مفهومی تازه برای مثلث‌بندی هوایی رقومی اتوماتیک

Peter Krzystek, Tobias Heuchel, UWE Hirt and Frank Petran, Stuttgart
برگردان: مهندس حمید عنایتی

چکیده

این مقاله دیدگاه تازه‌ای از مثلث‌بندی هوایی کاملاً اتوماتیک را ارائه می‌دهد. مفهوم سیستم استخراج اتوماتیک، محل نقاط گره‌ای و تناظریابی اتوماتیک شاخه‌های نقاط گره‌ای را به‌هم پیوند می‌دهد. بخش تناظریابی به‌وسیله تکنیکهای تناظریابی چندین تصویر مشخص می‌شود و هر تصویری از طریق سلسله مراتبی به‌عمل می‌آید. توجیه تصویر و مختصات زمینی نقاط گره‌ای به‌طور هم‌زمان محاسبه می‌شوند. نتایج اولیه گزارش گردیده‌است وجنبه‌های کاربردی وعملی این دیدگاه رانشان می‌دهد.

۱) پیشگفتار

مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک به گونه‌ای رایج یکی از مقولات اساسی از فتوگرامتری رقومی به‌شمار می‌آید. امروزه فتوگرامتری رقومی طوری گزارش می‌شود که در کاربردهای مقیاس کوچک، مانند برداشت DTM و ایجاد ارتوفتو (عکس ترمیمی) مقرون به‌صرفه باشد.

(colomina and colomer, 1995, Miller, walker and walsh, 1995) به‌هرحال مثلث بندی هوایی به‌شیوهٔ سنتی با استفاده از تصاویر قیاسی (آنالوگ) و تشخیص ترانسفر نقاط با استفاده از سیستم تحلیلی در ترکیب با مجموعه برنامه بلوک اجستمنت اجراء می‌شود. این فنی است که به خوبی جا افتاده است و به‌نحو بالایی دیده شده است که هرگز محدودیتهای تکنیکی نداشته و به‌طور کامل مؤثر بوده و در هرحال با ارزش است زیرا دارای نیروی انسانی ارزشمند و خصوصاً در وقت و هزینه صرفه‌جویی می‌گردد. بدون شک یک روش کاملاً اتوماتیک برای مثلث‌بندی هوایی، فتوگرامتری رقومی را به‌سطح جدیدی از کفایت اقتصادی خواهد رساند. با توجه به دورنمای جذاب آن مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک، برداشت DTM و ایجاد عکس ترمیمی اساساً در یک پردازش واحد، امکان پدید آوردن تحولی مهم وجود دارد که یک نمونه پرشی در فتوگرامتری رقومی نشان خواهد داد.(Ackerman 1995)

مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک اساساً به‌عنوان یک پردازش گروهی خودبخودی درک می‌شود. که هوشمندانه نقاط گره‌ای را از پیش انتخاب می‌نماید و در نتیجه از یک استراتژی تناظریابی برای ترانسفر اتوماتیک نقاط به‌کار می‌برد. این تمایزی آشکار است که سیستم‌های معروف به نیمه‌اتوماتیک برای مثلث‌بندی هوایی نامیده می‌شود. با وجود این اغلب در همهٔ آتلیه‌های فتوگرامتری رقومی در طول سالهای گذشته در دسترس بوده است. آنها موثر بوده و ابزار تناظریابی تصویر را برای اندازه‌گیری نیمه اتوماتیک نقاط گره‌ای به‌طور دستی از پیش انتخاب شده و ایجاد روشهای باندل اجستمنت برای هدفهای مثلث‌بندی هوایی به‌طور هم زمان - (on line)به‌خوبی فراهم‌می‌کند. یک اقدام قابل توجه هشت دقیقه‌ای برای هر تصویر گزارش گردیده است. (Beckschafer 1995)

استفاده کنندگان علاقه‌مند هستند انعطاف پذیری چنین سیستمی را توصیف و محل نقاط گره‌ای رابا استفاده از به‌کارگیری تصاویر برروی صفحه مانیتور از ایستگاه Softcopy مشاهده نمایند.

به‌هرحال افرادمتخصص‌جهت‌مراحل‌انتخاب‌نقطه‌وترانسفرآن مورد نیازاست.دوتحول‌مهم‌تکنیکی‌که‌بایدمتذکرشدتحولاتی‌است‌که‌درمثلث‌بندی هوایی‌اتوماتیک امروزه‌تأثیر گذاشته‌اند، ابتدا ازآنجائی که به استراتژی تناظریابی تصویر مربوط است. این آشکار است که لزوماً بهترین استراتژی تناظریابی تنها نقاط تصویر تک با دقت بالا در ۹ وضعیت استاندارد نیست. اگر شاخه‌های نقاط بیشتری تناظریابی شوند (به‌طور مثال ۱۰ تا ۲۰ نقطه) سودمندتر است زیرا، به‌واسطه خصوصیاتی که مبنی بر فنون به‌هم جورشدن است، معمولاً چنین استراتژی جهت اندازه‌گیری نقطه‌ای می‌تواند آشکارشود که‌ازیک فلسفه اندازه‌گیری جدیدوباموفقیت‌درزمینه‌های مختلف مانند دوباره‌سازی سطح، کاربرد داشته باشد. (DTM، اختیار صنعتی از شکلها) تحلیل تغییر بُعد فتوگرامتریک و مثلث‌بندی هوایی، تجربیاتی را در زمینه‌های کاربردی اشاره کرده است و آشکارا آن تعداد زیادی از نقاط تناظریابی شده را نشان داده، که به‌وسیله دربرگرفتن طرح و تناظریابی مبنی

بر خصوصیاتی که منجر به کاهش نقاط زیاد می‌شود فراهم شده است.

بنابراین توان با دقت بالا یعنی کنترل کیفی داخلی مبنی بر ارزشهای آماری است، و بازرسی مؤثر با استفاده از آمار قوی امکان‌پذیر می‌گردد. با وجود این تکنیکهای تناظریابی نقاط با دقت بالا هنوز می‌تواند به عنوان ابزاری به‌هم جورشدن مفید و کامل کننده تلقی گردیده و دقت نقطه را هر جا که لازم باشد بیشتر نماید.

دومین تحول مهم در زمینه مثلث‌بندی هوایی به‌کارگیری موثر درتکنولوژی GPS است. سیستم‌های GPS مبتنی بر ناوبری هوایی شکلهای بلوک منظمی را فراهم می‌کند. گذشته از این تکنیکهای تعیین موقعیت GPS می‌تواند از پیش مراکز عکسبرداری دوربینهای هوایی را با دقت ۳۰ متر یا حتی بهتر تعیین نماید. امروزه همچنین تکنیکهای INS (Intertial Navigation Systems) به‌طور افزونی به‌کار می‌رود که منجر به تصحیح دقت حالت دوربین در نیم‌درجه یا بهتر می‌شود. با توجه به توان بالای هر دو تکنیک، هرکدام می‌تواند انتخاب محل نقاط گره‌ای را (که هسته یک سیستم مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک در شروع است) به‌طور چشمگیری ساده و سهل نماید. در آینده سیستم GPS حداقل روشی است که ممکن است استاندارد شود ما همچنین یادآور می‌شویم که، در اینجا دو تحول برای مثلث‌بندی هوائی اتوماتیک وجود دارد. Sehenk و گروهش در دانشگاه ایالتی اوهایو به‌طور موفقیت‌آمیزی یک سیستم تجربی را به‌کار بردند که از نظر مفهوم شامل انحراف محل نقاط گروبر (Gruber) به‌طور اتوماتیک و ترانسفر نقاط به‌طور سلسله مراتبی در هرمهای تصویری است. (Schenk,1995;Toth , 1994; Toth and krupnik, 1994; Sehenk and Toth, 1993)

در دانشگاه اشتوتگارت کارت سیستمی متحول یافت که به وضعیت عمل رسید. (Ackermann and Tsingas 1994, Tsinga,1992)

مفهومی که در اینجا توصیف شد شامل انحراف اتوماتیک محل نقاط گره‌ای و تناظریابی اصلی شاخه‌های نقاط گره‌ای می‌باشد.

هستهٔ این سیستم با یک تصویر چندگانه نقاط طرح که تناظریابی می‌شوند وهم‌چنین با ارزیابی هم‌زمان داده‌های توجیهی مشخص می‌شود.

تصحیح و کارکردهای بصری (کاربردهای دیداری) به این سیستم اضافه می‌شود تا جریان کاربردی را فراهم کند.

۲) ملاحظات اساسی

۲-۱) مسئله آغازین

اساساً سیستمی برای مثلث‌بندی‌هوایی کاملاً اتوماتیک‌وجود دارد. برای انتخاب مناسب محل‌های نقاط گره‌ای و ترانسفر نقاط بعدی به وسیله تکنیکهای تناظریابی چندین تصویر امکان‌پذیر است. محل‌نقاط گره‌ای دراینجا به‌صورت قطعاتی در وضعیتهای استاندارد ۹گانه یک تصویر هوایی تفهیم می‌شوند. همچنین به‌عنوان‌روشهای Gruber معروف‌است. انتخاب نمودن آن محلهای نقاط گره‌ای باید به‌قدرکافی وبه‌دقت فراهم‌شود تابا موفقیت ترانسفر اتوماتیک نقاط را تضمین نماید که‌براساس استراتژی تناظریابی مبتنی است. اجازه بدهید میزان کشش منطقی برای روش تناظریابی‌مبتنی بر ۸ پیکسل را فرض کنیم. این بدان معنی است که در یک پیکسل با دقت ۲ میلی‌متر، محل نقاط گره‌ای باید در حدود ۱/۵ سانتی‌متر باشد. توجه شود دراینجا وضعیتهای تصویرحقیقی به‌وضعیتهای‌نقاط گره‌ای استاندارد ۹ گانه به توجیه خارجی و همچنین به توپوگرافی سطح زمین بستگی دارد. بنابراین چگونه می‌توانیم موقعیتهای نقاط گره‌ای را از پیش با دقت کافی تعیین کنیم. یک امکان این است که داده‌های GPS و INS را مورد توجه قرار دهیم. اگر دقت وضعیتهای دوربین عکسبرداری را در حدود ۳۰ متر فرض کنیم که به وسیله سیستم‌های ناوبری هوایی GPS و حالت دوربین در حدود ۰/۵ درجه به‌وسیله تکنیکهای INS فراهم شده است.

مجموع ارزیابی یک نقطه گره‌ای برخلاف موقعیت اسمی آن با ۱ سانتی‌متر در مقیاس تصویرباقی می‌ماند. این عملاً به‌نیازهای مطلب رسانده شده با توجه به محدوده روش مبتنی برتناظریابی است با فرض روش سلسله مراتبی که با یک قدرت تفکیک پیکسل دقیق مربوط می‌شود این α ارزیابی ساده به‌هر حال تنها برای زمین هموار صدق می‌کند. در این حالت زمینهای کوهستانی و تپه‌ای جابجایی ارتفاعی را نشان می‌دهد. این اجزاء X,Y مقداری در حدود ۲متر دراختلاف ارتفاع‌با ۲۰٪ درصداز ارتفاع پرواز، بدین معنی که در حدود ۱۵۰ متر در یک مقیاس تصویر $\frac{1}{5000}$ می‌باشد. برای مثال بنابریک DTMگرفته شده یا یک DTM خام درترکیب با GPS و INS درساده‌تر کردن انتخاب نقاط گره‌ای را انجام می‌دهد. به‌هرحال نمی‌توان معمولاً فرض کرد که یک DTM در اغلب کاربردها قابل دسترسی است. علاوه بر این GPS و خصوصاً INS لزوماً نمی‌توانند در همه پروژه‌ها به‌کار روند به این ترتیب روشهای دیگر پردازش مستقیم برروی تصاویر رقومی باید دنبال گردد تا یک روش کاملاً اتوماتیک را که برای همهٔ موارد مناسب باشد تضمین کند. در این دیدگاه ما از توجیه نسبی اتوماتیک تصویر همچون تکنیکی اساسی استفاده می‌کنیم تا نقاط گره‌ای کافی را در بلوک پیدا کنیم. یک بار نقاط گره‌ای به‌طور مناسب مشخص شده است، ترانسفر اتوماتیک نقاط گره‌ای مستقیماً ازطریق هرم تصویری به‌کار می‌رود.

۲-۲) داده‌های ورودی

این سیستم به‌منظور پیش‌آگاهی اندک دربارهٔ بلوک تا حد امکان به‌طور کلی طراحی می‌گردد. به‌هرحال فرضیات و داده‌های ورودی برای شروع لازم است.

نقاط کنترل و اطلاعات کالیبراسیون دوربین بسیار مهم و اجباری است. حداقل برخی از اطلاعات بلوک اولیه مانند نقشه راهنمای پرواز مورد نیاز هستند. داده‌های درصد پوشش، مقیاس تصویر، ارتفاع پرواز و مراحل تصویر در نوار، اطلاعات هندسی مقادیر توجیه اولیه از تصاویر را فراهم می‌نمایند. توسعه مقادیر توجیه، برگرفته شده از قرائتهای GPS و INS هستند و چنانچه در دسترس باشند، جایگزین می‌گردند (در قسمت ۲-۱ نشان داده شده است). DTM موجود اولیه از یک منطقه بلوک شده با عرض شبکه‌ای یک میلی‌متر در مقیاس تصویر می‌تواند با اطلاعات GPS و INS به‌کار رود تا تعیین مکان نقاط گره‌ای در وضعیت از زمینهای تپه‌ای و کوهستانی دقیقتر انجام شود.

تصاویری که پردازش می‌شوند باید با قدرت تفکیک ۱۵ تا ۳۰ میکرون اسکن شوند. ترجیحاً در ترکیب با یک تصویر بازبینی شده با اندازه پیکسل ۴۸۰ میکرون، توجیه داخلی باید همراه با تصاویر اسکن شده فراهم گردد. اگرچه این موضوع به‌نوع اسکنر مورد استفاده شده بستگی دارد. با توجه به دقت بالای مورد انتظار حتی در یک پیکسل دقیق، طرح این سیستم در حال حاضر چنین پنداشته می‌شود که ممکن است نتیجه اسکن ۶۰ میکرونی مناسب باشد یاحداقل درصدبالایی (درحدود ۵۰درصد) بلوک برروی ایستگاههای Soft copy یا برروی یک شبکه جهت اجرای بهترین اطلاعات مستقیماً در دسترس هستند. این تکنیک محدودیتی ندارد زیرا که امروزه ایستگاههای Soft copy می‌توانند به سخت‌افزارهای بسیار قوی با حجم نگهداری اطلاعات تا ۷۵ گیگابایت (GB) مجهز شوند. به‌طور مثال:

ساختن تصاویری تا هزار سی میکرون به آسانی قابل دسترسی است. همچنین مدیریت اطلاعات برای تصاویر رقومی که تصاویر جلو و عقب را ذخیره می‌کنند ممکن است با هزینهٔ معقولی در دسترس قرار گیرد.

۳-۲) اهداف و خصوصیات کلی سیستم

۱) اندازه‌گیری دستی یا نیمه اتوماتیک نقاط کنترل،
۲) اندازه‌گیری دستی یا نیمه‌اتوماتیک فیدوشیال مارکها،
۳) انتخاب اتوماتیک محل نقاط گره‌ای،
۴) تناظریابی اتوماتیک شاخه‌های نقاط گره‌ای در محلهای نقاط گره‌ای،
۵) محاسبه مجموعه بلوک اجستمنت برای ترانسفراتوماتیک نقاط،
۶) اندازه‌گیری دستی یا نیمه‌اتوماتیک محلهای مشکل.

این دیدگاه اساساً توسط تدارک قسمتها و سیستم هسته‌ای آنها که طی آن مجموعه نقاط محاسبه و به‌طور اتوماتیک ترانسفر شده، مشخص گردیده است. این دیدگاه شامل تصحیح پارامتر، اندازه‌گیری دستی یا نیمه‌اتوماتیک نقاط کنترل (۱) و فیدوشیال مارکها (۲) می‌باشد به شرط آنکه توجیه داخلی قبلاً در تصاویر به‌کار برده نشده باشد. اگر چه نقاط گره‌ای (۳) به منظور اتوماتیک کردن کامل مبتنی بر توجیه نسبی اتوماتیک به‌کار گرفته شده از زوج تصاویر می‌باشد. همچنین تکنیکهای تکمیلی دیگری مانند کاربرد GPS و INS ، که واقعاً در ترکیب با یک DTM امکان‌پذیر است. اطلاعات توجیه از تصاویر و موقعیتهای محلهای نقاط گره‌ای داده شده در فضای تصویر به مختصات X,Y,Z اولیه از نتایج عمده این قسمت هستند. سیستم هسته‌ای از این اطلاعات ورودی و کاربرد. ترانسفر اتوماتیک نقاط (۵). از طریق هرم تصویری کامل به‌وسیله تناظریابی شاخه‌های نقاط گره‌ای (۴) استفاده می‌کند.

این سیستم از مسیر یک قسمت موثر (۶) به‌طور دستی یا تصحیح کردن نیمه اتوماتیک بلوک در مناطقی که اقدام اتوماتیک متوقف شده یا یک نتیجه بلوک اجستمنت ضعیف گزارش شده، استفاده می‌کند. نتایج نهایی اطلاعات توجیه، از تصاویر و مختصات X,Y,Z اجستمنت شده از نقاط گره‌ای هستند. اجازه بدهید به دیدگاه ارائه شده اهداف کلی بپردازیم.

در یک مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک دقت استاندارد $\delta 0=7\mu m$ می‌باشد. ولی در حداقل اندازه پیکسل ۱۵ میکرون نیازهای قراردادی دقت بالای مثلث‌بندی هوایی $\delta 0=3\mu m$ می‌تواند، بدست آید.

اگر چه در اندازه پیکسل ۳۰ میکرون، بهترین نتایج دقیق می‌توان انتظار داشت. (Ackermann and Tsinga 1994)

اجرای زمانی این سیستم در یک زمان شبکه ۶ دقیقه‌ای زمان محاسبه‌ای در هر تصویر و بهتر از آن می‌باشد. موضوع اصلی در این دیدگاه عبارت است از برگرفتن و تناظریابی شاخه‌ها در محلهای نقاط گره‌ای به‌واسطه برداشت عوارض و طراحی مبتنی بر تکنیکهای تناظریابی است. ترانسفراتوماتیک نقطه با تصاویر زوج به‌واسطه تخمین پارامترهای توجیه تصاویر مختصات‌زمینی نقاط گره‌ای، به‌طورهم‌زمان مشخص می‌شود.

این تمایزی آشکار، برای سیستمهای دیگر مثلث‌بندی هوایی رها شده است و از یک استراتژی تناظریابی برای نقاط گره‌ای تنها می‌باشد. دیدگاه فوق از تقاطع دسته شعاع زوج نوار به‌جای نشانه‌های تناظریابی هندسی کافی یک مدل تنها در زمین صاف استفاده می‌کند. بنابراین مدل سه‌بعدی انعطاف پذیری بیشتری در زمینهای تپه‌ای و کوهستانی را دارد.

از آنجائی که شاخه‌های نقاط تناظریابی شده‌اند، نتایج حاصل منجر به دقت بالا و کنترل کیفی قابل اطمینان می‌شود.

نگاره (۱): فلوچارت کلی مربوط به سیستم AAT (مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک)

۳) دیدگاه مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک

۳-۱) مقدمات

در اینجا دیدگاه مثلث‌بندی هوایی اتوماتیک با جزئیات بیشتری کاملاً توصیف و توضیح داده می‌شود. نمودار کلی در نگارهٔ (۱) نشان داده شده شامل پنج مرحله ویژه می‌باشد. بخش تدارکاتی این سیستم شامل تصحیح و کنترل کردن پارامترهای ورودی داده‌های بلوک هندسی مانند وضعیت پوشش طول و عرض نوارها، نقشه راهنمای پرواز (اندکس پرواز)،

ارتفاع پرواز، مقیاس تصویر و پارامترهای دوربین عکسبرداری هوایی است. این عمل برای توجیه داخلی تصاویر و اندازه‌گیری نقاط کنترل مؤثر و لازم است و برای اهداف بعدی تأثیر متقابل خواهد داشت مگر آنکه نقاط کنترل علامت گذاری شده باشند. در چنین حالتهای استثنایی اندازه‌گیری اتوماتیک نقاط کنترل ممکن است امکان پذیر گردد. (Gulch 1995)

در تصاویر، مناطق خارجی که اندازه‌گیری اتوماتیک مجاز ندارند به وسیله پلی‌گونها تعریف می‌شوند و این وضعیتی است که نقاط گره‌ای در برگرفته ازنقشه راهنمای پرواز (اندکس‌پرواز) و وضعیت پوشش‌که می‌توانند در عمل چک شده و تصحیح واقعی گردند، به‌هرحال تا مادامیکه عمل متقابل به‌طور مقایسه‌ای انجام می‌شود این یک حالت استثنایی می‌باشد. به‌طور کلی مشخص می‌شود که چطور نقاط گره‌ای اتوماتیک به‌دست می‌آید که در مرحله دوم از فلوچارت نگارهٔ (۱) نشان داده شده است.

۲-۳) انتخاب محلهای نقاط گره‌ای

هدف این سیستم عبارت است از فراهم نمودن نقاط اتصال دقیق به اندازه کافی در تمامی تصاویر از بلوک که حتی در جابه‌جاییهای گسترده، استحکام موفق شاخه‌های نقاط گره‌ای را در ترانسفر اتوماتیک نقاط بعدی تضمین می‌کند. معمولاً روش اداره‌کننده به‌تنهایی تصاویر رقومی داده شده، می‌باشد. در نتیجه داده خام پارامترهای توجیه و DTM محاسبه شده، و وضعیت نقاط گره‌ای به‌وسیله تحلیل موقعیتهای پوششی در بلوک DTM گرفته شده است. این روش مبتنی براساس انجام یک توجیه نسبی اتوماتیک که تمام زوج تصویر پوششی با ۶۰٪ درصد پوشش را به‌کار برده می‌شود. بررسی شده است که برای انجام توجیه نسبی اتوماتیک موفق ۲۰٪ درصد پوشش عرضی استاندارد خیلی کوچک است. به‌هرحال برای کاربردهای خاص توجیه نسبی اتوماتیک با پوشش ۶۰٪ درصد در عرض نوارها به‌کار برده می‌شود. برای هر زوج تصویر یک مدل DTM در اندازه پیکسل ۴۸۰ میکرون در برگرفته شده است. این پردازش به‌طور سلسله مراتبی در هرمی تصویری کوچک که مستقیماً از یک لایه دیداری ۴۸۰ میکرونی برخوردار است، عمل می‌کند. عرض شبکه از مدل DTM برابر ۵ میلی‌متر یا حدود ۱۰ پیکسل می‌باشد که به ترتیب قرار گرفته‌اند. DTM از انترپولاسیون میان چند صد نقطه مدل به‌هم پیوسته اتوماتیک برگرفته شده است و چون DTMهای مدل منفرد به‌طور جداگانه‌ای محاسبه می‌شوند، آنها را باید به هم ربط داد (tie) تا به‌وسیله پیداکردن نقاط اتصال مناسب در مناطق پوشش از مجاورت مدلهای استریوسکوپی قرار گیرد.

با استفاده ازتمام آگاهیها ودانشی که درباره بلوکی دردسترس است، در ابتدا و مرحله اول از نقاط اندازه‌گیری و نقاط اتصال که در طول و عرض نوارها پیدا می‌شوند، یک بلوک اجستمنت کامل می‌تواند به‌کار گرفته شود.

نتایج بلوک اجستمنت برای توجیهات تصویر مبنی بر یک دقت متوسط نقطه تصویر بین ۰/۵ پیکسل تا ۱ پیکسل است . برای استحکام یک بلوک اجستمنت خوب می‌توان از داده‌های ایستگاه دوربین GPS استفاده نمود. وابستگی دقت نقاط گره‌ای بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ میلی‌متر کافی است تا شروع موفق ترانسفر نقاط در سیستم هسته‌ای از یک اندازه پیکسل ۲۴۰ میکرونی برای مثال روی سطح پائینی قبلی از هرم تصویر باشد، بلوک DTM به‌وسیله استفاده از نقاط مدل DTM که بعد از بلوک اجستمنت که مربوط به سیستم مختصات کنترل زمینی محاسبه شده‌اند، اکنون کاملاً ساده است تا نقاط گره‌ای در فضای تصویر از اطلاعات توجیه و DTM بگیریم.

سطوح DTM با ماگزیمم وضعیت پوشش تصویر محل نقاط گره‌ای را نشانه‌گذاری می‌کند. بنابراین موقعیتهای نقاط گره‌ای در فضای تصویری مختصات X,Y,Z و با مشخصات نشان داده شده مشخص می‌شود. در تمامی تصاویر که همه آنها آشکار هستند، داده‌های GPS و INS و یک DTM که از پیش فراهم شده و برای در برگرفتن نقاط گره‌ای اقدام یکسانی به‌کار برد. در این مرحله همچنین امکان دارد نقاط گره‌ای زیادتری نسبت به ۹ موقعیت استاندارد Gruber تعیین شود. برای یک بلوک اجستمنت با پارامترهای اضافی محل نقاط گره‌ای که قابل مشاهده هستند کنترل و تصحیح شده‌اند یا مستقیماً در ترانسفر اتوماتیک نقاط در سیستم هسته‌ای و با هم با پارامترهای توجیه و DTM استفاده شده‌اند.

۳-۳) کنترل دیدارهای محلهای نقاط گره‌ای

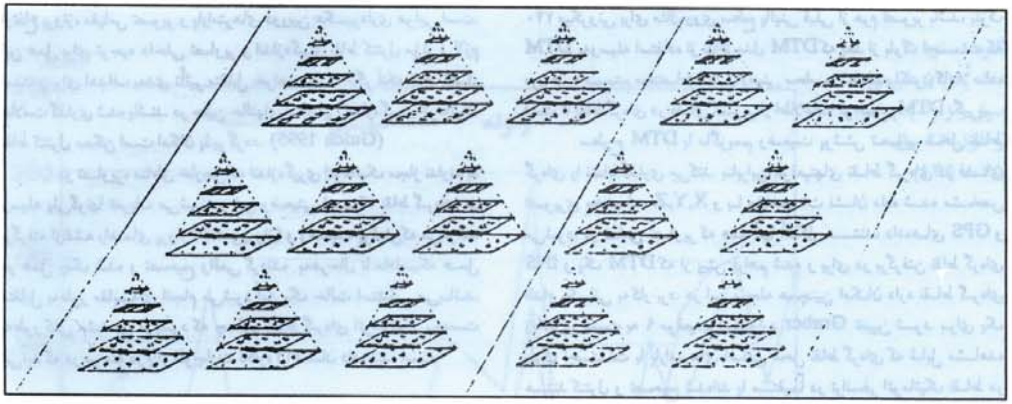
اساساً یک بار نقاط گره‌ای به اندازه کافی و به روش پیشنهاد شده در مرحله ۳ پیدا شد یعنی پردازش کلی ترانسفر اتوماتیک نقاط توانست از طریق هرم تصویری فراخوانده شود. به‌هر حال در اینجا تأکید می‌کنیم که کنترل دیداری از نقاط گره‌ای به‌طور مستقل که شاید مورد نیاز باشد یا نباشد انجام گیرد. از آنجائی که نتیجه مرحله ۳ یک بلوک اجستمنت کاملی است، کنترل دیداری ممکن است از طریق گزارشات بلوک اجستمنت دربارهٔ نقاط بلوک ضعیف فراهم گردد و نقاط گره‌ای نادرست را نشان دهد. بنابراین ضرورتی وجود ندارد تا بلوک کاملی را برای جستجوی نقاط گره‌ای نامناسب انجام شود.

۴-۳) تولید هرم تصویری

برای به عقب انداختن انحراف هرم تصویری در این مرحله، دلیل اصلی عبارت است از عقیده‌ای است که تولید لایه‌های هرم تصویری را محدود کنیم، تقاطی که در آن پردازش ترانسفراتوماتیک نقاط عملاً رخ می‌دهد. این بدین معنی است که بخشهایی از تصاویر رقومی به‌عنوان نمونه در هر سطح هرم تصویری که از یک ساختار هرم تصویری پراکنده تشکیل می‌گردد، قرار می‌گیرند.اندازه یک تصویر منفرد در هر سطح به اندازه ۳ تا ۹ سانتی‌مترمربع به‌هم وصل می‌شود که به اندازه پنجره تناظریابی بستگی دارد و در آن ترانسفر اتوماتیک نقاط از نقاط گره‌ای به‌کار رفته است. این اقدام به‌نحو قابل توجه‌ای در فضای حافظه رایانه ذخیره و مقدار پیکسلهائی که یک هرم تصویر کامل را نشان خواهد داد، مقایسه می‌کند.

مقیاس میان لایه‌های هرم تصویر به‌صورت ثابت و ترجیحاً برابر ۲ یا ۳ نگهداشته می‌شود. به‌هرحال ممکن است ضرورت ایجاد یک ساختار هرم تصویری کامل در حالتی که پردازش تولید یک DTM کامل به تصویر کشیده شده را ایجاب نماید.

فرصت جالب دیگر این است که نقاط تصویری اضافی را در محل



نگاره (۲): نمونه‌ای از زیرساختار یک بلوک تشکیل شده با استفاده از مجموعه‌ای از اهرام تصاویر رقومی

تصویر کامل به‌منظور یک بلوک اجستمنت با پارامترهای اضافی به‌هم ارتباط دهیم، پردازش هرم تصویر به‌صورت الگوریتم خیلی ساده به‌وجود می‌آید. و این تنها موضوع فرصتهای پردازشی و اینکه آیا یک هرم تصویری جداگانه به‌وجود خواهد آمد یا نه.

۵-۳) سیستم هسته‌ای

سیستم هسته‌ای، ایجاد کننده ترانسفر اتوماتیک نقاط و شروع یک سطح هرم تصویری محکم با ۲۴۰ میکرون به وسیله استفاده از نتایج مرحله اولیه می‌باشد، بلوک به زیر ساختارهایی که تعریف شده و به‌وسیله یک زیرمجموعه از تصاویری که استراتژی تناظریابی به طور هم زمان به‌کار برده شده، تقسیم می‌شود.

ضمانت حل مجموعه کامل بررسی نقاط نظیر و تخمین پارامترهای توجیه برای تمامی تصاویر از یک زیرساختار وجود دارد، از این نقطه شکل قسمت جور شده از سیستم هسته‌ای می‌تواند یک اقدام تناظریابی تصاویر زوج که شاخه‌های نقاط تصویری تناظریابی شده از چندین تصویر را در یک پردازش اجستمنت تنها، مورد بررسی قرار می‌دهد.

موضوع اصلی استراتژی تناظریابی از لحاظ دقت و معتبر بودن تخمین زده می‌شود، پارامترهای توجیه بیشتر به تشخیص تعداد ماکزیمم از بهترین نقاط زوج تناظریابی شده است.

به عبارت دیگر ما برخی از اتصالات نقاط گره‌ای ناقص که گسترده هستند را می‌پذیریم. مادامی که گزارشات حل کامل مجموعه دقت نقاط تصویر در حدود ۰/۳ پیکسل بوده و نشان دهنده اینکه مشکلات دیگری وجود ندارد باشد. پس از پردازش تمامی زیرساختارها در یک سطح هرم تصویری، همه نقاط تناظریابی شده می‌توانند به‌وسیله یک مجموعه بلوک اجستمنت کامل شده‌ای که پارامترهای توجیه را فراهم می‌کند اساساً کنترل گردند. برای بلوک کامل این توجیهات با هم دیگر و با انحراف معیار در سطح هرم تصویر بعدی استفاده می‌شود، پردازش‌ها شامل ترانسفراتوماتیک نقاط در سیستم هسته‌ای می‌تواند باعث تقسیم‌بندی فرعی در مراحل زیر گردد.

A) مجموعه اتوماتیک از زیرساختارهای شامل چندین تصاویر به هم چسبیده،

B) خصوصیات در برگرفته از تمام نقاط گره‌ای از زیرساختارها،

C) خصوصیات مبنی‌بر تناظریابی درهمه زوج تصویر ترکیبی،

D) جستجو، از پتانسیل تناظریابی چندتایی به‌وسیله استفاده از الگوریتمهای منطقی،

e) رسیدگی به لیست اولیه از نقاط نظیر به‌وسیله به‌کارگیری از یک دیدگاه مجموعه قوی با تخمین هم زمان از پارامترهای توجیه برای تمام عکسهای تشکیل شده از زیرساختارها،

f) ارتباط زیرساختارهای از بلوک کلی،

زیرساختارها به‌طور ساده به‌وسیله یک تعداد از تصاویری که به‌طور هم زمان پردازش شده‌اند، تعریف شده‌اند نگارهٔ (۲) خصوصیات در تمام محل نقاط گره‌ای به‌وسیله استفاده اپراتوری Forstner گرفته شده است (b) در یک سیستم ویندوز (پنجره) مناسب از ۴۰ پیکسل تا ۶۰ پیکسل می‌باشد. در مرحله بعدی تناظریابی اولیه جهت به‌کارگیری تمام زوج تصویر ترکیبی اقدام می‌شود، که یک لیست ازنقاط نظیر ممکن را بوجود می‌آورد، ارتباط کافی جالب و علامت اجزاء ارزش خاکستری به نشانه تناظریابی شدن تصویر استفاده می‌شوند. همچنین خطوط قطبی گرفته شده از نقاط نظیر تنها مربوط به زوج تصویر و شامل برخی از غیر تناظریابی شده‌ای که مورد تحلیل قرار گرفته‌اند است و بعداً در استراتژی تناظریابی قوی بعدی حذف می‌شوند (e).

در مرحله اول معمولاً ۲۰ و ۴۰ پیکسل تناظریابی شده نقاط زوج در سیستم ویندوز (پنجره) تناظریابی شده، چندین تناظریابی توسط تحقیق و کشف پیدا می‌شوند (d) که منجر به ارائه گراف فرضیه‌ای درباره آنها می‌شود، همچنین این نصب چندین تناظریابی شده را شامل غیر تناظریابی شده می‌باشد.

تحقیق اکتشافی ضمانت یک افزایش خطی از پردازش زمانی که وابسته به یک تعداد خصوصیات تناظریابی شده می‌شود. پارامترهای

توجیه از تصاویر می‌توانند قرائتهای سنگین در اقدام تخمین قوی ایجاد کنند (e) آنها ضرورت دارند برای حل مجموعه به‌صورت همگرایی مخصوصاً در حالت آن زیرساختار در محل تنظیم شده است و بدون نقاط کنترل نامناسبها به‌وسیله آمار قوی و مناطق مشکلی که نشانه‌گذاری شده‌اند حذف می‌شوند. حل مجموعه قوی منجر به حدود ۱۰۰ نقاط گره‌ای در تصویر یا بیشتر می‌شود. نقاط گره‌ای جدید برای سطح هرم تصویر بعدی به‌وسیله اطلاعات آماری تصویر و اطلاعات هندسی از ارزیابی مجموعه بلوک حاصل می‌گردد.

استراتژی تناظریابی اولیه از لحاظ سیستم براساس یک عقیده تناظریابی شدن یک تعداد زیاد نقاط خاصی در محدوده نقاطی گره‌ای است. در محدوده بافت ضعیف تعداد نقطه تصویر تناظریابی شده می‌توانند به‌طور قابل توجه‌ای کاهش یابند.

بنابراین در چنین حالتی وبعدازبلوک اجستمنت، سیستم اتوماتیک تا چه حد بر روش تناظریابی در بهبود بخشیدن قطعی از نقاط تصویر به‌کار می‌رود، مجموعه بلوک اجستمنت مجدداً جهت استفاده دقت بیشتر اندازه‌گیریهای نقاط اتصال و نتیجه بلوک اجستمنت اولیه مورد نیاز است.

پردازش تصاویر (f) حلقه مهمی از تمام زیرساختارهای بلوک کامل به‌وسیله معرف بلوک منحصر به‌فرد شماره‌های نقاطی برای تمامی چندین نقطه تناظریابی شده مشخص می‌کند. اگر بلوک کلی نتواند در یک زیرساختار تنهاپردازش شود، این تکنیک تضمین کننده آن بلوکهایی که بدون محدودیت اندازه بدست می‌آیند، می‌باشد. از این گذشته تصحیح بلوک مؤثر اگر چه در همه ضروریات آسانتر می‌شود چون تنها زیرساختار در ناحیه‌های بلوک ضعیف که دوباره پردازش می‌شوند به‌وسیله استفاده از اندازه‌گیریهای اضافی نقاط گره‌ای جدید معین می‌شوند.

نتایج نهایی برای تمام عکسهای بلوک و مختصات زمینی از نقاط گره‌ای پارامترهای توجیه هستند، یک بلوک اجستمنت نهایی جداگانه ضروری نمی‌باشد با وجود اینکه آن مفهوم کاملی است اگر مورد نیاز بوده باشد. در اینجا ممکن است حالتی از آن مختصات زمینی اشیاء طبیعی خاصی که جالب هستند مورد نظر باشد. چنین نقاطی می‌تواند در عکسها و مختصات زمینی می‌تواند گرفته شده باشد و به وسیله شعاع خطی مؤثر با استفاده از پارامترهای توجیه بلوک اجستمنت اندازه‌گیری شده باشند. DTM تصحیح شده با استفاده از لبه‌های تصاویر با تکنیکهای هم جورشدن چندین تصویر موفقیت‌آمیز است. همچنین یک DTM از بیشتر از ۲ لبهٔ تصویر با ۶۰٪ درصد. پوشش برای مثال از کیفیت بالایی در ترمهای معتبر و دقیقی که DTM های ایجاد شده از یک مدل استرئوسکپی استاندارد گرفته شده است.

۶-۳) اندازه‌گیری مؤثر نقاط گره‌ای

اگر چه سیستم طراحی شده ازلحاظ پردازش اتوماتیکی کامل مثلث‌بندی هوایی، همچنین تصحیح و تصویرپردازی از لحاظ کاربردی هم ترکیب می‌گردند این خصوصاً برای برخی از بلوک اجستمنت شکست خورده در برخی از زیرساختارها مورد نیاز است. در چنین حالتی، تمامی نقاط تصویر اندازه‌گیری شده از فایلهای اطلاعات خاص و برای کنترل و تصحیح نمایش داده شده برگشت داده می‌شود. ابزارهای تناظریابی چندین تصویر با اندازه‌گیری دستی یا نیمه اتوماتیک پر از اشتباه یا نقاط گره‌ای جدید که هر کجا لازم باشد می‌توانند استفاده نمایند.

زمانی که مکان ضعیف کنترل تصحیح شده به‌وسیله اندازه‌گیریهای انسانی و یک بلوک اجستمنت جدید برای آن زیرساختار زمانی که می‌تواند درخواست شده باشد.

۴) نتایج علمی اولیه

توصیف‌نمودن سیستم‌جاری‌که‌درکمپانی INPHO درحال‌توسعه می‌باشد باتوجه به‌تمامی خصوصیات سیستم مذکور که در (۳-۲) ذکر شده است. تاکنون ما توانسته‌ایم گزارشی دربارهٔ نتایج اولیه که از یک زیرمجموعه ۱۲ تصویر رقومی گرفته شده در یک بلوک FORSSA تست نمائیم.

سیستم هسته‌ای با موفقیت اجراء شد تا یک شکل هرم تصویری که از یک اندازهٔ پیکسل ۴۸۰ میکرومتر شروع تا به اندازه پیکسل ۳۰ میکرومتر می‌رسد. گزارش ارائه شده از بلوک اجستمنت برای هر سطح هرم دقت مورد انتظار داخلی را برای نقاط تصویر مابین ۰/۳ و ۰/۴ پیکسل تأیید می‌کند این سیستم به‌طور موفقیت‌آمیزی با ۲۰ شاخه نقاط یا تعداد بیشتری نقاط گره‌ای را تناظریابی می‌کنند.

همچنین مجموعه زمان محاسبات در هر تصویر در حدود ۵ دقیقه‌ای مورد انتظار می‌رود. ما از یک ایستگاه SGI استاندارد مجهز به یک پردازشگر R4000MIPS استفاده می‌کنیم. با توجه به اینکه تستهای انجام شده سیستم داخلی که در طی توسعه‌های برنامه مورد نیاز هستند این نتایج به‌دست آمده ابتدایی می‌باشند.

اگرچه جوابهای به‌دست آمده به مقدار زیادی امیدوار کننده و برآورد کننده انتظارات می‌باشند و سیستم به‌طور کامل تست خواهد شد.

۵) نتایج

ما دیدگاه تازه‌ای دربارهٔ سیستم‌های اتوماتیک مثلث‌بندی هوایی ارائه کرده‌ایم. ایده اصلی در سیستم هسته‌ای ناشی از یک سری نقاط تناظریابی شده درچندین تصویربه‌کمک استفاده از تکنیک راه‌حلهای مجموعه‌ای می‌باشد. همچنین سیستم اتوماتیکی دربرگرفته نقاط گره‌ای آغازین به‌وسیله یک تکنیک توجیه نسبی‌اتوماتیک است. فتوگرامتری رقومی بیشتر کاربردی و قابل قبول می‌گردد. و به درجه قابل قبولی از اتوماتیک شدن خواهد رسید. مثلث‌بندی هوایی رقومی اتوماتیک کیفیت تولیدات مهم را بهبود خواهد بخشید. ما همچنین باید به‌خاطر داشته باشیم برخی از زیرپردازشهای وابسته مانند توجیه داخلی (Schickler,1995) و اندازه‌گیری نقاط کنترل (Gulch,1995) به‌صورت اتوماتیک هستند یا اتوماتیک خواهند شد.

بنابراین زنجیره پردازش طولانی از رقومی شدن تصاویر تا تولید DTMها و ارتوفتوها اساساً به‌طور اتوماتیک انجام شده‌اند این پیشنهاد بسیار امیدوار کننده و می‌تواند به‌زودی به‌واقعیت بپیوندد. □