

# بررسی تهیه مدل‌های استریو پانوراما با استفاده از روش فتوگرامتری برد کوتاه

مسعود ورشوساز (عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)  
آدرس: تهران - خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.  
*Email: varshosazm@yahoo.com*

امیرشاهرخ امینی (کارشناس ارشد فتوگرامتری)  
آدرس: تهران - خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.  
*Email: amirshahrokh\_amini@yahoo.com*

## چکیده

در حال حاضر، بسیاری از سازمانها از جمله میراث فرهنگی، شهرداری‌ها، وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی علاقه‌مندند که گونه‌ای سازمان، شهر و... سایت مورد علاقه خود را به دلایل مختلف از جمله تبلیغ، آموزشهای احتمالی و غیره به دیگران ارائه دهند. فتوگرامتری ایده‌هایی را در اختیار قرار می‌دهد که می‌توان این مدلها را در زان‌های نسبتاً کوتاه بصورتی بسیار جالب و دیدنی تهیه نمود. در این مقاله، قابلیت‌های روش فتوگرامتری در تهیه مدل‌های واقعی بصورت استریو پانوراما و بررسی مشکلات و موانع موجود در این راه و ارائه راهکارهایی جهت بهبود مدل‌های تهیه شده بروش فتوگرامتری بررسی می‌گردد. برای این منظور، در این تحقیق، ابتدا نرم‌افزارهای مناسب پانوراماسازی معرفی شده و قابلیت‌های آنها بررسی گردید. سپس با تهیه یک سیستم تصویربرداری پانوراما و بصورت استریو، و تصویربرداری از مکانهای متفاوت، روشهای گوناگون مدل‌های استریو تهیه شد و کیفیت مدل‌های تهیه شده در هر مرحله بررسی شده و راهکارهایی جهت بهبود مدل‌های تهیه شده ارائه گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از روش فتوگرامتری، می‌توان تصاویر پانوراما بصورت استریو و با کیفیت مناسب تهیه کرد.

**کلمات کلیدی:** استریو پانوراما، برجسته‌بینی، دوربین رقومی، فتوگرامتری برد کوتاه، کالیبراسیون

## ۱- مقدمه

اساساً به گونه‌های مختلفی می‌توان یک سایت را به دیگران معرفی نمود. از جمله با استفاده از نقشه‌های خطی آن، عکس‌ها، فیلم و مدل‌های CAD. یکی از روشهای جذاب، استفاده از عکسهایی است که محیط را بصورت کامل نشان داده و به کاربر اجازه می‌دهد با استفاده از ایستگاههای مختلف در بخشهای مختلف، محل مورد علاقه را مورد بازدید و بررسی قرار دهد. فتوگرامتری می‌تواند با استفاده از تکنیکهای موجود، ساخت چنین مدل‌هایی را تسهیل نماید. علاوه بر این، با استفاده از فتوگرامتری می‌توان مدل‌های واقعی سه‌بعدی از اماکن تهیه نمود. این مدلها می‌توانند کاربردهای متعددی از جمله آموزش سایت‌های شهری بصورت جذاب و تصویری، جلب توریسم با استفاده از مدل‌های واقعی و... را بخود اختصاص دهند. ساخت چنین مدل‌هایی نیاز به بررسی نکات متعدد و ساخت سیستم مربوطه دارد. از جمله این نکات عبارتند از:

- از چه نوع دوربینی باید استفاده گردد.

- نرم افزار مناسب کدام است.
  - در سایتهای بزرگ این مدلها چگونه بهینه می شوند.
  - نحوه برجسته بینی مدل به چه صورت امکان پذیر است.
- در واقع این تحقیق بدنبال تعریف پاسخی به سوالات فوق بوده است. با توجه به مفاهیم فتوگرامتری، امکان تهیه سیستمی که بتواند تصاویر را در اسرع وقت گرفته و مدلی سه بعدی یا دوبعدی تهیه نماید وجود دارد. ضمن اینکه سیستم مناسبی که برای این منظور تهیه شده باشد باید طراحی گردد. یکی از پرکاربردترین روشهای نمایش سایتهای و مکانها، استفاده از تصاویر پانوراما است. پانوراما در لغت به معنی دیدی از صحنه ها یا تصاویر در حال تعویض است. هدف دوربینها و نرم افزارهای پانوراماساز نیز ایجاد چنین دیدی است. نمونه ای از تصاویر پانورامای تهیه شده در شکل (۱) دیده می شود.



شکل (۱): نمونه ای از تصاویر پانوراما

از تصاویر اخذ شده جهت تهیه پانوراما، می توان انواع مختلفی از پانوراماها را تهیه کرد. نوع پانورامای تهیه شده به نوع تصویر کردن عکسهای پانوراما بستگی دارد. بطور کلی انواع پانوراماها تهیه شده با توجه به نوع تصویر کردن عکسها شامل *flat*, *planar*, *cylindrical*, *spherical* و *cubic* می باشد. برای تهیه مدل پانوراما، ابتدا باید در محل مورد نظر نقطه مناسبی برای گرفتن عکسها انتخاب نموده و پس از استقرار دوربین، با گردش های مناسب برای حفظ پوشش عکس های متوالی عملیات عکس برداری انجام شود. پس از اخذ تصاویر، این عکسها توسط نرم افزار به یکدیگر متصل شده و تصویر یکپارچه ای از محیط را ارائه می دهند. مدل نهایی تهیه شده به بیننده این حس را منتقل می کند که در آن مکان قرار دارد. در واقع هدف از این تحقیق، بررسی مدلهای استریو پانوراما و نقاط ضعف آن، و ارائه راهکارهایی جهت بهبود کیفیت مدلهای تهیه شده در شرایط و مکانهای متفاوت است.

## ۲- نرم افزارهای تهیه پانوراما

از مهمترین نکات تهیه یک مدل پانوراما، انتخاب نرم افزاری مناسب با اهداف و خروجی پروژه است. انتخاب نرم افزار مناسب، نقش مهمی در خروجی و پانورامای حاصل خواهد داشت. نرم افزارهایی که قابلیت تولید تصاویر پانوراما می باشند، دارای تنوع گوناگونی می باشند. برخی از نمونه های این نرم افزارها عبارتند از: *Nikon vico*, *Panavue*, *Panocube*, *Image Assembler*, *Panorama Factory*, *Panoweaver*, *Ptrieuer*, *Ulead Cool*, *PTview*, *Pixmapaker*, *3DVista*. قابلیت نرم افزارهای پانوراما با توجه امکانات در نظر گرفته شده در آنها و نوع پانورامای تولید شده متفاوت است. در انتخاب نرم افزار مناسب باید خصوصیات زیر را مدنظر داشت:

- قابلیت استفاده از تصاویر دوربینهای مختلف با لنزهای گوناگون
- قابلیت استفاده از فرمت های گوناگون مانند *jpeg*, *tiff*, *bitmap*, ...
- فرمت های خروجی نرم افزار و کیفیت آنها

- قابلیت اضافه کردن اطلاعات اضافی به تصویر
- قابلیت پردازش و ویرایش روی تصویر
- ارتباط با سایر نرم افزارها
- اتوماسیون نرم افزار و سرعت پردازش
- نوع پانورامای تهیه شده توسط نرم افزار
- هزینه نرم افزار و سهولت کارکرد
- قابلیت اتصال مدل‌های پانوراما به یکدیگر

### ۳- تهیه یک سایت نمونه و بررسی اولیه آن

جهت بررسی اولیه بعنوان نمونه انجام شده، یک مدل پانوراما تهیه گردید. هدف از این طرح، ایجاد یک نمای سه بعدی زنجیره‌ای بصورت پانوراما از فضا و محوطه درونی ساختمان‌های دانشکده نقشه برداری و دریافت خروجی به صورت HTML و قرار دادن آن در سایت دانشکده بود. برای انجام این کار، عکس‌هایی از نقاط مختلف دانشکده برای ایجاد پانوراما تهیه شد و پس از به دست آمدن مدل‌های پانوراما، مدل‌ها به هم لینک شده و خروجی به صورت HTML دریافت گردید. خروجی به صورت یک صفحه وب است که از ورودی اصلی دانشکده آغاز می‌شود و کل فضای دانشکده را پوشش می‌دهد. ابزارهای مورد استفاده عبارت بودند از:

- دوربین: برای انجام این پروژه از دوربین دیجیتال Canon Power Shot IS استفاده شد که از مشخصات این دوربین قابلیت گرفتن عکسهای پانوراما با نشان دادن Overlap، باز نزدیک به ۶۰ درجه، داشتن وضوح بالا، زوم نوری 3X و زوم دیجیتال 10X است.
- سه پایه: سه پایه های مورد استفاده یک عدد سه پایه به همراه تراز کروی و استوانه‌ای بود که استفاده از سه پایه ترازدار در صورت درست بودن آن، به کیفیت کار، بهتر انجام شدن آن و اخذ نتایج مطلوب کمک خواهد کرد.
- نرم افزار: جهت تهیه تصاویر پانوراما از دو نرم افزار Pixmaker و 3Dvista استفاده شد.

برای تهیه مدل پانوراما از یک منطقه، لازم است دوربین در یک مکان مناسب (ترجیحاً وسط) قرار گیرد و عکس‌هایی با پوشش ۱۵ تا ۲۰ درصد از محوطه دوربین گرفته شود تا جایی که عکس‌هایی بر عکس اول منطبق شود. در اینجا باید توجه داشت که مکان دوربین باید مناسب باشد؛ یعنی سطح زمین تا حد امکان هموار باشد. همچنین از مکان استقرار دوربین بتوان یک محدوده را به طور کامل پوشش داد و ورودی قسمت‌های دیگر مشخص باشد. پس از فراهم آوردن عکس‌ها، و اتصال آنها به یکدیگر و سپس لینک مدل‌ها به هم، مدل نهایی دانشکده به صورت پانوراما به دست آمد. قسمتی از پانورامای تهیه شده در شکل (۲) دیده می‌شود.



شکل (۲): پانورامای تهیه شده دانشکده نقشه برداری

### ۳-۱- بررسی مشکلات و ارائه راه حل‌های اولیه برای رفع آنها

در این بخش، مشکلات و موانع موجود در تهیه مدل پانورامای تهیه شده بررسی می‌گردد و راهکارهایی جهت بهبود نتایج حاصل ارائه می‌شود. بطور کلی عوامل موثر در کاهش کیفیت مدل تهیه شده را می‌توان عوامل نرم‌افزاری و عوامل اجرایی معرفی کرد. موانع نرم‌افزاری را می‌توان بصورت زیر معرفی کرد:

- خروجی به صورت پخش یک رنگ نامتعارف مخدوش شده باشد. ایجاد این مشکل به علت تغییر ناگهانی نور بین دو عکس است که این عامل ممکن است باعث شود خروجی فاقد کیفیت عالی باشد.
- خروجی شکستگی داشته باشد که این عامل معمولاً به دلیل تراز نبودن دوربین و یا جابجا شدن آن ایجاد می‌شود. استفاده از تنظیم دستی دو عکس در نقطه شکستگی ممکن است این مشکل را تعدیل کند.
- خم‌های کلی در بخش‌هایی از خروجی مشاهده می‌شود. این مشکل نیز احتمالاً از تراز نبودن دوربین و یا حرکت آن ناشی می‌شود.
- یک عارضه دوبار در خروجی ظاهر شود. این مشکل هم می‌تواند به دلیل رعایت نکردن پوشش مناسب صورت بگیرد و هم به دلیل تطابق عکس‌های اول و آخر باشد.

از موانع اجرایی و عکسبرداری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

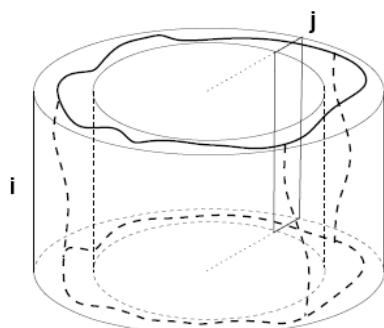
- در استفاده از سه‌پایه بدون تراز در مناطقی که کمی غیرهموار است، در هنگام دوختن عکس‌ها به هم، نرم‌افزار دچار مشکل می‌شود و محصول نهایی در بسیاری از نقاط خمیده است. این مشکل را می‌توان با تغییر دادن Portrait Field of View و Landscape Field of View تا حدودی برطرف کرد. استفاده از سه‌پایه به همراه تراز کروی و استوانه‌ای، می‌تواند راه حل مناسبی برای حل این مشکل باشد.
- در مناطقی که در یک سمت دوربین نور زیاد و سمت دیگر نور کم است، عکس اول از منطقه‌ای گرفته می‌شود که نور متعادل دارد. زیرا ظاهراً دوربین عکس‌ها را از لحاظ نوری با عکس اول تطابق می‌دهد.
- در بعضی مناطق که دوربین نزدیک یک دیوار قرار دارد (مناطق با سطح همگون)، چند عکس متوالی برای پوشش یک دیوار لازم است گرفته شود که تشخیص درست بودن مناطق پوشش به سادگی ممکن نیست. برای رفع این مشکل می‌توان روی دیوار نقاط کوچکی به عنوان علامت قرار داد و یا به صورت چشمی و غیر دقیق، پوشش را رعایت کرد.
- در عکسبرداری، عوارض متحرک از مشکلات اصلی کار می‌باشند. عوارض متحرک در وضوح عکس مشکل ایجاد نمی‌کنند (به دلیل سرعت ثبت عکس)، اما در هنگام دوختن عکس‌ها به هم مشکل ایجاد می‌کنند که به سادگی قابل حل نیست. برای تقلیل این مشکل در هنگام عکسبرداری باید توجه کرد که در انتهای دو عکس هیچ عارضه متحرکی وجود نداشته باشد.

#### ۴- بررسی اولیه امکان ساخت مدل‌های مختلف واقعی با دید برجسته‌بینی

یکی از مباحث مورد توجه و جدید در زمینه تصاویر پانوراما، تهیه مدل‌های پانورامای سه‌بعدی و اخذ داده از این مدل‌های برجسته می‌باشد. هدف مرحله بعد این پروژه، تهیه یک مدل پانورامای سه‌بعدی است؛ اما در ابتدای کار باید راه کار مناسبی برای تهیه عکس‌ها و همچنین چگونگی استقرار دوربین یافت. از آن جا که برای ایجاد دید سه‌بعدی یک شی، دیدن آن از دو منظر مختلف الزامی است، در این پروژه با گرفتن عکس‌ها از دو نقطه نزدیک به هم این نیاز مرتفع می‌شود. روشهای مختلفی برای سه‌بعدی دیدن وجود دارد؛ که در این پروژه استفاده از عینک آنالگلیف مد نظر قرار گرفت. از آنجا که تهیه مدل پانورامای سه‌بعدی نیاز به

اخذ تصاویر از دو منظر مختلف دارد، توجه به ایجاد پارالاکس  $\gamma$  در مواقعی که دو نقطه استقرار دوربین همسطح نیستند، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این مرحله برای شروع کار، ابتدا محوطه زمین فوتبال دانشکده انتخاب گردید. مراحل مختلف زیر خلاصه ای از کارهای انجام شده در این مرحله می‌باشد:

- اخذ تصاویر با رعایت پوشش مناسب عکس‌های متوالی: در این مرحله باید به دور و نزدیک بودن عوارضی که قرار است مدل پانورامای آنها تهیه شود توجه کرد؛ چرا که مدل تهیه شده به صورت یک تصویر استوانه‌ای تخت است که تفاوت زیاد عمق عوارض موجود در صحنه عکس‌برداری دید سه بعدی را به مخاطره می‌اندازد. در شکل (۳)، یک مدل پانورامای فرضی و تاثیر عمق عوارض به صورت شماتیک نشان داده شده است.



شکل (۳): تاثیر عمق متفاوت عوارض در مدل پانوراما

- انتخاب عکس‌های مناسب جهت تهیه پانوراما: پس از انجام مرحله عکس‌برداری، باید از بین تصاویر اخذ شده مواردی انتخاب شود که بتوان مدل پانوراما را با کیفیت بهتر تهیه کرد.
- استفاده از نرم افزار Pixmaker و تهیه مدل پانورامای دو ایستگاه: نرم افزارهای مختلفی برای تهیه این مدل وجود دارد که در این مرحله می‌توان از آنها نیز استفاده نمود.
- استفاده از نرم افزار Anaglyph maker برای ایجاد یک عکس آنالگلیف: برای ایجاد دید سه بعدی روش‌های مختلفی وجود دارد. در این مرحله از کار از روش عینک آنالگلیف بهره گرفته شد. برای استفاده از این روش باید از نرم‌افزاری برای تهیه تصویر آنالگلیف استفاده کرد.
- بررسی مدل تهیه شده در مرحله قبل با استفاده از عینک آنالگلیف: بررسی انجام شده بر روی تصاویر تشکیل شده نشان می‌دهد که به لحاظ اینکه مقیاس تصویربرداری از دو نقطه یکسان نبوده است، لذا تصویر آنالگلیف تهیه شده امکان دید سه بعدی را فراهم نمی‌نماید. برای تصویربرداری با مقیاس ثابت از دو ایستگاه، لازم است که حالت دوربین در لحظه اخذ تصاویر بر روی حالت Manual قرار داده شود. با قرار دادن دوربین در وضعیت Manual، تصویربرداری از محوطه بار دیگر تکرار شد.
- پس از بررسی تصویر آنالگلیف تهیه شده در این مرحله، به دلیل داشتن اختلاف ارتفاع هرچند کم بین دو نقطه تصویربرداری، مقداری پارالاکس  $\gamma$  در دو تصویر ایجاد شده که خود را در تصویر آنالگلیف نهایی نشان می‌دهد.

## ۵- انجام دوباره پروژه و بررسی نقاط ضعف در مدل استریو پانوراما

در مرحله بعد، عملیات عکس‌برداری در محوطه آتلیه که دارای زمین کاملاً مسطح است، انجام شد. برای اخذ تصاویر بصورت موازی از عوارض جهت تهیه مدل‌های استریو پوشش‌دار، همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، از یک میله از جنس آلومینیوم بطول حدود ۱/۲۰ متر استفاده شد که روی سه پایه

دوربین قرار گرفته و دو دوربین بصورت متقارن و موازی یکدیگر روی آن استقرار می‌یابند. دوربین‌های مورد استفاده در این پروژه از یک مدل و نوع، و مارک Olympus می‌باشد. برای تهیه تصاویر استریو، نیاز به اخذ زوج عکس با پوشش حداقل ۶۰٪ و جهت تهیه تصاویر پانوراما به پوشش حداقل ۲۰ درصدی بین این مدلها نیاز است.



شکل (۴): سیستم مورد استفاده جهت تصویربرداری پانوراما

جهت تهیه تصاویر استریو نیز از دو نرم افزار Anaglyph Maker و Photomod استفاده شد و برای تهیه تصاویر پانوراما از این مدل‌های استریو، نرم‌افزار PixMaker بکارگرفته شد. در نرم‌افزار PhotoMod مدل استریو پس از حل توجیه نسبی و بروش تناظریابی تشکیل می‌گردد. در نرم افزار Anaglyph Maker نیز مدل استریو با یک تناظریابی نسبی و بصورت تقریبی تشکیل می‌گردد که می‌توان مدل تشکیل شده را بصورت دستی بهبود بخشید. در نهایت مدل‌های استریو بدست آمده از دو روش در محیط نرم‌افزار PixMaker، به تصاویر پانوراما تبدیل گردیدند که تصاویر پانورامای تشکیل شده از تصاویر و همچنین مدل‌های استریو در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵): قسمتی از تصاویر استریوی حاصل از Anaglyph Maker (بالا) و تصاویر استریوی حاصل از PhotoMod (پایین)

#### ۵-۱- بررسی نتایج

با بررسی کیفیت تصاویر استریو و پانورامای بدست آمده بوسیله عینک مخصوص برجسته‌بینی، مشاهده گردید که مدل‌های بدست آمده دارای وضوح و کیفیت مناسبی نیستند، خصوصا در مورد تصاویر

بدست آمده از PhotoMod که با اینکه مدل‌های استریو بروش تناظریابی و با دقت بالا بدست می‌آیند، باز هم کیفیت و وضوح مطلوب را ندارند. با بررسی بیشتر، علل عدم اخذ نتایج مناسب بصورت زیر حاصل شد:

- تفاوت فاصله بین عوارض مختلف تا دوربین و در نتیجه تفاوت مقیاس زیاد در دو عکس پوشش دار متناظر و همچنین تغییرات زیاد عمق نسبت به فاصله تصویربرداری موجب اختلال در برجسته‌بینی می‌شود.
- با توجه به نزدیکی فاصله عکسبرداری، تفاوت زاویه سطح تصاویر با سطوح عوارض برای دو عکس پوشش‌دار متناظر بیشتر حس شده، و در نتیجه تاثیر بیشتری در تشکیل مدل استریو خواهد داشت.
- با توجه به نزدیکی برخی عوارض به دوربین در برخی مناظر و کم شدن نسبت باز به فاصله (حتی کمتر از مقدار  $\frac{1}{4}$  در برخی تصاویر)، اختلاف منظر در دو عکس متناظر زیاد شده و دید برجسته‌بینی را مختل می‌کند.

با توجه به نتایج حاصل شده، جهت بهبود نتایج در مرحله بعد، می‌باید سیستمی بکار گرفته شود که قابلیت تغییر مکان دوربین‌ها روی میله وجود داشته و برای فواصل مختلف، خصوصاً عوارض نزدیک، نسبت باز به فاصله حداقل به میزان  $\frac{1}{10}$  حفظ شود.

## ۶- بهبود کیفیت مدل استریو پانوراما

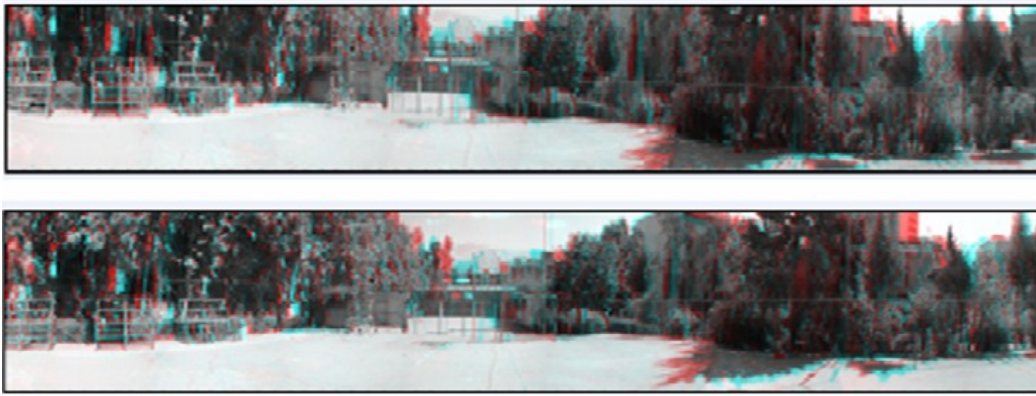
با توجه به نواقص موجود در تشکیل مدل استریو پانورامای تشکیل شده در پروژه قبلی که با بررسی‌های انجام شده، دلایل آنها تفاوت مقیاس زیاد در دو عکس پوشش‌دار متناظر، کم بودن نسبت باز به فاصله، و ایجاد اختلاف منظر زیاد در دو عکس متناظر تعیین گردید؛ در این مرحله، تصمیم به بهبود مدل‌های استریو تشکیل شده و ایجاد دید برجسته‌بینی با کیفیت بالاتر با در نظر گرفتن نکات و عوامل مذکور گردید. در این پروژه، از سیستم تصویربرداری قبلی استفاده گردید. محیط تصویربرداری نیز یک محوطه باز، یعنی محوطه زمین ورزش دانشکده عمران انتخاب شد تا اشیاء فاصله دورتری نسبت به دوربین داشته و نسبت باز دو دوربین به فاصله، مقدار کمتری گردد (شکل ۶).



شکل (۶): محیط تصویربرداری و سیستم مورد استفاده

در مرحله تصویربرداری، برای تهیه تصاویر استریو، تصاویری بصورت زوج عکس با پوشش حداقل ۶۰٪ و جهت تهیه تصاویر پانوراما با پوشش حداقل ۲۰ درصد برداشت شد. برای این منظور، تعداد ۱۲ عکس برای هر دوربین و با چرخش حدود ۳۰ درجه اخذ گردید تا پوشش مناسب بدست آید. جهت تهیه

تصاویر استریو از زوج عکسهای اخذ شده، از دو نرم افزار Anaglyph Maker و PhotoMod جهت مقایسه مدل‌های بدست آمده استفاده گردید. در نهایت، مدل‌های استریو بدست آمده از دو روش در محیط نرم‌افزار PixMaker، به تصاویر پانوراما تبدیل گردیدند که تصاویر پانورامای تشکیل شده بصورت استریو در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل (۷): تصاویر استریوی حاصل از Anaglyph Maker (بالا) و تصاویر استریوی حاصل از PhotoMod (پایین)

#### ۶-۱- بررسی نتایج

با بررسی کیفیت تصاویر استریو پانورامای بدست آمده، مشاهده گردید که مدل‌های بدست آمده دارای وضوح و کیفیت بهتری نسبت به مدل تهیه شده در مرحله قبل می‌باشند و مدل سه‌بعدی تا حدودی ایجاد شده است. اما هنوز این دید برجسته‌بینی دارای نواقصی است. با بررسی روی مدل‌های تشکیل شده روشن گردید که در تصاویر استریویی که تفاوت مقیاس و تغییر عمق زیاد وجود دارد، مدل‌های تشکیل شده دارای وضوح کمتری می‌باشند و دید سه‌بعدی بیشتر مختل شده است. در نتیجه، جهت بهبود مدل استریو پانوراما، در پروژه بعدی تصمیم گرفته شد که دوربین‌ها روی میله به یکدیگر نزدیک‌تر شده تا اختلاف منظر در زوج عکسها کمتر شود. همچنین پوشش بیشتر از ۲۰ درجه بین مدل‌های استریو برای تهیه پانوراما ایجاد گردد تا از مناطق مرکزی مدل‌های استریو استفاده گردد. برای این منظور، می‌باید تعداد بیشتری عکس با پوشش بیشتر اخذ شود.

#### ۷- تهیه نهایی استریو پانوراما با دید برجسته‌بینی مناسب

با وجود بهبود مدل استریو پانورامای تشکیل شده در مرحله قبل، اما هنوز این مدل بدلیل occlusion ناشی از وجود اختلاف مقیاس و عمق زیاد در برخی تصاویر، دارای کیفیت بالایی نیست. در نتیجه، جهت بهبود دید برجسته‌بینی و ایجاد مدلی با وضوح مناسب، تصویربرداری یکبار دیگر انجام گردید. در این مرحله نیز از همان محل قبلی، یعنی از محوطه زمین ورزش دانشکده عمران عکسبرداری انجام شد، اما دو دوربین روی میله سیستم تصویربرداری بهم نزدیکتر شدند تا پوشش بین دو زوج عکس افزایش یابد (شکل ۸). در نتیجه، پوشش عملاً به میزان حدود ۹۰ درصد رسید. با توجه به فاصله حدود ۳۰ سانتیمتری دو دوربین از یکدیگر و حداقل فاصله ۱۰ متر اشیاء محیط اطراف تا دوربین، نسبت باز به فاصله به کمتر از مقدار  $\frac{B}{H} = \frac{1}{30}$  رسید. همچنین با توجه به نزدیکی دو دوربین بهم، اختلاف منظر در دو تصویر متناظر به حداقل می‌رسد.





شکل (۸): موقعیت دو دوربین روی میله سیستم تصویربرداری

برای پوشش بیشتر بین مدلها در تهیه پانورا، تعداد بیشتری تصویر با چرخش کمتر دوربین به میزان ۱۵ تا ۲۰ درجه اخذ شد که در نتیجه میزان پوشش بین مدلها حداقل ۵۰ درجه بوده و تعداد ۲۲ عکس از هر دوربین گرفته شد. با توجه به اینکه حداقل میزان ۲۰ درصد پوشش برای تهیه پانوراما کافی است، اما جهت انتخاب مدل مناسب از لحاظ کیفیت و وضوح، جهت بکارگیری در تهیه پانورا، میزان پوشش حداقل ۵۰ درصد در چرخش دوربین در نظر گرفته شد.

در مرحله بعد، جهت تهیه تصاویر استریو از زوج عکسهای اخذ شده، از نرم افزار **Anaglyph Maker** استفاده گردید. با توجه به عدم هم ارتفاع بودن کامل دو دوربین نسبت به یکدیگر و عدم تراز کامل آنها، زوج تصاویر گرفته شده نسبت بهم پارالاکس  $y$  پیدا کرده که توسط نرم افزار تا حدود زیادی رفع گردید. در مرحله بعد مدلهای استریو بدست آمده از روش آنالیف، در نرم افزار **Pixmaker** به تصاویر پانوراما تبدیل گردیدند. در اینجا نیز با توجه عدم تراز کامل دو دوربین روی سه پایه نسبت به زمین، تصاویر در یک ردیف موازی نبوده و در جهت عرضی شیفت داشتند که اصلاح گردیدند. با توجه به اینکه در زوج تصاویر، تفاوت شدید مقیاس در برجسته بینی اختلال ایجاد می کند، تصویر تنها در قسمتی از ناحیه پوشش دار می تواند بهبود یابد. برای این منظور، همانطور که گفته شد، تصاویر با پوشش بیشتری بین مدلها در هر چرخش دوربین گرفته شدند تا از قسمتهایی از مدل که دارای دید برجسته بینی مناسب تری هستند استفاده شود. در شکل (۹)، تصاویر پانورامای تشکیل شده نشان داده شده است.



شکل (۹): بخشی از تصاویر استریو پانورامای حاصل بصورت ۳۶۰ درجه (بالا) و یکپارچه (پایین)

## ۸- بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی کیفیت تصاویر استریو پانورامای بدست آمده، مشاهده گردید که مدل‌های بدست آمده در مرحله آخر دارای کیفیت مناسبی نسبت به مدل‌های تهیه شده در دو مرحله قبل می‌باشند، و مدل سه‌بعدی و برجسته‌بینی با وضوح خوبی ایجاد شده است که از علل آن می‌توان به کوچک بودن میزان باز به فاصله با نزدیک کردن دو دوربین روی میله به یکدیگر جهت کاهش میزان اختلاف منظر در زوج تصاویر اشاره کرد. از عوامل موثر دیگر، استفاده از پوشش بیشتر جهت استفاده از قسمت مناسب مدل تشکیل شده از مناطقی که بعلت تفاوت شدید مقیاس و اختلاف فاصله اشیاء تا دوربین، مدل تشکیل شده دارای occlusion زیاد بود، می‌توان ذکر کرد. در نتیجه، با توجه به پروژه‌های انجام شده، برای ایجاد مدل پانوراما با دید استریوی مناسب، موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱. انتخاب و استفاده از نرم‌افزار مناسب با توجه به اهداف پروژه
۲. استفاده از دو دوربین مشابه و از یک مدل و تنظیم مشابه دو دوربین
۳. تهیه سیستمی با قابلیت تنظیم دو دوربین بطور کاملاً موازی (محور نوری موازی) و هم ارتفاع نسبت به هم
۴. تنظیم دوربین بصورت تراز نسبت به زمین روی سیستم
۵. تنظیم فاصله دو دوربین نسبت به یکدیگر روی میله جهت ایجاد نسبت مناسب باز به فاصله برای کاهش میزان اختلاف منظر
۶. ایجاد پوشش زیاد بین مدلها در تشکیل پانورا جهت انتخاب و برش قسمت مناسب مدل، در حالتی که بعلت تفاوت شدید مقیاس، مدل تشکیل شده دارای occlusion زیاد است.

با توجه به نتایج حاصل از پروژه‌های انجام شده می‌توان گفت، با استفاده از روش فتوگرامتری و تهیه تصاویر استریو، و با در نظر گرفتن و اعمال شرایط و عوامل تاثیرگذار در دید برجسته‌بینی، می‌توان از فتوگرامتری برد کوتاه بعنوان ابزاری جهت نمایش‌های محیطی و مکانها با پوشش کامل و کیفیت بالا، بطوری که به بیننده درک کاملی از محیط ارائه دهد، استفاده کرد.

منبع: مسعود ورشوساز، امیرشاهرخ امینی، ۱۳۸۶-۱۳۸۵، "مدلسازی واقعی ساختمانها در مناطق شهری با استفاده از تصاویر پانوراما"، طرح پژوهشی دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.