



تناظریابی مبتنی بر عوارض برای ایجاد اتوماتیک مدل‌های ارتفاعی رقومی

F.Ackermann, INPHO GmbH, Stuttgart

برگردان: مهندس حمید عنایتی

خلاصه:

این مقاله در خصوص سیستم MATCH-T بمنظور تهیه مدل ارتفاعی رقومی بطور اتوماتیک با استفاده از پردازش تصاویر رقومی و چند موضوع کلیدی از قبیل تناظریابی مبتنی بر عوارض (Feature Matching) و افزودن اطلاعات جمع‌آوری شده را مرور می‌کند. سپس دقت حاصل در اجرای سیستم مطرح می‌گردد. و به بحث در مواردی که به مکانهای مشکل‌ساز مواجه می‌شویم می‌پردازد که در نهایت نیازمند به تصحیح بخشی از مدل ارتفاعی رقومی اتوماتیک می‌شویم اشاره می‌گردد. و برای مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم می‌باشد با استفاده از یک روش Multi-Sensor ممکن می‌سازد.

۱- مقدمه:

مقاله فوق بطور خلاصه به ارائه بعضی سنسچس‌ها و بررسیهای زمینه‌ای در مورد تهیه اتوماتیک مدل‌های ارتفاعی رقومی با استفاده از پردازش تصاویر رقومی محدود می‌شود. این بررسیها براساس برداشت و چند آزمایش با برنامه MATCH-T از کمپانی INPHO می‌باشد که بعضی از خصوصیات مورد بحث را نشان می‌دهد. اما جوانب امر ماهیت کلیدی دارد و تا حدی با سیستم‌های دیگر نیز در ارتباط می‌باشد. برنامه MATCH-T (Ackermann, Krzystek, 1995) در واقع با یک زوج تصویر رقومی که فرض بر این است که عملیات توجیه بر روی زوج تصویر کامل گردیده انجام می‌شود. ابتدا یک زوج عکس بحالت عادی قرار داده می‌شود. (براساس پارامترهای توجیه داده شده) و در مرحله بعد از هندسه Epipolar استفاده

می‌شود. هر مهای تصویر با ۸ یا ۹ لول، به همراه استخراج کامل عوارض و هر مهای عارضه‌ای تشکیل می‌شوند.

استخراج اصلی عارضه‌ای، در کلیه لولها، (تغییر دادن ID) از اپراتور "فورستر" استفاده می‌کند.

در هر لول تناظریابی مبتنی بر عارضه "Feature Matching" اجرا می‌شود. که بوسیله محدودیت‌های Epipolar و فواصل جستجویی محدود میسر شده است.

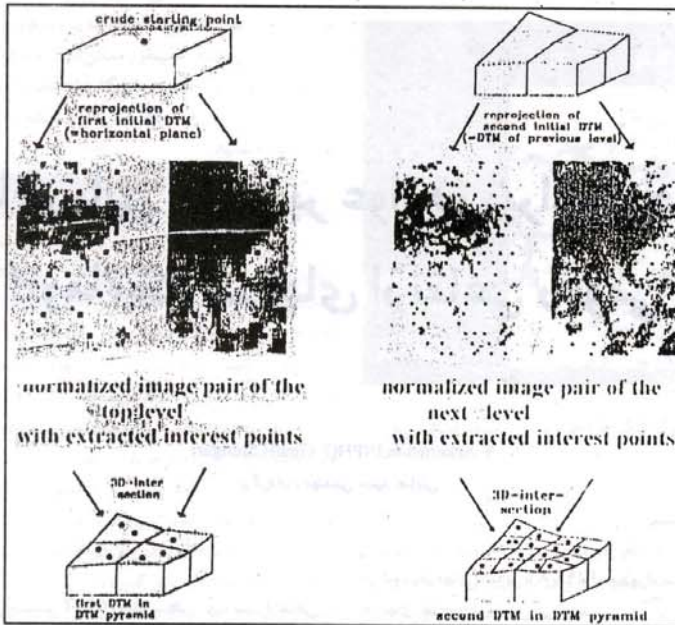
نقاط تناظریابی شده به نقاط مدل سه بعدی "3D" (زمین) بطور تحلیلی پردازش می‌شود، که از این روش انطباق عناصر محدود "Finite Element Fitting" نتیجه می‌شود، که بیانگر مدل ارتفاعی رقومی است.

هر لول از هرم عارضه‌ای، تقریب بهتری را بسوی مدل ارتفاعی رقومی نهایی می‌دهد. (نگاره (۱) نشان داده شده است)

به عنوان تقریب اولیه یک سطح افقی برای شروع کالیست. مدل ارتفاعی رقومی نهایی بصورت یک شبکه شطرنجی "Rectangular" که بوسیله عناصر (Finite Elements) معین می‌شود و تصحیح می‌گردند.

در حالت عادی با فرض اینکه زمین مسطح است یک مرحله تصحیح کردن بطور همزمان مدل ارتفاعی را بوجود می‌آورد. اصلاحات بوسیله اضافه نمودن خطوط شکستگی (Break Lines) (و نواحی حذف شده) که از قبل بطور همزمان که در روی تصویر مشخص شده‌اند اعمال می‌شوند.

تناظریابی مبتنی بر عارضه "Feature Matching" را می‌توان بطور دلخواه با استفاده از تناظریابی کمترین مربعات (Least Square Matching) تکمیل نمود.



حدود 0.3×0.4 تا 0.7×0.8 پیکسل برای روش تناظریابی مبتنی بر عارضه و 0.1 تا 0.2 پیکسل برای تناظریابی مبتنی بر درجات خاکستری را می‌دهد. استخراج عارضه و تناظریابی، مخصوصاً در نوع یک بعدی (1D) خیلی کلی است و به تقریب نزدیک کمتری نیاز دارد.

همچنین بسیار سریع می‌باشد. از طرف دیگر تناظریابی مبتنی بر درجات خاکستری به موقعیت نواحی مسطح نیاز دارد. یعنی وضعیتی که در هر مورد باید چک شود. همچنین آنها یک شعاع همگرایی کوچکی دارد و محاسبه‌اش بسیار پیچیده است. بهر حال، این موضوع اهمیت چندانی ندارد زیرا برنامه‌های مدل ارتفاعی رقمی می‌توانند امکان انتخاب دو یا چند روش تناظریابی تک‌میلی را داشته باشند. به عنوان مثال: برنامه "MATCH-T" هنوز اساساً از طریق تناظریابی مبتنی بر عارضه کار می‌کند، ولی امکان تناظریابی کمترین مربعات را نیز دارد.

این امکان در مواردی که برای هر یک از نقاط نیاز به دقت آنها باشد بکار می‌رود.

بطور معمول در سیستم MATCH-T نقاط عارضه‌ای در یک فاصله متوسط در حدود 10 پیکسل استخراج می‌شوند. و عرض شبکه DTM حدود 30 پیکسل، بنابراین با اندازه پیکسل 20 میکرون، حداقل 600000 نقاط زمینی در هر زوج تصویر باید اندازه‌گیری شوند و مدل ارتفاعی رقمی تصحیح شده در حدود 70000 نقطه شبکه در زوج تصویر می‌تواند داشته باشد. یعنی شبکه مدل ارتفاعی رقمی بدست آمده متراکم‌تر از

یک چیز مشخصه این سیستم افزونگی بالا می‌باشد.

در حالت عادی نقاط زمینی گرفته شده 100 بار بیشتر از تعدادی است که در مدل ارتفاعی رقمی تحلیلی متداول وجود دارد. با این حال، این سیستم طوری برنامه‌ریزی می‌شود که سریع و در نتیجه با صرفه و دقیق باشد.

۲ - توضیح برخی از مطالب کلیدی

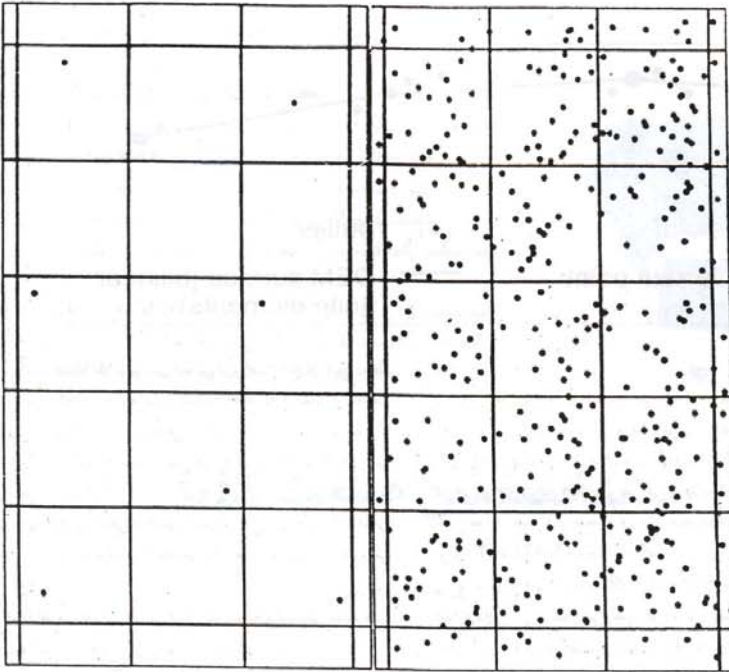
۱-۲ هنگام ارزیابی سیستم مشخصات یک روش بایستی بایک تمایز کاملاً روشن بین ملاحظات کلی سیستم در مورد روش و اصول بین تحقق واقعی در یک برنامه کامپیوتری و عملکردهای کاری متقابل احتمالی آن ایجاد شود.

در اینجا تنها جنبه‌های کلی سیستم MATCH-T را در نظر می‌گیریم که بعضی از آنها مربوط به سیستم‌های دیگر نیز می‌شوند.

۲-۲ زمانی که روشهای مختلف ایجاد مدل ارتفاعی رقمی مورد بحث می‌باشد معمولاً توجه اصلی روی نوع روش تناظریابی بکار رفته شده می‌باشد.

این حقیقت دارد که اختلافات زیادی بین تناظریابی مبتنی بر عارضه "Feature Matching" و تناظریابی مبتنی بر درجات خاکستری "Areal Matching" وجود دارد. و هر روش نتایج خاصی را برای سیستم و اجرای سیستم دارد.

معلوم شده است که در تناظریابی هر یک از دو روش دقت پارالاکس در



جمع‌آوری اتوماتیک داده کاملاً فرق دارد.

اندازه‌گیری هابدون مشاهده صورت می‌گیرد. و از طریق بینایی یا ادراک خاصی هدایت نمی‌شوند. در مقابل، براساس افزونگی بکار می‌رود. در عوض ۱۰۰ تا ۲۰۰ برابر نقاط بیشتری نسبت به روش معمولی اندازه‌گیری می‌شوند. (نگاره (۲) نشان می‌دهد)

همانطوری که می‌دانیم در روش مثلث بندی هوایی معمولی انتخاب نقاط بوسیله اپراتور ماهر انجام می‌گردد، حال آنکه در روش مثلث بندی هوایی اتوماتیک انتخاب نقاط دستی جای خود را به دریافت نقاط فراوان بطور اتوماتیک می‌دهد. عقیده بر این است که روش الگوریتمی با فراوانی کافی که امکان تجزیه و تحلیل متعاقب اطلاعات را بدهد می‌تواند همان نتایجی را که در روش معمولی بوسیله یک اپراتور انسانی ماهر بدست می‌آید ایجاد کند. همچنین می‌توان گفت که در جمع‌آوری اطلاعات بطور اتوماتیک یک نقطه منفرد در میان توده‌ای از نقاط چیزی بحساب نمی‌آید.

فراوانی بالا در جمع‌آوری اطلاعات بطور اتوماتیک نتایجی نیز دارد که هنوز راه زیادی به دسترسی به آنها وجود دارد (نگاره (۳ و ۲)) مدل ارتفاعی رقومی از طریق واسطه بایی بسمت نتیجه دقیق پیش می‌رود.

یک شبکه Mesh اکنون ممکن است حاوی ۱۰ یا بیشتر نقاط مشاهده شده باشد. نتیجه این می‌شود که مدل ارتفاعی رقومی حاصله که بصورت عناصر محدود کوچکتر (Finite Elements) تشخیص داده می‌شود (دقیق‌تر از یک نقطه تنها است) و خیلی دقیق‌تر از مدل ارتفاعی رقومی واسطه بایی شده

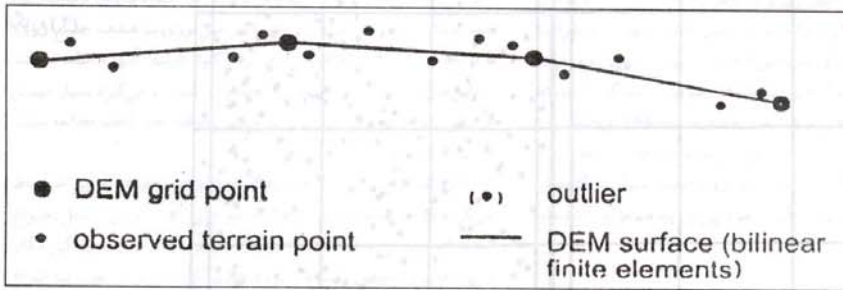
شبکه‌های مدل ارتفاعی رقومی انترپوله شده معمولی می‌باشد.

۲ - ۳ ارقام فوق یک تفاوت اساسی را با مقایسه میان سیستم فتوگرامتری تحلیلی برای بدست آوردن اطلاعات رقومی جهت تهیه مدل‌های ارتفاعی رقومی نشان می‌دهند.

بطور کلی در یک مدل استرنو، معمولاً بین ۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ نقاط DTM اندازه‌گیری می‌شوند. شبکه DTM بدست آمده از طریق واسطه بایی یعنی همان انترپولاسیون حدود یک ضریب خطی ۲ یا ۳ برابر متر اکم‌تر می‌شوند، که منجر به ۲۰۰۰۰ یا ۳۰۰۰۰ نقاط شبکه در مدل استرنو می‌شود.

البته مقادیر واقعی همیشه بستگی به نوع زمین و مشخصات مربوط به DTM دارند. فلسفه آن از لحاظ اقتصادی این بود که در حدممکن با اندازه‌گیری نقاط کمتری بتوان به هدف مور نظر رسید. این بدین معناست که نقاط اندازه‌گیری شده باید در محل خوب اندازه‌گیری شوند تا بخوبی بتوانند زمین را نشان دهند، که این کار به نوبه خود تا حدی به بینش و ادراک اپراتور نیاز دارد.

همچنین شبکه نهایی از انترپولاسیون میان نقاط جمع‌آوری شده بدست می‌آید. و دلیل مهم اینکه چرا در روش معمولی تعداد بسیاری از خطوط شکسته (Break Lines) اندازه‌گیری می‌شوند. این است که خطوط فوق نمایانگر یک روش دریافت اطلاعات بسیار مؤثر، با تعداد نقاط نسبتاً کم هستند و اغلب بیشتر از ۵۰ درصد دریافت اطلاعات مدل ارتفاعی رقومی با استفاده از خطوط شکسته Break Lines بوده‌اند اما فلسفه جهت



ندارد.

در عمل اندازه‌های پیکسل بین ۱۵ تا ۳۰ میکرون مورد قبول هستند و امکان بوجود آوردن مدل ارتفاعی رقمی با دقت بالا را دارند.
 ۲- ۶ اصل فراوانی مشاهدات، بوسیله اندازه‌گیری تا ۱۰ نقطه یا حتی بیشتر در هر زوج استرنو، فقط بشرطی می‌تواند بکار رود که برنامه با سرعت کافی عمل نماید. در واقع مجموع زمان محاسبه Batch Computing Time برای MATCH-T همچنان که گفته شد در حدود ۱ ساعت یا کمتر در هر زوج استرنو می‌باشد، (A Ckermann, Krzystek 1995) این مدل به اندازه کافی سریع بنظر می‌رسد چون زمان تصحیح نمودن نیز باقی می‌ماند، اغلب زمان بیشتری طول می‌کشد. (به قسمت بعد رجوع شود)

۳- مشکلات و محدودیتها

۳- ۱ کاربرد عملی ایجاد مدل ارتفاعی رقمی اتوماتیک می‌تواند موارد مشکل را بوجود آورد این مشکل در رابطه با خصوصیات خاص زمین پیش می‌آید.

اولین مشکل بوجود آمده مربوط به وضعیت زمین است تصاویر دارای نواحی موضعی کاملاً بدون عارضه که با بافت خیلی ضعیف باشند. در چنین مواردی استخراج نقاط عارضه‌ای و همچنین تناظر یابی مبتنی بر درجات خاکستری ممکن است با شکست روبرو گردد. هیچ راه حل تنوری کلی برای این مشکل وجود ندارد. در مقابل، برنامه‌های DTM سعی دارند که بوسیله کارهای پارامتری، با دادن تغییر در روشهای استاندارد به نتایجی دست یابند.

بعنوان مثال برنامه (MATCH-T) در این مورد به یک الگوی جستجوی متراکم‌تر برای نقاط تبدیل می‌شود متادیر Threshold را تغییر می‌دهد و همچنین تناظر یابی مبتنی بر درجات خاکستری مورد آزمایش قرار می‌گیرد. این برنامه همچنین ممکن است به سطح بالاتر قبلی از هرم تصویر برگردد. البته معلوم می‌شود که این برنامه در هر صورت یک مدل ارتفاعی رقمی می‌دهد، چون اصل حداقل فیت نمودن عناصر محدود (Finite Element Fitting) راه حلی را ارائه می‌دهد حتی اگر تعداد کم یا هیچ نقطه‌ای بطور موضعی گرفته نشود. البته چنین نواحی توسط برنامه کنترل و ادیت نهایی توسط اپراتور و شاید اندازه‌گیری‌های متقابل اضافی مشخص

قبلی است که در آنجا Meshes شبکه‌ای ممکن بود اصلاً حاوی هیچ نقطه مشاهداتی نباشد، در واقع نتایج آزمایشی نشان داده‌اند که مدل‌های ارتفاعی رقمی حاصل می‌توانند دقت‌های ارتفاعی بالاتر از ۱/۱۰۰۰۰ ارتفاع پرواز داشته باشند که هرگز در گذشته بدست نمی‌آمد (مگر در حالتی که زمین بسیار مسطح و هموار باشد).

- تئوری تنظیم پارامترهای کیفی داخلی را برای ارزیابی مدل ارتفاعی رقمی فراهم می‌کند که در مدل‌های ارتفاعی رقمی انترپوله شده روش معمولی ممکن نبود.

- همچنین تراکم نقاط مشاهداتی حاکی از این است که وابستگی دقت مدل ارتفاعی رقمی به شیب و ناهمواری زمین نیز باید کمتر شود.

- و فراوانی امکان جستجوی اشتباه بطور اتوماتیک را نیز می‌دهد. این تنها شامل شناسایی نقاط تناظر یابی شده اشتباه نمی‌باشد، بلکه مواع از قبیله (خانه‌ها، درختان، بوته زار) که به سطح زمین تعلق ندارند نیز می‌توانند بطور اتوماتیک شناسایی و حذف شوند.

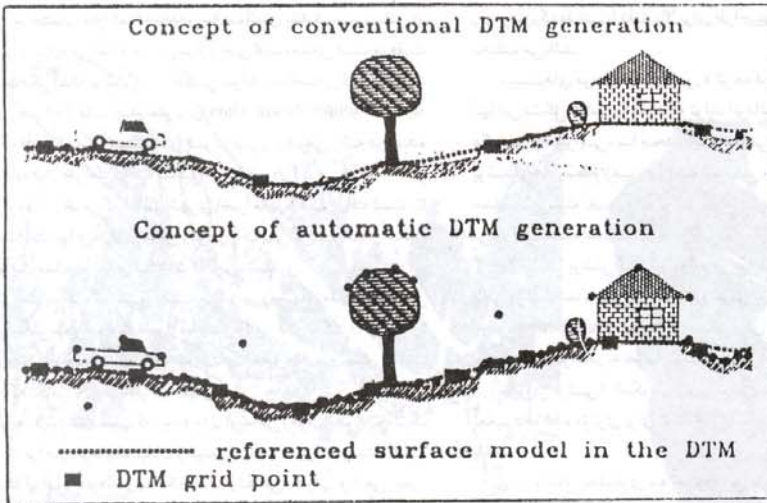
- در تئوری حتی جستجوی اتوماتیک خط شکسته براساس فراوانی بالای مشاهدات ممکن می‌باشد.

همه این مشاهدات بوسیله تجربه عملی با برنامه MATCH-T و برنامه MATCH-T برای کاربردهای صنعتی نیز تأیید می‌شود.

۲- ۴ یک نکته همیشگی مورد بحث، موضوع Data Compression فشرده کردن اطلاعات تصویر است. زمانی که تنها اطلاعات زوج تصویر مورد نظر باشد فشرده کردن اطلاعات چندان اهمیتی ندارد، بلکه اهمیت آن از نظر کلی است و مدام در اغلب موارد بکار می‌رود.

تحقیقات متعدد ثابت کرده‌اند که فشرده کردن JPEG تا حد ضریب فشرده کردن خطی حداقل ۸، عملاً هیچ اثر منفی در دقت مدل رقمی ندارند. باید در نظر داشت که این گفته در مورد دقت کلی مدل ارتفاعی رقمی است. خصوصیات کنتراست بالای عوارض نیز ممکن است در اثر فشرده کردن اطلاعات تحت تأثیر قرار گیرند. (بعبارت دیگر جابجا شوند)

۲- ۵ مطلب دیگر مربوط به اندازه پیکسل مناسب برای بدست آوردن مدل ارتفاعی رقمی است که در اینجا زیاد روی آن بحث نمی‌شود. ولی بطور خلاصه می‌توان گفت که تجربیات و آزمایشات ثابت کرده‌اند که دقت مدل ارتفاعی رقمی تا حدی نیز به اندازه پیکسل بستگی دارد ولی نسبت معینی



اِپراتور، پاک کردن اتوماتیک Outlier را کنترل می‌کند و چک می‌کند که کدامیک از نقاط دیگر باید پاک بشوند یا تغییر یابند.

او اندازه‌گیری‌های هم‌زمان را نیز اضافه و آزمایش می‌کند تا یک نتیجه رضایت‌بخش بدست آید. او همچنین (ترجیحاً از قبل) معین می‌کند که کدام قسمتها از دریافت مدل ارتفاعی رقوم حذف شوند، این قسمتها می‌توانند قسمتهای جنگلی نزدیک بهم، نواحی ساختمانی متراکم، و همچنین عوارض آب شامل دریاچه باشند. تصحیح هم‌زمان (اگر چه بوسیله کارهای ادیت پیچیده پشتیبانی می‌شود) بطورکلی در بدترین حالت زمان صرف شده ممکن است امتیاز زیادی نسبت به روشهای اِپراتوری تحلیلی معمولی نداشته باشد.

۳-۳ مشکل موانع مخصوصاً در بزرگ مقیاس برای مدل‌های ارتفاعی رقومی دقت بالا، می‌تواند خاص باشد و برای تولید مدل‌های ارتفاعی رقومی بزرگ مقیاس اگر سطح زمین قابل رؤیت باشد یعنی سطح زمین فاقد موانعی باشد. این مشکل را ندارند حتی اگر دقت بالایی موردنظر باشد. ولی اغلب مدل‌های ارتفاعی رقومی بزرگ مقیاس برای منظورهای طراحی از قبیل ساختن جاده و غیره خواسته می‌شوند و از آنجاکه ممکن است برای نواحی ساختمانی یا حومه شهرها یا خانه‌ها، باغها، جنگلها، پوته زارهایی که از قابل رؤیت بودن و دریافت مستقیم سطح زمین موردنظر جلوگیری می‌کنند موردنظر باشد هیچ راه حل اتوماتیک مستقیمی برای این موارد وجود ندارد. و باید به ادیت متقابل بسط داده متوسل شد. ولی با این حال موارد استثنایی، پردازش اتوماتیک بنظر می‌رسد که بوسیله بالا بردن سرعت ادیت لازم، همچنان مفید باشد.

با این حال باید پذیرفت که موارد و شرایطی وجود دارد که ایجاد مدل ارتفاعی رقومی کم و بیش با شکست روبرو می‌شود. این موضوع خصوصاً

می‌شوند. یک مشکل مشابه دیگری در موارد دامنه تراکم عکسی بیش از اندازه در هنگام اسکن نمودن تصویر با قدرت تفکیک رادیومتری ۸ بیتی (خطی) که بطور کافی تمام رنج رادیومتری که تصویر را نمی‌پوشاند وجود دارد. چنین مواردی ممکن است به مناطق خیلی روشن که در تصاویر معادن یا محل‌های ساختمانی وسیع روی دهند. اگر یک تبدیل هیستوگرامی غیرخطی نتواند این مشکل را حل کند، عمل پردازش باید براساس یک قدرت تفکیک ۱۰ بیتی که برخی از اسکنرهای جدید می‌توانند انجام دهند صورت گیرد.

۳-۲ مشکل جدی‌تر مسئله موانع است در صورتی که سطح تصویر، سطح زمینی که مدل ارتفاعی رقومی بیانگر آن است نباشد (نگاره (۴)) این مشکل ماهیتی اساسی دارد و نمی‌تواند فقط بوسیله روشهای پردازش تصویر رفع شود.

متأسفانه این مورد اغلب پیش می‌آید که نواحی گیاهی یا ساختمانی، سطح زمین واقعی یا کاذبی را که هیچ یا فقط قسمتی از خود زمین قابل رؤیت است می‌پوشاند. در چنین حالتی بعضی یا اغلب نقاط تناظر یابی شده سطح زمین واقعی را نشان نمی‌دهد و نمی‌تواند برای ایجاد مدل ارتفاعی رقومی بکار روند.

روشهایی برای ترمیم وجود دارد که می‌توان برای بدست آوردن نتایج منطقی در این موارد بکار برد. بعنوان مثال نقطه‌های روی پوته‌ها، درختان یا خانه‌ها می‌توانند بعنوان Outliers معرفی و بطور اتوماتیک خارج شوند یا پاک گردند.

این اصل می‌توانست برای مواردی که اثر نقاط لازم است رد شوند بسط داده شود (بوسیله جستجوی سطحی که کمترین پوشیدگی را داشته باشد). بطور کلی مشکل موانع، به کنترل متقابل و تصحیح محول می‌شود.



رقومی بزرگ مقیاس با دقت بالا برای طراحیهای متفاوت جهت اهداف مختلف می‌باشد.

سیستم‌های موجود در بازار مورد توجه قرار می‌گیرند با این حال همه آنها این مشکل اساسی را دارند که تولید اتوماتیک مدل ارتفاعی رقومی از عکسهای هوایی، با محدودیت اساسی پوششهای گیاهی و سایر پوشیدگی‌های سطح زمین مواجه است، در حال حاضر این مشکل تا حد امکان بوسیله تصحیح که توسط عوامل ادیت توسعه داده شده پشتیبانی می‌شود رفع شده است.

۴ - ۲ مشکل پوشش گیاهی و موانع در مواردی که اطلاعات فوق به اندازه کافی مؤثر نباشد نمی‌تواند فقط با روشهای پردازش تصویر رفع شود. یک روش Multi Sensor تنها راه حل ممکن برای این مشکل است. اسکن‌های لیزری از راه هوا قادر به نفوذ از پوشش گیاهی می‌باشند.

بنابراین ترکیبی از اسکن لیزری و تناظریابی تصویر رقومی شاید روش تعمیم داده شده مؤثری برای تولید اتوماتیک از مدل‌های ارتفاعی رقومی باشد.

برای مشکل مدلسازی سه بعدی از نواحی شهری دارای ساختمانهای بلند و بناهای مهندسی پیچیده نیز یک روش تعمیم داده شده لازم است.

با اطلاعات Multi-Sensor باید توسعه‌های لازم در روشهای تناظریابی اتوماتیک تعمیم داده شده (شامل لبه‌ها) و مدل‌سازی سه بعدی حقیقی داده شود. مشکلات بسط داده شده خود سؤالات جدیدی را که اهمیت اساسی دارند وجود می‌آورد بنابراین در حال حاضر، آنها به دنیای تحقیقاتی برمی‌گردد، با این امید که با روشهای تعمیم داده شده و راه حل‌های یکپارچه قوی باز گردند. □

منابع :

Ackermann F. (1994) : Digital Elevation Models Techniques and Applications, Quality Standards, Development, IAPRS, Vol. 30/4, Comm. IV-, PP. 421-432, Atlanta USA.

Ackermann F. (1996): Techniques and Strategies for DEM Generation, in Digital Photogrammetry an Addendum to the Manual of Photogrammetry.

Ackermann F. Krzystek P. (1995): New Investigations into the Technical Performance of Automatic DEM Generation, Proceedings ASPRS/ACSM annual convention, Charlotte NC 1995, Vol. 2, PP. 488-500.

در نواحی ساختمانی تراکم، که بناها و ساختمانهای بلند قسمت زیادی از سطح زمین را سایه می‌اندازد در این موارد حتی ادیت ممکن است موفقیت آمیز نباشد، مگر اینکه پوشش چند عکسی بتواند دید اضافی لازم را ایجاد کند به هر حال اطلاعات چند تصویری Multiple Image Data بوسیله روشی یک امتیاز اساسی سیستم‌های فتوگرامتری رقومی را که در آینده مورد استفاده قرار خواهد گرفت تشکیل می‌دهند.

مفهوم مدل ارتفاعی در مناطق شهری اخیراً مفهوم عکس یافته است. تا حدی که ساختمانها از مدل ارتفاعی رقومی پاک نمی‌شوند بلکه در مقابل قسمتی از یک مدل سه بعدی 3D Model می‌باشند.

با این حال ساختمانها نیز برداشت می‌شوند. روشهای مدل‌های ارتفاعی رقومی براساس سطوح زمین هموار، به اندازه کافی قادر به کنترل این موارد نیستند. روشهای جدید تناظریابی تعمیم داده شده و مدل سه بعدی مناسب نیاز دارند که تکامل یابند و بکار گرفته شوند.

۳ - ۴ بارها دیده شده است که ایجاد مدل ارتفاعی رقومی بطور اتوماتیک بعد از آنکه مراحل اتوماتیک بپایان رسیدند نیاز به کنترل کیفیت و ادیت بوسیله یک اپراتور دارد، تولید یک مدل ارتفاعی رقومی واقعی بطور اتوماتیک در حالت دسته‌ای Batch Model اجرا می‌شود.

ولی نیاز اساسی به کنترل کیفی و سایر اندازه‌گیریهای اضافی دیگر نیز باقی می‌ماند. با این حال تصحیح یک بخش از هر سیستم مدل ارتفاعی رقومی اتوماتیک بطور بینایی است.

ادیت مورد لزوم ممکن است در موارد زیادی جزئی باشد، ولی نباید آنرا از قلم انداخت، بنابراین در حالت تولید DEM رقومی بوسیله ترکیب با یک ایستگاه تصویر استرئو انجام می‌شود. البته تصحیح به حد امکان بوسیله کارکردهای تصحیح که بوسیله سیستم رقومی فراهم می‌شوند پشتیبانی می‌شوند. اینکه آیا وضعیت فعلی این مسائل رضایت بخش است، یانه، بستگی به خواسته‌ها و مشخصات کاربردهای عملی دارد. تمام سیستم‌ها دائماً در تلاشند تا همچنانکه انتظارات بالاتر می‌رود تا حد ممکن بخش ادیت کردن را بهبود بخشند و پشتیبانی کنند.

۴ - نتیجه‌گیری از نقطه نظر فنی :

۴ - ۱ یقیناً تولید DEM بطریق اتوماتیک یک ابزار بسیار پیشرفته فتوگرامتری رقومی است. در اغلب موارد هدفش را بخوبی برآورده می‌کند همراه با دقت خوب و مزایای اقتصادی که نسبت به تولید مدل ارتفاعی رقومی تحلیلی معمولی دارد.

همراه با ادیت، میزان موفقیت بالا می‌رود و کاربردهای متفاوتی را ارائه می‌دهد. کاربرد اصلی مستقیم مدل ارتفاعی رقومی مربوط به تولید عکس قائم (Ortho Photo) است (که راحت‌ترین مورد می‌باشد). همچنین شبکه‌های DEM اصلی بعنوان پایه‌های اطلاعاتی توپوگرافی، یک‌کار استاندارد است، همچنان که لایه‌های DEM در هر پایگاه اطلاعاتی GIS، اطلاعات اساسی را برای انجام کارهای چندگانه و ارائه آنها مطابق با زمین را فراهم می‌کند. یک کاربرد بسیار مهم آن مربوط می‌شود به مدل‌های ارتفاعی