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

ارائه یک روش جدید برای محاسبه حجم عوارض بدون تماس مستقیم با عارضه

علی کرمی*[۱]، بهمن سوسونی[۲] ، علی حسینی نوه احمد آبادیان[۳]

۱و۲- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

محاسبه حجم عملیات خاکی در بسیاری از رشته‌های مهندسی کاربرد دارد. محاسبه حجم با روش‌های کلاسیک امکان‌پذیر است ولی مشکل اصلی این روش‌ها این است که دقت به‌شدت وابسته به تعداد نقاط برداشت‌شده روی عارضه می‌باشد و هر چه تعداد نقاط زیاد باشد زمان و هزینه بالا می‌رود و گاهی اوقات به دست آوردن نقاط نقشه‌برداری دشوار، پرخطر و یا غیرممکن است. به همین دلیل روش نقشه-برداری همیشه جواب‌گوی نیاز ما برای محاسبه حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی نمی‌باشد. در این تحقیق یک روش ساده و دقیق که نیاز به ابزار نقشه‌برداری ندارد ارائه شده است. در روش پیشنهادی با استفاده از دوربین تلفن همراه تعدادی عکس گرفته از عارضه اخذ می-شود. سپس با استفاده از برخی از تکنیک‌های بینایی ماشین ازجمله SFM [۱] و M-VDM [۱] که در نرم‌افزارهای مختلفی پیاده سازی شده است یک ابر نقطه متراکم از عارضه در مقیاس واقعی به‌دست می‌آید. بعد از ویرایش و حذف نقاط اضافه یک سطح روی ابر نقطه برازش داده‌شده و درنهایت روی سطح مقاطع عرضی را با فاصله‌های دلخواه زده و حجم محاسبه خواهد شد. برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی از دو عارضه مدل سه‌بعدی تهیه‌شده است و با استفاده از سه روش نقشه‌برداری، روش نوین توسعه داده شده دریکی از قویترین نرم افزارهای Agisoft Photoscan و روش پیشنهادی حجم محاسبه‌شده، و با مقدار واقعی مقایسه شده است. درنهایت دقت روش پیشنهادی برای محاسبه حجم عملیات خاکی نسبت به روش نقشه‌برداری ۹.۲۳٪ و نسبت به نرم‌افزار AGISOFT برابر با ۱۶.۹۲٪ می باشد.

واژه‌های کلیدی : فتوگرامتری برد کوتاه، حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی، مدل‌سازی سه‌بعدی.

نویسنده مکاتبه کننده : علی کرمی
آدرس پستی : خیابان ولیعصر تقاطع میرداماد روبه روی ساختمان اسکان دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
تلفن : ۰۹۱۸۷۸۳۹۰۸۶
آدرس پست الکترونیک : ali.karami.surveying@gmail.com

۱- مقدمه

مهم‌ترین عاملی که پروژه‌های عمرانی و نقشه‌برداری زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، میزان حجم عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی می‌باشد[1].

کلیه عملیاتی که به‌منظور کندن هرگونه مواد خاکی و سنگی و یا برداشت مواد ناشی از ریزش و لغزش(صرف‌نظر از جنس و کیفیت آن‌ها) در حریم راه و به هر منظور مانند ایجاد شیب مناسب برای ترانشه‌ها انجام شود،خاک‌برداری نامیده می‌شود. منظور از خاک‌ریزی، ریختن هرگونه مصالح سنگی و غیر سنگی صرف‌نظر از جنس آن‌ها، به‌منظور پر کردن فضاهای خالی است[۲].

محاسبه حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی کاربردهای زیادی در زمینه مهندسی دارد[۳]. بازسازی دقیق یک شیء سه-بعدی و تخمین حجم در بسیاری از کاربردها همانند مطالعات فرسایش خاک از اهمیت بالایی برخوردار است[۴]. روش‌های سنتی مثل روش ذوزنقه، مقاطع عرضی و روش‌های توسعه‌یافته دیگر در محاسبه حجم به کار می‌روند[۳]. محاسبه حجم با دقت بالا و با زمان و هزینه کمتر یکی از سوال‌های مهم در هر دو حالت عملی و تئوری است[5]. حجم واقعی با نمایش صحیح سطح زمین که بستگی به تعداد مختصات برداشتی، توزیع آن‌ها و روش‌های درون‌یابی دارد، قابل‌محاسبه است. هرچه تعداد نقاط برداشتی بیشتر و توزیع مناسب باشد می‌توان نمایش بهتری از سطح زمین داشته باشیم. اما هر چه تعداد نقاط زیاد باشد زمان و هزینه بالا می‌رود و گاهی اوقات به دست آوردن نقاط نقشه‌برداری دشوار، پرخطر و یا غیرممکن است به همین دلیل روش نقشه‌برداری همیشه جواب‌گوی نیاز ما برای محاسبه حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی نمی‌باشد[۳].

فتوگرامتری برد کوتاه در بسیاری از زمینه‌ها همانند مهندسی نقشه‌برداری، مهندسی عمران و غیره به‌عنوان روشی عملی، سریع و اقتصادی تبدیل شد[۶].

در این تحقیق، فتوگرامتری برد کوتاه رقومی به‌عنوان یک روش جایگزین معرفی می‌شود. سال‌ها از روش فتوگرامتری برد کوتاه برای به دست آوردن شکل دقیق عارضه با استفاده از تصاویر رقومی اخذشده از عارضه استفاده‌شده است[۳].

برای مدل‌سازی سه‌بعدی از اشیا یا صحنه‌های مختلف می‌توان از الگوریتم‌های متنوعی استفاده کرد. یکی از الگوریتم-های رایج در این زمینه الگوریتم SFM می‌باشد[۷]. برای این منظور نیاز به یک آرشیو تصاویر از شیء یا صحنه موردنظر داریم. [۸-۱۰]. در روش SFM موقعیت تعداد زیادی از تصاویر بدون هیچ‌گونه شناختی از پارامترهای داخلی دوربین نسبت به شیء توجیه می‌شود [۱۱].

با توجه به پیشرفت‌های حاصله در فتوگرامتری رقومی و تکنولوژی کامپیوتری در سال‌های گذشته، امکان دستیابی به مدل سه‌بعدی اشیا به‌راحتی امکان‌پذیر است و درنتیجه امکان محاسبه حجم اشیا پیچیده با سرعت و دقت موردنیاز قابل انجام است[۳].

درزمینه محاسبه حجم اشیا کارهای زیادی صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد. سال ۲۰۰۸ یاکار و همکارانش با استفاده از تکنیک لیزر اسکنر به محاسبه حجم پرداختند. مشکل اصلی لیزر اسکنر این است که برای مناطق صعب‌العبور امکان‌پذیر نیست و همچنین ازلحاظ زمان و هزینه به‌صرفه نمی‌باشند[۱۲].

در سال ۲۰۰۸ ایلماز، سال ۲۰۱۰ یاکار و همکارانش و همچنین سال ۲۰۱۵ هوسام و همکارانش روش‌های برای محاسبه حجم ارائه کرده‌اند. که با مشخص کردن یکسری تارگت‌ها روی عارضه به‌عنوان نقطه کنترل زمینی و عکس-برداری از آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار فتومدلر حجم اشیا رو محاسبه می‌کرد. دقت این روش‌ها به‌شدت وابسته به نقاط کنترل می‌باشد و مشکل اصلی این روش این بود که اگر عارضه‌ای غیرقابل‌دسترس باشد و نتوان روی عارضه تارگت قرارداد دیگر از این روش نمی‌توان استفاده کرد[۳, ۱۳].

هدف اصلی در این مقاله ارائه یک روش برای محاسبه حجم عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه به‌گونه‌ای که مشکلات یادشده فوق را به حداقل برساند. در این روش ابتدا با استفاده از عکس-های اخذشده توسط یک دوربین عکس‌برداری، مدل سه‌بعدی از منطقه موردنظر تهیه و با استفاده از یک طول واقعی مشکل مقیاس حل‌شده و سپس پروفیل‌های مشخصی را با فاصله روی عارضه مشخص کرده و درنهایت حجم محاسبه می‌شود.

ساختار کلی مقاله به این صورت است که در بخش۲ به مواد و روش‌ها پرداخته‌شده است. در بخش۳ به نحوه محاسبه حجم با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه پرداخته‌شده است. در بخش۴ نتایج حاصل‌شده از روش پیشنهادی و مقایسه-ای با دیگر روش‌ها صورت گرفته است. درنهایت در بخش۵ به یک سری نتایج اشاره‌شده است.

۲- مواد و روش‌ها

در این مقاله از یک گودال به عمق تقریبی دو متر و همچنین از یک کوپه خاک که حجم مشخصی دارد استفاده‌شده است. نرم‌افزارهای زیادی مورداستفاده قرارگرفته است.به‌عنوان‌مثال از نرم‌افزار AGISOFT برای تهیه ابر نقطه، از نرم-افزار GOM و Stream Point برای ویرایش و مقطع زدن استفاده‌شده و همچنین از نرم‌افزار Civil 3D برای محاسبه مساحت مقاطع و حجم استفاده‌شده است.

۳- روش پیشنهادی

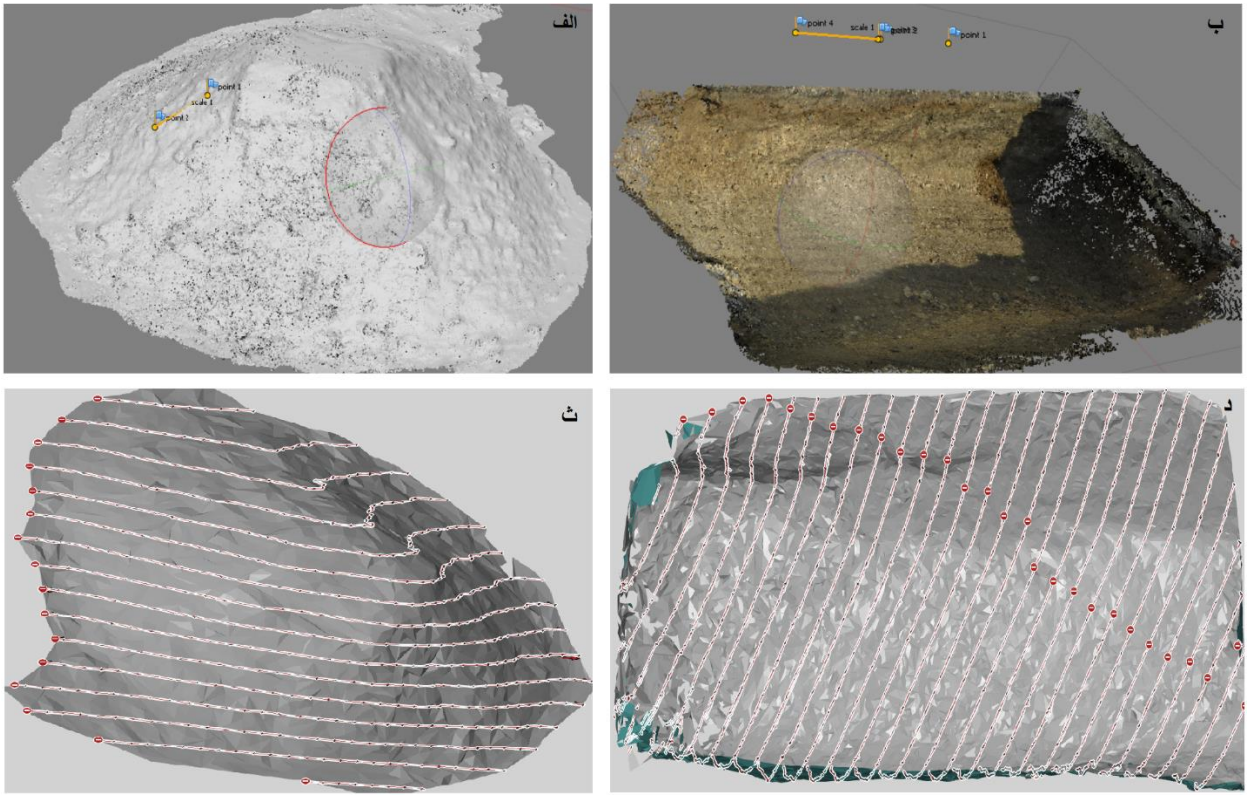
روش پیشنهادی برای محاسبه حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی نسبت به روش متداول نقشه‌برداری یک روش دقیق، سریع و مقرون‌به‌صرفه و همچنین نسبت به روش‌های دیگر فتوگرامتری که نیاز به تارگت‌گذاری روی عارضه می‌باشد، مقرون‌به‌صرفه و دقیق‌تر می‌باشند. همان‌طور که در فلوچارت(**شکل ۱**) نشان داده‌شده است در این روش برای محاسبه حجم خاکی از یک دوربین عکس‌برداری جهت اخذ تصاویر استفاده می‌کند.

شکل ۱: فلوچارت الگوریتم پیشنهادی

تصاویر اخذشده این روش باید به‌گونه‌ای باشد که هر نقطه از عارضه در چندین عکس دیده شوند(همپوشانی تصاویر). میزان F-Stop و سرعت شاتر خیلی مهم هستند چون اگر درست تنظیم نشود مشکل‌ساز می‌شود. مثلاً نوری که در

تصویر است آن‌قدر زیاد باشد که نتوانیم عوارض را به‌درستی تشخیص دهیم و با مشکل مواجه شویم و یا آن‌قدر تاریک باشد که درواقع عوارض دیده نشود. به همین خاطر تنظیم نور طوری که عوارض موردنظر خوب دیده شود، یک نکته خیلی مهم است، F-Stop و سرعت شاتر بهینه باید به‌صورت تجربی و متناسب با شرایط نوری محیط تنظیم شود.

تصاویر اخذشده را باید وارد نرم‌افزار AGISOFT کرده و یک ابرنقطه سه‌بعدی از عارضه تهیه کرد (شکل ۲). برای اینکه ابرنقطه تولیدشده در مقیاس واقعی باشد باید از یک میله آهنی که طول واقعی آن مشخص می‌باشد را کنار عارضه قرارداد به‌نحوی‌که حداقل در چندین عکس دیده شود. در نرم‌افزار AGISOFT با استفاده از این میله می‌توان ابرنقطه تولیدشده را در مقیاس واقعی تهیه کرد. در نرم‌افزار AGISOFT چون پروسه تناظریابی و مچینگ به‌صورت کاملاً اتوماتیک انجام می‌شود و تمام عوارض(نویز، سایه، عوارض اضافه و...) مدل می‌شوند. درنتیجه ابر نقطه تولیدشده به‌طورقطع باید ویرایش شوند. برای ویرایش هم می‌توان از نرم‌افزار AGISOFT و یا نرم‌افزار GOM استفاده کرد. بعد از ویرایش ابرنقاط با فرمت ply. خروجی گرفته و برای تهیه پروفیل آماده می‌شود. در این مرحله از نرم‌افزار GOM برای تهیه پروفیل استفاده می‌کنیم. برای این کار باید اول ابر نقاط را با فرمت ply. وارد نرم‌افزار GOM کرد و یک مش از ابرنقطه تهیه شود. حال از روی مش تولیدشده یک فایل CAD می‌سازیم و روی این فایل پروفیل‌ها زده می‌شود. برای زدن پروفیل باید دو صفحه که عمود بر محور X یا Y می‌باشند را انتخاب کرد به‌طوری‌که کل منطقه‌ای که قرار است حجم خاک‌برداری و خاک‌ریزی آن حساب شود را پوشش دهد. بین این دو تا صفحه تعداد پروفیل‌های موردنیاز را انتخاب یا بر اساس یک‌فاصله مشخصی این پروفیل‌ها را تعیین می‌کنید.



شکل ۲: خروجی ابر نقطه و پروفیل . الف و ب) ابر نقاط تولیدشده از دو عارضه گودال و کوپه خاک . ج و د) مش و پروفایل تولیدشده از دو عارضه گودال و کوپه خاک

فاصله بین پروفیل‌های زده شده برای گودال ۰.۵ متری و برای کوپه خاک ۰.۳ متری می‌باشد. بعد از تعیین پروفیل‌ها و خروجی گرفتن از آن‌ها با فرمت asc. می‌توان آن‌ها را وارد نرم‌افزارهای Civil 3D و یا Auto CAD کرد. نکته‌ای باید توجه کرد این است که تمام پروفیل‌های خروجی باید شامل مختصات X,Y,Z باشند. حال در نرم‌افزار Civil 3D تمام

نقاط روی پروفیل‌ها را به هم وصل کرده و مساحت هر پروفیل یا مقطع را به دست می‌آوریم. درنهایت با میانگین‌گیری از مساحت هر دو مقطع متوالی و حاصل‌ضرب آن در فاصله بین دو مقطع، حجم را به دست می‌آوریم.

۴- تست‌وارزیابی نتایج

در این مقاله برای اخذ تصاویر از یک دوربین 8mp مربوط به گوشی HTC مدل one m7 استفاده شده است. در این تحقیق از دو عارضه که در (شکل ۳) نشان داده‌شده، عکس‌برداری صورت گرفته است. یکی از عوارض مربوط به یک گودال به ارتفاع تقریبی دو متر می‌باشد. از این گودال ۳۰ عکس در زوایای مختلفی اخذشده است. همچنین عارضه دوم مربوط به یک تپه خاک می‌باشد که با ۲۰ عکس برداشت‌شده است. از یک میله آهنی به طول 0.51 متر برای حل مسئله مقیاس استفاده‌شده است.

شکل ۳: تصاویر مربوط به گودال و کوپه خاک

برای تست روش پیشنهادی همان‌طور که در (جدول ۱) نشان داده‌شده است به این صورت عمل کرده‌ایم که حجم مربوط به عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی هر دو عارضه گودال و تپه را با استفاده از روش سنتی و متداول نقشه‌برداری، نرم‌افزار AGISOFT و روش پیشنهادی به دست آورده‌ایم.

همچنین برای این‌که میزان دقت روش پیشنهادی را نسبت به دیگر روش‌های مربوط به محاسبه حجم نشان دهیم از یک تپه خاک استفاده‌شده است که حجم واقعی آن مشخص و برابر 6.50±0.25 می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه نتایج به‌دست‌آمده برای محاسبه حجم با استفاده از سه روش نقشه‌برداری، نرم‌افزار AGISOFT و روش پیشنهادی

روش / عارضه	نقشه‌برداری (m^3)	نرم‌افزار AGISOFT (m^3)	روش پیشنهادی (m^3)	حجم واقعی (m^3)
گودال	-151.10	-144.17	-148.89	ندارد
کوپه خاک	7.20	5.30	6.40	6.50±0.25
تفاضل با واقعیت	+0.7	-1.2	-0.1	±0.25
درصد خطا	٪۱۰.۷۷	٪۱۸.۴۶	٪۱.۵۴	-

دلیل این که روش پیشنهادی نسبت به دو روش نقشه‌برداری و نرم‌افزار AGISOFT برای محاسبه حجم بهتر می‌باشد این است که در روش نقشه‌برداری دقت به‌شدت وابسته به تعداد نقاط برداشتی از عارضه می‌باشد و هرچه این نقاط بیشتر باشد دقت بهتر و چون در روش پیشنهادی از عارضه یک ابر نقطه تهیه می‌شود و به بهترین نحو شکل عارضه

ترسیم می‌شود. در نرم‌افزار AGISOFT برای محاسبه حجم از روش مثلث بندی استفاده می‌کنند و به همین خاطر اگر شکل عارضه پیچیده باشد نمی‌توان حجم را به‌درستی بدست بیاریم ولی در روش پیشنهادی چون از پروفیل با فاصله-های دلخواه استفاده می‌کنیم، برای عوارض پیچیده هرچه تعداد پروفیل‌ها رو زیاد کنیم حجم برآورد شده به حجم واقعی نزدیک‌تر می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

هدف از این مقاله ارائه یک روش جدید با استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه برای محاسبه حجم عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی عوارض می‌باشد. به‌نحوی‌که نسبت به زمان، دقت و هزینه به‌صرفه باشد. مشکل اصلی روش‌های کلاسیک نقشه‌برداری و فتوگرامتری که قبلاً برای محاسبه حجم استفاده‌شده، این است که دقت حجم کاملاً وابسته به تعداد نقاط برداشتی از سطح عارضه می‌باشد ولی هر چه تعداد نقاط زیاد باشد زمان و هزینه بالا می‌رود و گاهی اوقات به دست آوردن نقاط نقشه‌برداری دشوار، پرخطر و یا غیرممکن است مزیت اصلی این روش نسبت به روش‌های دیگر این است که نیاز به تماس مستقیم با عوارض ندارد و همچنین چون از عارضه یک ابر نقطه کاملاً متراکم با مقیاس واقعی تولید می‌شود دیگر محدودیت تعداد نقاط نداریم و به‌راحتی و با دقت بالا می‌توان سطح یک عارضه را تقریب زد. برای محاسبه حجم عوارض پیچیده هر چه شکل عارضه موردنظر را بهتر تقریب بزنیم می‌توانیم با دقت بهتری حجم را حساب کرد علاوه بر این هرچه تعداد مقاطع بیشتری بزنیم به دقت بهتری می‌رسیم. در این تحقیق از دو عارضه گودال و کوپه خاک مدل سه‌بعدی تهیه و حجم آن‌ها با استفاده از سه روش نقشه‌برداری، AGISOFT و روش پیشنهادی محاسبه و با مقدار حجم واقعی مقایسه شده است. دقت روش پیشنهادی نسبت به روش نقشه‌برداری ۹.۲۳٪ و نسبت به روش AGISOFT برابر با ۱۶.۹۲٪ می‌باشد.

۶- منابع

[1] M. Yakar, H. Yilmaz, and O. Mutluoglu, "Close range photogrammetry and robotic total station in volume calculation," *International Journal of the Physical Sciences*, vol. 5, pp. 086-096, 2010.

[2] A. Mouratidis, "The “Cut-and-Cover” and “Cover-and-Cut” Techniques in Highway Engineering," *Ejge*, vol. 13, 2008.

[3] H. E.-D. Fawzy, "The Accuracy of Determining the Volumes Using Close Range Photogrammetry."

[4] D.-T. Lee and B. J. Schachter, "Two algorithms for constructing a Delaunay triangulation," *International Journal of Computer & Information Sciences*, vol. 9, pp. 219-242, 1980.

[5] P. Soole and G. Poropat, "Highwall mapping using terrestrial photogrammetry," in *Bowen Basin Symposium*, 2000, pp. 343-346.

[6] M. Yanalak, "Computing pit excavation volume," *Journal of surveying engineering*, vol. 131, pp. 15-19, 2005.

[7] S. Agarwal, Y. Furukawa, N. Snavely, I. Simon, B. Curless, S. M. Seitz, *et al.*, "Building rome in a day," *Communications of the ACM*, vol. 54, pp. 105-112, 2011.

[8] D. Fritsch, A. M. Khosravani, A. Cefalu, and K. Wenzel, "Multi-sensors and multiray reconstruction for digital preservation," in *Photogrammetric Week*, 2011.

[9] Y. Furukawa and J. Ponce, "Accurate, dense, and robust multiview stereopsis," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 32, pp. 1362-1376, 2010.

[10] F. Remondino and L. Zhang, "Surface reconstruction algorithms for detailed close-range object modeling," in *Proc. ISPRS Commission III Symposium*, 2006, pp. 117-123.

[11] L. Barazzetti, M. Scaioni, and F. Remondino, "Orientation and 3D modelling from markerless terrestrial images: combining accuracy with automation," *The Photogrammetric Record*, vol. 25, pp. 356-381, 2010.

[12] M. Yakar and H. Yilmaz, "Using In Volume Computing Of Digital Close Range Photogrammetry," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b*, 2008.

[13] H. Yilmaz, "Close range photogrammetry in volume computing," Experimental Techniques, vol. 34, pp. 48-54, 2010.

A novel contactless approach for calculating volumes of objects

Karami, A. *[1], sousouni, B. [2], Hosseininaveh, A. [3]

1,2- Ms.c student of photogrammetry in Department of Photogrammetry and Remote Sensing Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran

3- Assisstant professor in Department of remote sensing & photogrammetry, Geodesy &Geomatics Faculty, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

Calculating cut and fill volume is necessary for many engineering fields. Although this can be done by classical methods, the accuracy is highly dependent on the number of collected points on the object. More points require higher cost and time. In addition, collecting surveying points might be difficult, dangerous or impossible sometimes. Therefore, the classic surveying method is not always applicable to calculate cut and fill volume. In this research, a simple and precise approach is presented which doesn't need surveying tools. A set of images are acquired from the object with a cell phone camera. Then, a real scaled dense cloud is generated using computer vision techniques such as structure from motion and multi-view dense matching which have been implemented in different softwares. Additional and noisy points are removed and a mesh is built. The volume is then calculated using cross sections with arbitrary distances. To evaluate the method, 3D models of two objects were generated and the volumes were calculated by classical surveying method, novel method developed in the well-known Agisoft Photoscan software, and the proposed method. Comparing results with real values showed that the accuracy of this method with respect to surveying approach and Agisoft software are %9.23 and %16.92 respectively.

Keywords: close range photogrammetry, cut and fill volume, 3D modelling

Correspondence Address: Remote Sensing & Photogrammetry Group, Department of Geomatics Eengineering, , K. N. Toosi University, Tehran, Iran.
Email: ali.karami.surveying@gmail.com