

تشخیص عمق لبه با عملیات هموار کردن و مورفولوژیکی تصویر

چکیده

از آنجا که فن‌آوری اندازه‌گیری سه بعدی به‌طور گسترده در صنایع تولیدی تشخیص لبه در یک تصویر عمق استفاده شده‌اند بنابراین نقش مهمی در برنامه‌های کاربردی بینایی کامپیوتر دارند. در این مقاله، یک فرآیند تشخیص لبه در یک تصویر عمق براساس عملیات هموار کردن و مورفولوژیکی پیشنهاد شده است. در این روش از اصل فیلتر میانه، که دارای یکی از ویژگی‌های مشهور برای حفظ خواص لبه است استفاده کرده‌ایم. تشخیص لبه براساس اصل تشخیص لبه canny انجام شده است و با عملیات مورفولوژیکی به سرانجام رسیده است، که به‌عنوان ترکیبی از erosion و dilation نشان داده شده است. سپس، نتایج حاصل را با برخی از روش‌های موجود مقایسه کرده و نشان دادیم که این روش نتایج بهتری تولید می‌کند. اما، این روش در برنامه‌های کاربردی چند فریمی با نرخ فریم موثر کار می‌کند. بنابراین این روش به تشخیص عمق لبه در تصاویر و ترویج برنامه‌های کاربردی در تشخیص عمق تصاویر مانند تشخیص شی، تقسیم‌بندی جسم و غیره کمک خواهد کرد.

کلمات کلیدی: لبه؛ عمق تصویر؛ هموار کردن؛ مورفولوژی

1. معرفی

همان‌گونه که عمق لبه نشان‌دهنده‌ی خطوط شی است [1,2]، تشخیص مناسب لبه نیز نقش مهمی در مسائل مختلف بینایی کامپیوتر ارائه می‌کند. نگاشت لبه حاوی بخشی از اطلاعات هندسی از صحنه‌های طبیعی؛ به‌خصوص در مورد

عمق تصاویر است، ناپیوستگی‌های عمق موجب میشود اشیاء پیش‌زمینه از پس‌زمینه جدا شود و برای کارهای پردازش تصویر مختلف از جمله تقسیم‌بندی و یا حذف نویز استفاده شود [3]. حتی اگر پیشرفت سریعی در زمینه طبقه‌بندی تصویر وجود داشته باشد [4-6] تشخیص جسم هنوز هم به عنوان یک موضوع تحقیقاتی فعال است.

فن‌آوری اندازه‌گیری سه بعدی به‌طور کلی براساس محاسبه اطلاعات عمق اشیاء موجود در صحنه است. برخی مطالعات در زمینه فن‌آوری‌های اندازه‌گیری سه بعدی وجود دارد، که در آن محققان در حال تلاش برای به دست آوردن اطلاعات در مورد عمق اشیاء موجود در یک صحنه با استفاده از دوربین‌های استریو هستند [7-9]. با این حال، این روش محدود است، زیرا دوربین‌های استریو قادر به عمل در صحنه‌های حاوی بافت فراوان هستند. برخی افراد از لیزر سه بعدی استفاده کردند [10,11] و موفق به تولید اطلاعات عمق دقیق شدند. اما آنها نمی‌توانند از این دستگاه برای برنامه‌های کاربردی زمان واقعی با توجه به دستگاه‌های گران قیمت استفاده کنند. حتی برخی از روش‌های مبتنی بر الگو [12-15] برای تولید یک نگاشت عمق استفاده شدند اما این روش با توجه به دوربین‌های دیجیتال و موقعیت شی محدودیت‌هایی داشت. بنا به رشد سریع دسترسی به سنسور ارزان RGB-D مانند نخستین حسگر اپل، کینکت مایکروسافت، حسگر واقعی اینتل و غیره، پیشرفت‌های بسیاری برای وظایفی نظیر مدل‌سازی سه بعدی [16]، تقسیم‌بندی [17] و برآورد طرح اتفاق افتاده است [18,19]. اگرچه این سنسورها برای رسیدن به نگاشت عمق به ما کمک می‌کنند اما تعداد کمی از روش‌ها برای تجزیه و تحلیل این روش در تشخیص لبه استفاده شده است.

تشخیص دقیق لبه از یک تصویر عمق در برخی از فرآیندهای تشخیص شی [20]، که وابسته به یک مدل خاص هستند ضروری است. روند تشخیص لبه مناسب، می‌تواند برای تجزیه و تحلیل اعمال مختلف افراد [21] در یک محیط واقعی مانند پیاده‌روی مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیندهای تشخیص لبه موجود در تصاویر عمق، نمی‌توانند در این نوع شرایط با توجه به برخی از محدودیت‌های موجود اعمال شوند. اگر برخی از روش‌های تشخیص لبه در تصاویر عمق [22] موفق به ارائه تصاویر عمق بدون نویز نشوند؛ در نتیجه تشخیص لبه مناسب نمی‌تواند حاصل شود.

برخی از روش‌های دیگر نیز [22,23] در تشخیص لبه در تصاویر عمق مطالعه می‌کنند. با این حال، آنها فقط بر روی تک فریم کار می‌کنند. وقتی آن روش‌ها در مسائلی که نیاز به پردازش چندفریمی دارند اعمال می‌شوند، ممکن است با شکست مواجه شوند و نمی‌توانند با نویزهای تولید شده در هر فریم، مانند مشکلات مثل نور مقابله کنند. در این مقاله، یک روش پیشنهاد دادیم که می‌تواند لبه‌های عمیق تر تصاویر عمق را تشخیص دهد. این روش می‌تواند لبه‌های پیوسته را تشخیص دهد چرا که تشخیص یک شیء بزرگ از یک تصویر مانند بدن انسان بسیار مهم است. برای تشخیص لبه پیوسته، روش تشخیص لبه Canny با عملیات مورفولوژیکی ترکیبی اصلاح شده است. عملیات مورفولوژیکی به‌طور کلی با شکل ویژگی‌های تصویر سروکار دارند. که برای حذف عیب و نقص از انواع مختلف شکل مانند مرزهای جسم، اسکلت، و غیره استفاده شده است. این عملیات به‌طور کلی شامل دو اپراتور؛ فرسایش (erosion) و اتساع (dilation) هستند. اولین عمل، به باز کردن، هموار کردن شی کانتور، شکستن نوار باریک و حذف برآمدگی‌های نازک اشاره دارد. عمل دوم، به بسته شدن، هموار کردن خطوط در مقایسه با باز کردن؛ ترکیب برآمدگی‌های نازک، از بین بردن سوراخ و پر کردن شکاف اشاره دارد. این روش در چندفریم کار می‌کند، درحالی‌که روش قبلی لبه‌ها را در یک قاب تشخیص می‌دهد.

این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: بخش 2 چارچوب کلی سیستم ارائه شده را توضیح می‌دهد. همچنین روشی که توسط آن یک تصویر عمق به دست می‌آید ارائه شده است. در بخش 3، یک فرایند صاف کردن تصویر عمق ارائه می‌کنیم. بخش 4 نشان دهنده یک روند تشخیص لبه در تصویر عمق است. بخش 5 نشان‌دهنده نتایج تجربی برای صحنه‌های مختلف و مقایسه نتایج خود با یک روش موجود است. سرانجام بخش 6 نتیجه‌گیری این مقاله همراه با برخی از دستورالعمل‌ها برای کار در آینده را امکان‌پذیر می‌کند.

2. چارچوب کلی

در شکل 1 چارچوب کلی سیستم پیشنهادی نشان داده شده است. در اینجا، یک تصویر عمق با استفاده از میکروسافت کینکت به دست آمده است. داده‌های به دست آمده از کینکت به یک روش خاص پردازش می‌شوند. پس از پردازش

مناسب داده‌های کینکت، تصویر عمق را برای کاهش سطح نویز با استفاده از اصل فیلتر میانه هموار می‌کنیم. سپس، در تلاش برای تشخیص لبه با هموار کردن تصویر عمق هستیم. در اینجا، از اصل تشخیص لبه `canny` استفاده می‌کنیم و آن را با عملیات مورفولوژی برای به دست آوردن عملکرد بهتر اصلاح می‌کنیم. عملیات مورفولوژیکی عملیات باز و بسته شدن هستند. در این بخش در مورد روش فنی برای به دست آوردن عمق تصویر از کینکت و پردازش آن را برای برنامه‌های اضافی بحث می‌کنیم. میکروسافت برخی کتابخانه‌ها را که در این کار برای دستیابی به عمق تصویر استفاده شده است فراهم می‌کند. باین‌حال، برخی کارهای قبل از پردازش برای استفاده از میکروسافت کینکت وجود دارد. تابع `NuiGetSensorCount` برای اطمینان از تعداد سنسورهای آماده استفاده، استفاده شده است. تابع `NuiImageResolutionToSize` برای اطمینان از تعداد سنسورهای آماده برای استفاده، استفاده شده است. تابع `INuiSensor` برای به دست آوردن عرض و ارتفاع قاب عمق و تابع `INuiSensor` برای مقداردهی اولیه سنسور به جریان داده‌های عمق استفاده شده است. هنگامی که شروع به گرفتن جریان عمق کردیم داده‌ها را از فریم بعدی با استفاده از `INuiSensor: NuiImageStreamOpen` و با استفاده از `INuiSensor: NuiImageStreamRelease` گرفتیم بنابراین هر فریم پس از ذخیره آن منتشر شده است.

در این وضعیت، از کلاس پایه انتزاعی به نام `KinectHelper` استفاده کردیم که دارای توابعی برای این نوع از ارتباطات است. در در این مقاله، ما از روش `KinectHelper:UpdateDepthFrame` برای به‌روزرسانی فریم داده عمق استفاده کردیم و سپس با استفاده از `KinectHelper: GetDepthImageAsArgb` داده کینکت را با فرمت `ARGB` به دست آوردیم. زمانی که این داده‌ها را یافتیم قادر به گسترش الگوریتم به عنوان تعهدات بعدی خواهیم بود.

3. الگوریتم هموارسازی تصویر

در این بخش، اصلی را که برای کاهش سطح نویز در عمق تصویر به دست آمده استفاده شده توضیح خواهیم داد. در این مقاله از اصل فیلتر میانه [24] استفاده شده است.

چندین فیلتر برای حذف نویزهای تصاویر وجود دارد. با این حال، فیلتر میانه بسیاری متفاوت از فیلترهای موجود است. مهم‌ترین ویژگی فیلتر میانه حفظ لبه همزمان با حذف نویزها است. اساساً، فیلتر میانه هر پیکسل تصویر را تجزیه و تحلیل می‌کند و هر پیکسل را با میانه پیکسل‌ها در منطقه مربوط به فیلتر R جایگزین می‌کند.

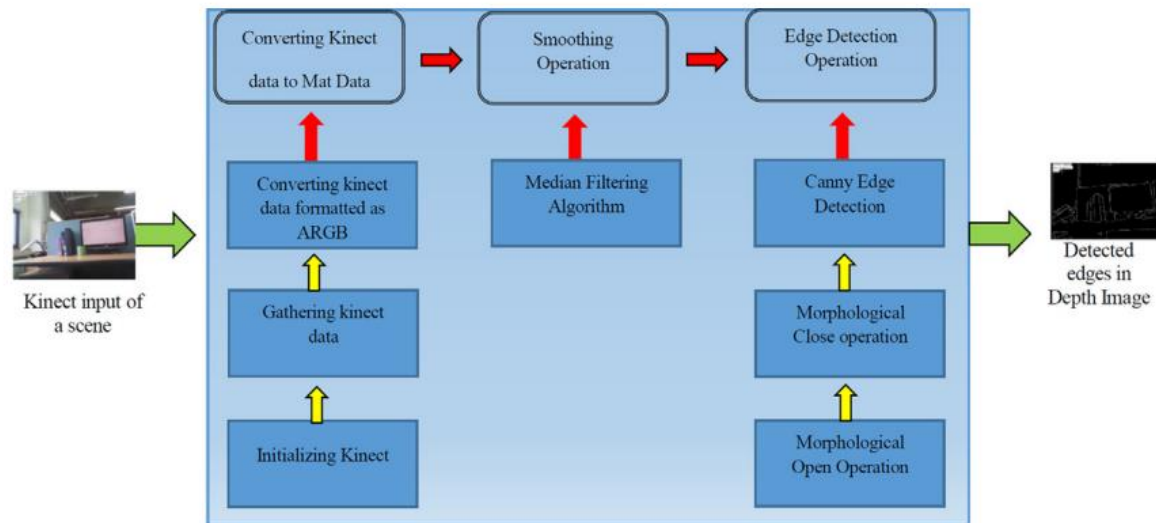


Fig. 1. Overall framework.

این فرایند می‌تواند با توجه به معادلات زیر بیان شود:

$$I'(u, v) \rightarrow \text{median} \{ I(u+i, v+j) | (i, j) \in R \} \quad (1)$$

در اینجا، (u, v) موقعیت پیکسل تصویر است و (i, j) موقعیت همسایه‌های تصویر است که این دو با کمک یک بردار عددی دو مقداری از اعداد صحیح مثبت مشخص می‌شوند. با استفاده از فیلتر میانه، هر پیکسل خروجی شامل مقدار میانه در همسایه‌های متناظر پیکسل در تصویر ورودی است.

در حال حاضر، این فیلتر مقادیر پیکسل را با میانه $2k+1$ پیکسل جایگزین می‌کند p_i به صورت زیر قابل تعریف است

$$\text{Median}(p_0, p_1, p_2, \dots, p_k, \dots, p_{2k}) \hat{=} p_k \quad (2)$$

در معادله (2) مقداری میانی p_k خواهد بود اگر دنباله (p_0, \dots, p_{2k}) توسط $(p_i \cdot C \cdot p_{i+1})$ مرتب شده باشد: مرتب‌سازی براساس مقادیر عددی. هنگامی که فیلتر میانه هیچ پیکسلی با مقدار جدید تولید نکند، معادله (2) میانه یک مجموعه با اندازه فرد را تعریف می‌کند. در وضعیتی که در آن طول ضلع از فیلتر مستطیل فرد است، تعداد عناصر در منطقه

فیلتر نیز فرد می‌باشد. در موردی دیگر که در آن تعداد عناصر زوج است ($2K$)، میانه دنباله (p_0, \dots, p_{k-1}) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Median}(p_0, \dots, p_{k-1}, p_k, \dots, p_{2k-1}) = (p_{k-1} + p_k) / 2 \quad (3)$$

در این معادله، میانگین حسابی دو مقدار وسطی، P_k و P_{k-1} به‌عنوان میانه دنباله در نظر گرفته می‌شود. این عمل موجب ایجاد مقدار پیکسل جدید در منطقه برای فیلتر میانه در نظر گرفته شده با اندازه زوج می‌گردد.

در شکل 2 تاثیر فیلتر میانه 3×3 بر روی یک تصویر دو بعدی نشان داده شده است. در اینجا، تمام نه مقدار استخراج شده از تصویر به کمک فیلتر میانه به‌عنوان یک بردار مرتب شده‌اند. مقدار مرکزی در بردار به عنوان میانه در نظر گرفته شده و در نهایت جایگزین مقدار پیکسل انتخابی شده است.

در الگوریتم پیشنهادی این مقاله نیز، از همان روش ولی فیلتر میانه 5×5 استفاده شده است. در بخش مثال، تاثیر روش فیلتر میانه نشان داده شده است.

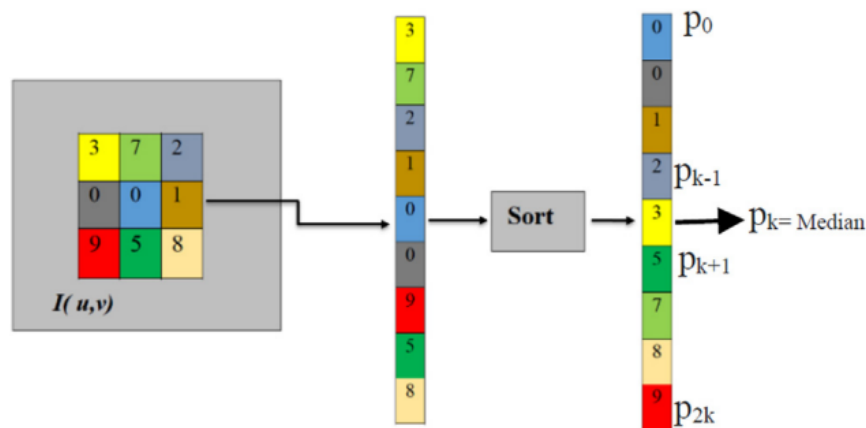


Fig. 2. Computation of a 3×3 pixel median filter.

4. الگوریتم تشخیص لبه در تصویر عمق

این بخش فرایند تشخیص لبه در سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد. در این مقاله، از اصل فرایند تشخیص لبه Canny استفاده کرده‌ایم. برای دستیابی به عملکرد بهتر با برخی از عملیات مرفولوژی [27] آن را ویرایش کرده‌ایم.

4.1. الگوریتم تشخیص لبه canny

چندین عملیات تشخیص لبه در زمینه پردازش تصویر وجود دارد و آشکارساز لبه Canny [25] یکی از آشکارسازهای بسیار موثر است. که قادر به درک گسترده لبه‌ها در یک تصویر است. به طور کلی این روش معیار دقیقی برای تشخیص لبه است و روند اجرای کاملاً ساده در تشخیص لبه موجب به رسمیت شناخته شدن آن شده است. در بخش‌های بعدی روند الگوریتم تشخیص لبه canny به طور کامل توضیح داده شده است [26]:

4.1.1. روند الگوریتم تشخیص لبه canny

فرایند الگوریتم تشخیص لبه canny می‌تواند به پنج مرحله مختلف طبقه‌بندی شود:

1. هموار کردن: برای حذف نویز از تصویر، عملیات صاف و یا مات کردن انجام می‌شود.
 2. پیدا کردن شیب: پس از داشتن شیب تصویر، لبه‌ها تنها باید در مناطقی که در آن مقادیر بزرگ به دست آمده‌اند مشخص شوند.
 3. محو غیرحداکثری: فقط ماکزیمم‌های محلی باید به‌عنوان لبه در نظر گرفته شوند.
 4. آستانه دوبرابر: لبه‌های موثر در آینده با آستانه دو برابر مشخص شده‌اند.
 5. پیگیری لبه‌های توسط hysteresis: پس از سرکوب تمام لبه‌هایی که به یک لبه خاص و یا قوی متصل نیستند، آن‌ها به‌عنوان لبه نهایی در نظر گرفته می‌شوند.
- در این مقاله، ما از تمام این مراحل استفاده نکردیم، زیرا عملیات هموار کردن با استفاده از فیلتر میانه را اعمال کردیم. بنابراین اولین گام را رد شده و مراحل دیگر برای روش ما انجام شد. سپس، با معرفی عملیات مورفولوژیکی منطقی، فرآیند تشخیص لبه اصلاح شده و از نظر عمق تصویر این فرآیند کاملاً جدید است.

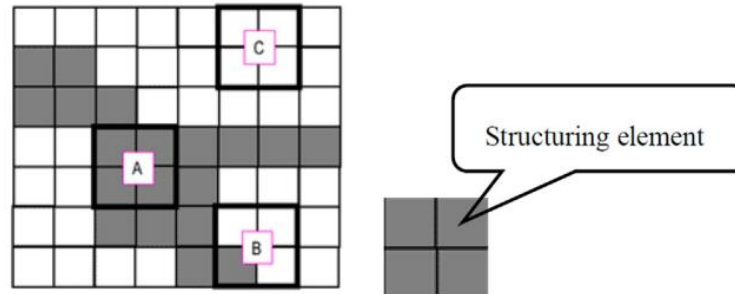


Fig. 3. Probing an image with a structuring element.

4.2. اصلاح الگوریتم تشخیص لبه canny

اگرچه آشکارساز لبه canny قادر به تشخیص لبه به شیوه ای خاص است، ولی برای رسیدن به تشخیص لبه دقیق تر از یک تصویر عمق، فرایند تشخیص لبه را با استفاده از عملیات مورفولوژیکی اصلاح کردیم. این عملیات به طور کلی یک مجموعه از عملیات غیرخطی در مرتب سازی پیکسل ها بدون تاثیر مقادیر عددی آنها هستند. اپراتورهای کلیدی برای عملیات مورفولوژیکی فرسایش و اتساع هستند. در زیر عملیات مورفولوژیکی [27] مورد استفاده در روش ما را توضیح می دهیم. براساس شکل و یا مورفولوژی ویژگی ها در پردازش تصویر مورفولوژیکی همچنان به انجام برخی از عملیات غیرخطی بسنده می کنیم. این عملیات بر مرتب سازی نسبی مقادیر پیکسل به جای مقادیر عددی و به تبع آن پردازش باینری مناسب تصاویر بستگی دارد. با این حال، عملیات مورفولوژیکی را می توان در دیگر انواع تصاویر، مانند تصاویر در مقیاس خاکستری استفاده کرد. در تصاویر مقیاس خاکستری، توابع انتقال نور ناشناخته هستند و به این ترتیب مقادیر پیکسل مطلق نیستند و تغییر جزئی دارند. معمولاً، تکنیک های مورفولوژیکی یک تصویر را با استفاده از یک شکل و قالبی کوچک بررسی می کنند، که عنصر ساختار نامیده می شود. این عنصر ساختار معمولاً در تمام نقاط احتمالی در تصویر قرار داده شده است و با پیکسل های همسایه مقایسه می شود. در این عملیات، این آزمون بررسی می کند که آیا عنصر "متناسب" با همسایه است یا اینکه آیا عنصر تداخل دارد. شکل 3 چگونگی این عملیات بر روی پیکسل های تصویر را نشان می دهد. در تصاویر باینری، اگر آزمون در یک محل خاص موفق باشد این عملیات یک

تصویر باینری جدید ایجاد می‌کند که در آن پیکسل شامل یک مقدار غیرصفر در آن مکان خاص از تصویر ورودی است.

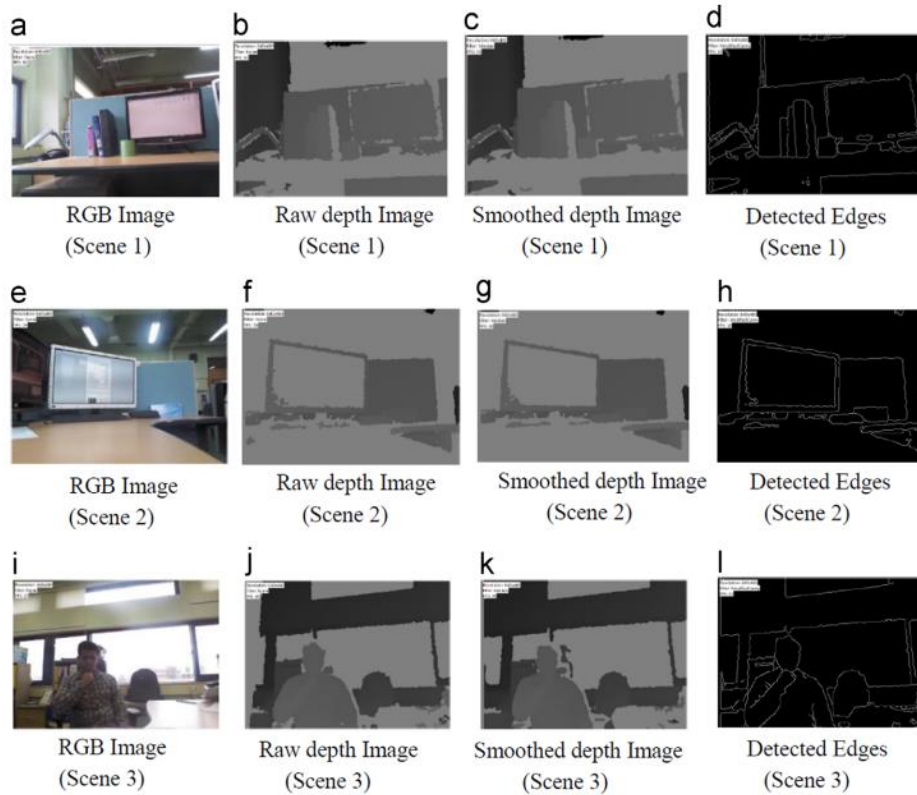


Fig. 4. Edge detection result in depth image for various scenes.

عنصر ساختار مورد استفاده در این عملیات مورفولوژیکی یک تصویر باینری کوچک است، یک ماتریس از پیکسل‌ها که در آن هر پیکسل شامل مقدار صفر یا یک است. توضیح کلید را می‌توان بصورت زیر نوشت:

- ابعاد ماتریس، اندازه‌ی ساختار عنصر را تعیین می‌کند.
 - الگوی یک و صفرها شکل عنصر ساختار را مشخص می‌کند.
 - منشاء عنصر ساختار معمولاً یکی از آن پیکسل‌ها است، اگرچه به‌طور کلی منشأ می‌تواند خارج از عنصر ساختار باشد.
- در این مطالعه، یک عملیات مورفولوژیکی را استفاده کرده‌ایم که به‌عنوان ترکیبی فرسایش و اتساع نشان داده شده است. اولین عملیات، باز شدن و دیگری بسته شدن نامیده می‌شود. باز کردن، یک فیلتر مورفولوژیکی است که در آن فرسایش به دنبال اتساع اتفاق می‌افتد. و بسته شدن یک فیلتر مورفولوژیکی است که در آن اتساع به دنبال فرسایش اتفاق می‌افتد.

این عملیات مورفولوژیکی می‌توانند در شرایط عملیات نظری مانند متمم یک تصویر باینری توضیح داده شوند:

$$f^c(a, b) = 1 \text{ if } f(a, b) = 0, \text{ and } f^c(a, b) = 0 \text{ if } f(a, b) = 1$$

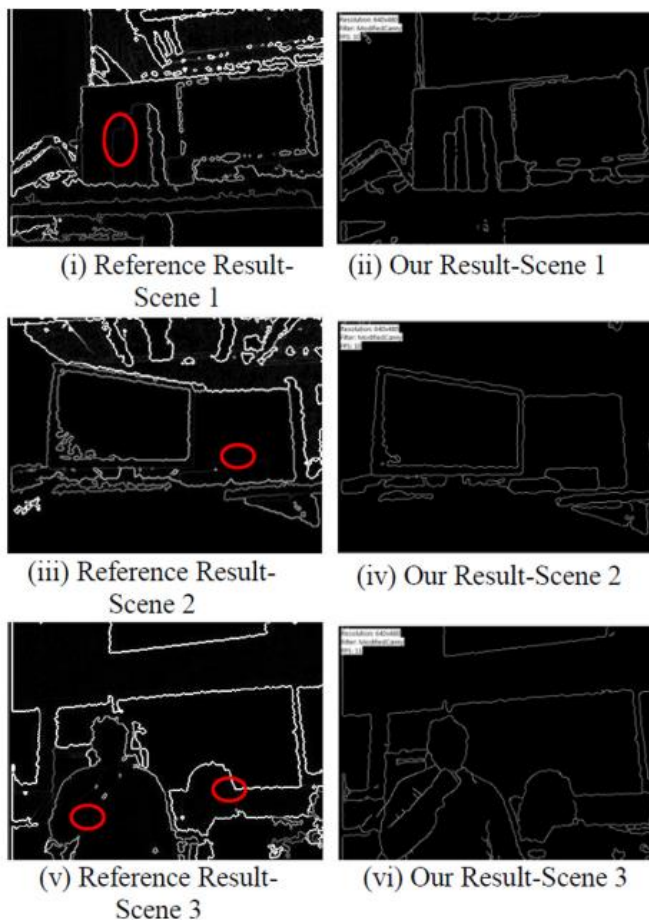


Fig. 5. Comparison of test result of various scenes.

در اینجا، متمم، F^c مجموعه‌ای از عناصر می‌باشد که در تصویر F وجود ندارد.

در حال حاضر، $I = f \cap g$ اشتراک دو تصویر باینری f و g می‌تواند توسط معادلات زیر توضیح داده شود:

$$I(a, b) = 1 \text{ if } f(a, b) = 1 \text{ and } g(a, b) = 1, \text{ and } I(a, b) = 0$$

درغیراین صورت

اجتماع دو تصویر باینری f و g می‌تواند توسط معادلات زیر توضیح داده شود:

$$U(a, b) = 1 \text{ if } f(a, b) = 1 \text{ or } g(a, b) = 1, \text{ and } U(a, b) = 0$$

درغیراین صورت

در ادامه عملیات باز و بسته شدن را توضیح می‌دهیم [27].

4.2.1. باز شدن

باز شدن تصویر f توسط عنصر ساختار s (که توسط fog مشخص می‌شود) یک erosion (مشخص شده توسط \ominus) است که به دنبال آن dilation (مشخص شده توسط \oplus) آمده است:

$$f \circ s = (f \ominus s) \oplus s$$

Table 1

Test scene No.	Computation time for Reference method (s) [22]	Computation time for Proposed Method (s)
01	0.725	0.1
02	0.686	0.1
03	0.687	0.1
04	0.656	0.09

دلیل خواستار عملیات باز شدن این است که، می‌تواند یک شکاف بین اشیاء متصل شده توسط یک پل نازک از پیکسل‌ها ایجاد کند. به‌عنوان بخشی از این عملیات، مناطقی که ممکن است در عملیات فرسایش محافظت شوند توسط اتساع به اندازه اصلی خود ترمیم شوند. مزیت این عملیات این است که گوشه‌ها را از اطراف هموار می‌کند. و با انجام دادن این عملیات نویز برطرف شده و گوشه‌های تصویر وضوح خود را به دست می‌آورند.

4.2.2. بسته شدن

بسته شدن تصویر f با عنصر ساختار s (که توسط مشخص $f \circ s$ شده است) یک اتساع است (مشخص شده توسط \oplus) با فرسایش (مشخص شده توسط \ominus) است:

$$f \bullet s = (f \oplus s) \ominus s$$

در عملیات مورفولوژیکی، بسته شدن نشات گرفته است زیرا قادر به پر کردن حفره‌ها در مناطق با حفظ اندازه اولیه منطقه بدون تغییر است.

این عملیات بسته شدن با یک عنصر ساختار دیسک، نوعی مخالف عملیات باز شدن به‌عنوان هموار کردن گوشه‌ها از بیرون است. هدف اصلی از این عملیات، صاف و هموار کردن شکل و حفظ اندازه شی است.

به دلیل ترکیب این دو عملیات، ما قادر به دریافت نتایج بهتری برای تشخیص لبه‌ها در تصویر عمق هستیم.

5. نتایج و مقایسه‌ها

در این بخش، نتیجه تحقیقات ما نشان داده شده است. نتایج در شکل 4 به صورت زیر سازمان‌دهی شده‌اند. اولین تصویر هر سطر نشان‌دهنده تصویر RGB از صحنه (شکل a4، E، و i) و بقیه نشان‌دهنده تصویر عمق خام آن صحنه خاص (شکل b4، F، و j) است. سپس، در ادامه یافته‌های ما با استفاده از فیلتر میانه (شکل c4، G و K) نشان داده شده است. تصاویر چهارم و نهمی از هر ردیف نشان‌دهنده نتایج نهایی به دست آمده توسط روش پیشنهادی ما (شکل D4، h، و l) است. در این مقاله نتایج ما برای چهار صحنه مختلف نشان داده شده است.

برای مقایسه نتایج خود با روش‌های موجود، یک چارچوب توسعه یافته توسط Lejeune و همکارانش پیاده‌سازی کردیم. [22] و نتایج خود را با آنها مقایسه کردیم. در زیر نتایج فرآیند تشخیص لبه در صحنه‌های مشابه نشان داده شده است. در اشکال شکل 5 (1)، (3) و (5)، روش تشخیص لبه توسعه یافته توسط لوژن و همکارانش [22] و در اشکال دیگر از شکل 5 (2)، (4) و (6) نتایج حاصل از روش تشخیص لبه روش پیشنهادی برای دنباله یکسان از صحنه‌ها نشان داده شده است.

به وضوح نشان داده شده است که با استفاده از روش پیشنهادی ما، سطح نویز به طور قابل توجهی کاهش یافته است. و، در اشکال (شکل 5 (1)، (3) و (5)) از روش مرجع چنین نتیجه می‌شود که برخی از لبه‌ها که توسط روش پیشنهادی مقاله قابل تشخیص بود در این روش‌ها حفظ نشده است. برای درک این مناطق، آنها را به وضوح با دایره قرمز برجسته کرده‌ایم که در آنها تشخیص لبه بنا به روش مرجع مداوم شکست خورده بود. علاوه بر این خطوط شکل‌های مختلف نیز با استفاده از روش ما بهبود یافته است.

همچنین ما زمان محاسبه برای هر دو روش را اندازه‌گیری کردیم [22] که در جدول 1 آمده است. ما نشان دادیم که از نظر زمان محاسبه روش ما سریع‌تر از روش مرجع عمل می‌کند. هر دو روش با استفاده از سیستم یکسان اینتل 5 هسته‌ای با 8 گیگابایت رم و گرافیک HD 4000 مورد آزمایش قرار گرفتند.

6. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، ما یک چارچوب برای تشخیص لبه در تصاویر عمق توسعه دادیم. این چارچوب شامل فرآیندهای زیر است: دستیابی به تصاویر عمق، هموار کردن تصویر عمق و تشخیص لبه در یک تصویر عمق.

در ابتدا، با استفاده از کتابخانه‌های Kinect تصاویر عمق به دست آمده و تبدیل به فرمت مورد نظر می‌شد به طوری که الگوریتم بعدی می‌تواند به طور موثر اعمال شود. پس از به دست آوردن تصاویر عمق، سطح نویز با استفاده از اصل فیلتر میان به حداقل می‌رسد. همانگونه که چارچوب پیشنهادی در نویزهای چندفریمی تولید شده توسط هر فریم جدید مانند مسائل مربوط به نور درست عمل می‌کند از تکنیک هموارسازی نیز استفاده می‌کند. و حذف نویزهای لبه به خوبی حفظ می‌شود. در نهایت ما سعی در تشخیص لبه با استفاده از تکنیک تشخیص لبه *canny* اصلاح شده می‌کنیم. همانطور که تشخیص لبه *canny* به هنگام اعمال در تصویر عمق هموار شده‌ی ما برخی نگرانی‌ها را به همراه دارد، با استفاده از عملیات مرفولوژی الگوریتم تشخیص لبه *canny* را بهبود دادیم. این روش به حذف نویزهای بیشتر کمک می‌کند که عملیات هموار کردن قادر به انجام آن نبود. علاوه بر این، به هنگام از بین بردن بیشتر نویزها موجب هموار کردن و حفظ شکل و اندازه یک شی می‌گردد؛ بنابراین اشکال اشیاء مختلف موجود در صحنه حفظ می‌شود.

در بخش نتایج و مقایسه این مقاله، علاوه بر نمایش نتایج، با برخی از روش موجود مقایسه صورت گرفته است. که به طرز محسوسی نشان می‌دهد که روش ما قادر به تشخیص دقیق‌تر لبه با کاهش نویز در یک تصویر عمق است. علاوه بر این، از نظر عملکرد محاسبات، روش پیشنهادی بهتر از روش معمولی بود.

حتی اگر رویکرد ما در چندفریمی‌ها خوب کار کند، محدودیت‌هایی دارد که نرخ فریم به سطح زمان واقعی نمی‌رسد. بنابراین، اگر ما نرخ فریم را افزایش دهیم می‌توانیم این روش را برای کاربردهای زمان واقعی اعمال کنیم.

به‌عنوان بخشی از کار آینده، این روش را برای برخی برنامه‌های کاربردی تشخیص یک شی نیز اعمال خواهیم کرد. این روش می‌تواند برای تقسیم‌بندی شی، تشخیص هدف و دیگر برنامه‌های کاربردی بینایی کامپیوتر براساس تصاویر عمق استفاده شود. برای مثال، با استفاده از این تکنیک ما می‌توانیم لبه مورد نظر از یک شی را با استفاده از یک قالب

از پیش ساخته شده بیابیم. برای تشخیص اشیاء کوچکتر در یک تصویر عمق، تصویر عمق باید حاوی نویز کمتر همراه با لبه‌های حفظ شده باشد. بنابراین، روش ما می‌تواند در این نوع از شرایط به کار برده شود.

References

- [1] Cass TA. Robust affine structure matching for 3D object recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1998;20:1265–74.
- [2] Weiss I, Ray M. Model-based recognition of 3D object from single images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2001;23:116–28.
- [3] Gokturk SB, Yalcin H, Bamji C. A time-of-flight depth sensor system description, issues and solutions. In: *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2004. CVPRW'04. IEEE; 2004.*
- [4] Felzenszwalb PF, Girshick RB, McAllester D, Ramanan D. Object detection with discriminatively trained part based models. *Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2010.
- [5] Malisiewicz T, Gupta A, Efros AA. Ensemble of exemplar-SVMs for object detection and beyond. In: *Proceedings of ICCV. 2011.*
- [6] Wang X, Yang M, Zhu S, Lin Y. Regionlets for generic object detection. In: *Proceedings of ICCV. 2013.*
- [7] Rovira-Mas F, Zhang Q, Reid JF. Stereo vision three-dimensional terrain maps for precision agriculture. *Computers Electronics in Agriculture* 2008;60(2)133–43.
- [8] Orteu J. 3-D computer vision in experimental mechanics. *Optics Lasers in Engineering* 2009;47(3–4)282–91.
- [9] Coudrin B, Devy M, Orteu JJ, Brethes L. An innovative hand-held vision-based digitizing system for 3D modelling. *Optics Lasers in Engineering* 2011;49(9–10)1168–76.
- [10] Dias P, Matos M, Santos V. 3D reconstruction of real world scenes using a low cost 3D range scanner. *Computer Aided Civil Infrastructure Engineering* 2006;21(7)486–97.
- [11] Cole DM, Newman PM. Using laser range data for 3D SLAM in outdoor environments. In: *2006 IEEE international conference on robotics and automation. Orlando, FL; 2006. p. 1556–63.*
- [12] Xu J, Xi N, Zhang C, Shi QA, Gregory J. Real-time 3D shape inspection system of automotive parts based on structured light pattern. *Optics Laser Technology* 2011;43(1)1–8.
- [13] Gorthi SS, Rajshekhkar G, Rastogi P. Three dimensional shape measurement using high-order instantaneous moments based fringe projection method. *Optics Laser Technology* 2011;43(1)40–4.
- [14] Zuo C, Chen Q, Gu GH, Feng SJ, Feng FXY, Li, RB, et al. High-speed three dimensional shape measurement for dynamic scenes using highfrequency tri-polar pulse-width-modulation fringe projection. *Optics and Lasers in Engineering* 2013;51(8)953–60.
- [15] Wu K, Xi JT, Yu YG, Yang ZK. 3D profile measurement based on estimation of spatial shifts between intensity ratios from multiple-step triangular patterns. *Optics and Lasers in Engineering* 2013;51(4)440–5.
- [16] Izadi S, Kim D, Hilliges O, Molyneaux D, Newcombe R, Kohli P, et al. Kinectfusion: real-time 3d reconstruction and interaction using a moving depth camera. In: *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on user interface software and technology. ACM; 2011.*
- [17] Nathan Silberman, Derek Hoiem PK, Fergus R. Indoor segmentation and support inference from rgb-d images. In: *Proceedings of Computer Vision —ECCV. Berlin, Heidelberg: Springer; 746–60.*
- [18] Shotton J, Girshick R, Fitzgibbon A, Sharp T, Cook M, Finocchio M, Moore R, Kohli P, Criminisi A, Kipman A, Kipman A, Blake A. Efficient human pose estimation from single depth images. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2013;35(12)2821–40.
- [19] Shotton J, Sharp T, Kipman A, Fitzgibbon A, Finocchio M, Blake A, Cook M, Moore R. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. *Communications of the ACM* 2013;56(1)116–24.
- [20] Xia, Lu, Chia-Chih Chen, Aggarwal Jake K. Human detection using depth information by kinect. In: *2011 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). IEEE.*

- [21] Eum Hyukmin, Yoon Changyong, Lee Heejin, Park Mignon. Continuous human action recognition using depth-MHI-HOG and a spotter model. *Sensors* 2015;15(3)5197–227.
- [22] Lejeune A, Pienard S, Van Droogenbroeck M, Verly J. A new jump edge detection method for 3D cameras. In: *Proceedings of the International Conference on 3D Imaging (IC3D)*. Liege, Belgium; 2011.
- [23] Chen W, Yue H, Wang J, Wu X. An improved edge detection algorithm for depth map inpainting. *Optics and Lasers in Engineering* 2014;55: 69–77.
- [24] Huang T, Yang G, Tang G. A fast two-dimensional median filtering algorithm. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing* 1979;27(1)13–8.
- [25] Canny John. A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1986;6: 679–98.
- [26] Moeslund T. Canny Edge detection. Denmark: Laboratory of Computer Vision and Media Technology, Aalborg University. (http://www.cvmt.dk/education/teaching/f09/VGIS8/AIP/canny_09gr820.pdf) [March 2009].
- [27] *Morphological image analysis. Principles and applications* by Pierre Soille. ISBN 3-540-65671-5 (1999), 2nd edition (2003).