اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

مدلسازی اتوماتیک صورت انسان با استفاده از روش فتوگرامتری برد کوتاه و مثلث بندی با لیزر

فاطمه ایمانی خواه[۱*]، حمید عبادی[۲]، فرید اسماعیلی[۳]

۱- کارشناسی نقشه برداری دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
۳- دانشجوی دکتری فتوگرامتری دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده :

مدلسازی و اندازه گیری روی صورت انسان در زمینه‌های مختلف علوم حائز اهمیت می‌باشد. برای مدلسازی اتوماتیک صورت انسان روش-های مختلفی از جمله تکنولوژی لیزر اسکن، روش‌های مبتنی بر استفاده از تصاویر و فتوگرامتری رقومی استریو و روش‌های استفاده از نور ساختار یافته وجود دارد. از میان روش‌های نامبرده برای مدلسازی صورت انسان رایج‌ترین روش استفاده از لیزر اسکنرها می‌باشد. اما از لحاظ دستیابی به اطلاعات با هزینه‌ای اندک و سرعت بالا، روش‌های فتوگرامتری دارای نتایج قابل قبول می‌باشند. در بیشتر روش‌ها برای مدلسازی صورت با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه و تسهیل فرآیند تناظریابی و افزایش دقت، بافت نوری تصادفی یا تعدادی تارگت بر روی صورت قرار می‌گیرد. این امر ممکن است باعث تغییر شکل محل مورد بررسی و کاهش دقت و ... شود. در این مقاله ابزاری جدید به منظور مدلسازی صورت با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه و تسهیل هرچه بیشتر این فرآیند ارائه شده است به گونه‌ای که با کمترین هزینه و کمترین تعامل با فردی که مدلسازی صورتش مورد نظر می‌باشد، بدون نیاز به استفاده از بافت تصادفی و قرار دادن تارگت بر روی صورت فرد، این فرآیند امکان پذیر شود. مدل تولید شده با این روش با دقتی در حدود ۴ میلیمتر و مدل تولید شده با روش لیزر با دقتی در حدود ۱ میلی‌متر بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی : فتوگرامتری برد کوتاه، مدلسازی صورت انسان، تصاویر همگرا، مثلث بندی با لیزر، تارگت‌های کددار مصنوعی

نویسنده مکاتبه کننده : فاطمه ایرانی خواه
آدرس پستی : ایران، تهران، تقاطع خیابان میرداماد و ولیعصر، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
تلفن : ۰۹۱۹۱۰۸۶۷۵۶
آدرس پست الکترونیک : Fatemehimanikhah@yahoo.com

۱- مقدمه

مطالعات فتوگرامتریک روی صورت انسان بیشتر از هر عضو دیگر بدن صورت گرفته است. روش‌های متعددی برای مدلسازی اتوماتیک صورت انسان وجود دارد که از میان آن‌ها می‌توان به روش‌های فتوگرامتری برد کوتاه بر مبنای استفاده از تصویربرداری همگرا از عارضه، روش‌های مبتنی بر استفاده از تکنولوژی لیزر اسکن، روش استفاده از تصویربرداری فروسرخ، روش استفاده از نور ساختاریافته، روش برمبنای مدل پیش الگوی چند لایه و تکنیک‌های ترکیبی با روش‌های فتوگرامتری و دیگر روش‌ها اشاره کرد [۱]. در بین تکنیک‌های مدلسازی سه بعدی، فتوگرامتری به دلیل کم هزینه بودن، مضر نبودن برای بافت‌های بدن، امن بودن، وارد کردن اطلاعات هندسی به داده‌های تصویری، غیر تماسی بودن، راحت بودن، قابلیت آرشیوسازی برای پردازش های آتی و امکان اندازه گیری‌های بلادرنگ، کاربرد بسیاری دارد [۲]. اما باز هم نیاز به دخالت قابل توجه انسان می‌باشد.

در زمینه تهیه مدل سه بعدی صورت با بکارگیری روش های فتوگرامتری برد کوتاه و تکنولوژی لیزر اسکنر، تحقیقات متفاوتی انجام گرفته است. با بررسی این مطالعات، به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در عمده مطالعات پیشین برای مدلسازی صورت با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه و تسهیل فرآیند تناظریابی، بافتی تصادفی یا تعدادی تارگت بر روی صورت قرار گرفته است که این امر ممکن است باعث تغییر شکل محل مورد بررسی و کاهش دقت و ... شود. همچنین در بیشتر تحقیقات انجام شده از چند دوربین رقومی و یا ترکیب آنها با سیستم های تأمین نور ساخت یافته استفاده شده است که این امر موجب افزایش هزینه مدلسازی می شود [۳،۴،۵،۶ و ۷]. تفاوت اصلی فعالیت حاضر با سایر فعالیت های انجام شده، مدلسازی صورت بدون نیاز به استفاده از بافت تصادفی و قرار دادن تارگت بر روی صورت فرد و تنها با استفاده از یک دوربین می باشد. لذا هدف اصلی این تحقیق ارزیابی کاربرد تکنیک‌های فتوگرامتری مبنا در مدلسازی اتوماتیک صورت انسان و ارائه راهکاری اجرایی برای ایجاد امکان تسهیل استفاده از این روش‌ها در مدلسازی صورت می‌باشد.

۲- معرفی تکنیک های مورد استفاده در این تحقیق

در این تحقیق تنها با استفاده از یک دوربین و ساخت یک قاب، مدل صورت با استفاده از تارگت های کددار مصنوعی، بدون استفاده از تارگت های کددار مصنوعی و با استفاده از اسکنر مبتنی بر مثلث بندی با لیزر بدست آمده است .

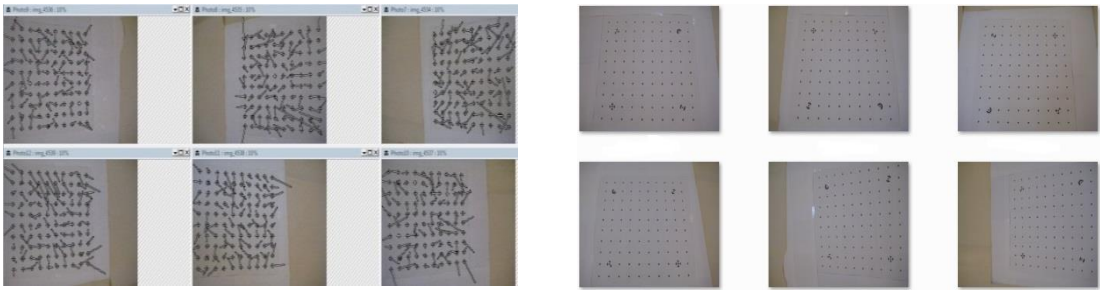
۲-۱- مدلسازی اتوماتیک با تارگت‌های کددار مصنوعی

در این تحقیق با ساخت یک قاب روشی ارائه شده است که بدون نیاز به استفاده از بافت تصادفی و قرار دادن تارگت بر روی صورت فرد، بتوان مدلی مناسب از صورت بدست آورد. این قاب به گونه ای طراحی شده است که فرد به راحتی بر روی یک صندلی می‌نشیند و قاب مناسب با قد فرد تنظیم می‌شود و در اطراف سر قرار می‌گیرد. سپس با تصویربرداری همگرا از صورت در قالب یک شبکه محدب نسبت به آن و تنها به وسیله یک دوربین مدل سه بعدی صورت بدست می آید. برای مدلسازی صورت با استفاده از این روش از نرم افزار Photomodeler scanner ماژول Dense Surface Modeling و دوربین Canon PowerShot SD750 استفاده شده است. در این ماژول در طی یک فرآیند تناظریابی ترکیبی نیمه اتوماتیک، نقاط متناظر روی عارضه در تصاویر همگرای اخذ شده استخراج و شناسایی شده، و به کمک مدل های جبری (پارامتریک) در فتوگرامتری، مختصات سه بعدی نسبی نقاط در فضای عارضه در قالب یک ابر نقطه، تعیین می گردند. این ماژول به گونه ای عمل می کند که ابتدا برای هر جفت تصویر مورد استفاده میزان همپوشانی را بررسی می‌کند و در صورت داشتن همپوشانی کافی، آن‌ها را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که پیکسل های تصویری هم تراز شوند و در طول خط اپی پولار قرار گیرند. سپس با استفاده از الگوریتم های تناظریابی، جستجو در طول یک ردیف از پیکسل های تصویر مقصد آغاز می‌شود. به گونه‌ای که ابتدا در تصویر اول محدوده‌ای به نام پنجره الگو انتخاب می‌شود و در تصویر مقصد هم محدوده‌ای به نام پنجره جستجو انتخاب می‌شود. در فضای جستجو هم، پنجره کوچکتری به‌ابعاد

پنجره الگو حرکت می‌کند. سپس به کمک معیار تناظریابی، میزان شباهت این پنجره با پنجره الگو انتخاب شده، مقایسه می شود و هرجا که با توجه به معیار تعریف شده، تناظر خوبی پیدا شود، ثبت می‌شود. ابعاد محدوده جستجو با پارامترهای موجود در این ماژول کنترل می‌شود. سپس تمامی تناظرهای یافته شده با توجه به همپوشانی کلی بهینه می‌شوند و تناظرهای ضعیف حذف می‌شوند. در انتها پالایشی زیر پیکسلی بر روی تناظرهای یافته شده انجام می‌شود و موقعیت این نقاط متناظر برای ایجاد نقاط سه بعدی، با استفاده از اطلاعات موقعیت دوربین، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲-۱-۱- کالیبراسیون دوربین

کالیبراسیون با استفاده از شبکه کالیبراسیون استاندارد تعریف شده در نرم افزار PhotoModeler انجام شده است. مطابق شکل (۱) جهت برآورد بهینه پارامترهای توجیه داخلی دوربین، ۱۲ تصویر همگرا با زوایای قائم و ۴۵ درجه نسبت به میدان آزمون به نحوی اخذ گردیده اند که لبه‌های تصویر بر لبه نزدیکتر میدان آزمون در هر ایستگاه منطبق باشد. در این نرم افزار پارامتر σ_0 معیار مناسبی برای ارزیابی کیفیت پروژه می‌باشد. این پارامتر یک اندازه گیری آماری است که در حین پردازش (سرشکنی دسته اشعه) محاسبه می‌شود. در واقع در سرشکنی دسته اشعه مقیاسی برای دقت مورد انتظار پارامترها در نظر گرفته می‌شود که به آن سیگما صفر (σ_0) می گویند و در این نرم افزار مقدار این پارامتر ۱ تنظیم شده است. در یک فرآیند کالیبراسیون مناسب، این پارامتر باید کمتر از ۱ باشد که در این پروژه مقدار ۰.۸۳۸ بدست آمده است. در واقع هنگامی که در فرآیند سرشکنی تمامی فرضیات موجود در سرشکنی دسته اشعه برآورده شوند مقدار این پارامتر ۱ خواهد بود. اگر این مقدار کمتر از ۱ بدست آید می‌توان گفت که داده ها مناسب هستند و دقت علامت گذاری نقاط از مقدار فرض شده بهتر بوده است.



(ب) (الف)

شکل ۱: الف) ۶ تصویر از تصاویر اخذ شده برای کالیبراسیون ب) بردار باقی مانده نقاط پس از اجرای فرآیند کالیبراسیون

جهت اطمینان از عدم وجود خطاهای سیستماتیک در سطح تصویر بردار باقی مانده‌های نقاط نیز بررسی شده است. مقادیر به دست آمده در این فرآیند به عنوان پارامترهای کالیبراسیون دوربین مورد استفاده ثبت شده است. مشخصات فنی دوربین مورد استفاده در جدول (۱) و پارامترهای حاصل از فرآیند کالیبراسیون در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول۱: مشخصات فنی دوربین مورد استفاده

مدل	فاصله کانونی اولیه(میلیمتر)	ابعاد تصویر
Canon powershot SD 750	۵.۸	عرض = ۳۰۷۲ پیکسل ارتفاع= ۲۳۰۴ پیکسل

جدول۲: پارامترهای حاصل از فرآیند کالیبراسیون

فاصله کانونی(میلیمتر)	مختصات نقطه اصلی (میلیمتر)	پارامترهای اعوجاج عدسی
۶.۰۰۵۱	۲.۷۹۵۱X= ۲.۱۴۲۶Y=	-۰.۰۰۰۱۶۴۹, K2=۰.۰۰۴۷۲۸K1= -۰.۰۰۰۰۵۶۸۵, P1=۰K3= ۰.۰۰۰۰۴۷۳۱P2=

۲-۱-۲- سخت افزار طراحی شده

در این تحقیق با ساخت یک قاب ابزاری ارائه شده است که بدون نیاز به استفاده از بافت تصادفی و قرار دادن تارگت بر روی صورت فرد بتوان مدلی مناسب از صورت بدست آورد. جهت تسهیل فرآیند تناظریابی و اتوماسیون هرچه بیشتر فرآیند مدلسازی، تعدادی تارگت در اطراف محل قرارگیری صورت در قاب قرار داده شده است. ابعاد تارگت‌ها و قاب طراحی شده، بر مبنای ابعاد نسبی عارضه هدف جهت مدلسازی (صورت انسان) به طور ثابت طراحی گردیده اند. بر این اساس با یک دوربین غیر متریک با فاصله کانونی کمتر از ۸ میلیمتر و زاویه دید بیشتر از ۴۰ درجه میتوان از فاصله حدوداً یک متری تصویربرداری همگرا از عارضه را به نحوی انجام داد که نقاط مناسب روی صورت و همچنین تارگت های کددار (با قطر داخلی ۴.۵ میلیمتر) به راحتی قابل تشخیص و استخراج باشند.

(الف)

(ب)

شکل ۲: الف) تارگت‌های تولید شده با نرم افزار Photomodeler scanner ب) قاب ساخته شده

۲-۱-۳- تکنیک تصویربرداری و طراحی شبکه

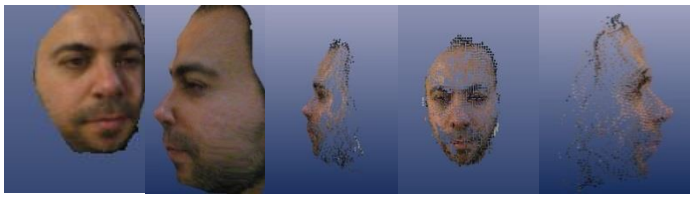
جهت بدست آوردن فاصله مناسب تا فرد و زاویه مناسب تصویربرداری برای ایجاد مدل مناسب صورت، چندین حالت مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی مدل‌های ایجاد شده این نتیجه حاصل گردید که دستیابی به مدلی مناسب از صورت نیازمند رعایت نکات مختلفی از جمله: عدم حرکت مدل در حین تصویربرداری، استفاده از یک یا دو تصویر با زاویه ای زیاد و متفاوت با سایر تصاویر جهت توجیه درست و مناسب و ... می‌باشد. در نهایت با توجه به نکات بدست آمده فاصله بین دوربین تا فرد در حدود ۹۰ سانتی‌متر تنظیم شد. تصاویر با پوشش مناسب از صورت گرفته شد به طوری که ۳ تصویر از قسمت بالای صورت و ۳ تصویر از قسمت پایین صورت گرفته شد و زوایای تصاویر در محدوده ۱-۱۰ درجه بدست آمد. یک تصویر هم جهت کمک به توجیه دوربین با زاویه بیشتری گرفته شد.

شکل ۳ :تصاویر اخذ شده برای مدلسازی نهایی

بعد از وارد کردن تصاویر به نرم افزار توجیه داخلی دوربین با استفاده از فایل کالیبراسیون دوربین انجام شد و سپس تارگت‌های کددار به صورت اتوماتیک تشخیص داده و رفرانس شدند و توجیه خارجی انجام شد. سپس فاصله بین دو تارگت کددار اندازه‌گیری گردید و به عنوان مقیاس به نرم افزار معرفی شد. محدوده‌ی اطراف صورت در تمامی تصاویر مشخص شد و نقاط عطف صورت علامت‌گذاری و رفرانس شدند که در شکل (۴) نشان داده شده است. محدود کردن ناحیه مدلسازی به اطراف صورت سبب تسریع روند مدلسازی و کاهش نویز می‌شود. همچنین ایجاد نقاطی بر روی قسمت‌های مختلف صورت و سپس رفرانس کردن این نقاط در تمامی تصاویر مورد استفاده باعث بهبود مدل ایجاد شده می‌شود. در واقع نرم افزار با تعریف یک سطح اولیه به برآورد پارامترهای مختلف فرآیند مدلسازی و ایجاد مدل اقدام می‌کند. هنگامی که اپراتور نقاط عطف صورت را علامت می‌زند و رفرانس می‌کند باعث می‌شود که نرم افزار با استفاده از این نقاط سطح اولیه‌ای را تعریف کند که به سطح واقعی صورت نزدیکتر باشد و در نتیجه پارامترهای فرآیند مدلسازی و مدل ایجاد شده بدرستی بدست آیند.

شکل۴ :رفرانس کردن تارگت‌ها ،توجیه خارجی، مشخص کردن ناحیه مدلسازی، رفرانس کردن نقاط در قسمت‌های مختلف صورت

با تغییر پارامترهای مختلف فرآیند مدلسازی و حذف نویزها تا حد امکان، ابر نقاط نهایی بدست آمد. سپس از این ابر نقطه با اعمال فرآیند مثلث بندی، سطح صورت ایجاد شد و مدل نهایی با انطباق بافت بر سطوح مثلث‌ها، به صورت زیر بدست آمد.



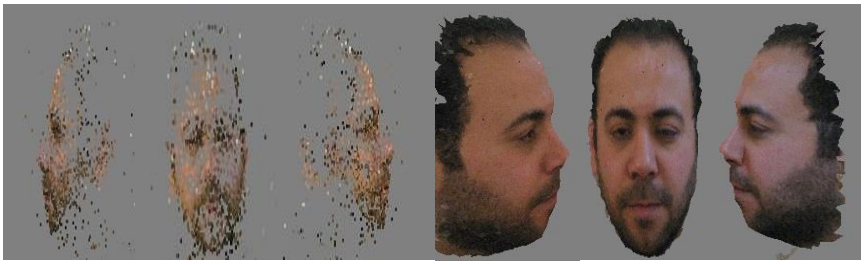
شکل ۵ :ابر نقطه و مدل سه بعدی صورت حاصل از مدلسازی نهایی

۲-۲- مدل سازی اتوماتیک بدون استفاده از تارگت‌های مصنوعی

در روش مدلسازی اتوماتیک بدون استفاده از تارگت‌های مصنوعی، مدلسازی صورت بدون استفاده از تارگت و تنها بر مبنای بافت صورت و با اتوماسیون بیشتری انجام می‌شود. برای اینکار از نرم افزار Agisoft photoscan professional استفاده شده است. جهت بدست آوردن حالت مناسب تصویربرداری برای ایجاد مدل مناسب صورت چندین حالت مورد بررسی قرار گرفت و با بررسی مدل‌های ایجاد شده این نتیجه حاصل گردید که در الگوریتم‌های تناظریابی مورد استفاده در این نرم افزار با توجه به اینکه صرفاً از نقاط خود عارضه استفاده می‌گردد (بدون استفاده از تارگت کددار یا سایر اطلاعات خارجی)، دستیابی به مدلی مناسب از صورت نیازمند رعایت نکات مختلفی از جمله: استفاده از تصاویر با زاویه کم و همپوشانی زیاد، و ... می‌باشد. در نهایت تعداد ۷ تصویر مورد استفاده قرار گرفت.

شکل۶ :تصاویر اخذ شده برای مدلسازی نهایی با استفاده از نرم افزار Agisoft

بدون نیاز به کالیبراسیون دقیق و رفرانس کردن نقاط کددار و رفرانس کردن نقاطی بر روی صورت ابر نقطه نهایی به بدست آمد و سپس با اعمال فرآیند مثلث بندی بر ابر نقاط، سطح صورت ایجاد شد و مدل نهایی نیز به صورت زیر بدست آمد.



شکل۷ :ابر نقاط و مدل سه بعدی صورت حاصل از مدلسازی نهایی

۲-۳- مدلسازی اتوماتیک با استفاده از اسکنر مبتنی بر مثلث بندی با لیزر

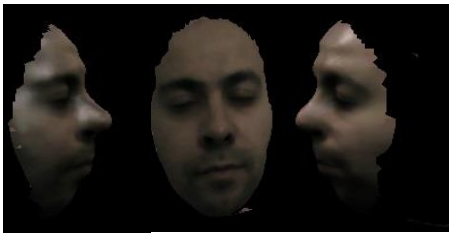
مثلث بندی با لیزر یکی از متداول ترین روش‌های اسکن و اندازه گیری سه بعدی اشیاء به شمار می‌رود. این سیستم‌ها عموماً از CCD[۱] به عنوان سنسور استفاده می‌کنند. سیستم‌های اولیه مبتنی بر مثلث بندی بصورت نقطه به نقطه به اسکن شئ می‌پرداختند که از نقطه نظر سرعت بسیار کند عمل می‌کردند. برای افزایش سرعت اسکن توسط این سیستم‌ها در نسل‌های بعدی به اسکن خطی روی آورده شده است. در این تکنیک با حرکت یک خط لیزر بر روی عارضه، سطح شئ جاروب گردیده و ابر نقاط سه بعدی از روی عارضه مورد نظر استخراج می‌گردد [۸]. در این تحقیق برای مدلسازی صورت با این روش، اجزاء سخت افزاری سیستم لیزر اسکنر DAVID بازسازی و مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه لیزر اسکنر، برای اسکن کردن سطوح اشیاء طراحی شده است و بر اساس روش مثلث بندی بر مبنای تصویر نور ساخت یافته کار می‌کند. برای اسکن اشیاء باید از پنل‌های کالیبراسیون در پشت شئ مورد نظر به همراه لیزر دستی و یک دوربین مجزا استفاده نمود. پنل‌های کالیبراسیون در ابعاد مناسب (A2) چاپ شدند و دوربین Acer crystal Webcam با رزولوشن ۱.۳ مگاپیکسل و لیزر خطی نور قرمز که در شکل (۸) نشان داده شده است و نرم افزار David-laser scanner برای ساخت این سیستم مورد استفاده قرار گرفتند.

شکل ۸: پنل‌های کالیبراسیون و لیزر خطی نور قرمز و دوربین مورد استفاده

[۱] charge coupled device

برای مدلسازی صورت با این سیستم چندین حالت مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی مدل‌های ایجاد شده این نتیجه حاصل گردید که دستیابی به مدلی مناسب از صورت نیازمند رعایت نکات مختلفی از جمله: قرار گیری پنل‌های کالیبراسیون با زاویه ۹۰ درجه کنار هم، عدم وجود اعوجاج در سطح پنل‌های کالیبراسیون، عدم تغییر محل قرار گیری و وضعیت دوربین بعد از کالیبراسیون و ... می‌باشد. در نهایت برای مدلسازی اتوماتیک صورت با استفاده از اسکنر مبتنی بر مثلث بندی با لیزر، نرم افزار David-laser scanner مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله‌ی کالیبراسیون محل اندازه‌گیری کاملاً روشن بود و پس از کالیبراسیون بدون حرکت و جابجایی دوربین، فرد در داخل پنل‌های کالیبراسیون قرار گرفت و محیط اندازه‌گیری کاملاً تاریک شد و لیزر بالای دوربین قرار گرفت و به آرامی و به صورت یکنواخت از بالا به پایین و سپس از پایین به بالا بر روی صورت حرکت داده شد و مدل ایجاد شد. سپس روشنایی محل اندازه گیری به طور مناسب تنظیم شد و تصویری جهت اخذ بافت رنگی مدل گرفته شد و در نهایت مدل به صورت زیر بدست آمد.

(الف)


(ب)

شکل ۹ :الف) اخذ تصویر برای ایجاد بافت رنگی بر روی مدل ب) مدل نهایی ایجاد شده با استفاده از لیزر

۳- ارزیابی نتایج

جهت ارزیابی کمی نتایج در این تحقیق از نرم افزار cloud compare استفاده شده است. به این صورت که هر دو ابر نقطه با یکدیگر مقایسه شده و بر هم منطبق شده اند و مقدار جذر میانگین مربعات خطا[۲] (RMSE) حاصل از این مقایسه بدست آمده است که مقادیر آن در جدول (۳) نشان داده شده است. با مقایسه نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت از آن‌جا که مقدار جذر میانگین مربعات خطا حاصل از مقایسه دو مدل Photomodeler و Agisoft کمترین مقدار را دارد، شباهت مختصات‌های نقاط این مدل‌ها بیشتر از دو مورد دیگر است.

جدول ۳: ارزیابی مدل‌های ایجاد شده از لحاظ کمی و بصری، + متوسط، ++خوب، +++عالی

	مدل تولید شده با Photomodeler scanner	مدل تولید شده با Agisoft	مدل تولید شده با David laser scanner
مدل تولید شده با Photomodeler scanner	بافت +++ تراکم نقاط +++ میزان انطباق مدل با واقعیت ++	۰.۰۲۵۲۲۳۷۷ RMS:	۰.۳۰۶۲۴۸ RMS:
مدل تولید شده با Agisoft		بافت +++ تراکم نقاط ++ میزان انطباق مدل با واقعیت +++	۰.۰۳۰۸۶۷۹ RMS:
مدل تولید شده با David laser scanner			بافت + تراکم نقاط ++ میزان انطباق مدل با واقعیت+ +

[۲] Root mean square error

۴-نتیجه گیری

در این تحقیق صورت انسان با استفاده از سیستم‌های فتوگرامتری دیجیتال به دو روش و سیستم لیزر اسکنر نوری به صورت سه بعدی بازسازی شد. در روش اول برای تولید یک مدل مناسب با نرم افزارPhotomodeler scanner تمامی شرایط مانند زاویه دوربین‌ها، درصد همپوشانی تصاویر و غیره باید رعایت شود. پوشش بیشتر بین تصاویر موجب تولید مدل بهتر می‌شود و به این منظور زاویه بین دوربین‌ها هم باید درست و مناسب باشد و اگر این شرایط رعایت نشود مدلسازی به هیچ عنوان نتیجه خوبی به دنبال نخواهد داشت. با این وجود، سیستم ترکیبی استفاده شده در این پروژه نتایج بهتری از لحاظ کاهش هزینه و کاهش تعامل با سوژه فراهم می‌کند زیرا نرم افزار Photomodeler scanner شامل ماژول‌های کاملا اتوماتیک برای پیاده سازی تمام مراحل تولید مدل‌های سه بعدی می‌باشد. از جنبه کیفیت تصاویر، روش Photomodeler scanner تصاویر با کیفیت بالا ارائه می‌دهد. بنابراین، بافت مدل سه بعدی حاصل از آن به بافت شی واقعی بسیار نزدیک است. این سیستم مدل سه بعدی را با دقتی در حد میلیمتر بازسازی می‌کند. بطور کلی می توان نتیجه گرفت ترکیب Photomodeler scanner با سیستم‌های فتوگرامتری دیجیتال پتانسیل بالایی برای ایجاد مدل‌های سه بعدی و اندازه گیری‌های سه بعدی دارد.

فرآیند مدلسازی با روش دوم و نرم افزار Agisoft نسبت به روش قبل پیچیدگی های کمتری دارد. هم چنین این روش مانند دو روش دیگر هزینه ی اندکی دارد. اما عدم استفاده از دوربینی با کالیبراسیون مناسب موجب کاهش دقت اندازه گیری‌ها می‌شود.

لیزراسکنر مورد استفاده در این پروژه هم روشی سریع و آسان برای مدلسازی صورت از تمام جهات فراهم می‌کند اما نیاز به کالیبراسیون دقیق و فراهم کردن شرایط خاص اندازه گیری با این سیستم از محدودیت‌های آن می باشند. در مجموع هزینه روش فتوگرامتری بسیار کمتر از روش استفاده از لیزر اسکنرهای گران قیمت مبتنی بر زمان رفت و برگشت موج یا اختلاف فاز آن، است. لیزر اسکنرها دستگاه های گران قیمتی هستند و نیاز به محیطی قدرتمند برای پشتیبانی نرم افزارهای پردازش ابر نقطه‌های عظیم دارند و پردازش این ابر نقطه‌های عظیم با کامپیوترهای رایج و خانگی ممکن نیست. علاوه بر این، دوربین‌های دیجیتال در بازار در دسترس، ساده و نسبتاً ارزان هستند. همچنین فرمت داده‌های دیجیتال این دوربین‌ها، برای برنامه‌های سیستم‌های فتوگرامتری مناسب می باشد. با مقایسه نتیجه حاصل از ترکیب Photomodeler scanner و Agisoft با سیستم‌های فتوگرامتری و نتیجه حاصل سیستم لیزر ساخته شده در این پروژه مشاهده می‌شود که این دو نرم افزار قدرت بیشتری در مدلسازی مناسب صورت داشته‌اند و می‌توان گفت با روش ارائه شده در این تحقیق می‌توان مدلی اولیه و مناسب از صورت با کمترین هزینه و کمترین تعامل با سوژه بدست آورد. با توجه به نکات مطرح شده در قسمت‌های قبل پیشنهاد می‌شود که:

- زاویه تقارب تصاویر طوری باشد که استحکام هندسی شبکه دچار اشکال نگردد.کوچک بودن یا زیاد بودن زاویه تقارب باعث افزایش خطا می‌گردد.
- قاب به گونه ای طراحی شود که تمامی قسمت‌های صورت قابل تصویربرداری و مدلسازی باشد.
- جهت استفاده از روش لیزر خطی و جلوگیری از ایجاد اعوجاج در سطح شبکه کالیبراسیون سخت افزاری به شکل پنل‌های چوبی ایجاد شود و شبکه کالیبراسیون استاندارد بر روی آن قرار گیرد. در صورت امکان استفاده از دوربینی با قدرت تفکیک بالا نتیجه نهایی با دقت و کیفیت بهتری بدست خواهد آمد.

مراجع

[1] E. Dehghan, *Reviewing automatic methods of modeling human face*. Tehran: K.N.Toosi University Of Technology, 1385.

[2] M. Nikfar, *Applications of photogrammetry in medicine*. Tehran: K.N.Toosi University Of Technology, 1385.

[3] A. Wiegmann, H.Wagner, R. Kowarschik, "Human face measurement by projecting bandlimited random pattern," *OSA*, vol. 7, pp. 1-7, 2006.

[4] N. D'apuzzo, "Modeling Human Faces with Multi-Image Photogrammetry," *SPIE*, vol. 7, pp. 1-6, 2002.

[5] E. Di Gioia, G. Percoco, and L. M. Galantucci, "New 3D Digitizer for Human Faces Based on Digital Close Range Photogrammetry: Application to Face Symmetry Analysis," *JDCTA*, vol. 11, pp. 1-9, 2012.

[6] L. M. Galantucci, G. Percoco, and E. Di Gioia, "Photogrammetric 3D Digitization of Human Faces Based on Landmarks," *IMECS*, vol. 6, pp. 1-5, 2009.

[7] N. A. Alias, M. Zulkepli , and H. Setan, "Camera Configuration For Accurate Craniofacial Mapping Using Photomodeler Scanner," *Geoinformation Science*, vol. 12, pp. 1-10, 2010.

[8] F. Esmaeili, "3D Modeling of objects using scanner based on laser triangulation," K.N.Toosi University Of Technology, 1392.

Automatic modeling of human face using close range photogrammetry and laser Data

Imanikhah.F.*[1], Ebadi.H.[2], Esmaeili.F[3]

1-Bachelor of surveying Engineering, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology
2- Associate professor in Department of Photogrammetry and Remote sensing, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering K.N.Toosi University of Technology
3-PHD student in Photogrammetry at Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

Human face modeling and face measuring are important in different fields of science. There are various methods for automatic face modeling such as laser scanning, digital stereo photogrammetry technique and structured light. Among these methods , laser scanning is the most common approach. However, methods based on photogrammetric techniques can also achieve acceptable results in terms of lower cost and higher speed. For easier matching process and thus increasing accuracy, random light texture and face-mounted targets are used in most cases. These may cause changes in the shape of the face and decrease the accuracy. This paper proposes new tools for easier and low cost 3D face modeling with least required user interaction and no need to any random texture or targets on the face. The accuracy of the generated model by this approach is about 4 mm and the accuracy of generated model by laser approach is about 1 mm.

Keywords: Close range photogrammetry, Modeling human face, Convergent Images, Laser triangulation, Coded targets.

Correspondence Address: Geomatics Engineering Faculty. K.N. Toosi University of Technology. ValiAsr Street, Mirdamad cross. Tehran, Iran.Tel: +98 *9191086756*.

Email: Fatemehimanikhah@yahoo.com