به نام خدا

کاربرد فتوگرامتری در GIS

مهدی پوراحمد: کارشناس GIS شرکت آبفا لرستان

ما در دوره ای زندگی میکنیم که تغییرات در تکنولوژی بسیار سریع اتفاق می افتد.فتوگرامتری نیز به طور وسیع از تحولات بوجود آمده تاثیر پذیرفته است،بیشتر این تحولات در زمینه ویژگیهای الکترونیکی و تکنولوژی استفاده از کامپیوتر صورت گرفته است،اولین توسعه در فتوگرامتری تغییر فتوگرامتری از آنالوگ به دیجیتال بوده است.اولین کاربردهای این تکنیک جدید در مسائلی از قبیل اورتوفتوی دیجیتال،اصلاح نقشه های مونوسکوپیک ،ساخت خودکار مدل ارتفاعی زمین(DTM)،مثلث بندی هوایی و در برخی نواحی به صورت تغییر در ساختار اتفاق افتاده است.پیشرفت این تکنولوژی باعث افزایش استفاده از اورتوفتو برای تهیه نقشه های پوششی به روز شده است.نیازهای رو به رشدی در ملت ها برای استفاده از نقشه های پایه بزرگ مقیاس وجود دارد. تکنیک های سنتی نمی تواند جوابگوی درخواست های متعدد و رایج کاربرها باشد.

GIS به عنوان یک عامل بالقوه یک بخش اصلی از سیستم نقشه های دیجیتالی محسوب می شود.نمایش در محیط GIS هم به صورت رستری و هم به صورت وکتوری امکان پذیر است و هم امکان استفاده از جفت عکس های استریوسکوپی را فراهم میکند،این قابلیت ها مبنای صحیح هندسی را برای اصلاح نقشه ها را برای کاربرهای GIS فراهم می کند.فتوگرامتری یک مبنای ایدئال برای استخراج نقشه های خطی به روز بوسیله نمایش اطلاعات نقشه های وکتوری کهنه بر روی یک عکس اورتوفتوی جدید است.احتمالا مهمترین کاربرد همین است که از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای به عنوان لایه های در دسترس در محیط GIS استفاده شود.

ادغام فتوگرامتری رقومی و GIS منجر به استفاده از پایگاههای اطلاعاتی جدیدی برای کاربرها شده است،این ادغام به داده های فتوگرامتری اجازه داده که در محیط GIS به صورت رستری و وکتوری احضار گردند.

این عملیات ها با استفاده از پردازش تصاویر رقومی،کد گذاری زمینی و تکنیک های تک نقشه ای اتفاق افتاده است این پردازش ها در محل های کار نیازمند مهارت بالا،سخت افزارهای ویژه و سیستم های اندازه گیری است،این قبیل سیستم ها برای انجام تحلیل ها در محیط GIS بسیار مفیدند.این تحلیلها بسیار مفید و دسته بندی شده هستند.یکی از مهمترین کاربردهای GIS تبدیل محیط

های رستری به وکتوری است،از این برای آنالیز تغییرات چند زمانه به صورت به روز برای رستر و وکتورها استفاده می شود.در محیط GIS در زمینه فتوگرامتری توانایی دید استریوسکوپی و اندازه گیری های دقیق سه بعدی را ممکن می سازد.خصوصا در محیط GIS در خواست نمایش و ویرایش فرمت های مختلف سه بعدی به راحتی ممکن است.

یکی از مراحل مهم در پیاده سازی یک سیستم GIS آماده سازی داده ها برای ورود به این سیستم می باشد.اطلاعات مکانی به دست آمده از روش فتوگرامتری یکی از مهمترین منابع تولید داده های مکانی مورد استفاده در GIS محسوب می گردد.در تهیه اطلاعات مکانی به کمک تکنیک فتوگرامتری روش متداول و معمول این است که ابتدا اطلاعات مکانی به صورت نقشه های رقومی و بدون توجه به تولید اطلاعات ساختار یافته مورد نیاز در سیستم GIS تولید می شود و پس از آن خطاهای موجود در طول یک مرحله جداگانه مورد شناسایی و ویرایش قرار می گیرد.تولید داده های مکانی بدون توجه به ساختار مورد نیاز سیستمهای GIS و موکول نمودن مرحله ویرایش به بعد از عملیات رقومی سازی باعث می شود ویرایش و آماده سازی داده های مکانی برای ورود به سیستم GIS مرحله بسیار پر هزینه و وقت گیری شود.

بر اساس اعلام مرکز اطلاعات جغرافیایی تهران در پروژه ای که به منظور تهیه نقشه های ۱/۲۰۰۰ و انجام آنالیزهای GIS بر روی آنها صورت گرفت عملیات تهیه نقشه به روش فتوگرامتری از سال ۱۹۹۵ شروع شد و در سال ۱۹۹۷ به پایان رسید.در صورتی که عملیات ویرایش و آماده سازی داده ها برای GIS از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۱ به طول انجامید.از سوی دیگر به دلیل عدم در اختیار داشتن مدل حاصل از فتوگرامتری که عملیات استخراج داده ها از آن صورت گرفته است.در بسیاری از موارد ویرایش داده ها در یک مرحله مجزا و مستقل باعث کاهش صحت عملیات می شود.حذف خطا و ساختار دهی به داده ها،همزمان با رقومی سازی عوارض ،مرحله ویرایش داده ها پس از عملیات رقومی سازی را کاهش داده و اطلاعات مستقیما می توانند برای مدلسازی یا کارتوگرافی رقومی وارد محیطهای دیگر شده و یا در تحلیلهای GIS مورد استفاده قرار گیرند.

به این ترتیب در وقت و هزینه تولید اطلاعات مکانی صرفه جویی فراوانی می شود.همچنین چون عملیات ویرایش داده ها با در اختیار داشتن مدل مرجع حاصل

از فتوگرامتری انجام می گیرد،لذا مشکلات ناشی از عـدم در اختیـار داشـتن مرجـع داده ها که در ویرایش غیر مستقیم داده ها بوجود می آید رفع می شود.
یکی از مهمترین مواردی که در دستیابی به هدف مذکور بایستی مد نظر قرار گیـرد انتخاب روش و محیط مناسب به منظـور سـاختار دهـی و ویـرایش آنـی داده هـای مکانی ارسال شده از سیستم فتوگرامتری می باشد،به طوری که اولا استفاده از ایـن محیط هزینه اضافی به سیستم تحمیل نکند و ثانیا استفاده از محیط انتخـاب شـده به راحتی برای کاربران عادی سیستم های فتوگرامتری امکان پذیر باشـد و کـاربرد آن تنها در انحصار متخصصین نباشـد.عدم رعایـت مـوارد مـذکور در پیـاده سـازی سیستم هایی نظیر سیستم Gothic که به صـورت تلفیـق سیسـتم فتـوگرامتری و یک پایگاه داده شی گرا از طریق سیستم LAMPS2 به منظـور ایجـاد توپولـوژی ارائه شده است،استفاده از چنین سیستم هایی را غیر اقتصادی و مسـتلزم تخصـص بالایی نموده است.
با توجه به اینکه امروزه اغلب سیستمهای فتوگرامتری از محـیط CAD بـه منظـور انجام عملیات رقومی سازی عوارض استفاده می نمایند و با در نظر گـرفتن آشـنایی اکثـر کـاربران بـا سیسـتمهای CAD بـرای ویـرایش داده هـای مکـانی،تلفیق سیستمهای فتوگرامتری و سیستمهای مبتنی بر CAD می تواند به عنوان راهکـار مناسبی جهت ساختار دهی بـه داده هـای مکـانی اسـتخراج شـده از روی مـدلهای فتوگرامتری برای سیستم های GIS مطرح می باشد.
در زمانهای دور نقشه ها به وسیله روشهای گرافیکی تهیه می شد.پیشرفتهای انجام گرفتـه در دسـتگاههای انـدازه گیـری را بـه دو تـن از اعضـا موسسـه جغرافیـایی وینـا(Hobel& Orela) نسـبت داده انـد.آنها دسـتگاههای اسـترئوکمپراتور و استرئواوتوگراف را ساختند.ناگفته نماند که در سـال ۱۹۰۱ اسـترئوکمپراتور توسـط زایس نیز به طور مستقل ساخته شد.در مراحـل اولیـه اینهـا تمـام وسـائل اپتیکـی موجود در انداره گیری بودند.بعدها سیستم های تصویر مکانیکی و اپتیکی-مکانیکی دقت اندازه گیری را بهبود بخشیدندبعد از دهـه ۱۹۵۰ کـامپیوتر وارد فتـوگرامتری شد.اولین کوشش ثبت رقومی خروجی ها بـود کـه منجـر بـه فتـوگرامتری عـددی شد.سپس سیستم های تصویر اپتیکی-مکانیکی جایگزین مدلهای عـددی شـد کـه منجر به فتوگرامتری تحلیلی گردید.بعد از دهه ۱۹۸۰ تصاویر به شکل رقومی مـورد استفاده قرار گرفت که نتیجه آن فتوگرامتری رقومی می باشد.

به طور خلاصه فتوگرامتری در چهار مرحله دستخوش تغییر شده است که به ترتیب شامل فتوگرامتری آنالوگ،عددی،تحلیلی و فتوگرامتری رقومی است.
اصول مقدماتی فتوگرامتری استفاده از زوج تصویر استریویی برای بازسازی شکل اصلی اشیا به صورت سه بعدی می باشد.منظور از زوج تصویر استریویی درو تصویر از یک منطقه یکسان با تفاوت مکانی جزئی است به طوری که آنها مقدار معینی پوشش مشترک داشته باشند.به عبارتی در منطقه پوشش مشترک می توان تصویر سه بعدی را تشکیل داد.
در عکسبرداری هوایی معمولا در جهت پرواز ۶۰ درصد و بین نوارهای پرواز ۳۰ درصد پوشش مشترک وجود دارد. هر عکس با شش المان توجیه مشخص می شود.سه المان زاویه ی (یکی برای هر یک از محورهای x،y،z) و سه المان انتقال.
هر دو تصویر با پوشش مشترک می توانند برای تولید یک مدل سه بعدی مورد استفاده قرار گیرند.در تصاویر فضایی درصد استانداردی برای پوشش مشترک وجود ندارد،ولی به اندازه ی باید باشد که بتوان برای بازسازی یک مدل سه بعدی از آن استفاده کرد.از انجا که عکسهای هوایی به طور گسترده تری در به دست آوردن داده هایDTM مورد استفاده قرار می گیرند،ما در اینجا برای توضیح مطلب از عکس هاس هوایی استفاده می کنیم.

فرض کنید که عکس های سمت چپ و راست یک زوج تصویر استریوئی در دو پروژکتور(که شبیه دوربینی هستند که برای عکسبرداری استفاده شده اند) قرار گیرند و این دو پروژکتور در همان موقعیت و با همان توجیهی نسبت به هم قرار گیرند که دوربین در هنگام عکسبرداری بوده است آنگاه پرتوهای نور بر دو عکس تابیده می شود و شعاههای نوری بازتاب یافته از سطح دو عکس در هوا همدیگر را قطع می کنند و یک مدل سه بعدی(مدل استریوئی) از اشیا موجود در عکس تشکیل می شود.باید توجه داشت که مقیاس مدل استریوئی دقیقا ۱/۱ نیست و در حالت کلای نیز می توان مقیاس مدل را با تغییر طول خط اصلی (فاصله دو پروژکتور) تغییر داد.در این روش اپراتور می تواند نقاط سه بعدی را بر روی مدل استریوئی اندازه گیری کند.رابطه بین یک نقطه عکسی،نقطه زمینی متناظر با آن و مرکز تصویر(دوربین) بوسیله تابع تحلیلی بنام معادله شرط هم خطی بیان می شود.این رابطه نشان می دهد که نقطه

زمینی،مرکز تصویر و نقشه عکسی در امتداد یک خط قرار دارند.
بیان ریاضی این رابطه به صورت زیر است:

$$x=-f\frac{a_1(x_A-x_S)+b_1(Y_A-Y_S)+c_1(Z_A-Z_S)}{a_3(X_A-X_S)+b_3(Y_A-Y_S)+C_3(Z_A-Z_S)}$$

$$Y=-f\frac{a_2(X_A-X_S)+b_2(Y_A-Y_S)+c_2(Z_A-Z_S)}{a_3(X_A-X_S)+b_3(Y_A-Y_S)+C_3(Z_A-Z_S)}$$

$$a_1=\cos\phi\cos\chi+\sin\Phi\sin\omega\sin\chi$$
$$b_1=\cos\Phi\sin\chi+\sin\Phi\sin\omega\cos\chi$$
$$c_1=\sin\Phi\cos\omega$$
$$a_2=-\cos\omega\sin\chi$$
$$b_2=\cos\omega\cos\chi$$
$$c_2=\sin\omega$$
$$a_3=\sin\Phi\cos\chi+\cos\Phi\sin\omega\sin\chi$$
$$b_3=\sin\Phi\sin\chi-\cos\Phi\sin\omega\cos\chi$$
$$c_3=\cos\Phi\cos\omega$$

شش عنصر توجیه را می توان با نصب GIS بر روی هواپیما یا انـدازه گیـری چنـد نقطه ی کنترل و با استفاده از معاد له ی بالا به دست آورد.در فتوگرامتری تحلیلـی، اندازه گیری مختصات عکسی هنـوز هـم توسـط اپراتـور انجـام مـی گیـرد ولـی در فتوگرامتری رقومی،تصاویر به شکل رقومی هستند و در نتیجه مختصـات نقـاط بـه وسیله تعداد سطرها و ستون ها تعیین می شود.وقتی یک نقطه ی عکسی در سمت چپ معرفی می شود خود سیستم نقطه ی متناظر آن را در عکس سـمت راسـت را

به طور اتوماتیک توسط فرایندی بـه نـام (تطـابق تصویر)جسـتجو مـی کند.سـپس مختصات زمینی نیز مانند قبل محاسبه می شـود.چنین سیسـتم کـار خودکـاری را "ایستگاه کار فتوگرامتری رقومی " (DWP)می گویند.

برای استفاده ی DWP ، تصاویر باید به شکل رقومی در آمده باشند و گرنـه یـک فرایند اسکن کردن برای تبدیل تصویر آنالوگ به دیجیتال نیاز است هر چنـد بـرای اجتناب از اعوجاج به اسکنر های فتوگرامتری با دقـت نیـاز اسـت.معمولا از پیکسـل های با اندازه ی ۲۰ میکرومتر استفاده می شود.زیرا آزمایشـات تجربـی نشـان مـی دهد که تفاوت مهمی بین تصاویر اسکن شده ۱۵ و ۳۰ میکرومتری وجود ندارد.

کنترل کیفیت لحظه ی در جمع آوری داده به طریق فتوگرامتری

کنترل کیفیت لحظه ی بازدید و معاین هداده هـای جمـع آوری شـده در طـی فراینـد جمع آوری داده و در صورت وجود خطا،تصحیح آن ها به صورت آنی مـی باشـد.معاینه بصری روشی است که معمولا مورد استفاده قرار مـی گیـرد.در ایـن بخـش چهـار روش معرفی خواهد شد.

۱.قرار گیری خطوط منحنی میزان بر روی مدل استریوئی

در کاربردهای عملی،کنترل کیفیت لحظه ی در جمع آوری داده به طریق فتـوگرامتری به وسیله قرار گیری خطوط منحنی میزان بر روی مدل استریوئی صورت مـی گیـرد تـا ببینند که آیا ناسازگاری بین خطوط منحنی میزان و پستی و بلنـدی هـای موجـود بـر روی مدل وجود دارد یا خیر.اگر هیچ گونه ناسازگاری پیدا نشد،بدان معناست کـه هـیچ گونه اشتباهی(خطای گراس) صـورت نگرفتـه اسـت امـا اگـر در یـک مکان،ناسـازگاری خاصی دیده شود به معنی آن است که خطای گراس وجود دارد و بایـد تصـحیحاتی بـر روی داده ها صورت بگیرد و برخی داده های نقطه ی دوباره اندازه گیری شوند،اسـتمن چنین سیستم جانبی را ویرایشگر گرافیکی برای DTM نامیده است.

روش دیگر آن است که خطوط منحنی میزان درون یابی شده از داده های DTM را بر روی تصاویر قائم می اندازند تا بررسی شود که آیا جابجـایی فاحشـی در منحنـی هـای میزان وجود دارد یا خیر.یا آنها را با نقشه های توپوگرافیک و عوارض زمینی نقطـه ی و خطی مقایسه می کنند. وقتی تفاوت نسبتا زیـادی در اشـکال زمینـی یـا ارتفـاع نقـاط وجود داشته باشد آنها نیاز به اندازه گیری دوباره دارند و این فرایند تا آنجـا ادامـه مـی یابد تا داده ها به کیفیت مطلوب برسند.این روش فقـط محـدود بـه بررسـی خطاهـای گراس می باشد.

۲.تشکیل مدل استریوئی صفر از تصاویر قائم

موضوع دیگر مقایسه تصاویر قائم ساخته شده از هر دو تصویر سمت چپ و راست است.اگر دو تصویر قائم با استفاده ار DTM به دست آمده از همان جفت تصویر استریوئی(با استفاده از تطابق تصویر) ساخته شده باشد و هیچ گونه مانعی در این منطقه وجود نداشته باشد و در صورتب که DTM مورد استفاده برای تولید تصویر قائم،فاقد خطا باشد آنگاه این دو تصویر قائم یک مدل استریوئی صفر(به این معنی که هیچ گونه اطلاعات ارتفاعی در مدل وجود نداشته باشد تشکیل میدهند.

مدل استریوئی صفر همچنین اشاره به این دارد که در هیچ جایی از مدل نمی توان پاراالاکس x مشاهده کرد.پاراالاکس x به یکی از دلائل زیر ممکن است به وجود آمده باشد.

۱.خطا در پارامترهای توجیه که موجب ناسازگاری تصاویر قائم چپ و راست می شود.

۲.اشتباه ناچیز در تطابق زوج تصویر قائم.

۳.خطا در داده های DTM مورد استفاده برای تولید تصاویر قائم.

اگر هیچ یک از دو احتمال اول وجود نداشته باشد،آنگاه هر پاراالاکس مشاهده شده در زوج تصاویر قائم،بیانگر خطاهای موجود در داده های DTM است.

۳.تحلیل سطح شیب

بیشتر زمین ها از یک شیب طبیعی خاص مانند تغییر تدریجی پیوسته پیروی می کنند،مقدار شیب با تغییر چهره ی زمین،دچار تغییر می شود.تغییر پیوسته سطح زمین ممکن ااست با استفتده از سطوح ریاضیاتی نرم که اشاره به سطوح شیب دارند بیان شوند.نمونه بارز از تحلیل سطح شیب زمانی است که شیب به طور ناگهانی تغییر می کند وقتی انحراف مقادیر داده ها از شیب معمول زیادتر گردد،داده های نقطه ی همراه با خطاهای گراس ایجاد ناهنجاری می کنند.به عبارت دیگر وقتی انحراف زیادی از سطح شیب مشاهده می شود،آن وقت است که خطاهای گراس مشاهده می شوند.

۴.دید پرسپکتیو سه بعدی برای بررسی بصری

روش چهارم ساخت یک سطح سه بعدی از داده های DTM برای بررسی بصری است.در این روش،آن نقاطی که نامعقول به نظر می رسند را می توان خطاهای گراس در نظر گرفت و از مجموع داده ها حذف کرد.

تجسم بصری سطوح سه بعدی با استفاده از داده های DTM یکی از مهمترین کاربرد های DTM است.برای ایجاد یک سطح سه بعدی جهت بررسی سه

بعدی،مدل TIN می تواند به طور مستقیم از تمام داده های نقطه ی اولیه ساخته شود تا مطمئن باشیم که همه تحلیل ها بر اساس داده های اولیه است.برای راندمان بیشتر پیشنهاد می شود که در اطراف نقطه ی که می خواهیم بررسی انجام دهیم یک بافت توری دید پرسپکتیو بر روی TIN بسازیم.

زمانی است که شیب به طور ناگهانی تغییر می کند وقتی انحراف مقادیر داده ها از شیب معمول زیادتر گردد،داده های نقطه ی همراه با خطاهای گراس ایجاد ناهنجاری می کنند.به عبارت دیگر وقتی انحراف زیادی از سطح شیب مشاهده می شود،آن وقت است که خطاهای گراس مشاهده می شوند.

۴.دید پرسپکتیو سه بعدی برای بررسی بصری

روش چهارم ساخت یک سطح سه بعدی از داده های DTM برای بررسی بصری است.در این روش،آن نقاطی که نامعقول به نظر می رسند را می توان خطاهای گراس در نظر گرفت و از مجموع داده ها حذف کرد.

تجسم بصری سطوح سه بعدی با استفاده از داده های DTM یکی از مهمترین کاربرد های DTM است.برای ایجاد یک سطح سه بعدی جهت بررسی سه

بعدی،مدل TIN می تواند به طور مستقیم از تمام داده های نقطه ی اولیه ساخته شود تا مطمئن باشیم که همه تحلیل ها بر اساس داده های اولیه است.برای راندمان بیشتر پیشنهاد می شود که در اطراف نقطه ی که می خواهیم بررسی انجام دهیم یک بافت توری دید پرسپکتیو بر روی TIN بسازیم.