که در شکل ۱۲ می‌آید، پایین‌ترین نقطهٔ وسط قسمت سر ظرف «نقطهٔ مرجع» در نظر گرفته می‌شود. سپس، فاصلهٔ نقطهٔ مرجع از نقاطی خاص در لبهٔ ظرف (مثلاً به فاصلهٔ هر ۵ پیکسل یک نقطه) محاسبه می‌شود. در بدترین حالت فاصلهٔ از همهٔ نقاط محاسبه می‌شود. برایند این فواصل، به منزلهٔ نتیجه‌ای برای مقایسه، قابل استناد خواهد بود. در اینجا نیز شناسایی ظروف سالم و معیوب با به‌دست‌آوردن سطح آستانه انجام می‌پذیرد.

طبق شکل ۱۲، نقطهٔ مرجع نقطه‌ای است که فاصلهٔ دیگر نقاط ظرف از آن نقطه محاسبه می‌شود. همان‌طور که در تصویر نیز دیده می‌شود، برایند این فواصل در ظروف سالم و معیوب با هم متفاوت است.



شکل ۱۱. نمایی از طرح پیشنهادی جهت نصب دوربین



شکل ۱۲. طرحی از نظریهٔ نقطهٔ مرجع

نظریهٔ مرکز ثقل

این نظریه با محاسبهٔ مرکز ثقلِ ظروف سالم یا معیوب بودن هر ظرف را بررسی می‌کند. در این تحقیق، از آنجا که محاسبات روی تصاویر دوبعدی ظروف انجام می‌گیرد، مرکز ثقل همان مرکز سطح در نظر گرفته می‌شود. مرکز سطح با رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شود:

$$\bar{x} = \sum \frac{i\,\Delta a}{a} \qquad (۱)$$

$$\bar{y} = \sum \frac{j\,\Delta a}{a} \qquad (۲)$$

a مساحت کل ظرف، i و j اندیس‌های هر واحد پیکسل تصویر، و Δa المان برگرفته از مساحت است. از آنجا که هر پیکسل مقداری برابر با ۱ یا ۰ دارد، Δa برابر ۱ در نظر گرفته شد؛ که معادل یک واحد پیکسل است. پس از محاسبهٔ مرکز سطح هر شکل و مقایسهٔ آن با نمونهٔ سالم، می‌توان دریافت که شکل تصویرِ یک شیء سالم را نشان می‌دهد یا معیوب. شکل ۱۳ نظریهٔ مرکز ثقل را نشان می‌دهد.

شکل ۱۳. طرحی از نظریهٔ مرکز ثقل

مورد مطالعه

با اینکه این تحقیق در کارخانهٔ روغن نباتی شیراز انجام شد، بدان معنا نیست که نتایج این تحقیق فقط می‌تواند برای کارخانهٔ مزبور اجرا شود. از آنجا که شناسایی و کاهش ضایعات در خطوط تولید مهم است، می‌توان به‌راحتی با درنظرگرفتن شرایط و محدودیت‌ها و متغیرها در صنایعی همچون خودروسازی، قطعه‌سازی، و ... از این طرح استفاده کرد. همچنین، این طرح با اعمال شرایط برای همهٔ بخش‌های ساخت و تولید انواع ظروف، مانند بطری و جعبه و ...، قابل اجراست. از دیگر ابعادی که این طرح را حائز اهمیت می‌کند مسائل امنیتی و سلامت افراد

www.SID.ir

Archive of SID

و کارگران است. در بعضی از شاخه‌های صنایع مداخلهٔ دست یا نیروی انسانی امکان‌پذیر نیست. این طرح به گونه‌ای است که می‌توان از آن در صنایعی که دخالت انسان آسیب به دنبال دارد، مانند صنایع نظامی یا داورسازی، نیز استفاده کرد.

استفاده از پردازش تصویر در کارخانهٔ روغن نباتی شیراز موجب شد نه‌تنها ظروف معیوب با دقت بالایی شناسایی شوند، بلکه به علت تشخیص به‌موقع ظروف ناسالم هزینه‌های دوباره‌کاری و ضایعات و ریختن محتویات ظرف به بیرون به‌شدت کاهش یابد.

نتیجه‌گیری

کاهش ضایعات در خطوط مختلف تولیدی از مواردی است که همواره مورد توجه محققان بوده است. در این تحقیق نشان داده شد که با استفاده از پردازش تصاویر می‌توان با مقایسهٔ تصاویر به‌دست‌آمده از اقلام تولیدشده و مقایسهٔ آن با تصویر اقلام سالم ضایعات را با دقت زیادی تشخیص داد و از هزینه‌های اضافی جلوگیری کرد.

از نقایص مهم این تحقیق می‌توان به کم‌بودن تعداد نمونه‌ها اشاره کرد. این موضوع باعث شد قضاوت دربارهٔ کارایی یا ناکارایی نظریه‌ها مشکل شود. اما از آنجا که هدف این تحقیق بررسی کاربرد پردازش تصویر در شناسایی ضایعات خط تولید بود، این هدف تا حد زیادی محقق شد.

در استفاده از نیروی انسانی جهت شناسایی ضایعات همواره این نگرانی وجود دارد که بازرسان یا افراد مسئول در خط تولید اشتباه کنند و اقلام سالم را ناسالم یا اقلام ناسالم را سالم در نظر بگیرند. عواملی نظیر خستگی، ضعف بدنی، استرس، اشتباه در نگرش، اشتباه در محاسبه، و ... باعث بروز خطا در شناسایی و تشخیص ضایعات می‌شود. هرچند در پردازش تصویر نیز این پدیده می‌تواند اتفاق بیفتد، میزان اشتباه به‌شدت کاهش می‌یابد. مورد مطالعه نیز این کاهش را تأیید کرد. بنابراین، روش مزبور می‌تواند جایگزینی مناسب در زمینهٔ شناسایی ضایعات باشد؛ که معضل بسیاری از صنایع است. با توجه به اینکه امروزه بسیاری از صنایع مکانیزه شده‌اند یا صاحبان آن‌ها در اندیشهٔ مکانیزه‌کردن خط تولید هستند، می‌توان گفت روش مطرح‌شده در این مقاله می‌تواند به این طرح نیز کمک کند.

تحقیق پیش رو برای سیستم تولید گسسته به کار رفت که در آن ظروف تولیدشدهٔ روغن می‌توانست دارای اشکال باشد. طرح استفاده از پردازش تصویر برای صنایع پیوسته، که توقف در خط تولید آن‌ها ممکن است خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد کند، می‌تواند موضوعی باشد که نظر محققان آتی را به خود جلب کند.

REFERENCES

1. Hosainiparvar, H., Pourreza, H., Mortazavi, A., and Razavi, M. (2007). "Process Quality Control and food Products Using Computer Vision System." *4th Conference of Computer Vision and Image Processing*, Iran, Mashhad, Ferdosi University.
2. Ebrahimzade, R. (2010). *Journal of Maskan Bank*, Vol.107.
3. Shen, Z., Luo, J., Zhou, C., Huang, G., Ma, W., and Ming, D. (2005). "System design and implementation of digital-image processing using computational grids." *Computers and Geosciences*, Vol. 31 (5), 619-630.
4. Sun, D. W. (2000). "Inspecting pizza topping percentage and distribution by a computer vision method." *Journal of Food Engineering*, Vol. 44 (4), 245-249.
5. Ebrahimi, A. and Seidin, A. (2007). "A Review as Shape Base Methods in Imaging and Recognizing 3-D Objects." *4th Conference of Computer Vision and Image Processing*, Iran, Mashhad, Ferdosi University.
6. Huttenlocher, D. P. and Ullman, S. (1990). "Recognizing Solid Object by Alignment With an Image." *International Journal of Computer Vision*, Vol. 5 (2), 195-212.
7. Mahdavi, M. (2002). "Culture of Describing technology." Chapar Publication.
8. Kangarlou. (1998). "Recognizing Moving Objects Using Image Processing." *Text Book of Science and Technology of Iran*, Electrical Department.
9. Shahin, A. (2005). "Waste Management, Modeling Success Items in Japan Product Industries." *Journal of Iran Teaching Engineering*, Farhangestan Publications.
10. Karimian, A., Torbian, M., and Yazdchi, M. (2010). "Optimizing Understanding The Industrial Photographic Images For Recognizing Defects of Oil and Gas Pipes Around Welding Regions Using Image Processing." *Journal of Power and Electronic as Electrical Engineering Department*, Vol.2, First Year, 51-58.
11. Poudarbani, R., Ghasemzade, H., golzade, A., and Behfar, H. (2010). "Possibility of Grading The Quality of Apple Using Image Processing." *Journal of Food Industrial Research*, Vol. 19, No. 1, 75-85.
12. Safdari, M., Karimiana, A., and Yazdchi, M. (2011), "Metal Artifact Reduction in CT images of Head by Image Processing Techniques." *Journal of Physics Procedo*, Vol. 22 (1), 209-211.

www.SID.ir

Archive of SID

13. Tayefemahmoodi, M. (2002). "Checking Image Processing Algorithms in edge Recognition." *A Thesis of Science and Technology University of Iran*, Computer Engineering Department.
14. Sadathosaini, M., Javadian, R., and Vaziri, M. (2007). "Using Image Processing to Understand The Behavior Traffic." *Journal of Transportation*, No 3, 3rd Year, 183-193.
15. Demonceaux, C., Vasseur, P., and Fougerolle, Y. (2011). "Central catadioptric image processing with geodesic metric." *Journal of Image and Vision Computing*, Vol 29 (12), 840-849.
16. Taken from the Site "www.wikipedia.org" "2010.17.10" in "22:15".

واژگان لاتین به ترتیب استفاده در متن

1. Computerized Tomography Scan (CT Scan)
2. Catadioptric
3. Geodesic
4. MATLAB
5. Discrete Cosine Transform (DCT)

www.SID.ir