

بهبود طراحی پیش قالب ساییدوال تایر با بهره‌گیری از پردازش تصویر

حجت رازنهان^{۱*}، میثم گرامی پور^۲ و سید جواد هاشم آبادی^۳

۱- سرپرست طراحی و توسعه محصول، شرکت کویر تایر

۲- مدیر واحد سه تولید، شرکت کویر تایر

۳- رئیس بخش طراحی قالب و اجزای تایر، شرکت کویر تایر

H.Raznahan@kavirtire.ir

چکیده: یکی از چالش‌های بنیادین در فرایند طراحی تایر، دستیابی به پروفایل بهینه نیم‌ساخته‌ها است. این پروفایل‌ها اغلب به صورت تجربی و با تکیه بر ضرایب قراردادی استخراج می‌شوند که ممکن است دقت و انطباق لازم با الزام طراحی را نداشته باشند. طراحی دقیق نیم‌ساخته‌ها بر مبنای تئوری‌های مهندسی شده، نقش تعیین‌کننده‌ای در جلوگیری از بروز عیوب فرایندی نظیر ترک و عدم پخش‌دگی در محصول نهایی دارد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از تکنیک‌های پردازش تصویر در محیط نرم‌افزار متلب، روشی توسعه‌یافته است که امکان طراحی پیش‌قالب دقیق دیواره تایر را فراهم می‌سازد. در این روش، تصویر پروفایل دیواره خروجی از تایر در قالب به عنوان ورودی به سیستم داده می‌شود و پس از اعمال پردازش‌های تصویری و تحلیل داده‌های پیکسلی، ابعاد دقیق هندسی پروفایل استخراج می‌شود. نتایج حاصل به صورت مستقیم در طراحی قالب اکسترودر مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش ضمن افزایش دقت در طراحی نقشه قالب، موجب بهینه‌سازی فرایند تولید و کاهش زمان لازم برای تهیه قالب می‌شود. در نتیجه، کارایی کلی خط تولید ارتقاء یافته و از بروز خطاهای ناشی از عدم انطباق پروفیل نیم‌ساخته با قالب جلوگیری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تایر، قالب، نیم‌ساخته، پردازش تصویر

مقدمه

پردازش تصویر یکی از حوزه‌های مهم در علم هوش مصنوعی و علوم رایانه به‌شمار می‌رود. این شاخه از فناوری، به پردازش سیگنال‌های دیجیتال می‌پردازد که نمایانگر تصاویر ثبت‌شده با دوربین‌های دیجیتال یا تصاویر پویش‌شده (اسکن‌شده) هستند. به‌طور کلی، پردازش تصویر به هر نوع پردازش سیگنال اطلاق می‌شود که ورودی آن یک تصویر، و خروجی آن یک تصویر پردازش‌شده یا مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و متغیرهای مربوط به آن تصویر باشد.

نخستین کاربردهای پردازش تصویر دیجیتال در دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، عمدتاً در حوزه‌های نظامی و اطلاعاتی بود که این نیاز، به تولید تصاویر با کیفیت بالاتر انجامید. پس‌از آن، تصاویر دیجیتال کاربردهای گسترده‌تری در حوزه‌هایی مانند کشاورزی، جنگلداری و پایش سطح زمین پیدا کردند؛ برای نمونه، استفاده از تصاویر چندطیفی در تحلیل وضعیت زمین‌های زراعی و منابع طبیعی گسترش یافت. در حوزه پزشکی، روش‌های پردازش تصویر نقش مؤثری در بهبود کیفیت تصاویر پزشکی نظیر تصاویر اشعه ایکس و MRI دارند. برای مثال، رمزگذاری رنگی سطوح مختلف، تفسیر آن‌ها را برای متخصصان آسان‌تر می‌سازد. همچنین، در علوم جغرافیایی، این فناوری برای تحلیل الگوهای آلودگی هوا براساس تصاویر هوایی یا ماهواره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در باستان‌شناسی، پردازش تصویر جهت بازسازی و تقویت عکس‌های محو و آسیب‌دیده آثار هنری نادر کاربرد دارد. در حوزه‌های فیزیکی و علوم وابسته نیز، این فناوری به بهبود کیفیت تصاویر حاصل از آزمایش‌هایی نظیر بررسی پلاسماهای پرنرژ یا تصاویر میکروسکوپ الکترونی کمک شایانی کرده است. افزون‌بر این موارد، پردازش تصویر در صنعت نیز کاربردهای بسیار متنوع و موفقی دارد. در این گزارش، یکی از نمونه‌های کاربردی این فناوری در صنعت تایرسازی مورد بررسی قرار گرفته است.

پردازش تصویر (image processing):

پردازش تصویر مجموعه‌ای از روش‌ها و تکنیک‌هاست که باهدف بهبود، تحلیل یا دست‌کاری تصاویر دیجیتال به کار گرفته می‌شود. این فرایند معمولاً به صورت

پیکسل‌به‌پیکسل انجام می‌گیرد؛ به این معنا که الگوریتم‌های پردازش تصویر براساس ویژگی‌های پیکسلی عمل می‌کنند. در سامانه‌های رایانه‌ای، تصاویر دیجیتال به صورت ماتریس‌های دو یا سه‌بعدی تفسیر می‌شوند. هر عنصر این ماتریس نشان‌دهنده شدت رنگ در یک پیکسل خاص است. معمولاً این شدت در تصاویر ۸ بیتی، عددی بین ۰ تا ۲۵۵ است که نشان‌دهنده میزان روشنایی یا رنگ آن پیکسل است. از سوی دیگر، پردازش تصویر با مفاهیم پردازش سیگنال نیز هم‌پوشانی دارد، چراکه تصاویر دیجیتال می‌توانند به عنوان سیگنال‌های دوبعدی در نظر گرفته شوند که مقادیر پیکسل‌ها براساس مختصات مکانی (X و Y) تعریف شده‌اند.

به‌طور کلی، پردازش تصویر را می‌توان در پنج دسته اصلی طبقه‌بندی کرد:

- تجسم (Visualization): آشکارسازی اجسامی که با چشم غیرمسلح در تصویر قابل مشاهده نیستند.
 - تشخیص (Recognition): شناسایی و طبقه‌بندی اشیاء موجود در تصویر.
 - اصلاح کردن و بازیابی (Sharpening and restoration): افزایش کیفیت یا بازسازی تصویر بر پایه نسخه اولیه آن.
 - تشخیص الگو (Pattern recognition): شناسایی، طبقه‌بندی و اندازه‌گیری الگوهای مختلف در تصویر.
 - بازیابی (Retrieval): جست‌وجوی تصاویر مشابه در پایگاه‌های داده بزرگ براساس ویژگی‌های تصویری.
- برای پیاده‌سازی این روش‌ها، زبان‌های برنامه‌نویسی مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برخی از پرکاربردترین زبان‌ها و ابزارها عبارت‌اند از:
- سی (C)، سی پلاس پلاس (C++) و سی شارپ (C#) با استفاده از OpenCV
 - جاوا (Java) با استفاده از کتابخانه Java CV
 - پایتون (python)
 - متلب (MATLAB)

در سال‌های اخیر، متلب با داشتن محیط تعاملی قوی و ابزارهای تخصصی، خصوصاً در زمینه‌های تحقیقاتی، کاربرد گسترده‌ای دارد. بررسی مقالات علمی

مشتق گیری عددی، شعاع انحنای نقاط مختلف ساییدوال محاسبه می شود. این اطلاعات برای طراحی دقیق تر قالب ضروری است. انحنای در هر نقطه از منحنی با مشتق دوم منحنی $y=f(x)$ قابل محاسبه است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\frac{|y''(x)|}{((y'(x))^2 + 1)^{3/2}} = k(x) \quad (1)$$

که $k(x)$ میزان انحراف سطح دیواره است و نقش کلیدی در طراحی قالب دارد.

ج) ضخامت دیواره

ضخامت دیواره در هر نقطه مطابق رابطه زیر است:

$$y_{inner}(x) - y_{outer}(x) = t(x) \quad (2)$$

که y_{outer} پروفایل خارجی و y_{inner} پروفایل داخلی دیواره را مشخص می کند. ضخامت بهینه باید براساس خواص مکانیکی لاستیک و الزامات مقاومت طراحی شود.

د) انقباض لاستیک

لاستیک در فرایند پخت دچار انقباض می شود که باعث کاهش ابعاد نهایی تایر نسبت به نیم ساخته می شود. نرخ انقباض معمولاً به صورت درصد بیان می شود و رابطه زیر برای آن برقرار است:

$$\frac{L_{final}}{\epsilon - 1} = L_{mold} \quad (3)$$

گام چهارم - تولید تصویر

این مرحله شامل ثبت تصویر خروجی پس از اعمال مراحل پردازش تصویر است. تعریف و مشخصات این مرحله براساس نیازها و اهداف موردنظر از پردازش تصویر تعیین می شود و خروجی آن نیز مطابق با این پارامترها ارائه می شود. یکی از چالش های اساسی در طراحی تایر، طراحی نیم ساخته هایی است که مطابق با تئرانس های مهندسی تعیین شده باشند تا از بروز عیوب در محصول نهایی جلوگیری شود. در این پژوهش، با بهره گیری از تکنیک های پردازش تصویر، تلاش شده است پیش قالبی طراحی شود که منجر به تولید نیم ساخته ای مطابق با دستورالعمل ها و محاسبات طراحی شود. شکل ۲ ابعاد پروفایل خروجی تایر را پس از پردازش و آنالیز ابعادی دیواره تایر نشان می دهد که قادر به ارائه مقادیر دقیق ابعادی نیز است.



شکل ۲ - خروجی ابعادی پروفایل ساییدوال به منظور ساخت قالب

نتیجه گیری

افزایش چشم گیر تقاضا برای متخصصان مسلط به فناوری های پردازش تصویر، اهمیت این حوزه را در صنایع مختلف به ویژه صنعت تایر سازی برجسته ساخته است. در این مقاله، یکی از چالش های خط تولید تایر بررسی شده که با بهره گیری از تکنیک های پردازش تصویر به منظور بهبود کیفیت تولید، مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از مراحل کلیدی در فرایند تولید دیواره تایر، طراحی و ساخت قالب های دقیق و بهینه است که به منظور پیشگیری از عیوبی نظیر عدم پرشدگی (پرنگردگی) و ترک در دیواره تایر، ضروری به نظر می رسد. در این راستا، توسعه برنامه ای مبتنی بر پردازش تصویر در محیط نرم افزار متلب انجام شده است که قادر به استخراج دقیق ابعاد پروفایل دیواره تایر از تایر در قالب است. پروفایل دیواره خروجی از تایر، به صورت تصویر دیجیتال به عنوان ورودی به برنامه وارد شده و با انجام پردازش های دقیق تصویری، ابعاد مورد نیاز جهت ساخت قالب اکسترودر استخراج و ارائه می شود. این روش افزون بر افزایش دقت طراحی نقشه قالب، موجب تسریع فرایند تولید قالب اکسترودر و کاهش قابل توجه زمان تهیه نقشه می شود.

نتیجه های به دست آمده از این پژوهش، نقش مؤثر فناوری پردازش تصویر را در بهبود کیفیت تولید و افزایش بهره وری خطوط تولید تایر نشان می دهد.

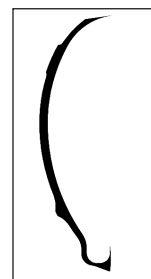
منتشر شده در یک دهه گذشته نیز نشان می دهد که متلب یکی از زبان های غالب در توسعه الگوریتم های پردازش تصویر بوده است. در پژوهش حاضر نیز، به منظور انجام پردازش تصویر و تحلیل های مرتبط با استخراج ابعاد هندسی، از نرم افزار متلب استفاده شده است.

روند حل مسأله:

پردازش تصویر شامل مراحل متعددی است که در قالب مجموعه ای از توابع بر پیکسل های تصویر اعمال می شوند. برخی از مراحل کلیدی این فرایند عبارت اند از:

گام اول - تهیه تصویر

نخستین مرحله در پردازش تصویر، دریافت و تهیه تصویر است که به آن پیش پردازش نیز گفته می شود. این مرحله شامل دریافت تصویر از منبعی، معمولاً سخت افزاری، است. در این پژوهش، برای تهیه تصویر اولیه ترد، از پروفایل تایر در قالب پیش از تولید تایر استفاده شده است. شکل ۱ تصویر اولیه ابعاد پروفایل ساییدوال را که به عنوان ورودی به سیستم داده می شود، نمایش می دهد.



شکل ۱ - خروجی ابعادی پروفایل ساییدوال از تایر در قالب

گام دوم - افزایش کیفیت عکس

بهبود تصویر به فرایندهای مختلفی اطلاق می شود که هدف آن ها استخراج و برجسته سازی ویژگی های مهم و موردنظر در تصاویر است، به خصوص زمانی که این ویژگی ها در تصویر اصلی مبهم یا کم وضوح باشند. این فرایندها می تواند شامل تنظیم پارامترهایی مانند تغییر رنگ، روشنایی، کنتراست و سایر شاخص های بصری باشد تا وضوح و کیفیت تصویر برای تحلیل های بعدی افزایش یابد. با استفاده از دستور imbinarize موجود در متلب داده های موجود در تصویر به اعداد صفر و یک تبدیل می کند.

گام سوم - دست کاری تصویر

فرایند تغییر تصویر به منظور اصلاح و تغییر ظاهر تصویر انجام می شود و می تواند اهداف متعددی داشته باشد. در این پژوهش، این فرایند به صورت بسط تصویر در راستای خط افقی و با توجه به تغییرات ضخامت در طول ساییدوال انجام می پذیرد، به گونه ای که توزیع آمیزه در ساییدوال به شکل یکنواخت تری صورت پذیرد و از بروز عیوبی مانند پرنگردگی جلوگیری شود. به منظور تحقق این هدف، داده های مربوط به فرایند تولید تایر از جمله قطر درام تایر سازی و محیط نهایی گرین تایر به نرم افزار داده می شود تا بسط ساییدوال اولیه براساس این تغییرات انجام پذیرد. روابط حاکم در طراحی قالب ساییدوال تایر عبارت است از:

الف) پروفایل هندسی دیواره تایر

پروفایل دیواره تایر معمولاً به صورت مجموعه ای از نقاط (x_i, y_i) در یک دستگاه مختصات دکارتی (یا قطبی) تعریف می شود. این نقاط از پردازش تصویر تایر در قالب و استخراج اطلاعات هندسی به دست می آیند.

ب) تحلیل انحنای دیواره و شعاع

با استفاده از روش های ریاضی مانند برازش منحنی ها (curve fitting) و

مراجع

- [1] Hofman, Werner, "Rubber Technology Handbook"
- [2] Charbit, M. (2010). Digital signal and image processing using MATLAB, John Wiley & Sons.
- [3] Demirkaya, O., M. H. Asyali and P. K. Sahoo (2008). Image processing with MATLAB: applications in medicine and biology, CRC Press.
- [4] Muniandy, R., et al. (2014). "Characterization of effective tire contact area for various tread patterns." Instrumentation Science & Technology 42(1): 15-26.
- [5] Solomon, C. and T. Breckon (2011). Fundamentals of Digital Image Processing: A practical approach with examples in Matlab, John Wiley & Sons.