نحوه همگن سازی رادیومتریک در تهیه ارتوفتو موزاییک

مهندس مژده ابراهیمی کیا
کارشناس ارشد مهندسی نقشه‌برداری فتوگرامتری
دانشگاه تهران

مهندس حمید عنایتی
کارشناس ارشد مهندسی نقشه‌برداری فتوگرامتری
دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

ارتو فتو یا عکس نقشه از چندین تصویر که پوشش دهنده منطقه مورد نظر است تشکیل شده که به لحاظ دارا بودن خصوصیت رستری عکس و زمین مرجع بودن آن از قابلیتهای زیادی همچون نقشه‌های خطی در کسب اطلاعات مکانی و استخراج عوارض برخوردار می‌باشد.

دقت تهیه ارتوفتو از دو جهت هندسی و رادیومتری بررسی می‌شود. دقت هندسی به دقت تعیین مختصات موزاییک عکسی مربوط است که آن نیز به دقت تعیین مختصات هر یک از تصاویر تشکیل دهنده مربوط می‌شود. جنبه حائز اهمیت دیگر تهیه تصاویر با کیفیت از لحاظ رنگی و یا رادیومتریکی می‌باشد.

بنابراین در این مرحله سعی بر آن است که موزاییک تهیه شده از تصاویر گوناگون که ممکن است در زمانها و یا شرایط نوری و تصویر برداری مختلف تهیه شده باشند و در نتیجه دارای تفاوت‌هایی از لحاظ رنگی و وضوح بوده‌اند تا حد امکان همگن و یکسان شوند.

در این مقاله نقش هر یک از تصحیحات رادیومتریکی لازم جهت همگن-سازی رادیومتری مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارتوفتوموزاییک، همگن‌سازی رادیومتریک، دقت هندسی، دقت رادیومتریک.

۱- مقدمه

ارتوفتو موزاییک از مجموعه‌ای از تصاویر تشکیل یافته که جهت پوشش منطقه در کنار یکدیگر چیده می‌شوند. این محصول در صورت دارا بودن دقت کافی می‌تواند جهت تعیین موقعیت دقیق مورد استفاده قرار گیرد.

دقت محصول ارتو فتو موزاییک از دو جنبه هندسی و کیفی مورد نظر است. در بحث جنبه هندسی آن دقت مختصاتی هر یک از تصاویر و نحوه اتصال آنها به یکدیگر بررسی می‌شود که البته در نظر گرفتن این موارد برای دقت کیفی نیز مشترک است.

با این تفاوت که این بار در بحث دقت کیفی میزان کیفیت روشنایی و وضوح تصاویر به طور تکی و در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله بعد از شرح دقیق‌تر پارامترهای مؤثر در دقت تولید ارتوفتو به نحوه انجام تصحیحات مورد نیاز جهت بهبود و یکسان‌سازی محصول برای دو نوع ورودی تصاویر هوایی و ماهواره‌ای پرداخته می‌شود و نتایج تأثیر هر یک از تصحیحات بطور جداگانه ارزیابی می‌شود و مراحل تصحیح بهینه ارائه می‌گردد.

۲- بررسی ارتو فتو موزاییک

۲-۱- دقت هندسی

دقت هندسی تهیه ارتو فتو موزاییک به دقت تعیین مختصات آن مربوط می‌شود. در واقع هر یک از تصاویر ورودی جهت تهیه موزاییک می‌بایست از لحاظ مسطحاتی تصحیح و عوارض آن در موقعیت صحیح قرار گیرند. محاسبه مختصات هر یک از تصاویر را می‌توان با استفاده از تعدادی نقطه کنترل در هر عکس و البته مشترک در تصاویر همپوشان و استفاده از مدل‌های تبدیل سیستم مختصات انجام داد. اما انجام این روش زمان بر بوده و برای نواحی با پستی بلندی‌های زیاد و نواحی وسیعی که تعداد عکس‌های زیادی را شامل می‌شوند پیشنهاد نمی‌شود.

در عوض جهت تعیین مختصات از محاسبات مثلث بندی استفاده می‌شود تا در زمان کمتر و با استفاده از نقاط کنترل کمتر به نتایج مطلوبی رسید و کنترل بیشتری بر روی نواحی اتصال عکسی داشت. تأثیر مدل ارتفاعی رقومی زمین بر موزاییک تهیه شده در تصحیح جابجایی‌های ناشی از ارتفاع در نواحی با تغییرات ارتفاعی زیاد شهری و یا کوهستانی بسیار مهم و ضروری است بطوری که عدم تهیه بهینه آن در این نواحی سبب عدم تهیه مختصات صحیح و در نتیجه جابجایی عوارض یکسان در تصاویر همپوشان می‌شود و این خطا با فاصله گرفتن از مرکز تصویر بیشتر است [۵] (نگاره ۱).

نگاره ۱: تأثیر هندسی مدل ارتفاعی ناصحیح در تهیه اورتوفتو موزاییک

۲-۲- دقت رادیومتریکی

تصاویری که جهت تهیه موزاییک استفاده می‌گردند ممکن است از جهات رنگی با هم متفاوت باشند این تفاوتها ممکن است به سبب نویز دستگاه اسکن کننده، تغییر در شرایط نوری و شرایط اتمسفری و یا حتی منبع تصویربرداری متفاوت ایجاد شده باشند[۱] همچنین ممکن است به

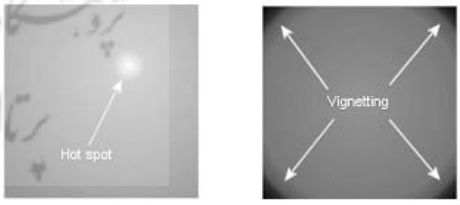
لحاظ زمانهای متفاوت تصویر برداری شرایط فیزیکی زمین تغییر کرده و یا قدرت وضوح عکس‌ها با یکدیگر متفاوت باشد. این پارامترها بطور مؤثر می‌توانند سبب ناهمگونی موزاییک مورد بحث گردند. تفاوت در ظاهر رنگی تصاویر را می‌توان در سه مورد تفکیک کرد که کاملاً از یکدیگر مستقل نیستند:

- **حذف و یا کاهش نویزهای تصویر و نواحی مصنوعی مشخص**

جهت جلوگیری از تأثیر موارد ناخواسته در پردازشهای بعدی تصویر و یا تصاویر به قسمتهای مختلف موزاییک می‌بایست این نواحی از بقیه نواحی تصاویر جدا گردند[۱] و نویزها نیز با استفاده از فیلترهای مناسب تصحیح گردند.

- **تغییر میزان روشنایی تصاویر**

این مفهوم به تغییرات نوری در یک عکس و یا مجموعه‌ای از تصاویر اشاره دارد. این تصحیح در یک عکس همانند آنچه در صنعت عکاسی شناخته شده است جهت تصحیح نواحی روشن و تاریکی است که بطور غیر معمول درآن ایجاد شده است (Spot lights , vignetting) [۱]. در چندین عکس زمانی این مفهوم واضح‌تر است که تصاویر در زمانهای مختلف با شرایط نوری متفاوت تهیه شده‌اند. در هر دو مورد این تصحیح با شبکه‌بندی تصویر و یا تصاویر و محاسبه پارامترهای آماری (همانند میانگین و واریانس مقادیر درجات خاکستری) بدست آمده از هر شبکه‌بندی ایجاد شده روی تصویر و یا تصاویر و به صورت محلی انجام می‌گیرد تا روشنایی تصاویر یکسان شده و همچنین از ایجاد تغییرات نوری ناگهانی در هر تصویر جلوگیری شود. البته از آنجا که تصحیح بنابر شبکه‌بندی تهیه شده تعریف می‌گردد چنانچه ابعاد هر شبکه در این شبکه‌بندی بیشتر از حد نیاز کوچک باشد اطلاعات تصویر نیز از بین خواهد رفت. برای افزایش سرعت محاسبات در این مرحله از هرم‌های تصویری استفاده می‌شود.[۱]



نگاره ۲:نمایش vignetting سمت راست و Spot lights سمت چپ[۱]

- **نحوه ترکیب‌بندی رنگی تصاویر**

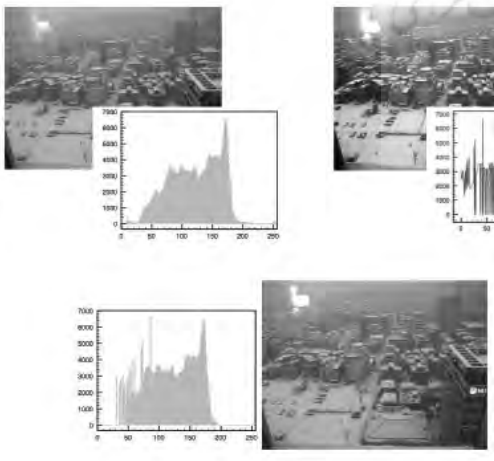
تصاویر مورد استفاده در تهیه موزاییک ممکن است از لحاظ ترکیب رنگی متفاوت باشند، به عنوان مثال یک تصویر قرمزتر سبزتر و یا آبی‌تر دیده شود. این تفاوتها، چنانچه تصاویر مربوط به دو نوع دوربین را با هم مقایسه کنیم واضح‌تر است[٤] . در واقع زمانی یک تصویر به یک رنگ مثل قرمز تمایل بیشتری دارد که میزان روشنایی تصویر در آن باند بیشتر است. البته ممکن است ترکیب‌بندی رنگی در قسمت‌های یک عکس نیز متفاوت باشد مثلاً مرکز عکس روشنتر و در گوشه‌ها ترکیب رنگی متفاوت و تیره‌تر باشد.

در اکثر نرم افزارهای پردازش تصویر می‌توان تصحیح ترکیب رنگها را جداگانه روی هر باند و یا روی مجموعه باندها و با انتخاب مدل مناسب انجام داد[۱]. بعنوان مثال برای حالتی که ذکر شد در صورتی که گوشه‌های تصویر تغییر روشنایی یکسانی داشته باشند از مدل مخروطی استفاده می‌شود. تصحیح ترکیب‌بندی رنگی مشابه تصحیح میزان روشنایی تصویر است با این تفاوت که مورد دوم با محاسبه پارامترهای آماری برای هر شبکه تعریف شده در تصویر و اعمال تصحیحات بصورت محلی استفاده می‌شود و مورد اول با توجه به نوع تغییرات از اعمال یک مدل به تصویر استفاده می‌کند.

نگاره ۳: نمایش تغییر در Color Balance [۴]

- **تفاوت در وضوح تصاویر**

وضوح تصویر با میزان تشخیص و جداسازی عوارض مختلف از هم بیان می‌شود که این مقدار را می‌توان از هیستوگرام تصویر نیز تشخیص داد. در واقع هرچقدر نمودار هیستوگرام در راستای افقی کشیده تر باشد وضوح و قدرت تفکیک بالاتر خواهد بود. جهت تصحیح و یکسان سازی وضوح و یا Contrast تصاویر از تصحیح هیستوگرام تصاویر و جهت متشابه نمودن آنها از تناظریابی هیستوگرام استفاده می‌گردد[۵]. در واقع یا پارامترهای هیستوگرام صحیح معرفی می‌شود و یا تصویری با Contrast بالا و تعادل رنگی مناسب جهت مرجع معرفی می‌گردد و در نتیجه هیستوگرام تصاویر بطور کلی تصحیح و متشابه می‌گردند.

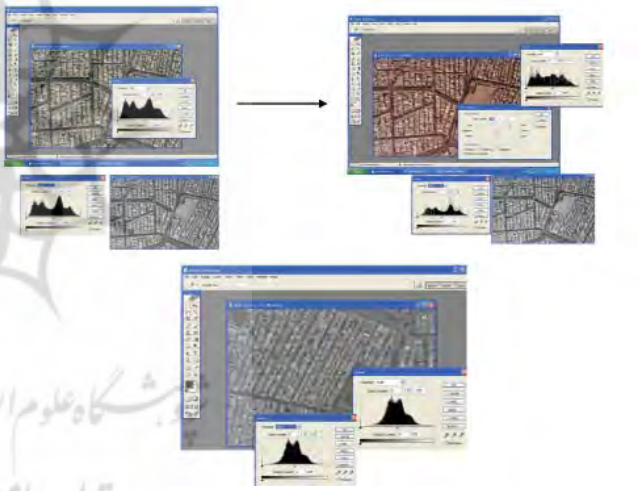


نگاره ۴:تصویر اولیه(سمت راست) تصویر مرجع (سمت چپ) و تصویر تناظر یابی شده (پایین)[۶].

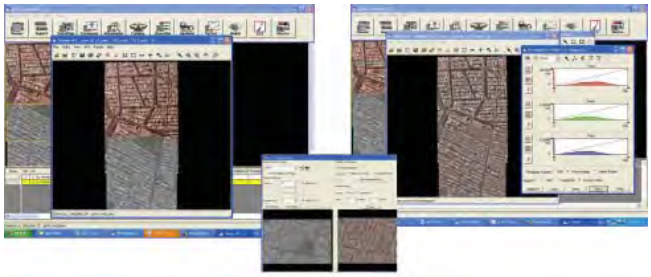
۳- مراحل تهیه ارتو موزاییک در نرم افزار ERDAS

۳-۱- تصاویر هوایی

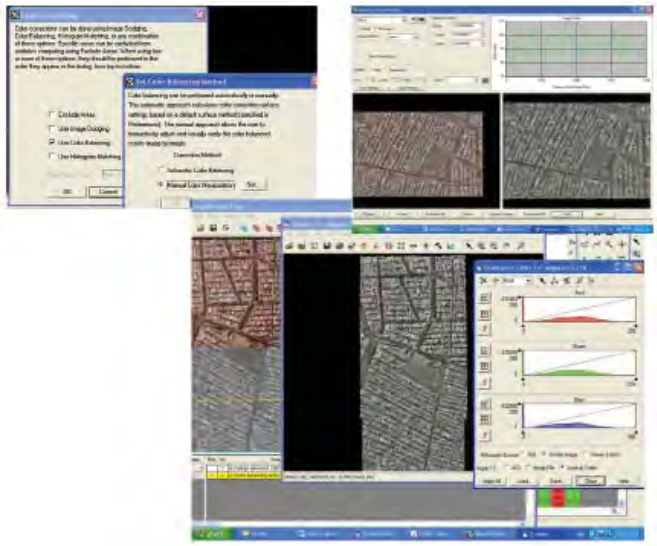
دو تصویری که جهت تهیه ارتو فتو موزاییک انتخاب گردیده است یکی با وضوح معمولی و دیگری متفاوت با آن بوده و مربوط به دو فصل متفاوت از دوسال عکسبرداری مختلف می‌باشند. برای درک بهتر تفاوت حاصل از اعمال تصحیحات رنگی ابتدا ترکیب رنگی یکی از تصاویر مورد استفاده در تهیه موزاییک در نرم افزار Photo Shop با تغییر باند قرمز آن تغییر پیدا کرد (نگاره ۵) سپس در نگاره (٦) تصحیح نوری بر هر دو تصویر اعمال گردیده است. در نگاره (۷) تعادل رنگی با انتخاب مدل مناسب (در اینجا مدل خطی با شیفت ۱۵-) تصحیح گردید و در نگاره (۸) تفاوت در انجام تناظر یابی هیستوگرام یکی با تصویر تارموجود با contrast پایین و دیگری تصویر واضح نمایش داده شده است. در نگاره (۹) علاوه بر تصحیحات قبلی از نرم کردن و ادغام اطلاعات به فاصله ۱۰ متر از مرز دو تصویر استفاده شده است که این مسئله در نگاره (۱۰) واضح‌تر در ناحیه مرزی دو تصویر نمایش داده شده است. از آنجا که برای درک توزیع رنگ و روشنایی تصویر از هیستوگرام آن استفاده می‌شود به همراه نتایج، هیستوگرام مربوطه جهت تصمیم گیری بهتر آورده شده است.



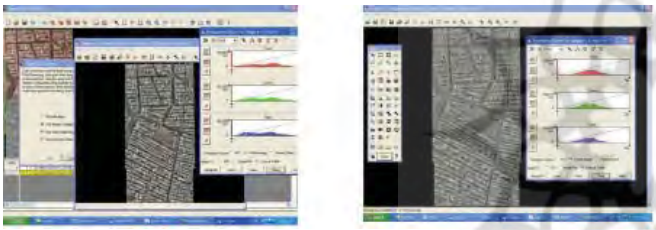
نگاره۵: تغییر تعادل رنگی یکی از تصاویر تشکیل دهنده موزاییک (بالا) تصویر دیگر مورد استفاده(پایین) هر کدام به همراه هیستوگرام کلی و باند قرمز و تصویر باند قرمز



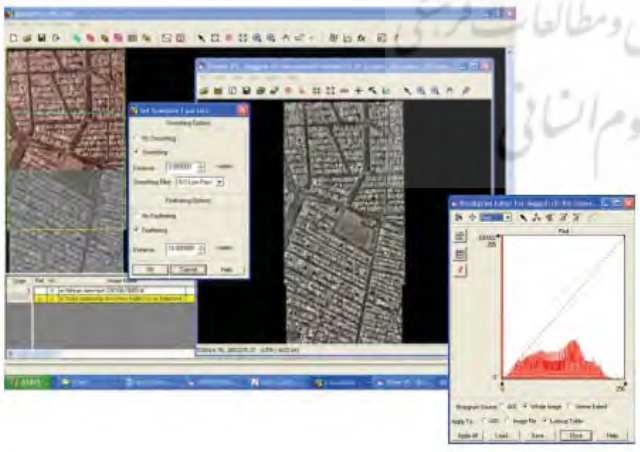
نگاره۶: موزاییک بدست آمده قبل از اعمال تصحیحات (سمت چپ) بعد از اعمال تصحیح نوری Dodging (سمت راست)



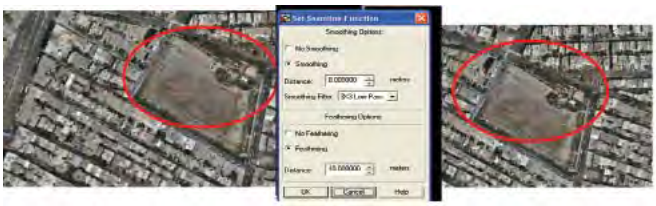
نگاره ۷: موزاییک بدست آمده بعد از تصحیح رنگی ColorBalancing



نگاره ۸: تصویر بدست آمده از تناظر یابی هیستوگرام با مرجع سازی تصویر تار پایین (سمت راست) و یا تصویر بالایی(سمت چپ)



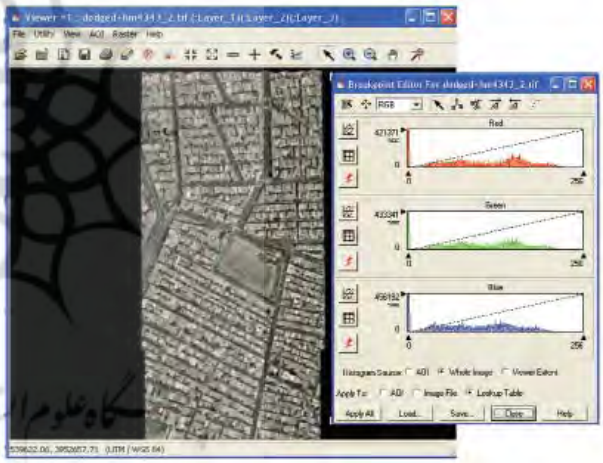
نگاره ۹: تصویر بدست آمده از تناظر یابی هیستوگرام با مرجع سازی تصویر بالایی و نرم کردن و ادغام تصاویر در محل اتصال به همراه هیستوگرام باند قرمز



نگاره ۱۰: تفاوت ایجاد شده ناشی از نرم کردن و ادغام تصاویر در محل اتصال دو تصویر

۳-۱-۱- استفاده از Dodging و Histogram matching

با مرجع قرار دادن عکس بالایی خام (قبل از تغییر ترکیب رنگ) برای تناظریابی هیستوگرام و انجام تصحیحات روشنایی به نتیجه زیر (نگاره ۱۱) خواهیم رسید که هم در آن میزان روشنایی تصحیح شده است و هم تعادل رنگی و وضوح بر اساس عکس مرجع تغییر کرده است. همچنین در این تصحیح دیگر از تصحیح ترکیب رنگی که نیاز به آزمون زیاد و فرایند دشواری می‌باشد استفاده نگردیده است.



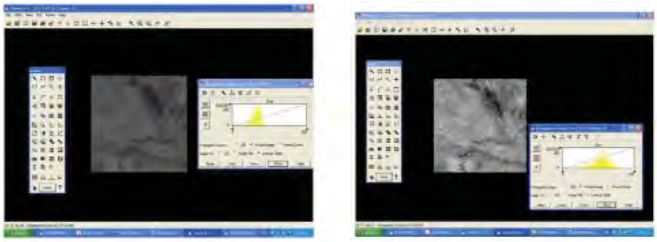
نگاره ۱۱: موزاییک تهیه شده بعد از اعمال تصحیحات Dodging و Histogram matching

۳-۲- تصاویر ماهواره‌ای

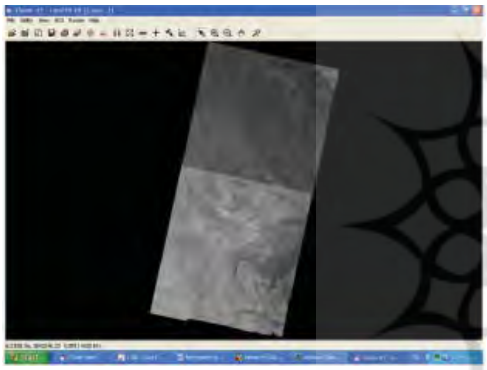
آزمایش دیگر بر روی تصویر ماهواره‌ای می‌باشد. بنابر توضیحات قبلی استفاده از یک مرجع مناسب از لحاظ رنگی می‌تواند جهت همگن‌سازی بقیه تصاویر و بهبود کیفی آنها مفید باشد. بنابراین بعد از اعمال فرایند Dodging دو تصویر یکی تصویر هوایی و دیگری تصویر ماهواره‌ای جهت رفرنس استفاده گردیده و نتایج هر یک جداگانه آورده شده است.

هر یک از تصاویر رفرنس میبایست خود از لحاظ رنگی و وضوح مطلوب باشند. بنابراین، این تصحیحات بطور دستی بر روی آنها انجام گرفته و بر روی فایل تصویر و نه جدول رنگی آن ذخیره گردیده است. برای تصحیح تصویر رفرنس می‌بایست به بررسی کیفیت تصویر در نواحی مختلف آن (تیره و روشن) پرداخت(نگاره ۱۲). بنابراین هم فرم هیستوگرامی آنها و هم کیفیت رنگی آنها در نواحی متفاوت ایده آل گردیده است.

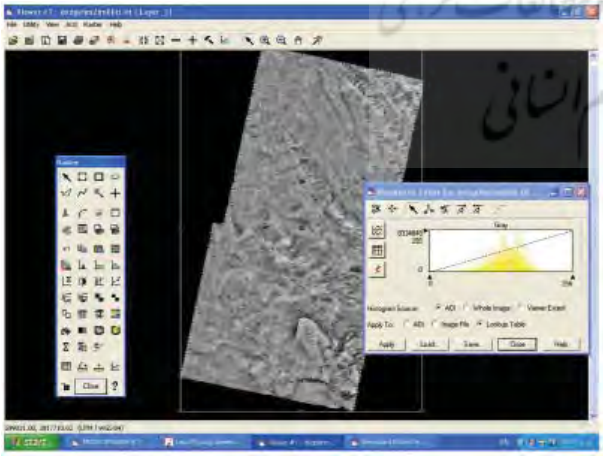
۳-۲-۱- استفاده از تصویر ماهواره‌ای جهت معرفی رفرنس



نگاره ۱۲: تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده بطور دستی جهت رفرنس‌گیری (سمت راست) تصویر ماهوارهای اولیه جهت رفرنس‌گیری (سمت چپ)



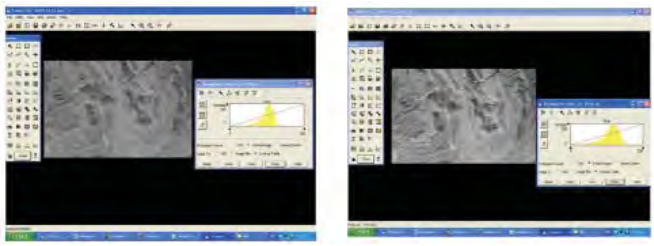
نگاره ۱۳: موزاییک تصاویر ماهواره‌ای بدون اعمال تصحیحات رنگی



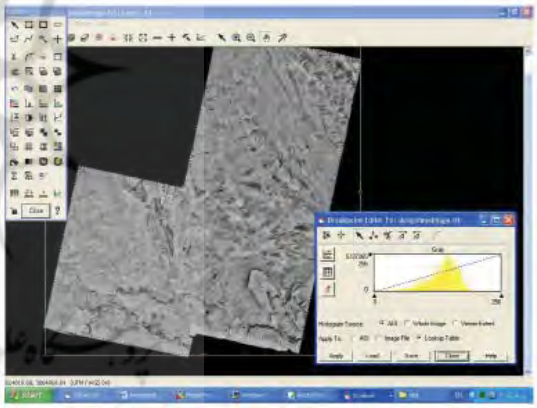
نگاره ۱۴: تصویر بعد از اعمال Dodging و Histogram matching با مرجع سازی تصویر ماهواره‌ای (نگاره ۱۵)

۳-۲-۲- استفاده از تصویر هوایی جهت معرفی رفرنس

معرفی تصویر مرجع با هر ابعادی متفاوت از تصویر مورد نظر می‌تواند صورت گیرد و در این بخش از تصویر باند اول یک عکس هوایی استفاده گردیده است. از آنجا که میزان درجات خاکستری و یا دامنه تغییرات آن برای هر نوع منطقه‌ای متفاوت است بعنوان مثال تغییرات درجات خاکستری منطقه بیابانی با منطقه جنگلی و یا شهری متفاوت است جهت معرفی رفرنس از تصویری متعلق به ناحیه ای مشابه ناحیه مورد نظر استفاده گردیده است.



نگاره ۱۵: تصویر باند اول تصویر مرجع بعد از اعمال تصحیحات (سمت راست) تصویر باند اول تصویر مرجع (سمت چپ)



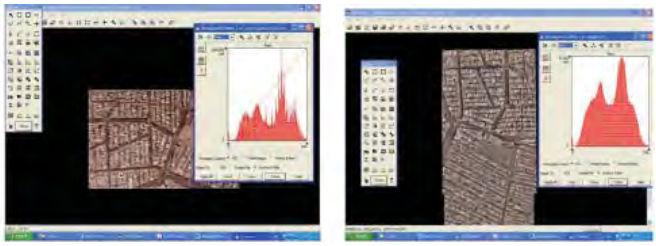
نگاره ۱۶: تصویر بعد از اعمال Dodging و Histogram matching با مرجع سازی تصویر هوایی (نگاره۱۵)

٤. بررسی تغییرات ایجاد شده بر روی هیستوگرام تصاویر بعد از اعمال هر یک از تصحیحات

در این قسمت تغییر ایجادی بر روی تصاویر بعد از اعمال هر یک از تصحیحات رنگی با در نظر گرفتن هیستوگرام آنها مورد ارزیابی قرار گرفته است.

٤-١. میزان تفاوت هیستوگرام بعد از اعمال Dodging

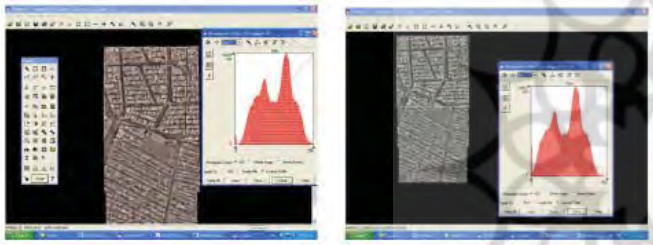
همانطور که پیش‌بینی می‌شد این تصحیح نوسانات موجود در هیستوگرام را بصورت Local کاهش و یا حذف کرده و بدین سبب فرم کلی هیستوگرام یکسان باقی مانده است (نگاره ۱۷)



نگاره ۱۷: میزان تفاوت هیستوگرام باند قرمز تصویر بالایی بعد از اعمال Dodging

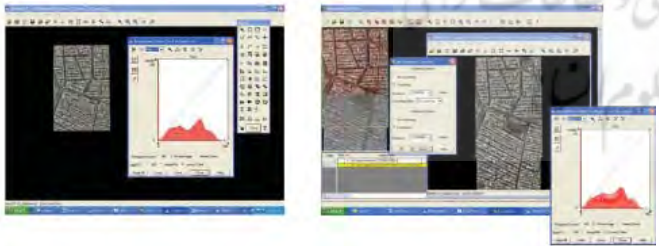
٤-٢- بررسی Color Balancing

نگاره ۱۸ تأثیر تصحیح ترکیب رنگی به همراه هیستوگرام باند قرمز آن را نمایش می‌دهد. همانطور که در تصویر تصحیح شده سمت راست دیده می‌شود شیفتی حدود ۱۵ واحد روی درجات خاکستری تصویر اعمال شده است که البته همین مقدار در مرحله تصحیح رنگی وارد شد.



نگاره ۱۸: مقایسه دو تصویر قبل و بعد از Color Balancing

شیفت آشکاری در درجات خاکستری نزدیک به ۱۵ را نمایش می‌دهد که همین مقدار نیز قبلاً برای تصحیح رنگی به عنوان Offset وارد شده بود.

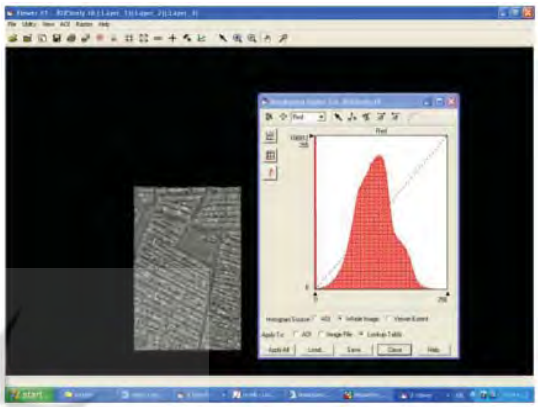


نگاره ۱۹: ارتو فتو نهایی و هیستوگرام باند قرمز (سمت راست) تصویر مرجع و هیستوگرام در باند قرمزآن بعد از اعمال Dodging و Color Balancing(سمت چپ)

٤-٣- بررسی میزان شباهت هیستوگرام ارتوفتو خروجی بعد از تناظریابی هیستوگرام با هر یک از تصاویر ورودی

در تناظر یابی هیستوگرام، هیستوگرام تصویر خروجی متشابه هیستوگرام تصویر مرجع خواهد شد که این مسئله در نگاره ۱۹ نشان داده شده است

همچنین هیستوگرام تصویر پایینی در نگاره ۲۰ نمایش داده شده است که کم بودن قدرت تفکیک آن از روی هیستوگرام مربوطه کاملاً مشخص است. این تصاویر شباهت Contrast تصویر خروجی را با تصویر مرجع نمایش می‌دهد. البته چون قبل از مرحله تناظر یابی هیستوگرام دو مرحله تصحیح Dodging و Color Balancing روی تصاویر انجام گرفته است هیستوگرام تصویر مرجع و همچنین هیستوگرام تصویر پایین با در نظر گرفتن این موارد نمایش داده شده‌اند.



نگاره ۲۰: تصویر تارپایین و هیستوگرام در باند قرمزآن بعد از اعمال Dodging و Color Balancing

۵. نتیجه‌گیری

تهیه ارتو فتو همان طور که گفته شد از دو جنبه هندسی و کیفی یا توصیفی مورد اهمیت است. در این تحقیق جنبه کیفی آن و موارد مختلف مؤثر بر آن مورد نظر قرار گرفت و تصحیحات مناسب هر یک ارزیابی شد.

هدف تهیه تصویر موزاییک با کیفیت می‌باشد بنابراین در این مرحله سعی بر آن است که موزاییک تهیه شده از تصاویر گوناگون که ممکن است در زمانها و یا شرایط نوری مختلف تهیه شده باشند تا حد امکان هموژن و یکسان شوند.

با نتایج مطرح در این گزارش مشاهده گردید که با انتخاب تصویر مرجع مناسب از لحاظ کیفی و روشنایی و همچنین تصحیحاتی از جمله نوری و رنگی و هیستوگرام می‌توان تصاویر موزاییک شده را تا حد امکان همگن نمود. البته در محل اتصال میان تصاویر نیز ممکن است تفاوتهایی به لحاظ تفاوت فصلی و تغییرات مکانی موجود باشد که با استفاده از ابزارهای ادغام در مکان اتصال دو تصویر می‌توان این اختلاف‌ها را به حداقل رسانید و یا از چشمگیر شدن آن جلوگیری کرد.

مراحل ذکر شده در انجام تصحیحات رادیومتریک بعلت تأثیرپذیری آنها می‌بایست به ترتیب ذکر شده انجام گیرد.

در کل اگر چه تنها تناظریابی هیستوگرام بتواند شکل هیستوگرام‌ها را به یکدیگر نزدیک کند اما این تصحیح یک تأثیر کلی بر کل هر تصویر بجا می‌گذارد و از تغییرات جزئی رادیومتریکی چشم‌پوشی می‌کند.

بنابراین برای سریع‌تر شدن مراحل اجرایی و دشوار بودن مرحله تصحیح تعادل رنگی می‌توان با انتخاب مرجع مناسب از جهت ترکیب رنگی این مرحله را حذف کرد.

انجام تصحیحات رنگی با نتایج ذکر شده برای هر دو تصویر هوایی و ماهواره‌ای بکار می‌رود و می‌توان با انتخاب یک تصویر مرجع ایده آل تمامی تصاویر موزاییک شده را بهینه و یکدست نمود.

۶. مراجع

1. ERDAS IMAGINE software Manual
2. Adobe Photoshop software Manual
3. Fundamental of remote sensing
4. Sachs , J., Color Balancing Techniques, Digital Light & Color,1996-1999
5. Degaard Nielsen,M., True orthophoto generation,IMM thesis,2004
6. Bourke,P." Histogram Matching."; http://paulborke.net/texture_colour/equalisation/