SMPR

This is to certify that

Sh. Nokhbehzaeim, M. Saadatseresht, A.R. Safdarinezhad

presented an *oral paper (in Persian)* **entitled**

"Providing the integration method of ICP+OF in co-referencing of the cloud points resulting from Kinect sensor"

in the 2nd international conference on

Sensors and Models in Photogrammetry and Remote sensing (SMPR 2013)

Oct. 5-8, 2013
Tehran, Iran

Dr. Hossein Arefi
Conference Chair

DLR

isprs

Prof. Dr. Peter Reinartz
Chair, ISPRS WG I/4

ارائه روش تلفیقی ICP+OF در هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط حاصل از سنجنده Kinect

شهناز نخبه زعیم[۱]، محمد سعادت سرشت[۲]، علیرضا صفدری نژاد[۳]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی فتوگرامتری، گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران
shahnaz_zaeim@ut.ac.ir

۲- استادیار گروه فتوگرامتری دانشکده های فنی دانشگاه تهران، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران
msaadat@ut.ac.ir

۳- دانشجوی دکترای مهندسی عمران- نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Safdari_nezhad@sina.kntu.ac.ir

چکیده

امروزه روشهای تولید آنی ابر نقطه سه بعدی با استفاده از روشهایی مانند دوربینهای ویدئویی استریو یا دستگاه Kinect تبدیل به واقعیتی عملی شده است. در نظر بگیرید که در ۱:۳۰ ثانیه هزاران نقطه‌ی سه بعدی از محیط اخذ شود. با گذشت زمان کوتاهی، نه تنها حجم مشاهدات بشدت افزایش می‌یابد بلکه هر یک از مشاهدات ابر نقطه، به تنهایی دارای سطح نویز بالا و نواحی پنهان قابل توجهی است. از آنجایی که جهت مدلسازی سطح شئ می بایست ابر نقاط یکپارچه ای از شئ حاصل شود، بنابراین تمام ابر نقاط حاصل از سنجنده باید به یک سیستم مختصات واحد منتقل گردند. این فرآیند تحت عنوان پروسه هم‌مرجع‌سازی شناخته می‌شود. از مشهورترین الگوریتم‌ها جهت هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط، الگوریتم ICP می باشد که با وجود سادگی، بار محاسباتی زیادی را می‌طلبد. در مقاله حاضر با توجه به اهمیت موضوع، الگوریتم جدیدی مبتنی بر استفاده از راهکار OF جهت نیل به سرعت بیشتر و غلبه بر مشکل همگرایی به کمینه‌های محلی در مورد داده‌های عمق اخذ شده توسط سنجنده Kinect ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی : تصویر عمق، هم‌مرجع‌سازی، تکنیک جریان نوری ، ابر نقاط سه‌بعدی، ICP

۱- مقدمه

همزمان با توسعه سیستم‌های نقشه‌برداری همراه[1]، نیاز به تولید داده‌های مکانی پرسرعت و کم هزینه در زمینه‌ی مدلسازی سه‌بعدی محیط افزایش یافته است. تسهیل در روند بازسازی سه بعدی، افزایش سطح اتوماسیون در فرآیند زمین‌مرجع‌سازی و کاهش نیاز به نقاط کنترل زمینی از موارد مهمی است که در این حوزه به عنوان موضوعات تحقیقاتی جاری قلمداد می‌شود[1].

[1] Mobile Mapping Systems

تهیه مدل‌های سه بعدی از محیط‌های داخلی پیچیده که با محدودیت بکارگیری روش‌های سنتی مانند لیزر اسکنرهای زمینی روبرو است، سبب ورود روش‌های جدیدی مبتنی بر تکنیک های فتوگرامتری نور ساختاریافته را فراهم آورده است. سیستم‌های نور ساختاریافته‌ای مثل Mantis از شرکت Qubic و Kinect از شرکت Microsoft را می‌توان به عنوان نمونه‌هایی از ابزارهای نوین در این حوزه برشمرد[2]،[3]. ابزارهای بیان شده قادرند به کمک روش‌های تقاطع فضایی از داده‌های تصویری استریو، حجم زیادی از موقعیت نقاط سه بعدی مقابل با میدان دید لحظه‌ای سنجنده را با نرخ بالایی اندازه‌گیری نمایند. تولید یک مدل کامل سه بعدی بواسطه‌ی محدودیت‌های تکنیکی همچون: ۱- وجود پنهان‌شدگی اشیاء در راستای خط دید[۱] سنجنده، ۲- عدم پوشش سراسری محیط به واسطه‌ی میدان دید محدود و ۳- تأثیر تغییرات بازتابندگی اشیاء موجود در محیط، در سایه اخذ داده های سه بعدی از زوایای مختلف حاصل می‌گردد و در بسیاری از کاربردها، تصاویر بدست آمده از یک صحنه به تنهایی برای رسیدن به اهداف پردازشی و آنالیز مطلوب کافی نمی باشد. به بیان دیگر، پوشش کامل محیط بوسیله سنجنده معمولاً نیازمند جمع آوری داده از نقاط دید چندگانه می باشد. بر این اساس، پارامترهای مربوط به موقعیت و وضعیت سکوی جمع آوری داده نقشی کلیدی را در تولید مدلهای یکپارچه و پیوسته ایفا می کنند. به فرآیند تخمین پارامترهای موقعیت و وضعیت سکوی اخذ داده در یک سیستم مختصات واحد، هم‌مرجع‌سازی[۲] اطلاق می شود.

یکی از مشهورترین روشهای هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط، الگوریتم Iterative Closest Points (ICP) است که براساس جستجوی نزدیکترین جفت نقاط متناظر در دو سری داده می باشد[4]. علیرغم وجود واریانت‌های متعدد در بکارگیری این الگوریتم، پیاده‌سازی ICP ساده بوده اما حجم محاسبات آن زیاد می باشد. از آنجایی که در هنگام بکارگیری سیستم‌های اخذ داده: ۱- تولید یک مدل پیوسته سه‌بعدی از طریق انطباق و هم‌مرجع‌سازی ابرنقاط لحظه‌ای ممکن خواهد بود؛ و از طرفی ۲- استفاده از نقاط کنترل زمینی[۳] به منظور انجام فرآیند هم‌مرجع‌سازی با محدودیت‌های متنوعی همراه است؛ توسعه‌ی روش‌ها و الگوریتم‌های خودکار و دقیق در روند انطباق ابر نقاط لحظه‌ای بعنوان ضرورت انجام تحقیق در این حوزه به شمار می‌رود. بر این اساس در این مقاله، روش تلفیقی جدیدی به منظور هم‌مرجع‌سازی خودکار ابر نقاط لحظه‌ای اخذ شده توسط این سیستم‌ها ارائه شده است. در بخش حاضر، مقدمه‌ای در باب اهمیت و کاربرد مدلسازی سه‌بعدی، تصویربرداری عمق بعنوان یک روش نوظهور در زمینه‌ی جمع‌آوری داده‌های سه بعدی و در ادامه با تشریح مشکلات پیش رو در فرآیند تولید مدل‌های پیوسته سه‌بعدی، به بیان مسأله و ضرورت این تحقیق اشاره شده است. بخش دوم از مقاله‌ی حاضر به معرفی اجمالی سنجنده‌ی Kinect و ساختار هندسی اخذ داده در آن اختصاص داشته و در ادامه‌ی این بخش داده‌های مورد استفاده در این تحقیق معرفی شده است. در بخش سوم روش پیشنهادی برای هم مرجع سازی ابر نقاط تشریح شده و در بخش چهارم، پیاده‌سازی و نتایج حاصل از روش پیشنهادی ارائه شده است. جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای ادامه‌ی تحقیق نیز بحث نیز در بخش پنجم بیان شده است.

۲- ساختار سنجنده‌ی Kinect و نحوه‌ی اخذ داده در آن

یکی از جدیدترین سیستم‌های تجاری در زمینه‌ی جمع‌آوری داده‌های سه‌بعدی، که جایگزین بسیار مناسبی برای اسکنرهای لیرزی گران‌قیمت بوده، سنجنده‌ی Kinect است که توسط شرکت Microsoft در سال ۲۰۱۰ به بازار ارائه شده است. ابتدا Kinect جهت بازی های رایانه‌ای طراحی شد. به هر حال، مشخصه های اطلاعات گرفته شده توسط Kinect توجه محققان را در رشته‌ی نقشه‌برداری و مدلسازی سه بعدی، جلب نموده است. نمایش اخیر از پتانسیل های Kinect در مدلسازی سه بعدی در محیط های داخلی می تواند در کارهای هنری و همکارانش دیده شود[5]، [6]،[7]،[8].

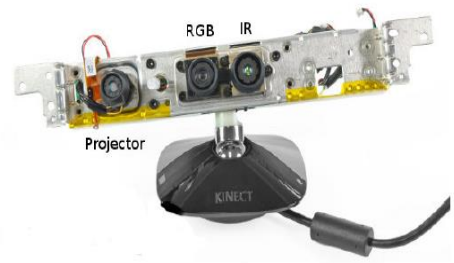
۱ Line of Sight
۲ Registration
۳ Ground Control Points (GCP)

این ابزار به جهت دارا بودن سیستم تشخیص سریع وضعیت انسان، بسیار مورد استقبال قرار گرفته و در صدر سنجنده های سه بعدی توسعه یافته است. هزینه‌ی کم، قابلیت اطمینان و سرعت بالای اندازه گیری، به Kinect وعده‌ی این را می دهد که آن را جزء دستگاه های اصلی اندازه‌گیری سه‌بعدی در صنعت رباتیک داخلی، بازسازی صحنه‌ی سه بعدی و شناخت و تشخیص اشیاء، نماید. Kinect یک سنجنده فعال است که خروجی لحظه‌ای این سنجنده، دو تصویر RGB و عمق در ابعاد ۶۴۰×۴۸۰ پیکسل می‌باشد. ادغام اطلاعات عمق و رنگ، منجر به ایجاد یک ابر نقطه ای رنگی سه‌بعدی می شود که حاوی حدود سیصد هزار نقطه در هر فریم است. این سنجنده توانایی بالقوه درکسب اطلاعات و مدلسازی متراکم سه بعدی محیط های داخلی و همچنین تلفیق داده‌ها با وضوح، بسرعت و دقت بالا را داراست.

شکل ۱: یک فریم از تصویر RGB (بالا) و عمق (پایین) اخذ شده توسط Kinect

مناطق روشن در تصویر سمت راست از شکل (۱) (ماکزیمم درجه خاکستری)، محل‌هایست که به دلایل مختلفی مثل Occlusion، فاصله زیاد، جنس مواد موجود در صحنه و زاویه سطح نسبت به پرتوهای تابیده شده با مشکلات تناظریابی همراه بوده‌اند؛ از طرفی درجات خاکستری در سایر مناطق موجود در صحنه، گویای دوری و نزدیکی اشیاء نسبت به سنجنده می‌باشند.

این سنجنده در طراحی خود متشکل از سه بخش اصلی می باشد:



شکل ۲: اجزاء سنجنده ی کینکت

الف) پروژکتور در محدوده‌ی طیفی مادون قرمز نزدیک. این پروژکتور به طور پیوسته الگوی ثابتی از نقاط نورانی را به سمت صحنه‌ی روبروی خود می‌تاباند.

ب) سنجنده‌ی حساس به محدوده‌ی مادون قرمز نزدیک که به عنوان یک دوربین عمقی کار می‌کند و با هدف ثبت الگوی تابیده شده توسط پروژکتور طراحی شده است.

پ) دوربین مرئی و رنگی، جهت تشخیص محتوا و بافت تصویر که همزمان تصویر True Color از محیط اخذ می‌کند.

در روش پیشنهادی، از پتانسیل اخذ تصاویر RGB همزمان با تصاویر عمق در سنجنده‌ی Kinect بعنوان یک منبع اطلاعات رادیومتریکی از صحنه‌ی تصویربرداری بهره گرفته شده است. این منبع با استفاده از وضعیت جابجایی نسبی صحنه و سنجنده امکان تأمین اطلاعات مفیدی از جمله بردارهای جریان نوری را فراهم خواهد کرد.

۳- روش پیشنهادی ICP+OF در هم‌مرجع سازی ابر نقاط Kinect

انتخاب نقاط متناظر در دو ابر نقطه متوالی و تعیین پارامترهای انتقالی و دورانی و تطبیق ابر نقاط، چارچوب کلی در فرآیند هم‌مرجع‌سازی می باشد[9].

به عبارت دیگر در الگوریتم ICP، پس از شناسایی نقاط متناظر و تخمین پارامترهای ترانسفورماسیون در دو ابر نقطه، این دو سری ابر نقطه به یکدیگر متصل می‌شوند، سپس مجموعه‌ی نقاط ابر اول به مجموعه نقاط در ابر دوم منتقل شده و این مراحل تا رسیدن به همگرایی مناسب بین دو ابر نقطه ادامه خواهد یافت[10]. در اختیار داشتن پارامترهای ترانسفورماسیون تقریبی بین ابر نقاط در کیفیت نتایج ICP تأثیر گذار بوده و اساساً فرض وجود پارامترهای تبدیل تقریبی ابر نقاط در این الگوریتم بعنوان یک ضرورت فنی مطرح می‌باشد. عدم در اختیار داشتن پارامترهای تقریبی ترانسفورماسیون به خصوص در ابر نقاط نویزی با تغییرات عمق شدید، می‌تواند در صحت نتایج هم‌مرجع‌سازی تأثیر گذاشته و نتایج بدست آمده، انتظارات فنی لازم را تأمین نسازند.

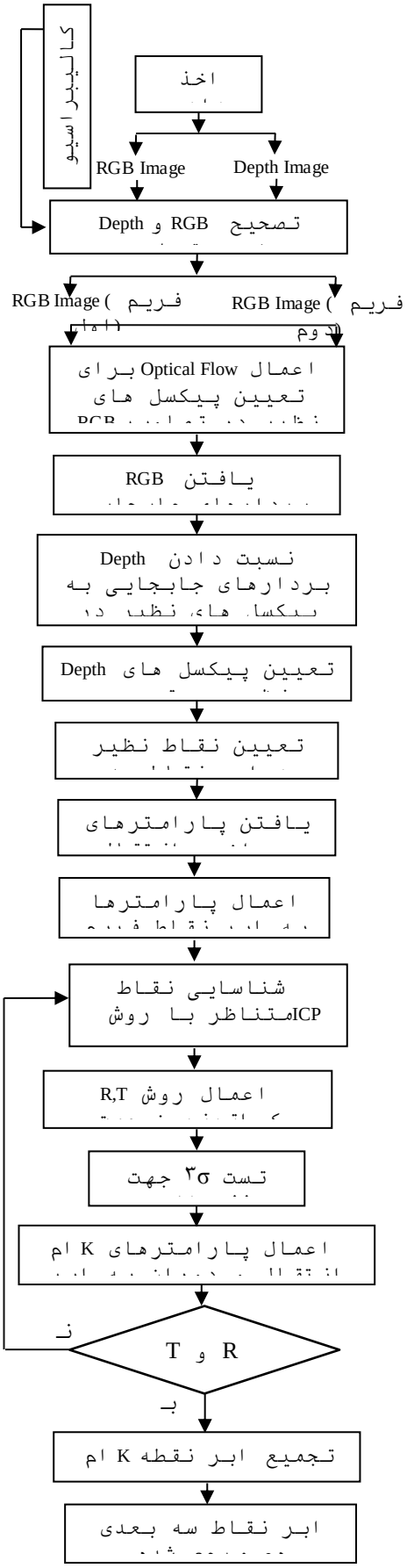
داده‌های عمق اخذ شده توسط سیستم‌های جدیدی مثل Kinect این امکان را فراهم آورده که بتوان با نرخ بالایی، داده‌های سه‌بعدی از میدان دید لحظه‌ای سنجنده اخذ نمود. نرخ بالا در نمونه‌برداری موجب شده که جابجایی نسبی سکو و عوارض در فریم‌های متوالی اندک بوده و بتوان فرض انطباق تقریبی ابر نقاط مربوط به فریم‌های متوالی را در نظر گرفت. این اتفاق شرایط لازم به منظور اجرای تکنیک‌های هم‌مرجع‌سازی اتوماتیک را در مورد فریم‌های متوالی تصویر عمق فراهم می‌سازد.

بدیهی است که عمده‌ی اختلافات میان فریم‌های متوالی ناشی از تغییرات وضعیتی در سکوی سنجنده بوده و در دو فریم متوالی، جابجایی مرکز تصویر سنجنده نقش کمتری را در عدم انطباق ابر نقاط متناظر داشته باشد. بر این اساس به نظر می‌رسد که عواملی همچون: ۱- وجود تغییرات دورانی سکوی اخذ تصویر عمق در فریم‌های متوالی و ۲- عدم انطباق سرعت اخذ داده و سرعت ثبت آن توسط رابط کامپیوتری، موجب افزایش عدم تطابق ابر نقاط متوالی گردد.

باید توجه داشت که دقت و چگالی نقاط سه‌بعدی بدست آمده از تصاویر عمق وابسته به میزان فاصله عوارض تا سنجنده بوده[6]،[11] و این عامل موجب شده که صحت پارامترهای ترانسفورماسیون اولیه در فرآیند هم‌مرجع‌سازی حیاتی‌تر گردد. بعبارت جامعتر، در یک فرآیند انتخاب اتفاقی نقاط سه‌بعدی در ابر نقاط یک تصویر عمق، احتمال انتخاب درصد بیشتری از نقاط کم‌عمق در مقایسه با نقاط دورتر از سنجنده خواهد بود که این عامل تأثیر وجود خطا در هم‌مرجع‌سازی را برای نقاط با عمق زیاد، افزایش می‌دهد. علاوه بر این، همین مسأله باعث شده که احتمال همگرایی هم‌مرجع‌سازی به نتایج نادرست افزایش یابد. بر این اساس، در متدولوژی پیشنهاد شده در این مقاله سعی شده که تا حد امکان صحت انتخاب نقاط متناظر در اولین تکرار الگوریتم ICP ارتقا یابد.

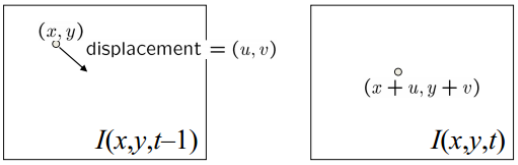
روش بکارگرفته شده مبتنی بر بکارگیری همزمان دو تصویر عمق و RGB در فرآیند هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط متوالی در سنجنده‌ی Kinect می‌باشد. در این رویکرد، با تشخیص میزان جابجایی‌های محلی تصویر RGB در فریم‌های متوالی بکمک تکنیک Optical Flow (OF) [12]،[13]،[14]، بردارهای جابجایی تخمین زده شده؛ سپس از بردارهای مذکور به منظور انتخاب نقاط متناظر در تصاویر عمق استفاده شده است. انتظار می‌رود که این کار با افزایش صحت انتخاب نقاط متناظر از وقوع همگرایی‌های نامناسب در الگوریتم ICP جلوگیری نماید[4]. بعبارت جامعتر، در روش پیشنهادی که بر روی داده‌های عمق و تصاویر متناظر RGB سیستم Kinect پیاده‌سازی شده، از تلفیق روش OF و روش ICP به منظور اجرای فرآیند هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط استفاده شده است. تلفیق صورت گرفته در این تحقیق با هدف غلبه بر برخی از مشکلات روش سنتی ICP همچون: ۱- گرفتار شدن الگوریتم در مینیمم‌های محلی و ۲- کندی همگرایی صورت گرفته که نتایج پیاده‌سازی‌ها، کفایت این روش را تأیید نموده‌اند.

در ادامه فلوچارت و جزییات مربوط به پیاده‌سازی روش پیشنهادی بطور مفصل تشریح شده است.



۳-۱- تکنیک Optical Flow و ملاحظات اجرایی آن در فرآیند تلفیقی ICP+OF

Optical Flow که تقریبی از جابجایی پیکسل‌ها در دو فریم متوالی را برآورد می‌کند، روشی برای آشکارسازی تغییرات[۱] هندسی بین فریم های متوالی می‌باشد. در تصاویر متوالی با ردیابی و جستجوی نقاط متناظر می‌توان میزان جابجایی نقاط متحرک را تحلیل و بررسی کرد. از آنجایی که Optical Flow نمایانگر برآوردی از جابجایی در حد پیکسل در تصاویر متوالی می باشد، از هرگونه تغییر در میزان شدت روشنایی میتوان صرفنظر کرد.



شکل ۳: عارضه‌ای با موقعیت (x,y) در فریم اول و با موقعیت (x+u,y+v) در فریم دوم

با صرفنظر از هرگونه تغییر در میزان شدت روشنایی میتوان نوشت:

$$\boldsymbol{I(x,y,t-1) = I(x+u(x,y), y+v(x,y), t)} \qquad (۱)$$

با استفاده از بسط تیلور، سمت راست معادله را خطی سازی کرده و به نتایج زیر خواهیم رسید:

$$\boldsymbol{I(x+u, y+u, t) = I(x,y,t-1) + I_x . u(x,y) + I_y . v(x,y) + I_t} \qquad (۲)$$

$$\boldsymbol{\left(I_x = \frac{\partial I}{\partial x}, I_y = \frac{\partial I}{\partial y}, I_t = \frac{\partial I}{\partial t}\right)}$$

$$\boldsymbol{I(x+u, y+u, t) - I(x,y,t-1) = I_x . u(x,y) + I_y . v(x,y) + I_t} \qquad (۳)$$

در نتیجه:

$$\boldsymbol{I_x . u + I_y . v + I_t = 0}$$

[۱] Change Detection

و در نتیجه:

$$\nabla I.[u\ v]^T + I_t = 0$$

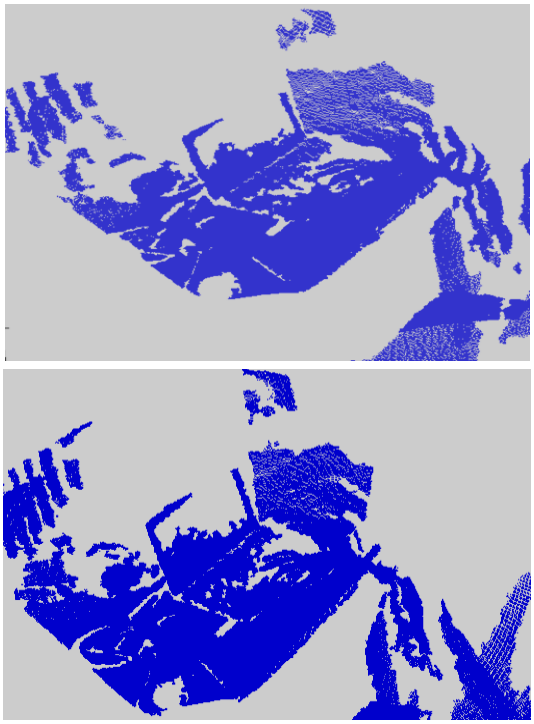
از جمله مواردی که در یافتن بردار جابجایی باید مد نظر داشت، ابعاد پنجره ای است که در آن، بردار جابجایی به صورت محلی برآورد می‌شود. از موارد شایان ذکر دیگر، انتخاب مقیاس مناسب جهت کوچک کردن تصویر می‌باشد، به عبارت واضحتر؛ تصویر را باید به اندازه‌ای کوچک کرد تا میزان جابجایی که در تصویر رخ داده در حد پیکسل باشد. انتخاب مقیاس مناسب به منظور برآورد صحیح بردارهای جابجایی از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. با این ملاحظات، نقاط متناظر را در تکرار اول با روش Optical Flow می یابیم تا حرکت غالب گرفته شود، در تکرارهای بعدی با ICP شناسایی نقاط متناظر را ادامه می دهیم. همانگونه که در نتایج پیاده سازی ملاحظه خواهد شد اگر Optical Flow اعمال نگردد، احتمال اینکه در کمینه محلی گیر کنیم بسیار بیشتر خواهد بود.

۳-۲- الگوریتم ICP

اساس کار ICP جستجوی جفت نقاط متناظر در دو مجموعه ابر نقطه می باشد. در این الگوریتم فرض بر این است که نزدیکترین نقطه در ابر نقطه دوم بهترین تقریب از نقطه متناظر آن در ابر نقطه اول می‌باشد، البته این فرض زمانی برقرار است که مقادیر اولیه برای ایجاد ارتباط نسبی بین ابرهای نقطه بتواند ارتباط تقریباً مناسبی بین ابرهای نقطه را فراهم کند[4]،[10]،[15]،[16]. از جمله ملاحظاتی که در اجرای ICP باید در نظر داشت: تعداد نقاط متناظری را که در هر بار تکرار در نظر گرفتیم، همچنین حد آستانه مربوط به حداکثر تکرارهای ICP عادی و OF+ ICP، می‌باشد. همچنین جهت برآورد پارامترهای ترانسفورماسیون از تکنیک کواترنیون بهره گرفتیم[17]. در انجام ICP، مقیاس را در تمامی تکرارها ثابت فرض کردیم و تبدیل بین ابرنقاط را به شکل یک تبدیل کاملاً صلب انجام دادیم.

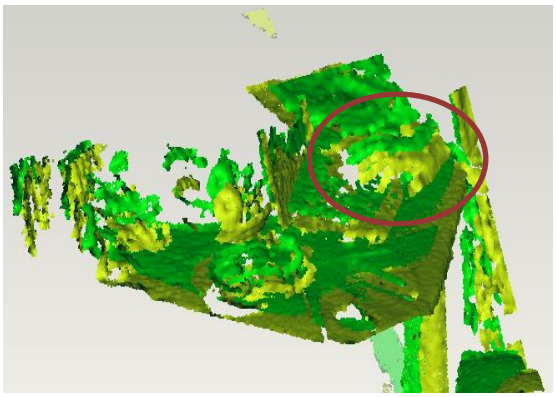
۴-پیاده‌سازی و نتایج

این بخش به ارائه نتایج بدست آمده از پیاده‌سازی روش تلفیقی ICP+OF اختصاص دارد. برای این منظور دو فریم متوالی از تصویر عمق و RGB سنجنده‌ی Kinect مربوط به یک صحنه از یک محیط داخلی انتخاب شده است. شکل (۳) ابر نقاط متناظر این دو فریم بدون اجرای فرآیند هم‌مرجع‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: ابر نقاط خام متناظر این دو فریم

نتایج استفاده از الگوریتم ICP در شکل (۴) نشان داده شده است.

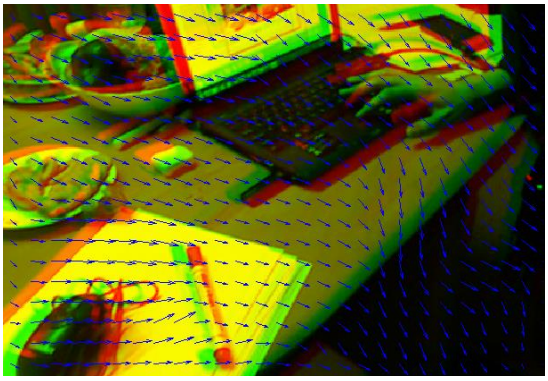


شکل 4: هم مرجع سازی بکمک روش ICP

همانطور که مشاهده می‌شود، بعد از اجرای الگوریتم ICP بواسطه‌ی چگالی بالای نقاط کم عمق و دقت

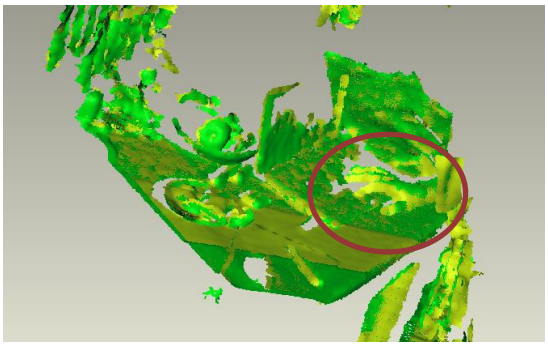
پایین نقاط عمیق در تصویر عمق، احتمال وقوع هم‌مرجع‌سازی‌های نادقیق زیاد خواهد بود. این پدیده را می‌توان در اتصال دو ابر نقطه در نواحی سطح میز و جدایی آنها در مناطق دیگر و همچنین در اتصال ابر نقاط انگشتان دست و لپ تاپ، مشاهده نمود. بعبارت دیگر، در ابر نقاط حاصل از دو فریم مذکور، بواسطه‌ی مشکلات مطرح شده در بخش (۳)، انطباق مطلوبی حاصل نشده است. بعد از پیاده‌سازی‌های مکرر بطور تجربی ثابت شد که انتخاب نقاط متناظر در اولین تکرار الگوریتم ICP در کیفیت اتصال ابرنقاط مؤثر خواهد بود.

در ادامه‌ی کار، متدولوژی تلفیقی Optical Flow و ICP به منظور ارزیابی میزان کفایت آن در بهبود نتایج ICP در داده‌های مورد بحث، پیاده‌سازی شد. بردارهای جابجایی بدست آمده برای تصاویر RGB متوالی در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۵: بردارهای جابجایی بدست آمده از دو فریم متوالی توسط تکنیک جریان تصویری

مطابق با دستورالعمل بیان شده در بخش متدولوژی، از بردارهای OF به منظور شناسایی نقاط متناظر در تصاویر عمق استفاده شد. فرض انطباق تصویر عمق و RGB از مواردی است که به منظور سهولت پیاده‌سازی روش تلفیقی در نظر گرفته شده است. بعد از یافتن پیکسل‌های متناظر در دو تصویر عمق متوالی بکمک بردارهای جابجایی OF و حذف مشاهدات اشتباه بکمک ارزیابی فاصله‌ی میان نقاط سه‌بعدی متناظر در فضای شیئی، از این نقاط در فرآیند برآورد پارامترهای دوران و انتقال دو ابر نقطه‌ی متوالی بهره گرفته شد. بدیهی است که فرضیات ساده‌ای که موجب سهولت روال اجرایی در شناسایی نقاط متناظر شده است؛ در صحت انتخاب نقاط متناظر نیز تأثیرگذار باشد. اما می‌توان انتظار داشت که برآورد و اعمال اولین ترانسفورماسیون موجب کاهش بیشتر خطای سیستماتیک در فرآیند هم‌مرجع‌سازی دو ابر نقطه گردد. در ادامه، به منظور بهبود کیفیت فرآیند هم‌مرجع‌سازی، طی چند تکرار الگوریتم ICP به اجرا در خواهد آمد. نتایج پیاده سازی این روش در شکل (۶) ارائه شده است.



شکل۶: هم‌مرجع‌سازی بکمک روش تلفیقی ICP+OF

همانطور که مشاهده می‌شود با بکارگیری روش تلفیقی ICP+OF ابر نقاط دو فریم متوالی با کیفیت بیشتری متصل شده و بیننده قادر است تفاوت آن را بطور بصری از مقایسه‌ی نتایج آن با روش ICP (شکل ۴) درک کند. این تفاوت در محل اتصال ابر نقاط در محل انگشتان دست به طور چشمگیری مشهود است. همچنین، مدت زمان اجرای الگوریتم با بکارگیری روش تلفیقی ICP+OF بسیار کمتر از روش ICP است، بگونه ای که در اجرای الگوریتم با تعداد فریم بالا این میزان تفاوت، قابل توجه می باشد.

5- نتیجه‌گیری

توسعه‌ی ابزارهای کارآمد و ارزان قیمت در زمینه‌ی استخراج اطلاعات مکانی، لزوم توسعه روشهای جدید پردازش و الگوریتم‌های اجرایی جدید را می‌طلبد. سیستم‌هایی مثل Kinect قادر هستند حجم زیادی از موقعیت نقاط سه‌بعدی مقابل با میدان دید لحظه‌ای سنجنده را با نرخ بالایی اندازه‌گیری نمایند. در بسیاری از کاربردها، تصاویر بدست آمده از یک صحنه به تنهایی برای رسیدن به اهداف پردازشی و آنالیز مطلوب کافی نمی باشد. به بیان دیگر، پوشش کامل

محیط بوسیله سنجنده معمولاً نیازمند جمع آوری داده از نقاط دید چند گانه می باشد. از این رو در مقاله حاضر، از داده های RGB برای کمک به فرآیند ICP بهره گرفته شد و در این روش پیشنهادی، یک راهکار جدید به منظور هم‌مرجع‌سازی ابر نقاط سه بعدی اخذ شده توسط دوربین‌های عمق ارائه شد وکارآمدی روش پیشنهادی در زمینه‌ی هم‌مرجع‌سازی با استناد به نتایج پیاده سازی تأیید گردید.

از مواردی که به عنوان تحقیقات پیش رو مطرح می باشند می توان به چند موضوع اشاره نمود:

(الف) بکارگیری همزمان داده های تصویری عمق و رنگی در تکنیک Optical Flow به منظور بهبود تناظریابی اولیه ابر نقاط

(ب) ارائه راهکارهایی برای تلفیق داده‌های هم‌مرجع سازی شده با هدف کاهش حجم داده ها در عین حفظ کیفیت آنها

(ج) لحاظ کردن دقت (میزان نویز پیش بینی شده) هر نقطه‌ی سه بعدی در ابر نقاط به عنوان وزن در فرآیند هم‌مرجع‌سازی

مراجع

[1] Vincent Tao, Jonathan Li. (2007). " Advances In Mobile Mapping Technology " Taylor & Francis/Balkema, British Library.

[2] Jan Smisek, Michal Jancosek and Tomas Pajdla. (2011). "3D with Kinect " .

[3] J.Shotton,A. Fitzgibbon,M.Cook,T.Sharp,M.Finocchio, R.Moore,A.Kipman,A.Blake. (2010). "Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images ", Microsoft Research Cambridge & Xbox Incubation.

[4] Akca, D. (2007). " Matching of 3D surfaces and their intensities" , ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing" , 62(2), 112_121.

[5] Henry, P.,Krainin, M., Herbst, E., Ren, X., Fox, D. (2010). " RGB_D Mapping: Using Depth Cameras for Dence 3D Modeling of indoor Environment", Proc. of International Symposium on Experimental Robotics (ISER).

[6] K. Khoshelham. (2011). "Accuracy analysis of kinect depth data" In ISPRS Workshop Laser Scanning , volume XXXVIII.

[7] Shahram Izadi, David Kim, Otmar Hilliges, David Molyneaux, Richard Newcombe,Pushmeet Kohli, Jamie Shotton, Steve Hodges, Dustin Freeman,Andrew Davison, Andrew Fitzgibbon.(2011). "KinectFusion: Real-time ,3D Reconstruction and Interaction Using a Moving Depth Camera".

[8] Peter Henry, Michael Krainin, Evan Herbst, Xiaofeng Ren and Dieter Fox, RGB-D mapping: "Using Kinect-style Robotics esearch indoor environments", The International Journal of depth cameras for dense 3D modeling .

[9] Mohammad Saadatseresht. (2010). " Range Base Modelling" , Tehran University.

[10] Chen, Y., and Medioni, G.(1992). " Object modelling by registration of multiple range images. Image and Vision Computing" ,vol. 10(3): pp. 145-155.

[11] Kourosh Khoshelham , Sander Oude Elberink.(2012). "Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications".

[12] David J. F leet, Yair Weiss. (2005). " Optical Flow Estimation" .

[13] J.L.Barron and N.A.Thacker. (2005). "Computing 2D and 3D Optical Flow ", ACM Computing Surveys, Vol. 27, No. 3, September 1995, pp. 433-467.

[14] Giuseppe Catalano Alessio Gallace Bomi Kim Sergio Pedro. (2009). " Optical Flow".

[15] timo Zinber, Jochen Schmidt, Heirich Niemann. (2005). " Point Set Registration With Integrated Scale Estimation " .

[16] Timothée Jost and Heinz Hügli . (2003). "A Multi-Resolution ICP with Heuristic Closest Point Search for Fast and Robust 3D Registration of Range Images ", Proceedings of the Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM 2003).

[17] Faugeras, O.D., and Herbert, M. (1986). " The representation recognition and locating of 3D objects " .