



## ارایه روشی به منظور محاسبه حجم اشیا منظم با مکان هندسی مشخص با استفاده از سنسور کینکت

نگار نوری<sup>۱\*</sup>، علی حسینی نوه احمدآبادیان<sup>۲</sup>، ابولقاسم صادقی نیارکی<sup>۳</sup>

- ۱- دانشجو کارشناسی ارشد گروه فتوگرامتری و سنجش از دور - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری(ژئوماتیک) - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
۲- عضو هیات علمی و استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری(ژئوماتیک) - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
۳- عضو هیات علمی و استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی- قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری(ژئوماتیک)-  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

### چکیده:

محاسبه حجم از موضوعات مهم در بسیاری از برنامه های کاربردی مانند مدلسازی سه بعدی، بازرگانی صنعت، محصولات کشاورزی و مهندسی عمران می باشد. در زمینه محاسبه حجم پارامترهای زمان، هزینه و دقت ایقای نقش دارند. در میان سنسورهای مختلف توسعه یافته، سنسور کینکت توانایی بالایی در جهت برآورد پارامترهای مورد نظر را دارد. در این مقاله، یک روش به منظور محاسبه حجم اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص ارایه شده است که شامل چهار مرحله می باشد. در مرحله ای اول با استفاده از سنسور کینکت مدل سه بعدی ابر نقاط تولید می شود، سپس بر روی ابر نقاط قطعه بندی صورت می گیرد. در مرحله بعدی، پارامترهای مربوط به محاسبه حجم استخراج می شود و در نهایت در آخرین مرحله با استفاده از پارامترهای موجود، حجم محاسبه می شود. به همین منظور یک صحنه شامل اشیای هندسی منظم و نامنظم طراحی شده است. اشیای هندسی منظم شامل اشیای هندسی با مکان هندسی مشخص (کره، مخروط، استوانه) و بدون مکان هندسی (مکعب، مکعب مستطیل، هرم) می باشد که توانایی الگوریتم در قطعه بندی اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص از سایر اشیای هندسی بررسی شود. روش پیشنهادی با استفاده از داده های دقیق ارزیابی شده است و در نهایت مقدار خطای متوسط برای روش پیشنهادی ۱۱.۴۳ گزارش شد.

واژه های کلیدی : کینکت، ابر نقاط، قطعه بندی، محاسبه حجم.

## ۱- مقدمه

امروزه مدل سازی، نمایش فضای محیط اطراف، قابلیت اندازه گیری در این مدل ها و همچنین محاسبه حجم بسیار مورد توجه و کاربرد قرار گرفته است. از کاربردهای محاسبه حجم می توان سیستم های حمل و نقل ظروف سنگین را بیان نمود که برای کاهش زمان و هزینه حمل و نقل، حجم ظروف سنگین و حجم خالی فضا به منظور قرار گیری ظروف، مشخص می شود. از دیگر کاربردها می توان به قابلیت تعیین سایز بدن بیمار در جهت تشخیص میزان تابش نرمال به بیمار در کاربردهای پزشکی [۱]، ارزیابی سلامت و اندازه گیری بخش های مختلف بدن [۲-۴]، تعیین فضای خالی بین صورت و ماسک های تنفسی [۵] اندازه گیری غیر مخرب حجم جسم در بخش صنعتی [۶]، طبقه بندي محصولات باعی براساس اندازه در بخش کشاورزی [۷] و همچنین سیستم های تجاری اندازه گیری محاسبه حجم برای قطعات چوبی و پالت [۸] اشاره نمود.

با توجه به مزایای محاسبه حجم اشیای هندسی منظم به صورت منظم در بخش قبل، هدف از این مقاله محاسبه حجم اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص می باشد. به همین منظور یک صحنه شامل تمامی اشکال هندسی آماده سازی شده است و این اشکال به سه سری اشکال هندسی شامل، اشیای هندسی با مکان هندسی مشخص (کره، استوانه و هرم)، اشیای هندسی با مکان هندسی نامشخص (مکعب، مکعب مستطیل و هرم) و اشیا نامنظم (قوری و لیوان) تقسیم بندي شده اند. پس آماده سازی داده، مراحل روش پیشنهادی به این صورت می باشد که ابتدا با استفاده از سنسور کینکت ابر نقطه تولید می شود، سپس بر روی ابر نقاط، قطعه بندي صورت می گیرد. سپس پارامترهای مربوط به محاسبه حجم استخراج می شود. در نهایت حجم محاسبه می شود. این مقاله شامل چهار بخش می باشد که در بخش اول، مروری بر روش های محاسبه حجم ارایه می شود. بخش دوم، روش پیشنهادی ذکر می شود و در بخش سوم، پیاده سازی و در نهایت، بخش مربوط به نتیجه گیری و پیشنهادات ارایه می شود.

## ۲- مروری بر ادبیات

اندازه گیری حجم جسم از اهمیت زیادی در صنعت، کشاورزی، حمل و نقل، تولید و جنگلداری برخوردار است. در جهت محاسبه حجم روش های زیادی وجود دارد یکی از قدیمی ترین و ساده ترین روش های محاسبه حجم در آزمایشگاه، روش جابه جایی آب می باشد که در این روش می توان شی را در یک ظرف آب مدرج قرار داد و از طریق اختلاف جابه جایی سطح آب، میزان حجم آب را محاسبه نمود [۹]. یکی دیگر از روش ها، انتگرالگیری می باشد که محاسبه حجم با استفاده از انتگرال دو بعدی از طریق محاسبه سطح زیر یک پوسته قابل انجام می باشد [۱۰]. اندازه گیری حجم بر مبنای روش نقشه برداری از اصول محاسبه حجم با استفاده از عملیات خاکبرداری و خاکریزی استفاده می کند و پس از رسم پروفیل های طولی و عرضی در هر مقطع حجم را محاسبه می کند [۱۲]. یکی از روش های محبوب برای محاسبه حجم، تقاطع حجمی می باشد [۱۱-۱۳] که برای اندازه گیری حجم به مانند روش Shape From Silhouette بر مبنای استخراج سیلوت تصویری کار می کند [۱۴]. در واقع پس از اینکه داده ها اخذ شدند، شی از پس زمینه استخراج می شود و سپس داده ها بر روی یک شبکه و کسل پروجکت می شوند و سپس با هم تلفیق می شوند و در نهایت شبکه و کسل برای رسیدن به حجم جسم حکاکی می شود [۱۵]. یکی از روش ها برای محاسبه حجم استفاده از الگوریتم های ماشین بینایی است که برای محاسبه حجم از تصاویر دیجیتال دو بعدی از منظر های مختلف استفاده می کند. این روش الگوریتمی ساده دارد و سرعت اجرای برنامه در آن بسیار بالا می باشد. ایده ای اصلی این روش، شامل اندازه گیری حجم با استفاده از پروژکت کردن تصویر شی از منظرهای مختلف است. پس از ذکر روش های موجود برای محاسبه حجم، روش پیشنهادی در بخش بعد، توضیح داده می شود.

### ۳- روش پیشنهادی

تا کنون روش های زیادی به منظور محاسبه حجم پیشنهاد شده است. از مشکلات این روش ها، می توان به حجم زیاد محاسبات اشاره نمود. به همین منظور برای محاسبه حجم اشیای منظم، می توان از پارامترهای مربوط به اشیای هندسی در طی مراحل قطعه بندی استفاده نمود. روش پیشنهادی شامل چهار مرحله تولید مدل سه بعدی با استفاده از کینکت، قطعه بندی، استخراج پارامتر و محاسبه حجم می باشد. که در بخش زیر هر یک از چهار بخش به صورت جداگانه شرح داده می شود، شکل(۱).



شکل(۱)- فلوچارت روش پیشنهادی

#### ۱-۱- تولید مدل سه بعدی

بیش از سه دهه است که بر روی مدلسازی سه بعدی تحقیقات فراوانی انجام شده است. به منظور تولید مدل سه بعدی حالت های مختلفی در نظر گرفته می شود: مدلسازی آفلاین که از روش پارامتریک استفاده می کند [۱۶، ۱۷ و ۱۸] و مدلسازی آنلاین که از روش نقطه ای و حجمی استفاده می شود [۱۸، ۱۹ و ۲۰]. در روش پارامتریک شی به صورت ثابت قرار دارد و از منظرهای مختلف از آن تصویر برداری می شود و سپس منظرهای مختلف با یکدیگر هم مرجع می شوند و در نهایت یک مدل سه بعدی کامل ایجاد می شود [۱۶ و ۱۷]. در روش های نقطه ای، رویکرد معمول این است که از یک سنسور متحرک استفاده شود و در اطراف شی حرکت کرده و به صورت پیوسته مدل بهبود داده شود [۱۹]. برخلاف سیستم آفلاین، روش آنلاین نیاز به فیوژن افزایشی بسیاری از نقشه های عمق هم پوشان با هم دارد که یک نمایش سه بعدی را به صورت پیوسته بهبود دهد [۱۸]. در روش حجمی از یک ساختار داده حجمی به منظور ذخیره سازی نمونه های یکتابع پیوسته استفاده می کند که نقشه های عمق به تابع فاصله و میانگین تجمعی یک شبکه و کسل منظم تبدیل می شوند. روش Kinect Fusion اخیراً با روش حجمی سازگار شده است و می تواند بازسازی حجم را به صورت آنی با استفاده از یک GPU انجام دهد. در نهایت این مقاله برای تولید مدل سه بعدی از نرم افزار Skanect بر مبنای اصول Kinect Fusion برای تولید مدل سه بعدی ابر نقاط استفاده شده است.

#### ۲- قطعه بندی

پس از تولید مدل سه بعدی ابر نقاط، باید شی مورد نظر از زمینه استخراج شود، بهمین منظور می توان از روش های قطعه بندی استفاده نمود. قطعه بندی ابر نقاط یک فرایند طیقه بندی می باشد که ابر نقاط به چندین ناحیه همگن طبقه بندی می شوند که نقاط در ناحیه های یکسان و دارای ویژگی های یکسان در یک قطعه قرار می گیرند. روش ها و الگوریتم های مختلفی در جهت قطعه بندی ابر نقاط ارائه شده است که در مجموع می توان آنها را به ۵ دسته قطعه بند براساس لبه، ناحیه، توصیف، مدل و گراف تقسیم کرد که در روش لبه مینا، مرزهای ناحیه در ابر نقطه بوسیله قطعه بندی ناحیه ها بددست می آید. اصول این روش براساس قرار دادن نقاط در تغییرات سریع شدت است که در واقع ویژگی از شکل اشیاء را توصیف می کند [۲۱]، روش ناحیه مینا از اطلاعات همسایگی نقاط نزدیک به هم استفاده می کند که دارای ویژگی های مشابه هستند. در نهایت ناحیه ها جداسده به دست می آید و به تبع آن تفاوت میان ناحیه های مختلف پیدا می شود. روش توصیف مینا از اطلاعات همسایگی نقاط نزدیک به هم محاسبه می شود و در مرحله ی دوم ابر نقاط براساس صفات خوش بندی می شوند. روش مدل مینا، از اشکال هندسی اولیه (مانند کره، مخروط، هواپیما و سیلندر) برای قطعه بندی نقاط استفاده می کند و نقاطی که دارای نمایش ریاضی مشابه هستند به عنوان یک قطعه گروه بندی می شوند [۲۲]. روش گراف مینا، ابر نقاط را به صورت یک گراف

در نظر می‌گیرد که هر نقطه شکستگی در ابر نقطه مربوط به یک نقطه در داده‌ها است [۲۳]. وزن این گراف‌ها به وسیله‌ی ترکیبی از فاصله‌ی اقلیدسی، تفاوت شدت پیکسل‌ها و زاویه بین سطح نرمال برای هر نقطه محاسبه می‌شود [۲۲].

الگوریتم‌های مدل مبنا براساس ویژگی‌های ریاضی و هندسی اشیا عمل کرده و با استخراج ویژگی‌های ریاضی شی به عنوان پارامتر‌های ورودی، به تشخیص و جداسازی اشیا می‌پردازد [۲۲]. از معروف‌ترین الگوریتم‌های مدل مبنا می‌توان به دو الگوریتم رنسک<sup>۱</sup> و هاف<sup>۲</sup> اشاره نمود [۲۴، ۲۵]. الگوریتم هاف ۳D که در واقع توسعه یافته الگوریتم هاف دو بعدی می‌باشد، برای استخراج خط در تصاویر استفاده می‌شود [۲۶]. الگوریتم هاف سه بعدی برای استخراج اشیای هندسی مختلف از جمله صفحه [۲۷]، استوانه [۲۸]، کره [۲۹] و مخروط [۲۹] استفاده شده است. Vosselman روش جدیدی با استفاده از الگوریتم هاف سه بعدی برای استخراج صفحه ارایه داده است. در این روش، هر نقطه به عنوان یک صفحه در فضای عارضه تعریف می‌شود. این الگوریتم به راحتی صفات را از ابر نقاط با توزیع نامشخص، استخراج می‌کند، اما گاهی اوقات منجر به قطعه بندی بیش از حد<sup>۳</sup> خواهد شد [۳۰].

در الگوریتم رنسک براساس انتخاب مینیمم نقاط مورد نیاز برای رسم یک شکل هندسی عمل می‌کند. بدین صورت که نقاط انتخاب شده در مقابل همه نقاط به منظور بهترین نمایش از نقاط، بررسی می‌شود [۲۵]. Schanable یک الگوریتم پیشنهاد داده است که از الگوریتم رنسک برای قطعه بندی مش و ابر نقاط استفاده می‌کند. در این روش اشیا هندسی رامی‌توان به صورت خودکار در ابر نقاط سازماندهی نشده، استخراج کرد. این الگوریتم شامل مرحله بهینه‌سازی سرعت بوده در حالی که نتایج دقت ثابت نگه داشته می‌شوند. این روش نسبت به داده‌های پرت در های ابر نقاط و حتی نویز‌های درجه بالا مستحکم می‌باشد. ایراد این روش این است که مقیاس باید براساس ابر نقاط ورودی و ابعاد اشیا در داده باشد [۳۱]. Li یک الگوریتم برای استحکام نتایج عمومی به دست آمده از الگوریتم رنسک ارایه داده است. در این رویکرد، از الگوریتم رنسک برای برازش محلی اشکال هندسی اولیه استفاده شده است. تصحیحات عمومی اشکال اولیه در مرحله رنسک محلی محاسبه شده و سپس وارد مرحله‌ی دقت هم ترازی<sup>۴</sup> عمومی می‌شوند. این تکنیک می‌تواند برای بهبود پارامترهای برازش اشکال هندسی اولیه در قطعه بندی ابر نقاط، استفاده شود [۳۲].

همان طور که در بالا گفته شد، الگوریتم‌های هاف سه بعدی و رنسک روش قدرتمندی برای قطعه بندی ابر نقاط به شمار می‌آیند. هر یک از این دو الگوریتم دارای مزایا و معایبی می‌باشند. اما در مجموع می‌توان گفت، الگوریتم رنسک قادر به پردازش داده‌ها با میزان نویز و داده‌های پرت بالا می‌باشد. همچنین، این الگوریتم از لحاظ زمان نیز کارآمد می‌باشد. این الگوریتم دارای معایبی نیز می‌باشد. اولاً، این الگوریتم وابسته به موقعیت نقطه می‌باشد و ممکن است قطعات اشتباهی که در واقعیت وجود ندارد، توسط این الگوریتم استخراج شود. دوماً، کیفیت طبقه‌بندی به ویژگی‌های ابر نقطه (چگالی، دقت موضعی و نویز) حساس می‌باشد. سوماً، در برخورد با حجم زیاد داده‌ها و هندسه پیچیده‌انها، الگوریتم عملکرد ضعیفی خواهد داشت. چهارم‌ا، این الگوریتم در مقابله با داده‌های منابع مختلف، عملکرد قابل قبولی ندارد. در مقابل الگوریتم هاف برای داده‌هایی با حجم زیاد نیاز به زمان پردازش و حافظه بالایی دارد. زیرا همه‌ی پارامترهای آن باید ذخیره شود. همچنین، الگوریتم هاف سه بعدی به مقادیر پارامترهای قطعه‌بندی حساس می‌باشد [۳۱، ۳۳-۳۵]. در نهایت در این مقاله با توجه به ذکر مزایا و معایب الگوریتم‌های قطعه‌بندی، از الگوریتم رنسک به منظور قطعه‌بندی ابر نقاط استفاده شده است.

<sup>1</sup> RANSAC

<sup>2</sup> Hough Transformation

<sup>3</sup> Over Segmentation

<sup>4</sup> Alignment

### ۲-۳- استخراج پارامتر

در ادامه می توان گفت پس از انجام مرحله قطعه بنده اشیای هندسی با مکان هندسی مشخص، پارامترهای مربوط به برآش مدل به این اشیای هندسی، قابلیت استخراج خواهند داشت. این پارامترها برای کره مختصات مرکز شی و شعاع می باشد. به طور مشابه برای استوانه شامل سه پارامتر مربوط به مختصات  $point_{onaxis}.x, y, z$  واقع در محور استوانه، سه پارامتر مربوط به مختصات  $axis_{direction}.x, y, z$  جهت محور استوانه و شعاع استوانه می باشد. برای مخروط شامل مختصات  $apex.x, y, z$  راس مخروط، مختصات  $axis_{direction}.x, y, z$  جهت محور مخروط و پارامتر مربوط به بازشدنگی زاویه راس مخروط می باشد. که در جدول (۱) این پارامترها، قابل مشاهده می باشد.

جدول ۱: پارامترهای استخراج شده از برآش مدل

شی	کره	استوانه	مخروط
شی	$radius$	$point_{onaxis}.x, y, z$	$apex.x, y, z$
		$axis_{direction}.x, y, z$	$axis_{direction}.x, y, z$
		$radius$	$\theta$

### ۲-۴- محاسبه حجم

با استفاده از پارامترهای به دست آمده در مرحله ای قبل حجم هر یک از اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص قابل محاسبه می باشد. با توجه به جدول (۲)، در ابتدا با استفاده از پارامتر شعاع، حجم کره بدست می آید. سپس برای محاسبه حجم استوانه، با استفاده از پارامتر مختصات محور استوانه و مختصات جهت محور استوانه، ارتفاع محاسبه می شود و با دانستن شعاع استوانه، حجم محاسبه می شود. در انتهای برای محاسبه حجم مخروط می توان از پارامترهای مختصات راس مخروط و مختصات جهت محور مخروط به منظور محاسبه ارتفاع مخروط و در نهایت با استفاده از پارامتر ارتفاع و زاویه بازشدنگی راس مخروط حجم قابل محاسبه می باشد.

جدول ۲: فرمول های مربوط به محاسبه حجم

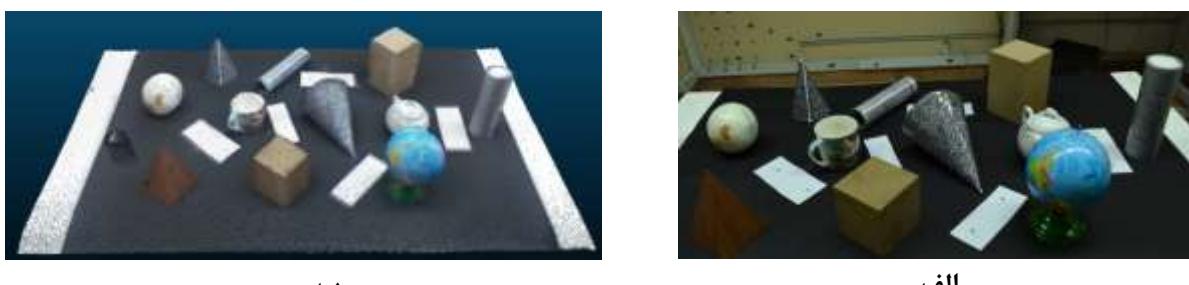
شی	روش محاسبه حجم
کره	$\frac{4}{3} * \pi * radius^3$
استوانه	$height = \sqrt{(point_{onaxis}.x - axis_{direction}.x)^2 + (point_{onaxis}.y - axis_{direction}.y)^2 + (point_{onaxis}.z - axis_{direction}.z)^2}$ $volume = \pi * radius^2 * height$
مخروط	$height = \sqrt{(apex.x - axis_{direction}.x)^2 + (apex.y - axis_{direction}.y)^2 + (apex.z - axis_{direction}.z)^2}$ $radius = height * \cos(\theta)$ $volume = \frac{1}{3} * \pi * radius^2 * height$

#### ۴- پیاده‌سازی

به منظور محاسبه حجم اشکال هندسی منظم با مکان هندسی مشخص در ابتدا باید مدل سه بعدی تولید شود. سپس در مرحله‌ی بعدی قطعه بندی انجام خواهد شد. در نهایت مرحله‌ی محاسبه حجم و ارزیابی انجام می‌شود. در این بخش نتایج هر یک از مراحل ذکر می‌شود.

#### ۱-۴- داده

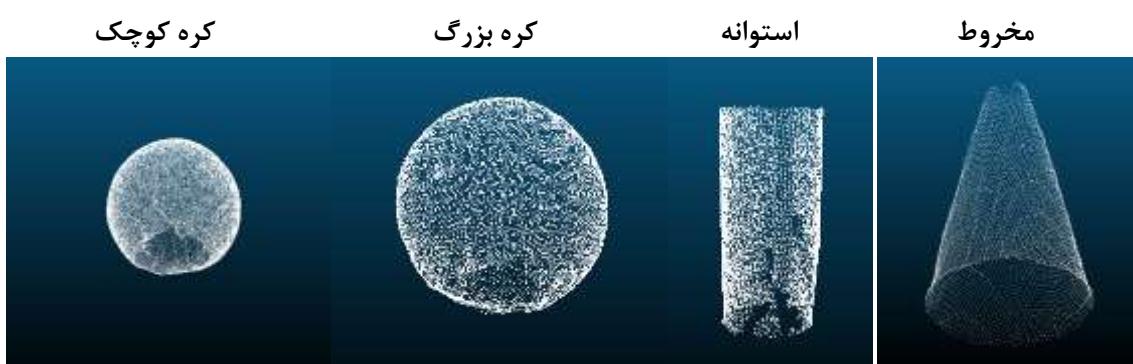
با توجه به هدف این مقاله در جهت محاسبه حجم اشیا هندسی با مکان هندسی مشخص، یک صحنه شامل سه سری اشیا (سری اول شامل اشیا منظم با مکان هندسی مشخص(کره، استوانه و مخروط)، سری دوم شامل اشیا منظم با مکان هندسی نامشخص(مکعب و هرم) و در نهایت سری سوم شامل اشیا نامنظم (قوری و لیوان )) طراحی شده است که کارایی الگوریتم برای مجزا دانستن اشیا منظم از اشیا نامنظم بررسی شود و به طور مشابه برای سایر اشیا نیز به همین صورت خواهد بود. پس از طراحی صحنه مورد نظر با استفاده از سنسور کینکت در اطراف شی حرکت کرده و یک مدل سه بعدی با استفاده از نرم افزار Skanect و بر مبنای اصول Kinect Fusion تولید شده است. در شکل (۱-الف) صحنه طراحی شده و در شکل (۱-ب) مدل سه بعدی ابر نقاط مشاهده می‌شود.



شکل ۲: (الف) صحنه مورد نظر، (ب) مدل سه بعدی

#### ۲-۴- قطعه بندی

پس از تهیه داده‌های مورد نظر، نوبت به قطعه بندی مدل سه بعدی خواهد رسید. به همین منظور می‌توان از الگوریتم های قطعه بندی بر مبنای مدل رنسک استفاده نمود. مراحل پیاده‌سازی با استفاده از کتابخانه<sup>۱</sup> PCL انجام شده است، در نهایت در شکل زیر نتایج قطعه‌بندی مشاهده می‌شود. همان طور که در شکل زیر مشاهده می‌کنید الگوریتم رنسک به خوبی قادر خواهد بود اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص را قطعه‌بندی کند.



شکل ۳: نتایج قطعه بندی اشیای هندسی منظم با مکان هندسی مشخص

<sup>1</sup> Point Cloud Library

### ۴-۳- محاسبه حجم و ارزیابی

پس از قطعه‌بندی هر یک از اشیای منظم، پارامترهای مورد نظر برای هر شی هندسی استخراج و محاسبه حجم صورت می‌گیرد. در جدول (۳) حجم هر یک از اشیای هندسی مشاهده می‌شود. به منظور ارزیابی دقت روش پیشنهادی محاسبه حجم با استفاده از سنسور کینکت، با استفاده از یک ابزار دقیق (برای مثال خط کش) پارامترها استخراج و حجم محاسبه می‌شود. در ادامه حجم به دست آمده توسط سنسور کینکت و ابزار دقیق قابل مشاهده می‌باشد. سپس با استفاده از رابطه (۱) و حجم‌های بدست آمده ارزیابی دقت انجام شده است.

$$Accuracy = \left| \frac{V_{kinect} - V_{groundtruth}}{V_{groundtruth}} \right| * 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)،  $V_{kinect}$  حجم حاصل از داده‌های کینکت،  $V_{groundtruth}$  حجم حاصل از داده‌های دقیق می‌باشد.

جدول ۳: نتایج و ارزیابی دقت مربوط به محاسبه حجم

شی هندسی	کینکت Cm <sup>3</sup>	داده دقیق Cm <sup>3</sup>	دقت %
کره بزرگ	1204.26	1120.52	7.47
کره کوچک	706.35	796.32	11.2
استوانه	351.32	396.62	11.42
مخروط	340.02	402.09	15.43

پس از محاسبه‌ی دقت برای هر یک از اشیای هندسی، درصد خطای روش پیشنهادی از ۷.۴۷ تا ۱۵.۴۳ قابل تغییر می‌باشد و درصد خطای متوسط ۱۱.۴۳ می‌باشد.

### ۵- نتیجه گیری

محاسبه حجم یکی از کاربردهای نسبتاً جدید در مدلسازی سه بعدی می‌باشد که در محیط‌های غیر آزمایشگاهی به صورت آنی قابل انجام است. در این مقاله، یک روش چهار مرحله‌ای به منظور محاسبه حجم اشیای هندسی منظم با استفاده از کینکت ارایه شده است که به صورت آنی حجم اشیای مورد بحث محاسبه می‌شود. این روش می‌تواند برای محاسبه حجم سایر اشیای هندسی منظم پیچیده استفاده شود.

### مراجع

- [1] T. S. Cook, G. Couch, T. J. Couch, W. Kim, and W. W. Boonn, "Using the Microsoft Kinect for patient size estimation and radiation dose normalization: proof of concept and initial validation," *J Digit Imaging*, vol. 26, pp. 657-62, Aug 2013.
- [2] H. Henseler, A. Kuznetsova, P. Vogt, and B. Rosenhahn, "Validation of the Kinect device as a new portable imaging system for three-dimensional breast assessment," *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, vol. 67, pp. 483-8, Apr 2014.
- [3] R. Buffa, E. Mereu, P. Lussu, V. Succa, T. Pisani, F. Buffa, et al., "A new, effective and low-cost three-dimensional approach for the estimation of upper-limb volume," *Sensors (Basel)*, vol. 15, pp. 12342-57, 2015.
- [4] L. P. Lowes, L. N. Alfano, R. Crawfis, K. Berry, H. Yin, I. Dvorchik, et al., "Reliability and validity of active-seated: An outcome in dystrophinopathy," *Muscle Nerve*, vol. 52, pp. 356-62, Sep 2015.
- [5] X. Zhang, W. Wan, and X. An, "Clustering and DCT Based Color Point Cloud Compression," *Journal of Signal Processing Systems*, pp. 1-9, 2015.
- [6] M. Nylander, T. Kubénka, and M. Hultnäs, "Roundwood measurement of truck loads by laser scanning," *Field study at Arauco pulp mill Nueva Aldea*, pp. 1-9, 2008.

- [7] N. Sakai and S. Yonekawa, "Three-dimensional image analysis of the shape of soybean seed," *Journal of food engineering*, vol. 15, pp. 221-234, 1992.
- [8] J. Grabara, M. Kolcun, and S. Kot, "The role of information systems in transport logistics," *International Journal of Education and Research*, vol. 2, pp. 1-6, 2014.
- [9] M. Arghiani, E. Nemati, and H. S. Yazdi, "Volume Measurement of Human Hand by Using Digital Image Sequences."
- [10] S.-I. Lien and J. T. Kajiya, "A symbolic method for calculating the integral properties of arbitrary nonconvex polyhedra," *Computer Graphics and Applications*, IEEE, vol. 4, pp. 35-42, 1984.
- [11] J. C. Carr, W. R. Frig هاف , A. H. Gee, R. W. Prager, and K. J. Dalton, "3D shape reconstruction using volume intersection techniques," in *Computer Vision, 1998. Sixth International Conference on*, 1998, pp. 1095-1100.
- [12] A. Laurentini, "How far 3D shapes can be understood from 2D silhouettes," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 17, pp. 188-195, 1995.
- [13] J. Y. Zheng, "Acquiring 3-D models from sequences of contours," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. 16, pp. 163-178, 1994.
- [14] K. N. Kutulakos and S. M. Seitz, "A theory of shape by space carving," *International Journal of Computer Vision*, vol. 38, pp. 199-218, 2000.
- [15] B. Dellen and I. A. Rojas Jofre, "Volume measurement with a consumer depth camera based on structured infrared lig هاف ," 2013.
- [16] B. Ugur, "Parametric Human Body Modeling for Virtual Dressing," *Bogaziçi University*, 2008.
- [17] B. Ugur and A. V. Sahiner, "A Parametric Human Body Modeling Tool," *ISCN'08*, p. 79, 2008.
- [18] M. Nießner, M. Zollhöfer, S. Izadi, and M. Stamminger, "Real-time 3d reconstruction at scale using voxel hashing," *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, vol. 32, p. 169, 2013.
- [19] M. Keller, D. Lefloch, M. Lambers, S. Izadi, T. Weyrich, and A. Kolb, "Real-time 3D reconstruction in dynamic scenes using point-based fusion," in *3D Vision-3DV 2013*, 2013 International Conference on, 2013, pp. 1-8.
- [20] C. R. Popescu and A. Lungu, "Real-Time 3D Reconstruction Using a Kinect Sensor," *Computer Science and Information Technology*, vol. 2, pp. 95-99, 2014.
- [21] N. Silberman and R. Fergus, "Indoor scene segmentation using a structured lig هاف sensor," in *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2011 IEEE International Conference on*, 2011, pp. 601-608.
- [22] A. Nguyen and B. Le, "3D point cloud segmentation: A survey," in *Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), 2013 6th IEEE Conference on*, 2013, pp. 225-230.
- [23] A. Golovinskiy and T. Funkhouser, "Min-cut based segmentation of point clouds," in *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2009 IEEE 12th International Conference on*, 2009, pp. 39-46.
- [24] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes," *Pattern recognition*, vol. 13, pp. 111-122, 1981.
- [25] M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," *Communications of the ACM*, vol. 24, pp. 381-395, 1981.
- [26] G. Vosselman, B. G. Gorte, G. Sithole, and T. Rabbani, "Recognising structure in laser scanner point clouds," *International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, vol. 46, pp. 33-38, 2004.
- [27] H. Boulaassal, T. Landes, P. Grussenmeyer, and F. Tarsha-Kurdi, "Automatic segmentation of building facades using terrestrial laser data," *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 36, p. W52, 2007.
- [28] T. Rabbani and F. Van Den Heuvel, "Efficient hough transform for automatic detection of cylinders in point clouds," *ISPRS WG III/3, III/4*, vol. 3, pp. 60-65, 2005.
- [29] S. Profanter, "Segmentation and Semantic Interpretation of Object Models," *Citeseer*, 2012.

- [30] G. Vosselman and S. Dijkman, "3D building model reconstruction from point clouds and ground plans," International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences, vol. 34, pp. 37-44, 2001.
- [31] R. Schnabel, R. Wahl, and R. Klein, "Efficient RANSAC for point-cloud shape detection," in Computer graphics forum, 2007, pp. 214-226.
- [32] Y. Li, X. Wu, Y. Chrysathou, A. Sharf, D. Cohen-Or, and N. J. Mitra, "GlobFit: consistently fitting primitives by discovering global relations," in ACM Transactions on Graphics (TOG), 2011, p. 52.
- [33] T. M. Awwad, Q. Zhu, Z. Du, and Y. Zhang, "An improved segmentation approach for planar surfaces from unstructured 3D point clouds," The Photogrammetric Record, vol. 25, pp. 5-23, 2010.
- [34] F. Tarsha-Kurdi, T. Landes, and P. Grussenmeyer, "Hough-transform and extended ransac algorithms for automatic detection of 3d building roof planes from lidar data," in Proceedings of the ISPRS Workshop on Laser Scanning, 2007, pp. 407-412.
- [35] A. Nguyen and B. Le, "3d point cloud segmentation: a survey," in 2013 6th IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics (RAM), 2013, pp. 225-230.