



جمهوری اسلامی ایران

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

گواهی پذیرش مقاله
CERTIFICATE



انجمن مهندسی برق و کامپیوتر
ایران

شماره گواهی: ۲۰۵ / م / ۹۳

بدینوسیله گواهی میشود مقاله پژوهشگر گرامی

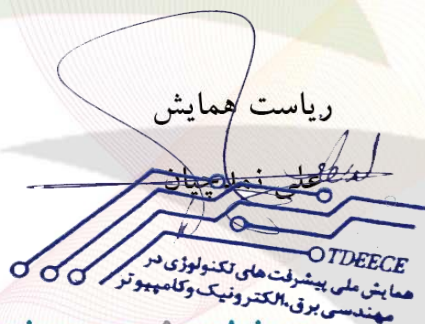
شیوا صنعتی

با عنوان

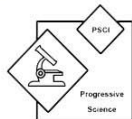
لبه یابی مبتنی بر گرادینان، لاپلاس و دنبال نمودن لبه

در اولین همایش ملی پیشرفت های تکنولوژی در مهندسی برق، الکترونیک و کامپیوتر که توسط مرکز آموزش عالی خیام الکتریک برگزار گردید مورد پذیرش قرار گرفته و توسط ایشان ارائه گردید. پیشرفت روزافزون ایشان را از خداوند متعال مسئلت داریم.

ریاست همایش



Science Archive



لبه یابی مبتنی بر گرادیان، لاپلاس و دنبال نمودن لبه

شیوا صنعتی^۱، ابوالفضل قلعه نوی^۱، علیرضا نوعی سرچشمه^۲، مرجان مزروعی^۱، مهدی سعادت مند طرزجان^۲

^۱ گروه کامپیوتر، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ مرکز پژوهشی تصویربرداری پزشکی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

مسئول مکاتبات: شیوا صنعتی

چکیده

در تصاویر، معمولاً به مرز بین دو ناحیه که دارای تفاوت قابل توجه در شدت روشنایی، رنگ و یا بافت باشد، لبه گفته می شود. تشخیص لبه درست، همچنان یکی از مسائل سخت در پردازش تصاویر محسوب می شود. در این مقاله یک روش جدید به منظور تشخیص لبه مبتنی بر اطلاعات گرادیان تصویر، لاپلاسی و دنبال نمودن لبه ارائه شده است. یکی از ویژگی های الگوریتم پیشنهادی توانایی تشخیص خرده لبه های بهتر به دلیل استفاده همزمان از معیار گذر از صفر لاپلاس و مقدار بیشینه گرادیان در تعیین نقاط لبه می باشد. همچنین به دلیل استفاده از الگوریتم دنبال نمودن لبه، این روش به صورت قابل ملاحظه ای توانایی حذف گسستگی بین خرده لبه ها را دارد. نتایج تجربی نشان می دهد که این روش در مقایسه با روش های پایه لبه یابی عملکرد بهتری در تشخیص خرده لبه ها و حذف گسستگی بین آن ها دارد.

کلمات کلیدی: تشخیص لبه، دنبال نموده لبه، گرادیان شدت روشنایی، لاپلاسی، آستانه گذاری هیستریزس.

۱. مقدمه

در تصویر معمولاً به مرز بین دو ناحیه که دارای تفاوت قابل توجه در شدت روشنایی، رنگ و یا بافت باشد، لبه گفته می شود. یکی از مزایای استخراج لبه در تصویر، توانایی جداسازی و تشخیص اشیاء از پس زمینه است. این مزیت ویژه لبه سبب شده است تا فرآیند تشخیص لبه در کاربردهای مختلفی از جمله ناحیه بندی، استخراج ویژگی های مرز و توصیف شکل استفاده شود.

تقسیم یک تصویر به اشیاء و پس زمینه با استفاده از دنبال کردن مرز جداساز بین آن ها، یک گام مهم در تحلیل و تفسیر تصاویر به شمار می آید. به طور کلی روش های شناسایی لبه در تصویر به دو دسته روش های جهت دار و غیر جهت دار تقسیم می شوند. در روش های جهت دار معمولاً تشخیص لبه به وسیله فیلتر گذاری تصویر با استفاده از دو ماسک متفاوت صورت می گیرد؛ در حالی که در روش های غیر جهت دار عمل فیلتر گذاری تصویر با استفاده از یک ماسک صورت می گیرد. به دلیل خاصیت گرادیانی عملگرهای استفاده شده در هر دو روش، این روش ها بسیار وابسته به نویز هستند. فیلترهای سوبل و روبرت دو نمونه از لبه یابی جهت دار هستند. این عملگرها با محاسبه گرادیان مکانی در یک تصویر و انتخاب مکان هایی با بیشترین گرادیان عمل تشخیص لبه را انجام می دهند. لبه یابی مبتنی بر گذر از صفر مانند LoG، ابتدا تصویر را با استفاده از یک فیلتر گوسی هموار ساخته و سپس با محاسبه مشتق دوم مانند لاپلاسی، لبه ها را در تصویر مشخص می کنند. این روش در تشخیص لبه های ضعیف و لبه هایی با اتصالات کم به درستی عمل نمی کند. یکی دیگر از روش های تشخیص لبه، الگوریتم کنی (Canny، ۱۹۸۶) است. در این روش ابتدا تصویر با یک فیلتر گوسی هموار شده و گرادیان آن محاسبه می شود. سپس در هر همسایگی با جستجو در راستای گرادیان بیشترین مقدار گرادیان انتخاب می شود. اگرچه این لبه یابی قادر به استخراج بیشترین لبه از تصویر است ولی سبب تخریب شکل تصویر و تشکیل لبه های دوتایی می شود. اگرچه فیلتر کنی در تصاویر بدون نویز نسبت به سایر فیلترهای لبه یابی بسیار خوب عمل می کند، اما با توجه به اینکه اکثر تصاویر نویزی هستند دنبال فیلتر هستیم که در حضور نویز خوب عمل کند. این ویژگی در فیلتر دریش وجود دارد. این فیلتر از نوع فیلترهای IIR بوده و نامتناهی است پس تقریبی در کار نیست و عیناً پیاده سازی می شود (Volveau، ۱۹۸۷).

علاوه بر روش های سنتی در تشخیص لبه، در سال های اخیر روش ها و تکنیک های مختلفی به منظور لبه یابی ارائه شده است. عمده روش های ارائه شده بر اساس ترکیب روش های سنتی در لبه یابی است. Ashour و همکاران (۲۰۱۴) یک روش جدید به منظور تشخیص لبه براساس آستانه گذاری چندمقداره مبتنی بر آنتروپی شان و ویژگی های هندسی ارائه نموده اند. نتایج حاصله نشان می دهد که این روش در مقایسه با روش های کلاسیک توانایی بالاتری در استخراج لبه دارد. معمولاً روش های لبه یابی مبتنی بر آستانه گذاری در حضور نویز عملکرد مناسبی ندارند. Somkantha و همکاران (۲۰۱۱) از ترکیب اطلاعات شدت روشنایی و بافت به منظور تشخیص لبه در تصاویر پزشکی که معمولاً دارای نویز بالایی هستند استفاده کرده اند. در این روش، نگاشت

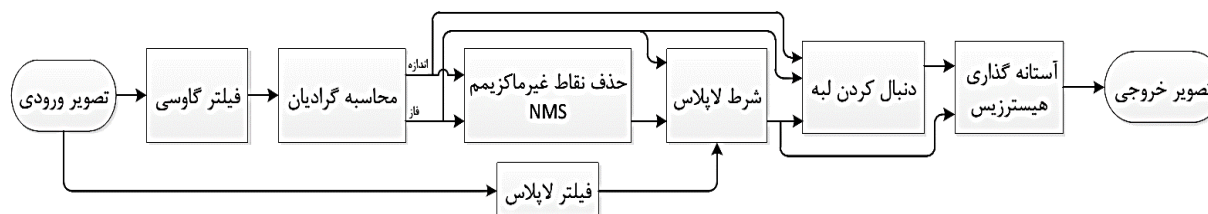
لبه بر اساس ویژگی بافتی LAWS و ترکیب آن با لبه یاب کنی استخراج شده و سپس با استفاده از نگاشت لبه و اندازه و جهت گرادیان هموار شده تصویر، استخراج و دنبال نمودن لبه صورت می گیرد. نتایج نشان می دهد که این روش به دلیل استفاده از ویژگی های بافتی و همچنین هموارسازی گرادیان تصویر به خوبی قادر به تشخیص لبه در تصاویر با نویز بالا است. اما هموار سازی اندازه و جهت گرادیان سبب می شود تا لبه های ضعیف حذف شده و همچنین لبه های نزدیک به هم ادغام شوند. Chen و همکاران (۲۰۰۶) روشی براساس دنبال کردن لبه پیشنهاد داده اند که در آن در ابتدا یک فریم تصویر به تعدادی بلوک های کوچکتر تفکیک می شود. در این بلوک ها بیشترین مقدار پیکسل همسایه های پیکسل مورد نظر به عنوان نقطه اولیه انتخاب می شود. به علاوه مقدار آستانه با توجه به هیستوگرام نقاط اولیه می تواند به صورت خودکار بدست آید. با استفاده از این مقدار آستانه، نقاط لبه بدست می آمده و براساس این نقاط، با اجرای الگوریتم دنبال کردن لبه در چند جهت، کانتورهای بسته بدست می آیند. این الگوریتم تمام اتوماتیک، با استفاده از نقاط همسایگی نقطه مورد نظر، نقاط بعدی و قبلی لبه را پیدا کرده و لبه ها را می سازد. در این الگوریتم، زمان و خطای انسانی کاهش پیدا کرده است و به علت انتخاب خودکار کانتورهای اولیه از روش هایی مانند مدل مار و LWOFF و همچنین از روش هایی مانند مدل حوضچه که حساس به مقدار آستانه می باشد، بهتر عمل می کند.

۲. مواد و روش ها

شکل ۱ نمودار بلوکی مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی به منظور استخراج لبه در تصویر را نشان می دهد. به طور کلی، روش پیشنهادی به سه بخش پیش پردازش، انتخاب نقاط اولیه لبه، دنبال کردن لبه و پس پردازش تقسیم می شود.

الف) پیش پردازش

در بخش پیش پردازش، اندازه و جهت گرادیان تصویر محاسبه می شود. برای این منظور ابتدا تصویر با یک فیلتر گاوسی هموار شده که این امر سبب کاهش نویز تصویر می شود. مقدار انحراف معیار تابع گاوسی با توجه به میزان نویز تصویر تنظیم می شود. سپس اندازه و جهت گرادیان تصویر با اعمال فیلترهای سوبل در دو راستای عمودی و افقی محاسبه می شود. همچنین با توجه به دیاگرام شکل ۱ لازم است قبل از هموارسازی، فیلتر لاپلاسی به تصویر اعمال شده که از آن در مرحله بعدی استفاده می شود.



شکل ۱- بلوک دیاگرام کلی روش پیشنهادی

ب) انتخاب نقاط اولیه لبه

در این بخش نقاط کاندیدای لبه براساس دو معیار گرادیان و لاپلاس تصویر استخراج می شود. در الگوریتم پیشنهادی از روش حذف نقاط غیرماکزیمم (NMS) و شرط گذر از صفر لاپلاس، برای تعیین پیکسل های کاندیدای لبه استفاده شده است. ابتدا به منظور انتخاب نقاط اولیه کاندیدای لبه، تصویر اندازه گرادیان آستانه گذاری می شود. در روش پیشنهادی، دو مقدار آستانه سهل گیرانه و سخت گیرانه استفاده شده است. آستانه ها براساس ضرابی از میانگین و واریانس اندازه گرادیان تصویر انتخاب می شود.

در روش حذف نقاط غیرماکزیمم، با توجه به اینکه زاویه بردار گرادیان در کدام محدوده باشد، مطابق شکل ۲، چهار همسایگی در نظر گرفته شده است. هر همسایگی شامل دو جفت پیکسل می باشد که در اکثر روش های پردازش لبه مبتنی بر زاویه بردار گرادیان از همسایگی های فوق استفاده می شود. ایده کلی در روش NMS بدین شرح است که در راستای بردار گرادیان (عمود به لبه)، حداکثر اندازه گرادیان در محل لبه رخ می دهد. اکنون به منظور تشخیص پیکسل با حداکثر اندازه گرادیان کافی است که اندازه گرادیان در هر پیکسل با اندازه گرادیان در محل همسایه های قبل و بعد از آن در راستای بردار گرادیان مقایسه شود. اگر اندازه گرادیان در محل مورد نظر بیشتر از اندازه گرادیان در پیکسل های همسایه باشد، آن پیکسل یک ماکزیمم محلی بوده و منطبق بر لبه خواهد بود. از طرفی دیگر تابع لاپلاسی تصویر در محل لبه دارای یک گذر از صفر است. با توجه به این ویژگی، یک پیکسل در محل لبه قرار دارد اگر با توجه به زاویه بردار گرادیان، در آن محل یک گذر از صفر رخ داده باشد. شرط گذر از صفر لاپلاس در تصاویر نویزی بسیار راهگشا بوده و سبب حذف لبه های ناشی از نویز می شود. با ترکیب خاصیت گذر از صفر لاپلاس و روش حذف نقاط غیرماکزیمم، نقاط کاندیدای لبه انتخاب می شود.



شکل ۲- همسایگی های متناظر با هر بازه جهت گرادیان

ج) دنبال نمودن لبه

به دلیل استفاده از آستانه سهل گیرانه، برای یافتن نقاط کاندیدای اولیه لبه، برخی از لبه‌ها دچار گسستگی می‌شوند. یک روش برای حل این مشکل انتخاب آستانه کوچکتر برای مقادیر اندازه گرادیان به منظور تشخیص لبه های بیشتر است. بدیهی است که نمی‌توان یک روش خودکار برای تنظیم مقدار آستانه بهینه در همه شرایط ارائه نمود. روش دیگر برای حل مشکل گسستگی بین لبه‌ها استفاده از الگوریتم دنبال نمودن لبه است. در الگوریتم دنبال نمودن لبه از تصویر خرده‌لبه‌های حاصل از مرحله قبل استفاده می‌شود. ابتدا نقاطی در تصویر که دارای تنها یک همسایگی هستند انتخاب می‌شوند. برای این منظور از الگوریتم مورفولوژی تعیین نقاط انتهایی استفاده می‌شود. سپس یک معیار CTR که بیانگر طول حداکثر گسستگی قابل قبول بین دو خرده لبه مجاور است، تعیین می‌شود. حال به ازای هر یک از این نقاط، با توجه به جهت عمود بر بردار گرادیان و متناظر با شکل ۲، جفت همسایه‌ها انتخاب می‌شود. اکنون از بین جفت همسایه‌ای که شامل خرده لبه نیست، پیکسل با بیشترین اندازه گرادیان به عنوان نقطه بعدی برای دنبال نمودن لبه تعیین می‌شود. اگر روند دنبال نمودن لبه در فاصله‌ای کمتر از CTR، به خرده‌لبه‌ای رسید، تمام پیکسل‌های پیموده شده در این مسیر به عنوان لبه در نظر گرفته می‌شود و در غیر این صورت این پیکسل‌ها جزئی از لبه نیستند.

د) پس پردازش

آخرین گام الگوریتم پیشنهادی، آستانه گذاری هیستریزیس بر تصویر لبه می‌باشد. براساس روش آستانه گذاری هیستریزیس (Estrada & Tomasi, ۲۰۰۹) سه شرط زیر باید رعایت شود:

- پیکسل‌هایی که اندازه گرادیان آن‌ها از آستانه سخت گیرانه بیشتر باشند، قطعاً متعلق به لبه می‌باشد.
 - پیکسل‌هایی که اندازه گرادیان آن‌ها از آستانه سهل گیرانه کمتر باشند، قطعاً متعلق به هیچ لبه‌ای نمی‌باشد.
 - پیکسل‌هایی که اندازه گرادیان آن‌ها بیشتر از آستانه سخت گیرانه و کمتر از آستانه سهل گیرانه است، تنها زمانی به عنوان لبه در نظر گرفته می‌شود که مسیری پیوسته بین آن تا پیکسلی از گروه اول وجود داشته باشد.
- باتوجه به این که تمام لبه‌های استخراج شده در مرحله قبل اندازه گرادیان بیشتر از آستانه سهل گیرانه دارند، لذا برای اعمال آستانه گذاری هیستریزیس، کافیست ابتدا نقاطی که قطعاً متعلق به لبه است، انتخاب شده، و سپس با استفاده از روش انتخاب اجزای متصل، لبه های متصل به این نقاط انتخاب شوند.

۳. نتایج و بحث

الگوریتم پیشنهادی روی ۳۶ تصویر استاندارد آزمایش و نتایج حاصل با فیلترهای لبه یاب پرکاربردی همچون کنی، سوبل، پرویت، روبرت و دریش مقایسه شده است. نتایجی که از اعمال الگوریتم‌های لبه‌یاب مختلف روی تصاویر استاندارد بدست آمد، نشان‌دهنده‌ی آن است که توانایی این الگوریتم‌ها در شناسایی لبه به دلیل تشخیص لبه‌های نادرست و اضافی، جالب توجه نیست. روش پیشنهادی به دلیل حفظ پیوستگی لبه و حذف نویز، نتایج بهتری بدست می‌دهد. الگوریتم پیشنهادی شامل چهار فاز می‌باشد. در مرحله اول فیلتر گاوسی را بر روی تصویر اعمال نموده و گرادیان آن محاسبه می‌شود. در فاز دوم نقاط کاندیدای لبه براساس دو معیار گرادیان و لاپلاس تصویر استخراج می‌شود. در مرحله بعدی با استفاده از دنبال نمودن راستای لبه، گسستگی‌ها را کاهش می‌دهیم و در انتها، مرحله پس‌پردازش با استفاده از آستانه‌گذاری هیستریزیس برای بدست آوردن نتیجه مطلوب صورت می‌گیرد. شکل‌های ۶-۳ نتیجه‌هایی از تشخیص لبه در روش پیشنهادی در مقایسه با چندلبه یاب را نشان می‌دهد.



(ج)



(ب)



(الف)



(و)



(هـ)



(د)



(ز)

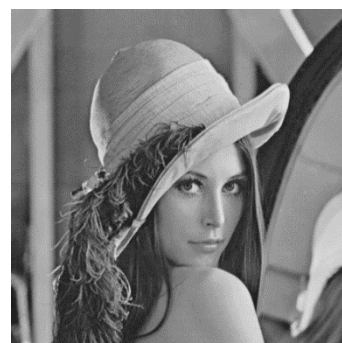
شکل ۳- تصویر Camera man. (الف) تصاویر اصلی. تصویر لبه با لبه یاب های (ب) پرویت (ج) روبرت، (د) کنی، (هـ) دریش، (و) سوبل و (ز) روش پیشنهادی.



(ج)



(ب)



(الف)



(و)



(هـ)



(د)



(ز)

شکل ۴- تصویر Lena. (الف) تصویر اصلی. تصاویر لبه با لبه یاب های (ب) پرویت (ج) روبرت، (د) کنی، (هـ) دریش، (و) سوبل و (ز) روش پیشنهادی.



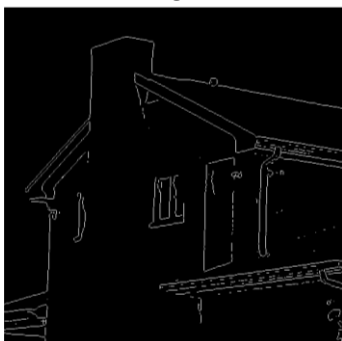
(ج)



(ب)



(الف)



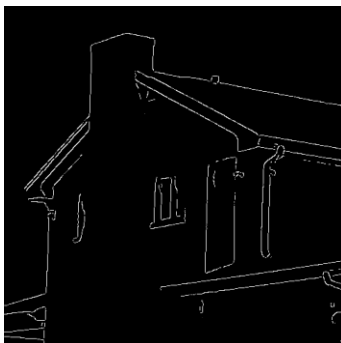
(و)



(هـ)



(د)



(ز)

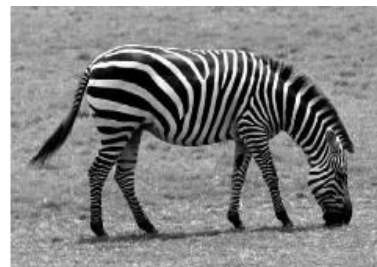
شکل ۵- تصویر Camera man. (الف) تصاویر اصلی. تصویر لبه با لبه یاب های (ب) پرویت (ج) روبرت، (د) کنی، (ه) دریش، (و) سوبل و (ز) روش پیشنهادی.



(ج)



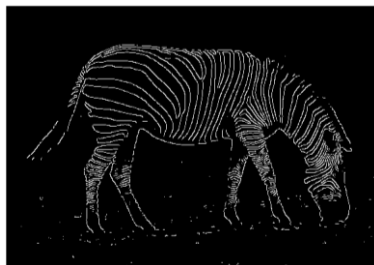
(ب)



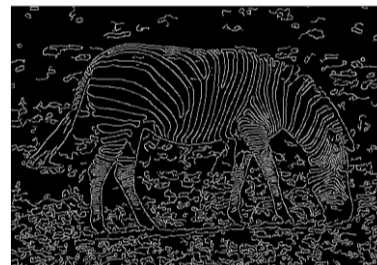
(الف)



(و)



(ه)



(د)



(ز)

شکل ۶- تصویر Zebra. (الف) تصویر اصلی. تصاویر لبه با لبه یاب های (ب) پرویت (ج) روبرت، (د) کنی، (ه) دریش، (و) سوبل و (ز) روش پیشنهادی.

منابع مورد استفاده

- Ashour, A. S., El-Sayed, M. A., Waheed, S. E., & Abdel-Khalek, S. (۲۰۱۴). New Method Based on Multi-Threshold of Edges Detection in Digital Images. *International Journal of Advanced Computer Science & Applications*, ۹(۲), ۹۰-۹۹.
- Canny, J. (۱۹۸۶). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-۸(۶), ۶۷۹-۶۹۸. doi:۱۰.۱۱۰۹/TPAMI.۱۹۸۶.۴۷۶۷۸۵۱
- Chen, Y. B., & Chen, O. T.-C. (۲۰۰۶). Robust Image Segmentation Using Modified Edge-Following Scheme with Automatically-Determined Thresholds. *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control - Volume I (ICICIC'۰۶)*, ۲, ۲۹۲-۲۹۵. doi:۱۰.۱۱۰۹/ICICIC.۲۰۰۶.۵۱۱
- Estrada, R., & Tomasi, C. (۲۰۰۹). Manuscript Bleed-through Removal via Hysteresis Thresholding. *۲۰۰۹ 11th International Conference on Document Analysis and Recognition*, ۷۵۲-۷۵۷. doi:۱۰.۱۱۰۹/ICDAR.۲۰۰۹.۸۸
- Somkantha, K. (۲۰۱۱). Boundary detection in medical images using edge following algorithm based on intensity gradient and texture gradient features. *Biomedical ...*, (۳), ۳۳۳-۳۳۶.
- Voluceau, D. De. (۱۹۸۷). Using Canny ' s Criteria to Derive a Recursively Implemented Optimal Edge Detector. *International Journal of Computer Vision*, ۱(۲), ۱۶۷-۱۸۷.