بررسی پارامترهای مؤثر در طراحی یک شبکه فتوگرامتری

فرشید فرنود احمدی

آدرس : تهران – تقاطع ولیعص و میرداماد – دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تلفن : ۰۹۱٤۳۱۳۸۷۲۳

Email : farshid_farnood@Yahoo.com

مسعود ورشوساز

سمت : مدیر گروه فتوگرامتری و سنجش از دور دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدن طوسی

آدرس : تهران – تقاطع ولیعص و میرداماد – دانشکده نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تلفن : ۸۷۷۰۲۱۸-۰۲۱

Email : varshosazm@kntu.ac.ir

چکیده

در فتوگرامتری عوامل مختلفی بر روی دقت اطلاعات استخراج شده از تصویر تاثیرگذار می باشند . یکی از مهمترین این عوامل هندسه شبکه تصویربرداری و نحوه ترکیب تصاویر می باشد . بهینه سازی طراحی شبکه در بهبود اندازه گیریها هم از نظر دقت و هم از نظر هزینه مؤثر بوده و سبب می شود ضمن رعایت معیارهای اقتصادی ، دقت اطلاعات به دست آمده بهبود یابد..

در این مقاله عواملی از قبیل تعداد ایستگاههای تصویربرداری ، زاویه میان امتداد دید در تصویر برداری از ایستگاههای مختلف ، نحوه ترکیب تصاویر تهیه شده از ایستگاههای مختلف ، موقعیت دوربین نسبت به شیء و محل مقیاس گذاری در مدل ، که در طراحی شبکه بسیار موثر می باشند به طور عملی مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر هر کدام از ابن عوامل بر روی دقت ارتفاعی و مسطحاتی به طور جداگانه ارزیابی شده است .

نتایج حاصل از این بررسی نشان می دهد که کاربرد تصاویر استریو برای استخراج اطلاعات مسطحاتی مناسب تر از تصاویر همگرا می باشد در حالی که استفاده از تصاویر همگرا دقت ارتفاعی اطلاعات اسخراج شده از تصاویر را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد . همچنین افزایش تعداد تصاویر مورد استفاده و به کارگیری تصاویری با زاویه تقارب متعادل ، دقت را تا رسیدن به یک حد آستانه افزایش می دهد . در ضمن بررسی ها نشان داد که مقدار خطا با خروج از صفحه مقیاس گذاری به سرعت افزایش می یابد .

در خاتمه با بکارگیری نتایج به دست آمده یک دستورالعمل جهت طراحی شبکه پیشنهاد شده است .

۱- مقدمه

در فتوگرامتری برد کوتاه عوامل مختلفی بر روی دقت اطلاعات استخراج شده از تصویر تاثیرگذار می باشند . یکی از مهمترین این عوامل هندسه شبکه تصویربرداری و نحوه ترکیب تصاویر می باشد . بهینه سازی طراحی شبکه در بهبود اندازه گیریها هم از نظر دقت و هم از نظر هزینه مؤثر بوده و سبب می شود ضمن رعایت معیارهای اقتصادی ، دقت اطلاعات به دست آمده به طور چشمگیری بهبود یابد .

در آنالیزهای اولیه که به منظور برآورد دقت مثلث بندی در یک شبکه فتوگرامتری انجام می گیرد از رابطه شماره (۱) استفاده می شود[۱] .لازم به ذکر است این ربطه تقریبی بوده و زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که دوربین مورد استفاده متریک باشد.

$$\sigma_c = \frac{q}{\sqrt{k}} s\sigma = \frac{q}{\sqrt{k}} d\sigma_a \qquad (۱)$$

که در آن σ_c مقدار خطای استاندارد مختصات نقاط شیء ، s عدد مقیاس ، d فاصله متوسط دوربین تا شیء ، σ_a قدرت تفکیک زاویه ای و k تعداد تصاویر در هر ایستگاه می باشد . در این رابطه تاثیر استحکام هندسی شبکه بر روی دقت نتایج به دست آمده با وارد شدن ضریب q نشان داده شده و بیانگر این مطلب است که بهبود عوامل مؤثر بر هندسه شبکه می تواند تاثیر مستقیم در بالا رفتن دقت نتایج داشته باشد . q برای شبکه های همگرا مقادیری بین ۰/٤ تا ۰/۸ می باشد . برای انجام آنالیزهای اولیه مقدار ۰/۷ مناسب می باشد .

در زمینه طراحی شبکه تاکنون مطالعات متعددی انجام شده است به عنوان مثال بررسی های انجام شده در مورد اندازه گیریهای فتوگرامتریکی یک آنتن بازتاب کننده نشان داد که هندسه استریوسکوپیک ، دقت بسیار همگنی تولید می کند ولی دقت در عمق نسبت به دو محور باقیمانده تشکیل دهنده صفحه(x,y) بسیار ضعیف می باشد . اما با افزودن دو تصویر همگرا وضعیت بهبود یافته ومی توان گفت دقت همگن و ایزوتروپ حاصل می گردد .بعلاوه با این کار اعتماد پذیری شبکه در کشف خطا ها افزایش می یابد .[1]

عوامل مختلفی از قبیل تعداد ایستگاههای تصویربرداری ، زاویه میان امتداد دید در تصویر برداری از ایستگاههای مختلف ، نحوه ترکیب تصاویر تهیه شده از ایستگاههای مختلف ، موقعیت دوربین نسبت به شیء ، محل مقیاس گذاری در مدل و... در هندسه شبکه فتوگرامتری مؤثر می باشند . در این مقاله موارد فوق الذکر مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر عملی هر کدام از این عوامل در استخراج اطلاعات مسطحاتی و ارتفاعی به طور مجزا تعیین شده است تا بتوان با دستیابی به شرایط بهبنه نتایج به دست آمده را در پروژه های کاربردی مورد استفاده قرار داد .

۲- تصویر برداری

در این پروژه برای انجام اندازه گیریهای مورد نیاز یک تست فیلد مورد استفاده قرار گرفت که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

شکل شماره(۱) : در این شکل تست فیلد مورد استفاده در این پروژه نشان داده شده است.

دراین فیلد تارگتها بر روی دو صفحه که در عمق های متفاوتی قرار دارند به صورت یک شبکه منظم نصب شده و موقعیت آنها نسبت به هم کاملا مشخص می باشد . عملیات عکسبرداری از این تست فیلد توسط دوربین غیرمتریکCanon-PowerShot-90IS در مرکز تحقیقات ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی انجام گرفت . در کل ۳۱ تصویر به صورت استریو و همگرا در فواصل و موقعیتهای متفاوت نسبت به فیلد تهیه شد تا امکان بررسی هندسه شبکه و تلفیق تصاویر در حالتهای مختلف موجود باشد . لازم به ذکر است نور پردازی در لحظه تصویربرداری بایستی به گونه ای باشد که در حد امکان تارگتها از لحاظ تصویر شدن روی عکس مشکلی نداشته باشند . به عبارت دیگر در اثر نور بیش از حد یا کمبود نور ، مشاهده آنها بر روی تصویر دچار مشکل نشود. . عدم در نظر گرفتن این موضوع سبب می شود تا تعدادی از تصاویر غیر قابل استفاده شود .

۳- بررسی حالات مختلف در طراحی شبکه

برای بررسی حالات مختلف در هندسه شبکه تصویربرداری هفت Case طراحی شد . طراحی هر Case به گونه ای انجام گرفت که بتواند تاثیر ناشی از تغییرات پارامتر مورد بررسی در ان Case را به خوبی آشکار نماید . در جدول شماره ۱ طرح کلی هر Case و هدف از طراحی آن به طور خلاصه بیان شده است .

Case	هدف از طراحی	طرح کلی
۱	بررسی ساده ترین حالت ممکن برای هندسه شبکه	در این Case از دو تصویر استریو که دارای بیشترین فاصله ممکن نسبت به هم می باشد استفاده می شود
۲	بررسی تاثیر افزوده شذن یک تصویر استریو بر روی دقت مسطحاتی و ارتفاعی اطلاعات خروجی	در این حالت یک تصویر استریو بین دو تصویر مورد استفاده در Case شماره یک افزوده می شود
۳	مقایسه دقت مسطحاتی وارتفاعی حاصل از تصاویر همگرا با دقت به دست امده از تصاویر استریو	در این حالت از دو تصویر همگرا که زاویه تقارب میان امتداد تصویربرداری آنها متعادل می باشد استفاده می شود
٤	بررسی تاثیر افزوده شدن یک تصویر همگرا به شبکه همگرای موجود	در این حالت یک تصویر همگرا طوری به تصاویر همگرای قبلی اضافه می شود که اندازه زوایای تقارب موجود در Case قبلی تغییر نکند
٥	بررسی تاثیر افزوده شدن تعداد بشتری تصویر همگرا به شبکه های همگرای موجود	در این حالت یک تصویر همگرا طوری به تصاویر همگرای قبلی اضافه می شود که اندازه زوایای تقارب موجود در Case قبلی تغییر نکند
٦	بررسی تاثیر محل مقیاس گذاری برای برقراری ارتباط میان ابعاد مدل با واقعیت ، بر روی دقت اندازه گیریها	در این حالت برای یک مدل واحد مقیاس گذاری یکبار در سطح اول وبار دیگر در سطح دوم انجام می شود
۷	بررسی تاثیر اندازه زاویه تقارب میان امتداد تصویربرداری بر روی دقت اطلاعات خروجی	دو تصویر همگرا طوری برداشت می شود که یکبار زاویه تقارب انها کم و بار دیگر زیاد باشد و نتایج حاصل با Case شماره ۳ مقایسه می شود

جدول شماره (۱) : در این جدول طرح کلی هر Case وهدف از طراحی آن بیان شده است .

بر اساس Case های طراحی شده تصاویر مناسب از میان ۳۱ تصویر تهیه شده انتخاب و مدل مربوط به هر Case تشکیل شد . برای بر قراری ارتباط میان ابعاد مدل با واقعیت یا به عبارت بهتر به منظور مقیاس گذاری مدل طولهایی بر روی مدل انتخاب شده و مقدار واقعی این طولها معرفی شد .

برای مقایسه دقت مدلهای تشکیل شده و ارزیابی تاثیر عوامل مؤثر بر هندسه شبکه در نتایج به دست آمده ، R.M.S.E مربوط به هر مدل محاسبه شد . برای محاسبه مقدار R.M.S.E هر مدل ، پس از عملیات مقیاس گذاری فاصله میان تارگتها از روی مدل اندازه گیری شد . با مقایسه فواصل واقعی با فواصل استخرا ج شده از مدل مقدار خطای هر طول به طور مجزا تعیین شده و برای محاسبه R.M.S.E از فرمول زیر استفاده شد :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum \left(l - \bar{l} \right)^2}{n - 1}} \qquad (۲)$$

در این فرمول l طول اندازه گیری شده بر روی مدل ، $\bar{l}$ طول واقعی و n تعداد طولهای اندازه گیری شده می باشد.

برای مدلهای تشکیل شده به طور متوسط ۲۷-۲۳ طول اندازه گیری شد که نتایج حاصل در جداول شماره ۲ و۳ نشان داده شده است . لازم به ذکر است عملیات تشکیل مدل و انجام مشاهدات برای تصاویر مختلف چندین بار صورت گرفته و نتایجی مشابه آنچه در جداول فوق الذکر نشان داده شده به دست آمده است .

Case	تصاویر مورد استفاده	RMSE طولهای مشاهده شده در سطح بر حسب Cm	RMSE طولهای مشاهده شده در عمق بر حسب Cm	بیشترین مقدار خطا در سطح بر حسب Cm	بیشترین مقدار خطا در عمق بر حسب Cm	عداد اندازه گیری شده
۱	**دو تصویر**استریو	۰/۰۷	۰/۵۲	۰/۱٦	۰/۸۰	۲٤
۲	**۳ تصویر** استریو	۰/۰۹	۰/٤۵	۰/۱۹	۰/٦٤	**۲۵ طولهای**
۳	**۲ تصویر** همگرا	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۳۳	۰/۳۱	۲۳
٤	**۳ تصویر** همگرا	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۲٤	۲۳
۵	**٤ تسویر** همگرا	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۳۰	۰/۲٤	۲۳
۷	**دو تصویر** همگرا **با زاویه تقارب زیاد**	۰/۱۹	۰/۳٤	۰/٤۰	۰/٤۵	۲۷

جدول شماره (۲) : در این جدول نتایج مربوط به اندازه گیریهای انجام شده بر روی مدلهای مختلف نشان داده شده است.

۳-۱- مقایسه حالت دو عکسی و سه عکسی با به بکارگیری تصاویر استریو

در Case شماره یک دو تصویر استریو و در Case شماره دو سه تصویر استریو برای تشکیل مدل سه بعدی مورد استفاده قرار گرفته است . مراجعه به جدول شماره ۲ ومقایسه RMSE اندازه گیریهای انجام شده بر روی مدل حاصل از این دو حالت نشان می دهد زمانی که دو تصویر مورد استفاده قرار می گیرد دقت مسطحاتی۰/۲mm بیشتر از حالتی است که ار سه تصویر استفاده می شود اما افزودن یک تصویر استریو مقدار خطای ارتفاعی را ۰/٦٤mmکاهش داده است .البته با مراجعه به جداول مربوط به نتایج ، مشاهده می شود میزان افزایش خطای مسطحاتی در مقایسه با کاهش خطای ارتفاعی بسیار کم و ناچیز است .

۳-۲- مقایسه حالت استریو و همگرا با به کارگیری دو تصویر

در Case شماره ۳ برای تشکیل مدل از دو تصویر همگرا استفاده شده است . همانطوریکه در جدول شماره ۲ دیده می شود در این حالت خطای مسطحاتی نسبت به Case شماره ۱ ،۰/٦mm افزایش یافته ولی خطای ارتفاعی۲/۲mm کاهش نشان می دهد که مقدار قابل توجهی است .

۳-۳- مقایسه حالت دو عکسی و سه عکسی با تصاویر همگرا

برای بررسی تاثیر افزودن یک تصویر به تصاویر همگرای قبلی ، بدون به وجود آمدن تغییری در Case شماره ۳ یک تصویر همگرا به تصاویر قبل افزوده شد که نتایج حاصل در Case شماره ٤ آمده است .همانطور که در جدول شماره ۲ ملاحظه می شود افزودن این تصویر مقدار خطای مسطحاتی و ارتفاعی را به ترتیب به اندازه ۰/١٤mm و۰/۸mm کاهش داده است .

۳-٤- مقایسه حالت دو عکسی با حالت چهار عکسی با به کارگیری تصاویر همگرا

درCase شماره ٥ بدون ایجاد تغییری در Case شماره ۳ ، دو تصویر همگرا به آن افزوده شدتا بدون تشکیل مدل جدید وهمچنین بدون وارد شدن خطاهای دیگر تاثیر اضافه شدن این دو تصویر ارزیابی گردد .با مراجعه به جدول شماره ۲ و مقایسه RMSE های به دست آمده مشاهده می شود در این حالت دقت مسطحاتی تغییر چندانی نکرده ولی خطای ارتفاعی نسبت به حالت دو عکسی و سه عکسی به ترتیب ۰/۸٥mmو۰/۰٥mm کاهش یافته است . این مطلب نشان دهنده آن است که افزایش تعداد تصاویر تا حد معینی می تواند در کاهش خطا موثر باشد به طوریکه پس از رسیدن به این حد تاثیر افزایش تعداد تصاویر درکاهش مقدار خطا به طور چشمگیری پایین می آید .

۳-٥- بررسی هندسه تصاویر همگرا

همانطوریکه در موارد قبل مشاهده شد استفاده از تصاویر همگرا باعث می شود دقت ارتفاعی نسبت به حالتی که از تصاویر استریو استفاده می شود بالاتر رود . آنچه در اینجا دارای اهمیت می باشد این است که زاویه تقارب میان امتداد دید در تصویر برداری از ایستگاههای مختلف چه تاثیری در دقت مدل تشکیل شده دارد؟.

برای بررسی حالتی که زاویه تقارب میان دو امتداد دید کم است دو تصویر همگرا در نزدیکی هم و با زاویه تقاربی در حدود ۲۰ درجه گرفته شد. در این حالت مقدار خطا بر روی فواصل اندازه گیری به حدی بالا بود که عملیات اندازه گیری متوقف شد .

برای بررسی حالت دوم یعنی حالتی که زاویه میان دو امتداد دید زیاد است یک تصویر از منتهی الیه سمت

چپ و یک تصویر از منتهی الیه سمت راست تست فیلد تهیه شد به طوری که زاویه تقارب میان امتداد دید تصاویر در حدود ۱۳۰ درجه شد .با مراجعه به نتایج ارائه شده در Case شماره ۷ ملاحظه می شود مقدار حطا نسبت به Case شماره ۳ که در آن زاویه تقارب حالت متعادلی دارد افزایش یافته است . لازم به ذکز است تنها تفاوت میان این دو Case در اندازه زوایای تقارب بوده و لذا مقایسه نتایج حاصل از این دو Case می تواند تاثیر زاویه تقارب را به خوبی آشکار نماید .

۳-٦- بررسی تاثیر محل معرفی طول معلوم جهت مقیاس گذاری

برای بررسی این موضوع پس از تشکیل مدل سه بعدی توسط دو تصویر همگرا عملیات مقیاس گذاری مدل یک بار در صفحه اول ویکبار در صفحه دوم انجام شد . با مراجعه به جدول شماره ۳ مشاهده می شود در حالت اول که تحت عنوان Case شماره ٦ معرفی شده است مقدار خطا روی صفحه اول ۰/۱۹Cmو روی صفحه دوم ۰/۳٤Cm می باشد در حالیکه در حالت دوم ویا به عبارت بهتر در Case شماره ۷ مقدار خطا روی صفحه اول ۰/۵۹Cmو روی صفحه دوم۰/۲۰Cm شده است . همانطوریکه ملاحظه می شود مقدار خطا بر روی صفحه ای که عملیات مقیاس گذاری در آن صورت می گیرد به شدت کاهش می یابد در حالیکه با خروج از این صفحه مقدار خطا افزایش می یابد .

Case	نوع تصاویر مورد استفاده	RMSE طولهای مشاهده شده در سطح اول بر حسب Cm	RMSE طولهای مشاهده شده در سطح دوم بر حسب Cm	بیشترین مقدار خطا در سطح اول بر خسب Cm	بیشترین مقدار خطا در سطح دوم بر حسب Cm	نعداد مشاهدات	صفحه معرفی مقیاس
٦	دو تصویر همگرا	۰/۵۰	۰/۲۰	۰/۸۲	۰/۲۹	۲٦	صفحه دوم
۷	دو تصویر همگرا	۰/۱۹	۰/۳٤	۰/٤۰	۰/٤۵	۲۷	صفحه اول

جدول شماره (۳) : جدول مربوط به بررسی نتایج حاصل از تغییر محل مقیاس گذاری در یک مدل

٤- نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به بررسی های انجام شده نتایج کار را می توان به صورت زیر جمع بندی نمود:

۱- برای استخراج اطلاعات مسطحاتی بهتر است از تصاویر استریو استفاده شود.

۲- استفاده از تصاویر همگرا باعث می شود دقت ارتفاعی نسبت به حالت استریو به طور چشمگیری افزایش یابد اما دقت مسطحاتی نسبت به حالت استریو کاهش می یابد .

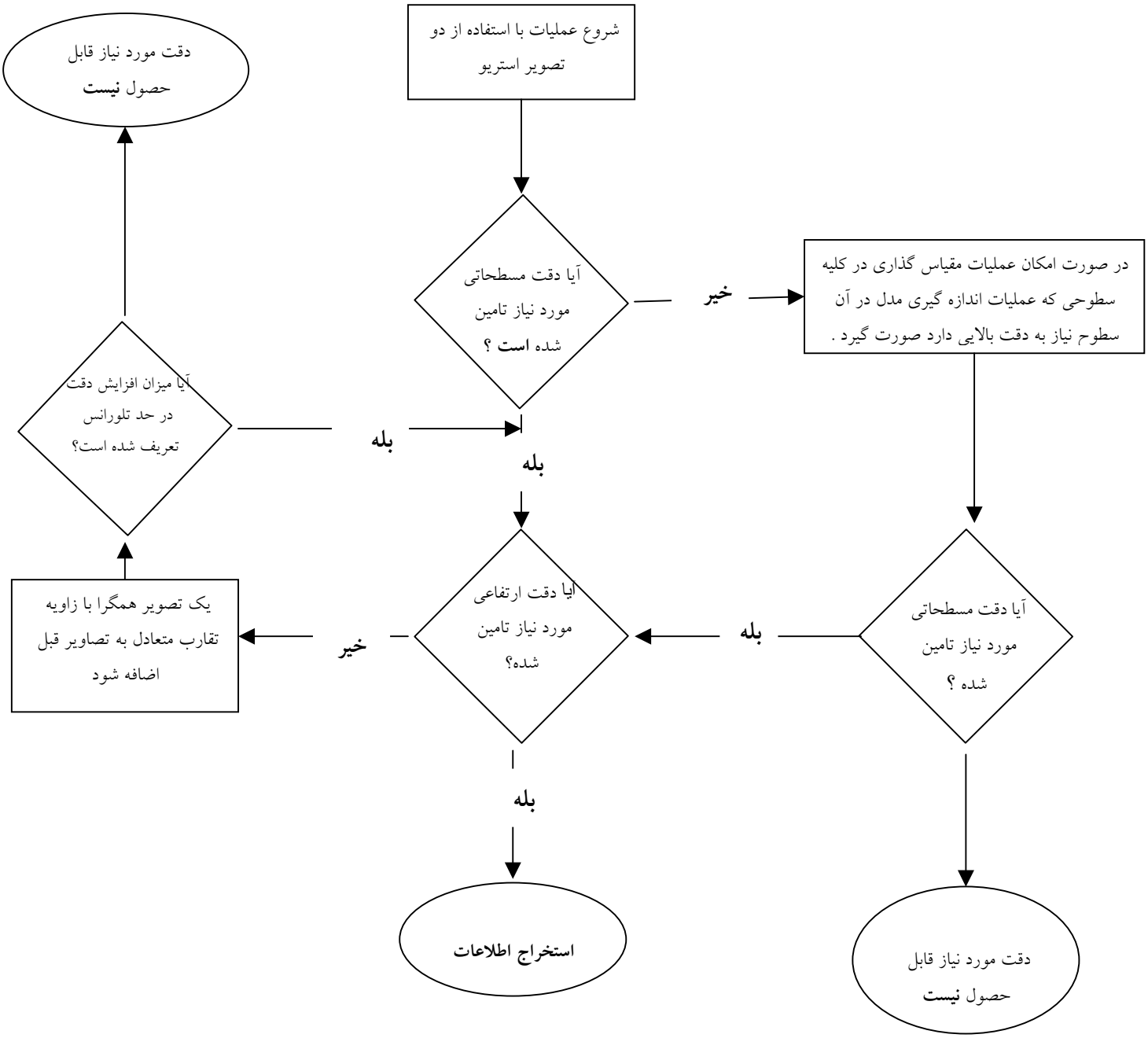
۳- هر جه تعدادتصاویر مورد استفاده برای مدلسازی بیشتر باشد دقت ارتفاعی بالاتر خواهد رفت ولی افزایش تعداد تصاویر تاثیر معکوس بر روی دقت مسطحاتی دارد .

٤- افزایش تعداد تصاویر هم در حالت استریو هم در حالت همگرا تا حد معینی می تواند دقت ارتفاعی را بهبود دهد به طوری که بعد از رسیدن به این حد آستانه دیگر نمی توان دقت را افزایش داد.

٥- در تصاویر همگرا زاویه تقارب بایستی طوری باشد که استحکام هندسی شبکه دچار اشکال نگردد . همانطوریکه ملاحطه شد کوچک بودن یا زیاد بودن زاویه تقارب باعث افزایش خطا می گردد .

٦- اگر عملیات مقیاس گذاری بر روی یک صفحه مشخص صورت گیرد مقدار خطا در آن صفحه به شدت کاهش می یابد. به عبارت دیگر می توان گفت زمانی که از صفحه مقیاس گذاری خارج می شویم مقدار خطا به طور فزاینده ای افزایش می یابد .

بر اساس بررسی های انجام شده دستورالعمل زیر برای استفاده در کارهای عملی پیشنهاد می شود :



مرجع :

1-Atkinson,K.B.(1996)." Close Range Photogrammetry and Machine Vision".Published by Whittles Publishing.371 Pages.