

بررسی و ارزیابی مدل ریاضی DLT و Rational Function

ترمیم یافته جهت تصحیح هندسی زوج تصاویر ماهواره‌ای

دکتر محمد جواد ولدان زوج

مهندس اصغر میلان لک

مهندس مهدی غلامعلی مجد آبادی

دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده

پویا بودن تصاویر ماهواره‌ای با آرایش خطی باعث شده است تا برای تصحیح هندسی این تصاویر با دقت بالا از الگوریتم‌هایی با پیچیدگی بالا که نیاز به اطلاعاتی از مدار ماهواره دارند، استفاده شود. از طرفی در تصاویر ماهواره‌ای جدید فروشنده‌گان این تصاویر علاقه‌ای به ارسال این اطلاعات ندارند. به همین خاطر برای تصحیح هندسی این تصاویر به مدل‌های ریاضی جدیدی نیاز داریم تا در عین حال که دقت مورد نیاز را بر آورده می‌کنند، بدون نیاز به اطلاعات مداری ماهواره تصحیح هندسی را انجام دهند. یکی از این مدل‌ها، مدل Rational Function می‌باشد که برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته است. دیگری مدل DLT ترمیم یافته می‌باشد. در این مقاله این مدل‌ها برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفته اند که برای این منظور برنامه‌هایی در محیط Visual C نوشته شده است.

برای تست این مدل‌ها نتایج اعمال این مدل‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای IRS, IKONOS, SPOT مورد بررسی قرار گرفت که نتایج این بررسی نشان داد این مدل‌ها قادر به تصحیح هندسی این تصاویر می‌باشند. اگر چه دقت آنها در مقایسه با مدل‌هایی که از پارامترهای مداری استفاده می‌کنند کمتر است ولی ارزش این مدل‌ها در عدم نیاز به پارامترهای مداری ماهواره و سرعت بالای آنها در پردازش و همچنین در سادگی این مدل‌ها می‌باشد.

۱- مقدمه

اهمیت تهیه نقشه‌های توپوگرافی در مقیاسهای ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ و... برای توسعه پایدار و مقاصد نظامی برای کشورها بر کسی پوشیده نیست. همچنین این نقشه‌ها به عنوان پایه‌ای برای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی بوده و به عنوان ابزاری مناسب برای برنامه ریزی‌های اجتماعی و اقتصادی و فرهنگی عمل می‌کنند. با توجه به این موارد نیاز به نقشه‌های دقیق متوسط مقیاس روز به روز در حال افزایش است. امروزه از نظر اطلاعات مکانی در اکثر نقاط جهان کمبود احساس می‌شود. بطوری که از خشکی‌های زمین تنها ۳۳/۵ درصد دارای نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، ۶۵/۵ درصد دارای نقشه‌های با مقیاس ۱:۱۰۵۰۰۰ و ۵۵/۷ درصد دارای نقشه‌های با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۹۵ درصد دارای نقشه‌های با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ می‌باشد. همچنین بازنگری این نقشه‌ها نیز خود مسئله مهمی است. به عنوان مثال زمان مورد نیاز برای به روز در آوردن نقشه‌های با مقیاس

۱:۲۵۰۰۰ یک دوره ۲۰ ساله است. اگر چه روش معمول تهیه اینگونه نقشه‌ها استفاده از عکسهای هوایی می‌باشد ولی مشکلات عکسبرداری هوایی و نیز سرعت انجام کار و هزینه تمام شده متخصصین را معطوف به روشهای دیگر نمود. امروزه به منظور برطرف کردن کمبود نیازهای اطلاعات مکانی و همچنین نیاز به بازنگری این اطلاعات استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بعنوان تکمیل کننده و جایگزین عکسهای هوایی کوچک مقیاس، به میزان قابل توجهی تولید نقشه‌های جدید و اصلاح نقشه‌های قدیمی را افزایش می‌دهد. دسترسی سریع به اطلاعات همراه با دقت هندسی مورد نیاز، کار فتوگرامتری برای نقشه‌های با مقیاسهای متفاوت نیاز دارد که به یک مدل ریاضی مناسب از لحاظ دقت و هم از لحاظ سرعت جهت تصحیح هندسی این تصاویر مجهز باشد. بدین منظور در مقاله حاضر سعی شده است به این نیاز ضروری پاسخی مطمئن داده شود.

۲- مدل‌های ریاضی موجود جهت تصحیح هندسی در حالت سه بعدی

از مدل‌های ریاضی ارائه شده برای تصاویر پوششی، که توسط سیستم‌های تصویربرداری با آرایش خطی اخذ می‌گردند به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: مدل پارامترهای مداری، مدل مراکز چندگانه، مدل پارامترهای اضافی و مدل ترانسفر ماسیون خطی مستقیم، مدل ترانسفر ماسیون خطی مستقیم ترمیم یافته مدل رشنال فانکشن. مدل‌های ترانسفر ماسیون خطی مستقیم ترمیم یافته و مدل رشنال فانکشن در این مقاله به طور مفصل بحث خواهد شد و در مورد مدل‌های دیگر علاقه‌مندان می‌توانند به مرجع شماره ۸، ۷، ۵، ۴ رجوع کنند.

۱-۲-۱- مدل ترانسفر ماسیون خطی مستقیم ترمیم یافته

مدل ترانسفر ماسیون خطی مستقیم (DLT) نخستین بار توسط (Karara, Abdel-Aziz) در سال ۱۹۷۱ برای دوربین‌های غیر متریک در فتوگرامتری برد کوتاه بکار رفت و توسط Nowk در سال ۱۹۹۶ برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای به کار رفت و توسط Fraser و همکارانش به صورت مدل DLT ترمیم یافته توسعه یافت. در این روش در واقع سعی بر این است عمل انتقال از سیستم مختصات تصویری اختیاری به سیستم مختصات زمینی مستقیماً انجام شود.

۳- مناطق مورد تست و تصاویر ماهواره‌ای مورد آزمایش

اولین منطقه آزمایشی در حوالی اصفهان بنام ورزنه انتخاب گردید که از لحاظ ارتفاعی بیشترین و کمترین ارتفاع از بیضی منطقه بترتیب ۲۴۶۹ متر و ۹۰۰ متر و میانگین ارتفاع ۱۵۰۰ متر می‌باشد. دومین منطقه مشهد، ناحیه فوق در بخش شمال شرقی ایران واقع شده است. که از لحاظ ارتفاعی بیشترین و کمترین ارتفاع از مبنای ارتفاعات بترتیب ۱۱۰۷ و ۹۱۹ متر و میانگین ارتفاع ۳۳۰ متر می‌باشد. سومین منطقه همدان واقع در غرب ایران است و از لحاظ ارتفاعی بیشترین و کمترین ارتفاع منطقه بترتیب ۱۷۰۰ و ۱۹۰۰ متر می‌باشد.

تصاویر موجود برای منطقه ورزنه شامل یک زوج تصویر پوششی عرضی SPOT در حالت پانکروماتیک به اندازه پیکسل ۱۰ متر و با کیفیت رادیومتریک مناسب و از نوع سطح ۱۸ می‌باشد. نسبت باز به ارتفاع برای این زوج تصاویر برابر ۹۸٪ می‌باشد و تاریخ تصویربرداری ماه آگوست سال ۱۹۹۳ و زاویه میل آن ۲۲/۷ درجه می‌باشد زاویه میل تصویر سمت راست ۲۹/۷ درجه و تاریخ تصویربرداری ماه آگوست سال ۱۹۹۳ می‌باشد. و برای منطقه دزفول شامل یک زوج تصویر پوششی عرضی (IRS-1C) در حالت پانکروماتیک به اندازه پیکسل ۵/۸۶ متر و با کیفیت رادیومتریک مناسب می‌باشد که در ۵ شهریور ۱۳۷۷ گرفته شده است. همچنین برای منطقه همدان شامل یک تصویر پانکروماتیک می‌باشد. این تصویر در (۲۵ ژانویه ۲۰۰۵) ۵ بهمن ۸۳ با زاویه دید ۲۰/۴ درجه اخذ شده است.

انتخاب نقاط کنترل زمینی

انتخاب نقاط کنترل زمینی برای منطقه ورزنه و مشهد با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری کشور از روی عکسهای هوایی سال ۱۳۷۰ صورت گرفته است. انتخاب نقاط کنترل بصورتی انجام گرفت که پراکندگی یکسان نقاط در سطح تصویر بخصوص در گوشه‌ها برقرار باشد در این زمینه از نقاط واقع در تقاطع جاده‌ها، خیابانها، ایستگاه راه آهن و آبریزها استفاده گردید. برای منطقه همدان نقاط کنترل زمینی از روی نقشه‌های ۱:۱۰۰۰ که توسط سازمان نقشه برداری کشور از روی عکسهای هوایی ۱/۴۰۰۰ تولید شده، استخراج گردیده است.

۴- تست تصحیح هندسی سه بعدی به کمک مدل ریاضی DLT

وارزیابی نتایج

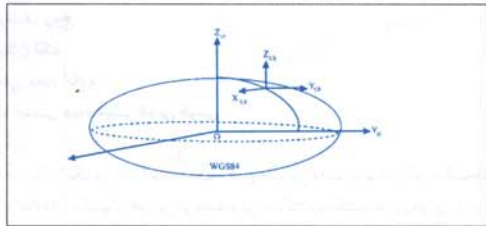
۴-۱- نتایج بدست آمده برای تصویر SPOT ورزنه اصفهان

برای منطقه ورزنه اصفهان ۳۱ نقطه زمینی در دسترس بود که در سه حالت ۱۲ نقطه چک، ۱۸ نقطه چک و ۲۴ نقطه چک ارزیابی انجام شد که نتایج حاصل درحالت‌های گفته شده در جدول (۱) آمده است.

۴-۲- نتایج بدست آمده برای تصویر IRS-1C مشهد

برای منطقه فوق ۶۴ نقطه زمینی در دسترس بود که در سه حالت ۱۷

مبدأ سیستم مختصات تصویری در گوشه بالای سمت چپ تصویر می‌باشد. محور X در جهت افزایش خطوط و محور Y در جهت افزایش پیکسلها می‌باشد. سیستم مختصات زمینی، برای سیستم مختصات زمینی مرجع CT و بیضوی WGS84 تعریف می‌گردد. درحالی‌که این سیستم به مرکز صفحه تصویر منتقل می‌شود. (نگاره (۱))



نگاره (۱): سیستم مختصات WGS84 و سیستم مختصات شیفت داده شده

مدل ریاضی (DLT) ترمیم یافته جهت ارتباط این دو سیستم بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$x = \frac{L_1 X_{GS} + L_2 Y_{GS} + L_3 Z_{GS} + L_4}{L_9 X_{GS} + L_{10} Y_{GS} + L_{11} Z_{GS} + 1} + L_{12} xy \quad \text{رابطه ۱-۱}$$

$$y = \frac{L_5 X_{GS} + L_6 Y_{GS} + L_7 Z_{GS} + L_8}{L_9 X_{GS} + L_{10} Y_{GS} + L_{11} Z_{GS} + 1}$$

که: (x,y) یک نقطه در فضای تصویر، (X,Y,Z) مختصات همان نقطه در فضای زمینی، (L_۱ تا L_{۱۲}) پارامترهای ترانسفر ماسیون می‌باشند. در نتیجه می‌توان معادلات ترفیع و تقاطع را نوشت.

۲-۲- مدل Rational Functions

مدل توابع رشنال (RFM) ارتباط بین فضای دوبعدی تصویر و فضای سه بعدی زمین را برقرار می‌کند و از هندسه تصویر مستقل عمل می‌کند. توابع رشنال در واقع از تقسیم دوسری چندجمله‌ای بدست می‌آیند که معادلات مربوطه را می‌توان بدین گونه نوشت.

$$x = \frac{P_1(X,Y,Z)}{P_3(X,Y,Z)} \quad y = \frac{P_2(X,Y,Z)}{P_4(X,Y,Z)}$$

البته P_۱(X,Y,Z) و P_۲(X,Y,Z) را می‌توان با هم مساوی گرفت که در این مقاله این دو با هم مساوی در نظر گرفته شده است. هر یک از چندجمله‌ای‌ها را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$P_1(X,Y,Z) = a_0 + a_1 X + a_2 Y + a_3 Z + a_4 XY + a_5 XZ + a_6 YZ + a_7 XYZ + \dots + a_{10} Z^3$$

$$P_2(X,Y,Z) = b_0 + b_1 X + b_2 Y + b_3 Z + b_4 XY + b_5 XZ + b_6 YZ + b_7 XYZ + \dots + b_{10} Z^3$$

$$P_3(X,Y,Z) = c_0 + c_1 X + c_2 Y + c_3 Z + c_4 XY + c_5 XZ + c_6 YZ + c_7 XYZ + \dots + c_{10} Z^3$$

$$P_4(X,Y,Z) = d_0 + d_1 X + d_2 Y + d_3 Z + d_4 XY + d_5 XZ + d_6 YZ + d_7 XYZ + \dots + d_{10} Z^3$$

در معادلات فوق X,Y مختصات تصویری نقاط، X,Y,Z مختصات زمینی نقاط و a_۰ تا a_{۱۰}، b_۰ تا b_{۱۰}، c_۰ تا c_{۱۰}، d_۰ تا d_{۱۰} ضرایب چند جمله‌ایها در معادلات توابع رشنال خواهد بود.

جدول (۱) میانگین باقی مانده روی X,Y نقاط کنترل وچک برای منطقه اصفهان در سیستم مختصات تصویری

تعداد کل نقاط	تعداد نقاط کنترل	تعداد نقاط چک	نقاط کنترل		نقاط چک	
			میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y	میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y
۳۱	۷	۲۴	۱.۷۱	۳.۰۸	۱۳۵.۹۶	۸۰.۰۹
۳۱	۱۳	۱۸	۷.۱۱	۲۷.۳۶	۲۴.۳۷	۶۱.۳۵
۳۱	۱۹	۱۲	۸.۷۱	۳۳.۲۶	۱۸.۶۷	۵۵.۰۵

جدول (۲) میانگین باقی مانده روی X,Y نقاط کنترل وچک برای منطقه مشهد در سیستم مختصات تصویری

تعداد کل نقاط	تعداد نقاط کنترل	تعداد نقاط چک	نقاط کنترل		نقاط چک	
			میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y	میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y
۶۴	۷	۵۷	۳.۰۰	۴.۷۶	۵۲.۹۰	۶۱.۹۳
۶۴	۲۷	۳۷	۵.۳۸	۹.۵۶	۱۳.۵۰	۱۷.۶۶
۶۴	۴۷	۱۷	۵.۹۶	۱۲.۱۵	۸.۵۹	۱۴.۸۴

جدول (۳) میانگین باقی مانده روی X,Y نقاط کنترل وچک برای منطقه همدان در سیستم مختصات تصویری

تعداد کل نقاط	تعداد نقاط کنترل	تعداد نقاط چک	نقاط کنترل		نقاط چک	
			میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y	میانگین باقی مانده X	میانگین باقی مانده Y
۷۲	۱۵	۵۷	۱.۸۳	۲.۴۳	۳.۲۰	۵.۰۲
۷۲	۳۵	۳۷	۱.۸۸	۲.۳۱	۴.۰۲	۵.۲۱
۷۲	۵۵	۱۷	۲.۱۲	۲.۹۱	۵.۰۲	۶.۰۲

۶- نتیجه گیری

- در صورت وجود نقاط کنترل زمینی کافی و دقیق و با توزیع مناسب، مدل‌های DLT,RFM به دقت خوبی در حد یک پیکسل و بهتر خواهند رسید که می‌تواند جایگزین مناسبی جهت استفاده کاربران در تهیه نقشه‌های عکسی و تبدیل سه بعدی باشند.

- روشهای گفته شده در بالا نسبت به تعداد و نحوه توزیع نقاط کنترل زمینی حساس می‌باشد و در صورت تعداد کم و توزیع نامناسب نباید انتظار دقت بالایی داشت. هر چند نتایج حاصل از بکارگیری این روش بر روی داده‌های متفاوت از نظر تعداد و توزیع بیانگر توانایی این روشها در مدیریت انواع داده‌ها در شرایط معمولی و بحرانی (حداقل هفت نقطه کنترل) می‌باشد.

- دقت تصاویر IRS با توجه به اینکه نقاط کنترل برای تصحیح این تصاویر از روی نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ بدست آمده است در مقایسه با تصاویر دیگر بسیار مطلوب می‌باشد.

- RFM خصوصیات درونبایی بهتری داشته و برآزش مناسبتری نیز دارد. همچنین نرم‌تر بوده و در برون‌یابی نیز به دقت بالاتری دست می‌یابد. DLT,RFM همچون سایر معادلات جستریک مستقل از سنسور بوده و در انتخاب سیستم مختصات انعطاف‌پذیر می‌باشند. بدلیل اینکه بین پارامترهای مدل فیزیکی سنسور و ضرایب این معادلات ارتباطی وجود ندارد، اطلاعات فیزیکی هم در این معادلات در نظر گرفته نمی‌شود. عدم نیاز مقادیر اولیه و سرعت بالای محاسبات از مزایای این مدلها می‌باشد.

نقطه چک، ۳۷ نقطه چک، و ۵۷ نقطه چک ارزیابی انجام شد. نتایج بدست آمده برای منطقه مشهد در حالت‌های گفته شده در جدول (۲) آمده است.

۳-۴- نتایج بدست آمده برای تصویر IKONOS همدان

برای منطقه فوق ۷۲ نقطه زمینی در دسترس بود که در سه حالت ۱۷ نقطه چک، ۳۷ نقطه چک، و ۵۷ نقطه چک ارزیابی انجام شد. نتایج بدست آمده برای منطقه همدان در حالت‌های گفته شده در جدول (۳) آمده است.

۵- تست تصحیح هندسی سه بعدی به کمک مدل ریاضی رشان فانکشن و ارزیابی نتایج

۱-۵- نتایج بدست آمده برای تصویر IRS-IC مشهد

همانگونه که در بالا اشاره شد برای منطقه فوق ۶۴ نقطه زمینی در دسترس بود که در سه حالت ۱۳ نقطه چک، ۲۳ نقطه چک، و ۳۳ نقطه چک ارزیابی انجام شد. نتایج بدست آمده برای منطقه مشهد در حالت‌های گفته شده در جدول (۴) آمده است.

۲-۵- نتایج بدست آمده برای تصویر IKONOS همدان

برای منطقه فوق در سه حالت ۱۷ نقطه چک، ۳۷ نقطه چک، و ۵۷ نقطه چک ارزیابی انجام شد. نتایج بدست آمده برای منطقه همدان در حالت‌های گفته شده در جدول (۵) آمده است.



جدول (۴) میانگین باقی مانده روی x,y نقاط کنترل وچک برای منطقه مشهد در سیستم مختصات تصویری

درجه	تعداد کل نقاط	تعداد نقاط کنترل	تعداد نقاط چک	نقاط کنترل		نقاط چک	
				میانگین باقی مانده x	میانگین باقی مانده y	میانگین باقی مانده x	میانگین باقی مانده y
اول	۶۴	۳۱	۳۳	۱۲.۵۸	۱۰.۵۷	۲۱.۳۹	۱۶.۴۴
	۶۴	۴۱	۲۳	۱۴.۳۹	۱۳.۱۶	۱۷.۲۴	۱۱.۳۰
	۶۴	۵۱	۱۳	۱۴.۶۰	۱۲.۶۶	۱۷.۸۰	۱۴.۳۲
دوم	۶۴	۳۱	۳۳	۳.۷۶	۳.۰۹	۱۳.۳۸	۹.۳۳
	۶۴	۴۱	۲۳	۵.۱۷	۵.۴۰	۷.۹۴	۶.۰۶
	۶۴	۵۱	۱۳	۵.۳۶	۴.۸۲	۹.۲۶	۵.۱۸
سوم	۶۴	۳۱	۳۳	۲.۷۵	۲.۱۴	۱۰.۵	۷.۴۸
	۶۴	۴۱	۲۳	۴.۲۰	۴.۴۵	۶.۹۴	۵.۰۵
	۶۴	۵۱	۱۳	۴.۱۰	۴.۲۰	۶.۰۵	۵.۱۰

جدول (۵) میانگین باقی مانده روی x,y نقاط کنترل وچک برای منطقه همدان در سیستم مختصات تصویری

درجه	تعداد کل نقاط	تعداد نقاط کنترل	تعداد نقاط چک	نقاط کنترل		نقاط چک	
				میانگین باقی مانده x	میانگین باقی مانده y	میانگین باقی مانده x	میانگین باقی مانده y
اول	۷۲	۱۵	۵۷	۲.۵۸	۲.۵۷	۴.۳۹	۳.۴۴
	۷۲	۳۵	۳۷	۴.۳۹	۳.۱۶	۵.۲۴	۴.۳۰
	۷۲	۵۵	۱۷	۴.۶۰	۲.۶۶	۵.۸۰	۴.۳۲
دوم	۷۲	۱۵	۵۷	۲.۷۶	۲.۰۹	۴.۳۸	۳.۳۳
	۷۲	۳۵	۳۷	۴.۱۷	۴.۴۰	۵.۹۴	۵.۰۶
	۷۲	۵۵	۱۷	۴.۳۶	۳.۸۲	۶.۰۲	۵.۱۸
سوم	۷۲	۱۵	۵۷	۲.۰۲	۲.۰۱	۵.۵	۵.۴۸
	۷۲	۳۵	۳۷	۱.۸۰	۱.۴۵	۳.۹۴	۳.۰۵
	۷۲	۵۱	۱۷	۱.۱۰	۱.۲۰	۲.۰۵	۳.۱۰

16(91):67-82.

6 - Petrie,G.,Al-Rousan,N.,Valadan Zoej,M.J.,1999. Cartography and Mapping From Remote Sensing Image Data IN The Middle East,Presented Paper In International Symposium On Remote Sensing and Integrated Technologies, Istanbul, Turkey.

7 - Valadan Zoej,1996,Two Dimensional Mathematical Models for the Geometric corrections of Linear Array Imageries ,NCC Scientific and Technical Quaterly Journal,Summer,PP.5-16.

8 - M.J.Valadan zoej,1995,"Developments of Linear Array Technology for Photogrammetric mapping" NCC Scientific and Technical Quaterly Journal ,Summer, PP.5-16.

9 - EL-Manadili Y.,K,Novak,1996,Precision of SPOT Imagery Using the Direct Linear Transformation Model,Photogrammetric Engineering&Remote Sensing, 62(1):67-72.

10 - Toutin,T.,Y.Carbonneau,1990.Multi-Stereoscopy for the Correction of SPOT-HRV Images.International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 28(B4):298-313.

11 - Light,D.L.,1986(a).Mass Storage Estimates for the Digital Mapping Era. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,52(3):419-524.

با پرتاب ماهواره‌های تصویربرداری با قدرت تفکیک بالاتر و ایجاد رقابت بطور پوسسته شاهد کاهش قیمت تصاویر و نیز ارائه تسهیلات بیشتر جهت دسترسی به تصاویر و اطلاعات مربوط به آنها می‌باشیم لذا باید این تغییرات را بطور مستمر مورد مطالعه قرار دهیم و آماده جوابگویی به تقاضاهای روزافزون برای این محصول استراتژیک باشیم.

مراجع و منابع

- ۱- ولدان زوج م.ج. ۱۳۷۶، استفاده از سیستمهای تصویربرداری ماهواره‌ای با آرایش خطی جهت تهیه نقشه‌های پوششی متوسط مقیاس، مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.
- ۲- میلان لک، ۱۳۷۸، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- 3 - Petrie,G.,Al-Rousan,N.,El-Niweiri,A.H.A.,Lj,Z.,and Valadan Zoej,M.J., 1997. Topographic mapping of arid and semi-arid areas in the Red Sea region from stereo space imagery Advances in Remote Sensing Yearbook-Volum5.
- 4 - Valadan Zoej,M.J.,1997.Mathematical Modelling and Geometric Accuracy Testing of MOMS-20 Imagery.4th Conference on Geographic Information systems.
- 5 - Valadan Zoej,M.J.,Petrie,G.,1998.Mathematical Modelling and Accuracy Testing of SPOT Kevel LB Stereo-Pairs.Photogrammetric Record, 1۲ / دوره چهاردهم، شماره پنجاه و پنجم