بررسی روشهای مختلف Stereo Matching و بررسی به کارگیری آنها درتوجیه نسبی فتوگرامتری برد کوتاه

سیدعبدالله کیانژاد، مسعود ورشوساز، برات مجردی

گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

آدرس: تهران- خیابان ولیعصر بالاتر از تقاطع میر داماد دانشکده ژئودزی و ژئوماتیک

تلفن: ۸۷۷۰۲۱۸

mojaradi@alborz.kntu.ac.ir varshosazm@kntu.ac.ir sa_kia2002@yahoo.com

چکیده: هدف از این کار، بررسی روشها و الگوریتم های مختلف تناظریابی وطبقه بندی این روشها ویافتن روش مناسب جهت توجیه نسبی اتوماتیک درفتوگرامتری برد کوتاه می باشد. به خاطر وجود محدودیت های زیادی نظیر اختلاف پارالاکس شدید[۱]، مناطق با بافت ضعیف[۲]، مناطق تکراری[۳]، تغییر روشنایی، خصوصیات انعکاسی سطوح مختلف[۴]، سطوح با شیب زیاد[۵]، ناپیوستگی ها[۶]، حساسیت نسبت به مناطق مرده[۷] که در فتوگرامتری برد کوتاه وجود دارد، روشهای ناحیه ای[۸] و عارضه مبنا[۹] در انجام توجیه نسبی اتوماتیک این تصاویر از توانایی لازم برخوردار نیستند. روشهای تناظریابی رابطه ای[۱۰] هم به خاطر محدودیت در قبول تعداد زیاد تصاویر دچار ضعف هستند. برای حل این نقصها از روشهای بهینه ساز برای کاربردهای فتوگرامتری بردکوتاه می توان استفاده کرد. به خاطر زمان بر بودن الگوریتم ژنتیک، همچنین به خاطر ایجاد می نیمم های محلی[۱۱] درالگوریتم های Relaxation و شبکه های عصبی که تناظریابی یک به یک را پشتیبانی نمی کنند، تکنولوژی softassign and deterministic annealing یکی ازروش های مناسب برای غلبه برمشکلات تناظریابی در فتوگرامتری بردکوتاه می تواند درنظر گرفته شود. روش ترکیبی ناحیه و عارضه مبنا روش پیشنهادی دوم برای انجام این کار می تواند باشد. روش پیشنهادی سوم استفاده از توصیف کننده های فوریه است.

واژگان کلیدی : فتوگرامتری برد کوتاه، تناظریابی ناحیه ای، عارضه ای، سراسری[۱۲]، رابطه ای، توجیه نسبی

---

[1] large parallax
[2] poor region
[3] repetitive pattern
[4] reflectance properties
[5] tilted surface
[6] discontinuities
[7] occlusion
[8] Area based
[9] Feature based
[10] Relational
[11] local minima
[12] global

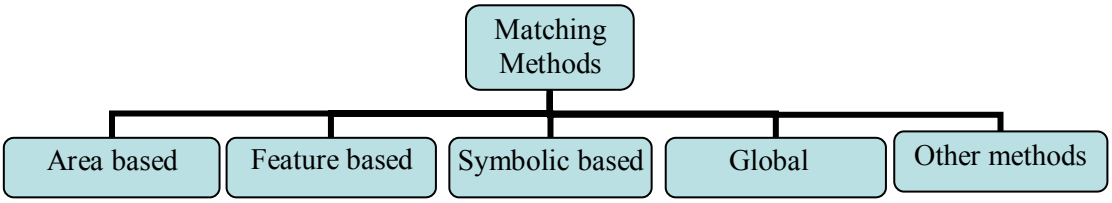
مقدمه: امروزه تمایل زیادی برای اتوماسیون مراحل پردازش به عنوان شرط لازم درمحاسبه مختصات سه بعدی نقاط و تشخیص عوارض درفتوگرامتری وسنجش از دور وجود دارد.Heipke تعدادی ازمزیت های اتوماسیون مراحل توجیه را به صورت ذیل بررسی نمود [۲]:

۱) خودکاربودن
۲) سریع تر ازتوجیه دستی
۳) صحیح تر از توجیه دستی
۴) انعطاف پذیری نسبت به تصویر و نوع دوربین (فتوگرامتری بردکوتاه، هوایی، ماهواره ای)
۵) انعطاف پذیری نسبت به انواع مختلف داده های کنترلی (نقاط، خطوط، نواحی، مدل رقومی زمین)
۶) استحکام[۱۳] (قابلیت به کارگیری درتصاویر با کیفیت ضعیف)
۷) قابلیت اعتماد پذیری (روشی خودتشخیص که موفقیت یا عدم موفقیت محاسبات را ارزیابی کند)

بسیاری از مراحل پردازش در فتوگرامتری از قبیل توجیه داخلی، توجیه نسبی، انتقال نقاط در مثلث بندی هوایی، توجیه مطلق، مدل رقومی زمین و تفسیر با تناظریابی مرتبط می باشد. به طورخلاصه، He-Ping Pan روشهای موجود برای تناظریابی رابراساس انتخاب المانهای[۱۴] تناظریابی، معیار تناظریابی و استراتژی های مربوطه به صورت زیر طبقه بندی نمود[۳] :

۱) همبستگی سیگنال[۱۵]
۲) تناظریابی عارضه مبنا
۳) تناظریابی سراسری
۴) تناظریابی در فضای شی[۱۶]
۵) تناظریابی با اطلاعات کامل یکنواخت[۱۷]

طبق تقسیم بندی انجام شده در این مقاله انواع روشهای تناظریابی در شکل شماره ۱ آمده است.



شکل ۱: طبقه بندی روش های مختلف تناظریابی

در این مقاله در مرحله اول روش های مرسوم درتناظریابی تصاویر مطرح می گردد، در مرحله دوم روش های پیشرفته تناظریابی به همراه روش های جستجو جهت یافتن عوارض نظیر ذکر می گردد. در مرحله سوم محدودیت های مربوط به تصاویر فتوگرامتری برد کوتاه ذکر شده و در مرحله چهارم مقایسه ای بین روش های مختلف

[13] Robust
[14] primitive
[15] Signal Correlation
[16] Object Least Square Matching
[17] Uniform full-information

تناظریابی جهت به کارگیری در توجیه نسبی فتوگرامتری برد کوتاه مورد بررسی قرار می گیرد. ودر قسمت آخر نتیجه گیری و پیشنهادات برای کارهای آینده ارائه می گردد.

۱- مروری بر روشهای ناحیه ای و بیان بعضی ازخواص ومزیت آنها

مشهورترین روش در تناظریابی، محاسبه همبستگی میان دو تصویردر نواحی محلی می باشد. روشهای ناحیه ای به صورت محلی هستند و دقت تناظریابی ها دراین روش بالاست ولی به مقادیر اولیه نسبتا دقیق در حد چند پیکسل احتیاج دارد. در نتیجه درحالت سراسری نتایج خوبی نخواهد داشت. تعدادی از روش های تناظریابی ناحیه ای عبارتند از:

۱) روش Cross-Correlation: ایده این روش اندازه گیری شباهت میان دو پنجره تمپلت و تناظریابی به کمک محاسبه ضریب وابستگی می باشد. بیشترین مقدار ضریب وابستگی بهترین مکان المان های نظیر را نشان می دهد.

۲) روش کمترین مربعات[۱۸]: ایده این روش می نیمم نمودن اختلافات درجات خاکستری میان پنجره تمپلت و تناظریابی می باشد که به موجب آن پارامترهای موقعیت و شکل در پروسه اجسمنت تعیین می شوند. مدل های مورد استفاده در این روش عبارتند از: الف: ترانسفورماسیون آفاین ب: ترانسفورماسیون پروژکتیو

۳) روش کمترین مربعات انطباق پذیر[۱۹]: انعطاف پذیری به این معنی که تعداد پارامترهای مدل قابل تغییر باشد. این قابلیت برای تعیین مدل مناسب برای تناظریابی کاربرد دارد مثلا به کار بردن مدل آفاین به جای مدل پروژکتیو.

۴) روش می نیمم انحراف مطلق[۲۰]: این روش را بعضی از محققین برای افزایش دقت برآورد نتایج درحضور پیکسل های پرت[۲۱] به کاربرده اند. روش Barrodale and Roberts برای الگوریتم می نیمم انحراف مطلق همانند روش کمترین مربعات پایدار است ولی از نظرمحاسباتی از روش کمترین مربعات درحضور پیکسل های پرت صحیحتر و دقیق تر عمل می نماید [۱]. اشتباه ناشی از نامناسب بودن فرض معادلات آفاین در ناپیوستگی های تصویر ناشی از تغییر ارتفاع های شدید و یا در کاربردهای فتوگرامتری برد کوتاه ناشی از فاصله نسبتا زیاد تغییرات در لبه های شی است.

۵) روش تناظریابی همزمان چند محدوده[۲۲] : این روش را Gruen پیشنهاد داده است که درآن محاسبه همزمان پارالاکس ها و مختصات شی در شبکه های گریدی انجام می پذیرد[۱۱].

۶) روش تناظریابی همزمان چند نقطه ای[۲۳] : این روش توسط Li مطرح گردید که درآن محاسبه همزمان پارالاکس ها در نقاط گریدی استفاده می شد که به کمک معادلات انترپلاسیون مرتبه درجه اول[۲۴] با هم ارتباط دارند و بیانگر اختلاف پارالاکس هستند. این روش، روشی کارا برای تولید مدل رقومی زمین می باشد. همچنین

---

[18] Least Square Matching
[19] Adaptive Least Square Matching
[20] Least Absolute Deviation(LAD)
[21] outlier
[22] Multi-patch
[23] Multi-point Matching
[24] bilinear

Rosenholm این الگوریتم را برای نواحی با سیگنال معدود به کار برد. علاوه براین Li مساله فوق را برای مناطق شکسته، دریک روش چند رزولوشنی و چند گریدی به کاربرد[۱۱].

۷) روش چند عکسی با قید هندسی: این روش توسط Baltsavias ارائه شد که شامل دو قسمت بود. ابتدا اطلاعات هندسی برای تقویت حل مساله استخراج می شد وسپس چند تصویر را به طور همزمان مورد استفاده قرارمی دهد. معادلات این روش مشاهدات درجات خاکستری را به همراه قیود هندسی در نظر می گیرد. در این روش نقاط بهینه در تصویر مرجع به وسیله اپراتور مورد علاقه[۲۵] انتخاب می شوند[۱۱].

۸) روش تناظریابی همزمان چند محدوده درفضای شی: این روش توسط Schenk ارائه گردید. این روش ازتصاویر پیچش دار[۲۶] استفاده می کند که تناظریابی برای بیش از دو تصویر انجام می شود. مدل ریاضی این روش برای تناظریابی چند تصویری بوده وحالت توسعه یافته ای از مدل کمترین مربعات مرسوم می باشد. این روش به مقادیر اولیه نسبتا خوب موقعیت نقاط و توجیه تصاویر نیاز ندارد[۴].

۹) روش های برمبنای برنامه نویسی دینامیک[۲۷] : این روش یک گراف از ارزش ها را برای درجات خاکستری زوج خطوط اپی پلار ایجاد می کند. تابع ارزش شباهت میان تناظرهای ممکن را نمایش می دهد. یک آرایه دو بعدی از ارزش ها ساخته شده که نقاط روی خط اپی پلار سمت چپ روی محور افقی و نقاط روی خط اپی پلار سمت راست روی محور قائم قرار می گیرند [۱۱].

۱۰) روش توسعه یافته تناظریابی ناحیه ای: این روش توسط Mustaffar and Mitchell در جهت بهبود روش های مرسوم کمترین مربعات صورت گرفت که گزینه پیشنهادی برای این کار استفاده از شیب سطح مورد نظر بوده است. در صورت موفقیت آمیز بودن این روش می توان از آن در مواجهه با نوسانات شیء، زوایای تصویربرداری همگرا[۲۸]، مقیاس های بزرگ، اعوجاجات و ناکافی بودن معادلات آفاین درفتوگرامتری برد کوتاه استفاده نمود. اما هنوز این کار به طورکامل انجام نشده است. دقت وصحت در این روش افزایش یافته و میزان افزایش دقت چشمگیر بوده است. مشکلات باقیمانده عبارتنداز: الف: انتخاب بهترین مقادیر اولیه، ب: بهترین اندازه پنجره و مناسبترین مدل ریاضی برای اشیاء مختلف[۵].

۲- روشهای تناظریابی عارضه مبنا: این روش عوارض نظیر از تصاویر را برای حل مساله تناظریابی درنظر می گیرد. عوارض مورد استفاده در این روش ها شامل عوارض محلی نقاط، خطوط، لبه ها و نواحی هستند. عوارض ذکر شده به سه دسته کلی تقسیم می شوند. الف: عوارض نقطه ای ب: لبه ها ج: عوارض سطحی

الف: استخراج و تناظریابی نقاط مورد نظر[۲۹]: معمولا عوارض نقطه ای به وسیله اپراتورهای محلی مورد نظر استخراج می شوند. توصیف آنها در همه جهت ها محاسبه می شوند و با یک حد آستانه مقایسه می شوند تا بررسی گردد آن عارضه خوب است یا نه. بعد از تشخیص کاندیداهای اولیه اپراتورهایی نیازخواهد بود تا تعداد کاندیداهای

[25] Interest operator
[26] Warped image
[27] Dynamic programming
[28] Convergent
[29] Interested point

نادرست کاهش یابد. آسان ترین راه برای تناظریابی نقاط بدست آمده به کارگیری روش کمترین مربعات است. دیگر روش ها بر پایه مقایسه توصیفات مجموعه نقاط در هر دو تصویر می باشند. روش های دیگر برای تناظریابی این نقاط بر پایه مقایسه خصوصیات ساختاری دو سری از مجموعه نقاط مورد نظر در دو تصویر است[۱۱].

ب: استخراج و تناظریابی پیکسل های لبه ای: تشخیص لبه شامل تعریف پیکسل های لبه و اتصال آنها است که به آن منحنی تولید لبه[۳۰] نیز می گویند. چند معیار برای طبقه بندی اپراتورهای لبه استفاده می شود ازجمله اپراتورهای مرتبه اول، دوم و اپراتورهای جهت دار یا غیرجهتی [۷]،[۱۱].

برای تناظریابی، روش Marr Poggio Grimson ، منحنی های عبور از صفر[۳۱] پیکسل به پیکسل تناظریابی می شود، سپس چند تا عارضه متناظر برطبق بررسی معیار محلی ذخیره می شود. این روش برای تولید مدل ارتفاعی مناسب است. روش های استخراج لبه یا تناظریابی ویا هر دو عبارتند از: روش Marc and Hildreth، روش Lemmens، روش های پیشنهادی Zhang، الگوریتم های Relaxation [۱۱].

یکی دیگر از روش های تناظریابی عارضه مبنا این است که تمام لبه ها در نظر گرفته می شود. قوت این روش وابسته به خصوصیات شکل می باشد. روش هایی از قبیل تبدیل تعمیم یافته Hough[۳۲] و منحنی Ψ-s نمونه های خوبی برای حل مسائل شکل عوارض هستند[۷].

ج: روش منطقه مبنا: استخراج مناطق ابتدا با تشخیص مناطق هموژن در تصویر آغاز می شود به عنوان مثال مناطقی که تغییرات شدت در آنها کمتر از یک حد آستانه باشد و سپس وسعت منطقه افزایش می یابد. اگر مقادیر اولیه انتخاب منطقه درست انجام نشود، این روش جواب نخواهد داد. با استفاده از این روش می توان دو تصویر را با استفاده از مناطق هموژن تلفیق نمود. یک روش محدوده مبنا توسط Dezfouli and Freeman برمبنای شکل پیشنهاد داده شده است[۱۱].

۳- روش تناظریابی نمادین: در این نوع روش المان های تناظریابی عوارض سراسری هستند. عوارض سراسری، را ساختار[۳۳] هم می گویند. این عوارض ترکیبی از عوارض محلی هستند که ارتباط میان عوارض محلی عوارض سراسری را مشخص می کنند این روابط می تواند هندسی باشد مانند زاویه میان دو پلیگون مجاور، یا می نیمم فاصله بین دو لبه و رادیومتریکی باشد از قبیل اختلاف درجات خاکستری یا واریانس درجه خاکستری میان دو منطقه همسایه ، و یا توپولوژیکی باشد مثلا یک عارضه داخل عارضه دیگر باشد. تناظریابی عوارض سراسری به تناظریابی رابطه ای یا تناظریابی ساختاری ارجاع داده می شود. دراین نوع روش، عوارض به عنوان المان های تناظریابی به اثرهای هندسی و رادیومتریکی حساس نیست و در مواجهه با نویز ثبات خوبی دارد.

۳-۱ روش تناظریابی رابطه ای: این روش پیداکردن بهترین نگاشت بین دو توصیف رابطه ای در تصاویر را به عهده دارد. این روش به صورت برچسب گذاری سازگار[۳۴]، Relaxation، وتناظریابی ساختاری می باشد. سه منظر مهم در روش تناظریابی رابطه ای وجود دارد: الف:توصیف[۳۵] ب: تابع مطلوبیت[۳۶] ج:جستجوی درختی[۳۷] [۷].

---

[30] Edge contour
[31] Zero-crossing
[32] Generalized Hough Transform
[33] Structure
[34] Consistent labeling

۳-۲ تناظریابی ساختاری: این روش گاهی اوقات به روش تناظریابی رابطه ای تعبیر می گردد. این روش بر مبنای ایجاد تناظر بین دو توصیف ساختاری به عنوان المانهای تناظریابی استوار است. این روش را می توان برای توجیه نسبی اتوماتیک و انتقال نقاط در مثلث بندی اتوماتیک مورد استفاده قرار داد.

۴- روش تناظریابی سراسری: این نوع روش تناظریابی براساس عوارض سراسری می باشد برای تناظریابی سراسری چندین روش وجود دارد ازجمله: روش Relaxation، روش شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و simulated annealing. در یک تقسیم بندی جداگانه می توان این روشها را تحت عنوان روشهای پیشرفته جستجو طبقه بندی کرد. دلیل استفاده از این روشها آن است که روش های مرسوم ناحیه ای، عارضه مبنا به قدر کافی درحل مشکلات فتوگرامتری برد کوتاه موفقیت آمیز نیستند. اما روش های سراسری در مقایسه با روشهای معمول در فتوگرامتری برد کوتاه بهتر جواب می دهند. کاربرد دیگر این روش ها در تلفیق تصاویر مختلف است که بررسی در این زمینه از بحث این مقاله خارج است.

۴-۱ روش توجیه با توصیف کننده های فوریه: این روش یکی از زیر مجموعه های روش سراسری است. انجام توجیه نسبی اتوماتیک با توصیف کننده های فوریه یکی از روشهای موفق در انجام توجیه نسبی اتوماتیک است. این روش نسبت به اختلالاتی از قبیل اعوجاج تصویر، نویز، اختلافات توجیه و مقیاس تصویر تطبیق پذیر است. این روش می تواند در مثلث بندی هوایی استفاده شود. همچنین انتظار می رود این روش درفتوگرامتری بردکوتاه موفق عمل کند. مزیت تناظریابی در فضای شی، به کارگیری آن در ناپیوستگی های سطح است همچنین این الگوریتم قابلیت غلبه بر مناطق مرده را دارد در نتیجه برای کاربردهای فتوگرامتری برد کوتاه مناسب هستند. تلفیق آن با یک نرم افزار باندل اجسمنت امکان به کارگیری همزمان چند تصویر را فراهم می سازد.

۵- روش های دیگر تناظریابی : روش های دیگری نیز علاوه بر روش های مذکور وجود دارد از آن جمله می توان روش همبستگی فاز[۳۸] و روش های هیبرید را نام برد.

۵-۱ روش همبستگی فاز: گرچه بسیاری ازتکنیک های همبستگی درحوزه مکانی انجام می شوند، روش هایی نیز وجود دارند که درحوزه فرکانس با ترانسفورماسیون های فوریه می توانند انجام شوند. یکی از این روشها روش همبستگی فاز با استفاده از ترانسفورماسیون های فوریه می باشد[۸]. مزیت این روش پایداری در برابر تغییر مقیاس و شیفت ثابت توابع شدت تصویر می باشد. همچنین جابجایی های زیاد را بین دو تصویر را به دقت تعیین می کند. ضعف آن در تناظریابی های محلی است، یعنی اینکه برای حالت سراسری مناسبتر است.

۵-۲ روش ترکیبی ناحیه ای وعارضه مبنا: یک روش مناسب برای انجام توجیه نسبی کاملا اتوماتیک می تواند باشد تا آنجا که این روش به دانش قبلی از پارامترهای تقریبی توجیه، نیازی ندارد[۶]. این روش برای تصاویر با پارالاکس های شدید مناسب است. توسعه این روش به حالت چند عکسی و چند رزلوشنی می تواند درمثلث بندی

---

[35] description
[36] evaluation function
[37] search tree
[38] Phase Correlation

و کارهای فتوگرامتری بردکوتاه مورد استفاده قرار بگیرد.

۵-۳ روش اطلاعات کامل یکنواخت: این روش ترکیبی ازسه روش همبستگی سیگنال وعارضه مبنا وسراسری می باشد[۳]. ایده اصلی این روش، به کارگیری مزیت های سه روش فوق به طور همزمان می باشد.

۶- مقایسه و بررسی روش های مختلف تناظریابی اتوماتیک در فتوگرامتری برد کوتاه:

معیارهای چندی برای مقایسه و بررسی الگوریتم های تناظریابی اتوماتیک برای کاربردهای مختلف وجود دارد. این معیارها برای فتوگرامتری برد کوتاه نیز قابل قبول هستند. تعدادی ازاین معیارها عبارتند از: الف:سریع بودن ب:صحت ج:استحکام د:قابل اعتمادبودن

علاوه بر معیارهای ذکر شده محدودیت هایی نیز در مورد فتوگرامتری برد کوتاه وجود دارد که نباید آنها را از نظر دور داشت. نمونه هایی از آنها عبارتند از: اختلاف پارالاکس شدید، مناطق با بافت ضعیف، مناطق تکراری، تغییرروشنایی، خصوصیات انعکاسی سطوح مختلف، سطوح با شیب زیاد، ناپیوستگی ها، مساله ابهام[۳۹]، حساسیت نسبت به مناطق مرده، مساله مقیاس و دوران و در نهایت استفاده همزمان چند تصویر.

۶-۱ بررسی قابلیت و یا عدم قابلیت روشهای مختلف تناظریابی مرسوم و پیشرفته: روش Cross-Correlation به علت حساس بودن به مقیاس و دوران روش مناسبی نیست، همچنین قابلیت به کارگیری چند تصویر به طور همزمان را ندارد، ولی ضرایب این روش را می توان جهت اندازه گیری تناظریابی به کار برد، البته با این شرط که مقدار دوران زیاد نباشد. روش تناظریابی کمترین مربعات نیز به خاطر ضعف در برابر مشکل مناطق مرده روش مناسبی نیست و همچنین به مقادیر تقریبی نسبتا دقیق به کمک تشکیل هرم تصاویر نیاز دارد. روش تناظریابی عارضه مبنا با نقاط گاهی اوقات مشکل مناطق مرده را حل می کند. تناظریابی براساس لبه ها نیز قابلیت اداره کردن مناطق مرده را دارد ولی به پارامتر دوران حساس است. تناظریابی خطوط مستقیم[۴۰] اصلا مناسب نیست به این خاطر که برای اصلا امکان تناظریابی دو تصویر را ندارد. تناظریابی عارضه مبنا بر اساس قطعات[۴۱] دقت لازم را ندارد. روش رابطه ای احتمالا قوی ترین تکنیک نسبت به روش های قبل می باشد ولی مشکل آن وقتگیر بودن و پیچیدگی محاسبات آن است و همچنین زمانی که عوارض نظیر در مجموعه عوارض نباشد روش ضعیف عمل می کند و در نهایت ارتباط بین المانهای تناظریابی باید تحمیل شود تا راه حل، قابل اعتماد باشد. روش توجیه با توصیف کننده های فوریه نسبت به مشکلاتی از قبیل اعوجاج تصویر، نویز، اختلافات توجیه و مقیاس تصویر خوب عمل می کند. یکی از ضعف های این روش این است که بر اساس مرزهای مناطق همگن در دو تصویر کار می کنند. ضعف دیگر روش فوق این است که اگر تنها قسمتی از عوارض در شکل متناظر باشند این روش آن را تشخیص نمی دهد[۱۱]. روش ترکیبی ناحیه ای، عارضه ای برای تصاویر با پارالاکس های شدید مناسب است. الگوریتم های ژنتیک به دلیل پایین بودن سرعت پردازش اطلاعات روش مناسبی برای این امر محسوب نمی شود. شبکه عصبی و الگوریتم Relaxation هم نمی توانند تناظریابی یک به یک را به خاطر ایجاد می نیمم های محلی

[39] ambiguity problem
[40] straight line
[41] or segment Blob

ایجاد کنند. روش مناسب برای حل مساله تناظریابی می تواند روش softassign and deterministic annealing باشد که مشکلات مربوط به روش های دیگر در روش های تناظریابی سراسری را ندارد و تناظرهای اشتباه را رد می کند. البته روش دیگری نیز می توان در نظر گرفت و آن روش ترکیبی ناحیه ای وعارضه مبنا می باشد. البته لازم به ذکر است که تمامی پارامترهای مقایسه برای ارزیابی الگوریتم مناسب، مورد بررسی قرار نگرفت. پارامترهای مقایسه الگوریتم ها به قرار زیر هستند:

پارامتر مقیاس، دوران، دقت، اثر مناطق مرده، پارالاکس های شدید، شعاع همگرایی، تعداد تصاویر و اثر نویز.

برای دستیابی به بهترین روش تناظریابی باید بررسی های عملی روی این روش ها صورت گیرد و تعیین روش مناسب در این مقاله به صورت تئوری بررسی شده است. تعدادی از روشها ومقایسه آنها با هم درجدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مقایسه روشهای تناظریابی مرسوم [۱۰]

اثر نویز	تعداد تصاویر	شعاع همگرایی	اثر پارلاکس غیر معمول	اثر مناطق مرده	دقت	اثر دوران	اثر مقیاس	روش تناظریابی
شدید	فقط دو تا تصویر	بزرگ	شدید	شدید	بالا	شدید	شدید	Cross-Correlation
شدید	بیشتر از دو تصویر	۳ پیکسل	شدید	شدید	بالا	متوسط	متوسط	روش کمترین مربعات
کم	بیشتر از دو تصویر	نسبتا بزرگ	تا حدودی خوب	متوسط	متوسط	کم	متوسط	روش عارضه مبنا نقطه ای
کم	بیشتر از دو تصویر	نسبتا بزرگ	تا حدودی خوب	متوسط	متوسط	کمی حساس	متوسط	روش عارضه مبنا با لبه
کم	دو تا تصویر نا ممکن	نسبتا بزرگ	تا حدودی خوب	کم	متوسط به بالا	کم	متوسط	روش عارضه مبنا با خطوط
کم	بیشتر از دو تصویر	نسبتا بزرگ	تا حدودی خوب	متوسط	کم	کم	متوسط	روش عارضه مبنا با قطعات
کم	فقط دو تا تصویر	بزرگ	خوب	کم	متغیر	کم	متوسط	روش رابطه ای
کم	بیشتر از دو تصویر	بزرگ	خیلی خوب	متوسط	بالا	کم	متوسط	روش ترکیبی ناحیه و عارضه
کم	بیشتر از دو تصویر	بزرگ	خیلی خوب	کم	بالا	کم	کم	روش توصیف کننده های فوریه
کم	دو تصویر	بزرگ	خیلی خوب	کم	بالا	کم	کم	روش Softassign deterministic annealing

در گذشته کارهایی در زمینه فتوگرامتری هوایی و برد کوتاه انجام شده است که نمونه هایی از آنها در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول ۲: روش های توجیه نسبی اتوماتیک[۲]

References	Matching method	Area of application
Hannah (1989)	Cross-correlation	Aerial and Close range imagery
Schenk (1991)	Line matching followed by least squares matching	Aerial imagery
Muller and Hahn (1992); Haala et al. (1993); Hahn and Kiefner (1994)	Feature based matching, checked by cross correlation	Aerial imagery
Tang and Heipke(1993, 1996)	Feature based matching, checked by cross correlation	Aerial imagery
Deriche (1994)	Cross-correlation	Close range imagery
Wang (1994, 1995, 1996)	Relational matching	Aerial and Close range imagery
Cho(1995, 1996)	Relational matching	Aerial imagery
Yi-Hsing Tseng (1996)	matching fourier descriptors	Aerial Imagery
He-Ping Pan (1996)	Uniform full-information image matching	Aerial imagery
Merwe and Ruther (1996)	Hybrid feature and area based	Close range imagery
Zhang, Jiang and Li (2001)	Softassign and deterministic annealing Technology	Close range imagery

نتیجه گیری وپیشنهاد برای کارهای آینده:

دراین مقاله روشهای مختلف تناظریابی مورد بررسی قرار گرفت و همانطوری که درقسمت های قبل آورده شد روش های مرسوم تناظریابی در حل مشکل تناظریابی جهت به کارگیری درفتوگرامتری برد کوتاه موفقیت چندانی ندارند گرچه ترکیب این روشها می تواند مفید واقع شود[۵]. البته روش های تناظریابی سراسری به همراه توابع بهینه ساز برای این منظور مناسب تشخیص داده شدند. به دلیل برتری روش softassign and deterministic annealing نسبت به سایر روش های تناظریابی سراسری این روش به عنوان روشی مناسب در انجام توجیه نسبی اتوماتیک در فتوگرامتری برد کوتاه می تواند در نظر گرفته شود. روش دوم روش ترکیبی ناحیه و عارضه مبنا است. روش سوم، روش استفاده از توصیف کننده های فوریه است.

اهداف آینده و پیشنهادات به قرار زیر هستند:

۱- کار آینده ایجاد یک سیستمی جهت انجام عملی توجیه نسبی اتوماتیک در فتوگرامتری برد کوتاه می باشد.

۲- بهبود بخشیدن روش های مرسوم از جمله روش ناحیه مبنا و یافتن مدل مناسب برای افزایش کارایی این روش برای اشیاء مختلف.

۳- به کارگیری روش های تلفیقی که مزایای روش های مختلف را به طور همزمان داشته باشیم.

۴- استفاده از روش هایی که بتواند اشتباه ها(پیکسل های پرت) را شناسایی وحذف کرده یا اثر آنها را کم کند.

منابع:

۱- Calitz, M.-F., Ruether, H., 1996: Least absolute deviation (LAD) image matching. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 52: 160-168.

۲- Christian Heipke,1997: Automation of interior, relative, and absolute orientation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 52(1997) 1-19.

۳- He-Ping Pan, 1996: Uniform full-information image matching using complex conjugate wavelet pyramids. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3, Vienna 1996.

۴- Krupnik, A.,Schenk, T.,1997: Experiments with matching in the object space for triangulation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 52(1997) 160-168.

۵- M. Mustaffar, H.L., Mitchell, 2001: Improving area-based matching by using surface gradients in the pixel coordinate transformation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 56: 42-52.

۶- Nick van der Merwe and Heinz Ruther, 1996: An image matching scheme using a hybrid feature and area based approach . International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3, Vienna 1996 .

۷- Schenk, T., 2000, Digital Photogrammetry, Laurelville, Ohio, TerraScience.

۸- Tony C.T. Tang, 1988, Digital Image Correlation, UCSE Reports, Number 20028

۹- Yi-Hsing Tseng, 1996: Orienting digital srtereo pairs by matching fourier descriptors. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3, Vienna 1996.

۱۰- Wolfgang Forstner,1995, Matching Strategies for Point Transfer, Photogrammetric week, Bonn.

۱۱- www.icg.tu-graz.ac.at