

چکیده

نقطه اتصال بین عکسهای هوایی و داده‌های سنجنده‌های رقومی ماهواره‌ای، عکسبرداری ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا توسط دوربین‌های KFA-1000 و KWR-1000 می‌باشد. در این مقاله مشخصات دوربین و عکس ماهواره‌ای KFA-1000، خطاهای سیستماتیک آن، نحوه حذف آنها، روشهای توجیه داخلی، تصحیح هندسی، ارزیابی دقت هندسی و کاربردهای آن بررسی می‌شود.

پیشگفتار:

گروهی از سیستمهای تصویرگر، دوربینهایی هستند که محصول آنها در فتوگرامتری، اصطلاحاً عکس (photo) گفته می‌شود. در حالی که تصاویر حاصل از سنجنده‌ها را تصویر (image) می‌نامند. امروزه، عکسهای فضایی عموماً دارای استحکام هندسی و قدرت تفکیک بیشتری نسبت به تصاویر فضایی هستند. با افزایش فاصله کانونی دوربینهای ماهواره‌ای متریک، تاحدی افزایش قدرت تفکیک عکسهای ماهواره‌ای را به دنبال داشته‌است. استفاده از عکسهای فضایی به منظور تهیه نقشه در غرب، از سال ۱۹۸۳ میلادی در اروپا با مأموریت آزمایشگاه فضایی Spacelab-1 که حامل دوربین متریک (MC) بود، آغاز گردید. یک سال بعد سازمان فضایی آمریکا دوربین با ابعاد بزرگ (LFC) را به فضا فرستاد، که مدت استفاده از این دو دوربین کوتاه بود و از سال ۱۹۷۴ میلادی پروژه‌های ماهواره کاسموس، آغاز گردید که از سال ۱۹۸۷ میلادی محصولات دوربینهای فضایی آن در دسترس قرار گرفت.

۱) سکو، دوربین و عکس KFA-1000

روسها از دهه هفتاد چنین سکوی فضایی و دوربین مشاهدات زمینی را طراحی و ساخته‌اند. این دوربینها در ابتدا توسط آژانس فضایی پروادا و توسط موشک RESOURCE-F به تدریج در مدار خود قرار گرفتند. دوربین متریک KFA-1000 به همراه دوربین 200 - Kate از اولین گامهای آژانس فضایی پروادا بوده است که از سال ۱۹۷۴ میلادی در پروژه‌های چند ماهه که هر سال تکرار می‌شد، آغاز گردید. دوربین KFA-1000 در ماهواره کاسموس یک (CDSMOS 1) توسط موشک RESOURCE-F در مدار دایره شکل با زاویه انحراف ۸۲° و ارتفاع مدار حدود ۲۷۰ کیلومتر قرار گرفت.

دوربین فضایی KFA-1000 یک دوربین متریک تک قاب مجهز به عدسی با فاصله کانونی ۱۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد. کل قاب در یک لحظه ایجاد شده و در این حالت احتیاج به معرفی پارامتر زمان در مدل ریاضی نیست.

دوره هفتم، شماره بیست و هفتم / ۴۱

عکسهای KFA-1000

مشخصات،

خطاهای

سیستماتیک،

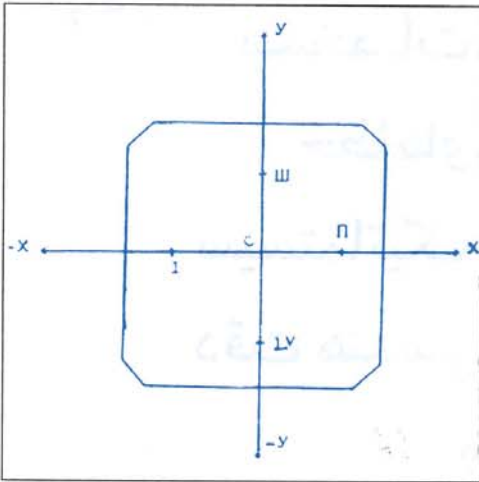
دقت هندسی

و

کاربردها

نگارش: مهندس سعید صادقیان
(دانشجوی دکترای فتوگرامتری دانشگاه تهران)

معمولاً سیستم دوربین KFA-1000 از دو دوربین کنار هم که نسبت به نقطه نادر زاویه تیلت (امگا) ۸ درجه دارند، تشکیل شده است. به صورتی که زاویه دوران بین دو دوربین ۱۶ می‌باشد (نگاره ۱) و این در حالی است که مجموعه دو دوربین زاویه ۸۲ میل نسبت به قطب دارد. البته دوربینهای KFA-1000 به صورت تک دوربین و همچنین سه پهلوپایک دوربین در امتداد قائم و دو دوربین به صورت مایل به کار برده شده‌اند. در این وضعیت امکان اخذ پوشش با عرض گذر ۲۲۰ کیلومتر می‌باشد.

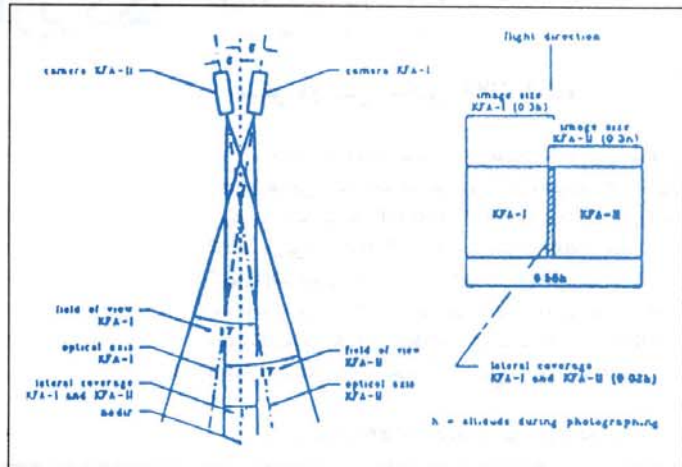


نگاره ۲ - فیدوشال مارک‌های عکس KFA-1000

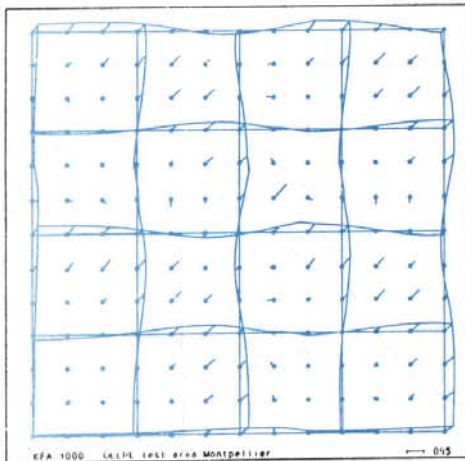
از سال ۱۹۹۴ سیستم دوربین KFA-1000 به همراه سیستم‌های جدید دیگر بر روی ایستگاه فضائی میر (MIR) نصب شده‌اند که از نظر جمع‌آوری داده‌های مشاهده‌ای بسیار ارزشمند است. تفاوت عمده تصاویر KFA-1000 ماهواره کاسموس و ایستگاه فضائی میر در اختلاف مقیاس ۱:۲۷۰۰۰۰۰ در مقابل ۱:۴۰۰۰۰۰۰ است که به خاطر ارتفاع زیاد ایستگاه میر می‌باشد. علاوه بر این زاویه میل ایستگاه فضائی (۵۱/۶) امکانات مفیدی برای مشاهدات زمینی، سایر سیستم‌ها ایجاد نموده است.

دوربین KFA-1000 در اصل به منظور مقاصد تفسیری طراحی گردید. اما علاقه وافر درامکان استفاده از این تصاویر در تهیه نقشه‌های توپوگرافی متوسط مقیاس به دلیل قدرت تفکیک خوب آن (در حدود ۵ متر) بوجود آمده

مدل تمام قاب به صورت سیستم تصویر مرکزی و حالات متداول معادلات فتوگرامتری است. به منظور افزایش قدرت تفکیک، فاصله کانونی نیز افزایش یافته است. زیرا قدرت تفکیک بالا نیاز به فاصله کانونی زیاد دارد که موجب می‌گردد زاویه دید کوچک شود و زاویه دید کوچک منجر به کم شدن نسبت بازیه ارتفاع پرواز و در نتیجه کمی دقت ارتفاعی می‌گردد. عکسهای فضائی KFA-1000 با پوشش طولی ۶۰٪ و فاصله کانونی حدود یک متر دارای $B: H = 0.12$ می‌باشد که علی‌رغم افزایش ابعاد قاب از ۲۳×۲۳ cm به اندازه ۳۰×۳۰ cm امکان دقت ارتفاعی این عکسها کم است. عکسبرداری فضائی با KFA-1000 ابتدا با استفاده از فیلم پانکروماتیک و مقیاس ۱:۲۴۰۰۰۰ و قدرت تفکیک زمینی (۵-۷) متر انجام شد. کیفیت بالای فیلمهای منفی، قابلیت بزرگنمایی، نامقیاس ۱:۲۴۰۰۰ را داراست با پیشرفت و بهبود کیفیت فیلمهای رنگی Spectrozonol دوربین KFA-1000 اکنون بیشتر برای عکسبرداری رنگی فضائی بکار می‌رود زیرا که آنها اطلاعات را بر روی دولایه امولسیون حساس شده و در محدوده طول موجهای ۴۸۰-۵۷۰/۸۱-۰/۶۸ میکرومتر ضبط می‌کنند. قدرت تفکیک زمینی KFA-1000 با فیلم Spectrozonol تقریباً ۱۰ متر است. تشخیص نقاط کنترل در عکسهای فضائی کاملاً بستگی به قدرت تفکیک فضائی عکسها دارد و با توجه به قدرت تفکیک خوب عکسهای KFA-1000 مشکل جدی در زمینه تشخیص نقاط کنترل زمینی وجود ندارد البته رنگی بودن فیلم KFA-1000 موجب تشخیص بهتر عوارض می‌شود (Baker, 1991). هر حلقه فیلم توانائی ثبت ۱۵۰۰ تصویر را داراست. بعد از پردازش و انجام عملیات چاپ بر روی فیلمها، شماره تصویر، شماره دوربین، فاصله کانونی، زمان و تاریخ حک می‌شوند. فیلم دوربین KFA-1000 پس از اتمام کار توسط فضاییابه زمین باز می‌گردد.



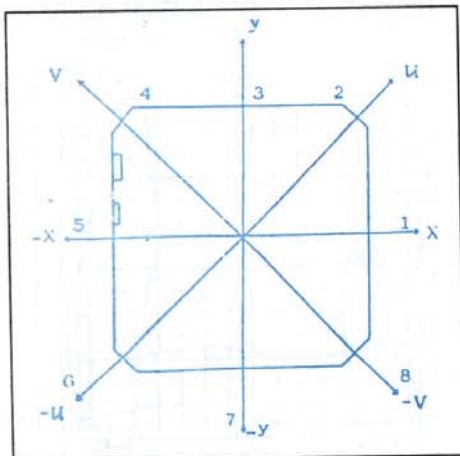
نگاره (۱)



نگارہ (۳)

۲-۲-۲-۱ عوجاج شعاعی عدسی:

اعوجاج شعاعی عدسی، فاصله شعاعی بین موقعیت حقیقی و واقعی نقطه تصویر ناشی از ماهیت عدسی می باشد که می توان با استفاده از یک چند جمله ای درجه سه یا پنج برای تقریب اعوجاج استفاده نمود که برای عکسهای KFA-1000 چند جمله ای درجه پنج $\Delta r = 0.2 + 0.2r^3$ جوابگو می باشد اعوجاج شعاعی عدسیهای این دوربین بالا و حتی در گوشه های عدسی به مقادیر ۹۹ میکرون نیز می رسد. مقادیر اعوجاج شعاعی عدسی در ۸ جهت مختلف (نگاره ۴) با دقت ۱۰ میکرون در گزارش کالیبراسیون دوربین داده شده اند. متغیرها در شعاع طولانها ۱۴۰ میلی متر و ۱۸۲ میلی متر و حتی در مواردی تا ۲۰۰ میلی متر از میانه مختصات داده شده اند.



نگاره (۴) در ۸ جهت مقادیر اغوجاج شعاعی عدسی داده می شود.

دوره هفتم، شماره بیست و هفتم / ۴۳

است. عوارض خطی نظیر راه‌های باریکتر از ۳ متر در صورت وجود کمتر است کافی بر روی این تصاویر قابل رویت می‌باشند

.(Dlli sirKia Anita Laiho 1989)

عکسها دارای پوشش طولی ۶۰٪ می‌باشد و با توجه به فاصلهٔ کانونی حدود یک متر و ارتفاع پرواز تقریباً ۲۷۰ km مقیاس هر عکس در حدود ۱:۲۷۰,۰۰۰ می‌باشد و با توجه به ابعاد ۳۰×۳۰ cm هر عکس، منطقه مورد پوشش آن تقریباً ۸۰×۸۰ km^۲ معادل ۶۴۰۰ km^۲ می‌باشد و با توجه به اینکه کل منطقه در یک لحظه بر روی فیلم ثبت شده است از این جهت برای تعبیر و تفسیر بسیار حائز اهمیت است. جهت پرواز این عکسهای فضائی در جهت شمالی - جنوبی است در حالی که جهت پرواز هواپیما برای عکسهای هوائی معمولاً در جهت شرقی غربی می‌باشد.

عکسهای KFA-1000 دارای ۵ فیدوشال مارک ۴۰ عدد در مراکز هر طرف و یک عدد در مرکز عکس می‌باشد (نگاره ۲). از این‌رو ترانسفورماسیون‌های *Conformal*، *Affine* و *Projective* به فیدوشال مارکها قابل انجام است. البته برخلاف عکسهای هوایی فیدوشال مارکها بر روی عکس واقع شده‌اند و نه در حاشیه. از این‌رو در مناطقی که زمینه عکس تیره باشد نقاط فیدوشال مارک قابل تشخیص نمی‌باشند و باعث مشکل در مرحله توجیه داخلی می‌گردد.

در جدول شماره ۱ - مقایسه قیمت تصاویر و عکسهای فضائی درج شده است (Konecny و ۱۹۹۲).

سنجنده	قیمت برای هر تصویر	مساحت مورد نیاز پیش	قدرت تفکیک	قیمت دیفر km ²
LandasTM	5180 \$	185x170 km	30m	0.158
SpotP	5133\$	60x60km	10m	0.878
SpotS	2487\$	60x60km	20m	0.698
KFA-1000	1150\$	80x80km	5m	0.185

۲) حذف خطاهای سیستماتیک عکسهای

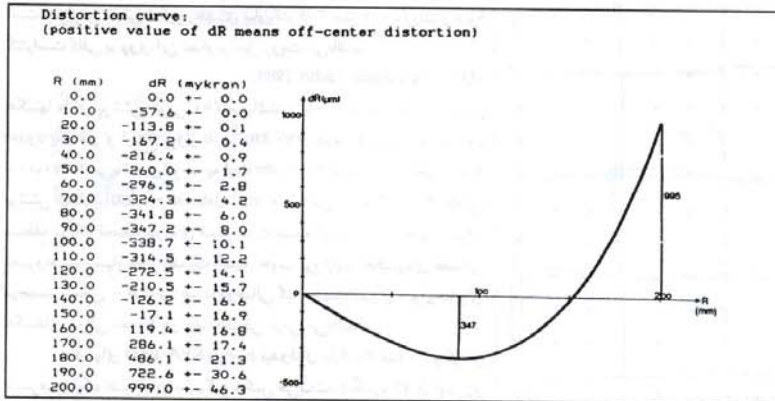
KFA-1000

درنگاره ۳ - خطاهای سیستماتیک، عکس KFA-1000 منطقه تستی MontPellier مشخص شده است در ادامه به شرح و نحوه حذف برخی از خطاهای سیستماتیک آن می پردازیم.

٢-١- تغيير بعد فيلم:

پایه فیلم به دلایل مختلفی نظیر تغییر درجه حرارت، رطوبت، طول زمان، هنگام ظهور و ثبت و نگهداری و غیره ممکن است تغییر یابد، این تغییر ممکن است یکنواخت و یا غیر یکنواخت باشد. با استفاده از روابط ترانسفورماسیون دویژدی Affine و Projective تغییر یابد یکنواخت و غیر یکنواخت خطی قابل رفع است.

نگاره (۵)
مقادیر میانگین
اعوجاج عدسی
KFA-1000
و منحنی آن



اعوجاج شدیداً بصورت نامتقارن است. در یک فاصله پیکان در طول شعاعها، تفاوت متغیرهای اعوجاج به بیش از ۵۰ میکرون می رسد. در نتیجه انجام درون یابی و (برون یابی) غیردقیق خواهد بود. در نگاره ۵، مقادیر میانگین اعوجاج عدسی به همراه منحنی آن مشاهده می شود.

در نگاره (۶)، خطای اعوجاج عدسی در عکس KFA-1000 و بعد از حذف خطای اعوجاج عدسی نشان داده شده است.

۲-۳- تصحیحات مربوط به انکسارجوی:

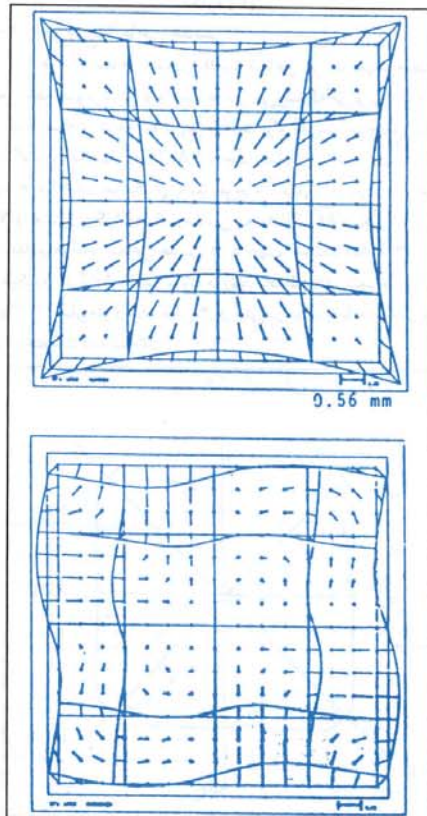
طبق قانون شکست، هرگاه نور را از یک محیط به محیط دیگر باغلظت متفاوت منتشر گردد دچار شکست می شود و موجب انتشار امواج بر روی مسیری منحنی، خواهد شد. اما با توجه به اینکه در عکسها و تصاویر ماهواره ای بیشترین مسیر نور در خلاء می باشد. و تصحیح انکسار کمتر از ۲ میکرون است، از این رو قابل صرف نظر می باشد (Jacobsen و ۱۹۹۲).

۲-۴- کروییت زمین:

اگر سیستم مختصات شیء یک سیستم سه بعدی اورتوگونال باشد، تصحیح کروییت زمین الزامی نمی باشد. البته معمولاً سیستم مختصات زمینی غیر اورتوگونال می باشد. اما اگر سیستم کارترین برای مختصات زمینی در نظر گرفته شود در آن موقع ضروری است تا اعوجاج تصویر به علت انحنا سطح زمین در نظر گرفته شود که عبارت است از

$$dr = \frac{H^2 \cdot r^2}{r^2 R^2}$$

که در آن H' ارتفاع پرواز از سطح زمین، r فاصله شعاعی از نقطه مرکز عکس تا نقطه تصویر، R شعاع زمین معادل ۶۳۷۳۰۰ متر و F فاصله کانونی دوربین عکسبرداری است که در بیشترین حالت آن $r = \sqrt{15^2 + 15^2} = 21.21 \text{ cm}$ برابر است با $dr = 0.1 \text{ mm}$ (خطای کروییت زمین بر روی عکس).



نگاره (۶) خطای اعوجاج عدسی و بدون اعوجاج عدسی

۴) روشهای تصحیح هندسی واریابی دقت هندسی عکسهای KFA-1000

۴-۱) ترانسفورماسیون پروژکتیو دو بعدی:

این ترانسفورماسیون دو بعدی، هشت پارامتری، یک سیستم مختصات دو بعدی را به سیستم مختصات دیگر تصویر می نماید و نقطه ای را به عنوان مرکز تصویر در نظر می گیرد. مدل ریاضی آن عبارت است از:

$$X = \frac{a_1x + b_1y + c_1}{a_4x + b_4y + 1}$$

$$Y = \frac{a_2x + b_2y + c_2}{a_4x + b_4y + 1}$$

و بابه صورت ماتریسی خواهیم داشت:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & 0 & -xX & y & 0 & -yX & 1 & 0 \\ 0 & x & -xY & 0 & y & -yY & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$$

به کمک ترانسفورماسیون فوق می توان افزایش دو بعدی عکس به فضای سه بعدی زمین (زمین با ارتفاع یکسان) و بالعکس انتقال یافت. این ترانسفورماسیون با ویژگی مهم فوق کاربرد فراوانی در زمینه فتوگرامتری تحلیلی از جمله ترمیم (Rectification) دارد.

۴-۲) ترانسفورماسیون پروژکتیو سه بعدی (DLT):

ترانسفورماسیون پروژکتیو سه بعدی که به روش $DLT < Direct Linear Transformation >$ موسوم است. در اصل توسط Karara و Abdel Aziz در سال ۱۹۷۹ میلادی بیشتر به منظور استفاده عکسهای غیر متریک در کار بردهای برد کو تاه (Close-range) فتوگرامتری، بکار گرفته شد. مدل ریاضی آن عبارت است از:

$$X = \frac{L_1x + L_2y + L_3z + L_4}{L_4x + L_1y + L_1z + 1}$$

$$Y = \frac{L_5x + L_6y + L_7z + L_8}{L_4x + L_1y + L_1z + 1}$$

L_1 و L_2 و L_3 و L_4 و L_5 و L_6 و L_7 و L_8 یازده پارامتر خطی توجیه است که ارتباط بین تصویر دو بعدی و زمین سه بعدی را فراهم می نماید. این پارامترها توسط برنامه بانند اجسمت مناسب نقاط کنترل زمینی به تعداد کافی می توانند محاسبه شوند. این معادلات را می توان همانند شروط هم خطی بکاربرد و ارتفاع زمینی نقاط عکسی را نیز محاسبه نمود. مدل ریاضی فوق جهت تصحیح هندسی و تعیین مختصات زمینی عکسهای KFA-1000 مناسب

۳- روشهای توجیه داخلی عکسهای KFA-1000

۳-۱) ترانسفورماسیون Conformal:

ترانسفورماسیون دو بعدی چهار پارامتری است که ترانسفورماسیون از یک فضای دو بعدی به فضای دو بعدی دیگر را ممکن می سازد. که مدل ریاضی آن عبارت است از:

$$X = ax + by + c$$

$$Y = ay - bx + d$$

و با فرم ماتریسی آن عبارت است از:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

با توجه به خطای تغییر بعد عکسهای KFA-1000 این روش جهت توجیه داخلی مناسب نمی باشد.

۳-۲) ترانسفورماسیون Affine:

این ترانسفورماسیون دو بعدی شش پارامتری، شامل ضریب مقیاس در امتداد دو محور X, Y نیز می باشد. مدل ریاضی فوق علاوه بر توجیه داخلی، تصحیح تغییر بعد فیلم و تصحیح عدم قائم بودن محورهای کمپاراتور را نیز انجام می دهد و مدل ریاضی آن به صورت $X = ax + by + e$ و $Y = cx + dy + f$

و با فرم ماتریسی آن عبارت است از:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & y & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & x & y & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{pmatrix}$$

در عمل با توجیه داخلی ۸ عکس KFA-1000 به روش Affine به دقت بهتر از ۱۰ میکرون برای هر عکس رسیدیم.

۳-۳) ترانسفورماسیون پروژکتیو (projective) دو بعدی:

معادلات ریاضی آن در بخش (۴-۱) شرح داده می شود. در صورت وجود قرائت تمامی فیدوشال مارکهای عکس KFA-1000 (پنج عدد) امکان انجام ترانسفورماسیون Projective می باشد که در عمل بهترین روش توجیه داخلی می باشد.

$$X + \Delta X_p = -f \left[\frac{m_{11}(X_A - X_C) + m_{12}(Y_A - Y_C) + m_{13}(Z_A - Z_C)}{m_{21}(X_A - X_C) + m_{22}(Y_A - Y_C) + m_{23}(Z_A - Z_C)} \right]$$

$$Y + \Delta Y_p = -f \left[\frac{m_{21}(X_A - X_C) + m_{22}(Y_A - Y_C) + m_{23}(Z_A - Z_C)}{m_{31}(X_A - X_C) + m_{32}(Y_A - Y_C) + m_{33}(Z_A - Z_C)} \right]$$

۴-۴) آزمایشهای انجام شده بر روی عکسهای KFA-1000 و دقتهای بدست آمده:

در جدول ۲ تعدادی از پروژههای مربوطه به تست دقت هندسی عکسهای KFA-1000 رامشاهده می نمایند.

تعداد عکسهای KFA-1000	دقت ارتفاعی Z(m)	دقت مسطحانی X(m) Y(m)	
۱	-	۹	Irrmaalen & Johansen
۲	۴۶/۳	۱۸/۶ ۲۰/۴	Jacobsen
۳	۳۶/۳	۸/۱ ۵/۴	Jacobsen & Moller
۴	۲۹/۹	۱۰/۷ ۱۰/۵	Konecny et al
۵	۵۰	۹/۵ ۵/۶	Sirkia & Laiho
۸	-	۵/۴ ۸/۱	صادقیان

جدول (۲) نتایج تست های دقت هندسی عکسهای KFA-1000

پروژه عملی انجام شده توسط نگارنده با استفاده از ترانسفورماسیون پروژکتیو دوبعدی است که پس از در دسترس قرار گرفتن یک بلوک شامل ۸ عدد عکس KFA-1000 در دو نوار با پوشش طولی ۶۰٪ و پوشش عرضی ۱۵٪ شناسایی و اندازه گیری نقاط کنترل زمینی از روی یازده مدل حاصل از دیپایزوتیوهای به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ با دستگاه تبدیل تحلیلی DSR14 انجام و مشکل ابعاد بزرگ عکسهای KFA-1000 (۳۰×۳۰cm) برطرف گردید. مراحل تهیه، ترانسفر و قرائت مثلث بندی نقاط بادستگاه PUG 5 متصل شده به کامپیوتر انجام گردید. باتوجه به مسطح بودن منطقه مطالعاتی (خوزستان) و خطای ارتفاعی عکسهای KFA-1000 (به دلیل نسبت کوچک بازه ارتفاع پرواز)، ترانسفورماسیون پروژکتیو استفاده گردید که دقت مطلق (برای نقاط چک) بدست آمده عبارت است از $S_y = 5/46$ و $S_x = 8/12$ که در حد دقت ادعا شده توسط شرکت تهیه کننده عکسهای فضائی KFA-1000 می باشد.

درنگاره (۷) وضعیت عکسها و نقاط کنترل زمینی و بایقمانده های منطقه تستی Montpellier که توسط Jacobsen تست شده است، مشخص گردیده است.

درنگاره (۸) بررسی مقایسه ای دقت هندسی عکسهای فضائی مختلف و تصویر فضائی Spot نمایش داده شده است.

می باشد. حتی در سال ۱۹۹۶ میلادی دکتر Novak و El-Manadili مدل ریاضی به منظور تصحیح هندسی تصاویر پوششی اسپات براساس مدل ترانسفورماسیون پروژکتیو سه بعدی (DLT) ارائه نمودند.

۴-۳) شرط هم خطی و باندل اجستمنت با پارامترهای اضافی:

شروط هم خطی بیان می کند که برای هر عکس، نقطه تصویر، مرکز تصویر و شیء باید بر یک خط مستقیم قرار گیرند. مدل ریاضی آن عبارت است از:

$$X_a = -f \left[\frac{m_{11}(X_A - X_C) + m_{12}(Y_A - Y_C) + m_{13}(Z_A - Z_C)}{m_{21}(X_A - X_C) + m_{22}(Y_A - Y_C) + m_{23}(Z_A - Z_C)} \right]$$

$$Y_a = -f \left[\frac{m_{21}(X_A - X_C) + m_{22}(Y_A - Y_C) + m_{23}(Z_A - Z_C)}{m_{31}(X_A - X_C) + m_{32}(Y_A - Y_C) + m_{33}(Z_A - Z_C)} \right]$$

معادلات فوق دارای ۱۲ عنصر مستقل می باشد که عبارتند از: مختصات تصویری: $(f, X_A, Y_A, X_C, Y_C, Z_C)$ مختصات زمینی نقاط: (X_A, Y_A, Z_A) ، عناصر دوران: $(\varphi, \omega, \kappa)$ که به صورت ضمیمه در عناصر ۱۱ الی ۲۳ وجود دارند.

یک مشکل هنگام بکارگیری شروط هم خطی، بمنظور حل معادلات به روش کمترین مربعات، غیر خطی بودن آن است. از این رو باید معادلات را خطی نمود. شکل ساده و خطی شده معادلات با استفاده از قضیه تیلور به صورت زیر می باشد:

$$dx = c_{11}.d\omega + c_{12}.d\varphi + c_{13}.d\kappa + c_{14}.dx_C + c_{15}.dy_C + c_{16}.dz_C + c_{17}.dx_A + c_{18}.dy_A + c_{19}.dz_A + c_{21}.d\omega + c_{22}.d\varphi + c_{23}.d\kappa + c_{24}.dx_C + c_{25}.dy_C + c_{26}.dz_C + c_{27}.dx_A + c_{28}.dy_A + c_{29}.dz_A + d$$

شروط هم خطی اساس محاسبات سرشکنی دسته اشعه ای (Bundle Adjustment) می باشد. باندل اجستمنت دربرابر خطاهای سیستماتیک بسیار حساس تر از بلوک اجستمنت به روش مدل های مستقل می باشد چون در هنگام ساختن مدل به صورت محاسباتی و یا عملی در دستگاههای فتوگرامتری، بسیاری از خطاهای سیستماتیک حذف می گردند درحالی که در مختصات عکسی این خطاهای باقی می مانند. این مساله یکی از دلایلی بوده است که قبلاً مشاهده می گردید، دقت حاصل از سرشکنی دسته اشعه ای با دقت بررسی شده از نظر تئوری بسیار تفاوت دارد. امروزه پایه کارگیری پارامترهای اضافی و حذف اتوماتیک خطاهای سیستماتیک، دقت سرشکنی دسته اشعه ای به حد مطلوبی رسیده و یاد دقت مورد انتظار آن مطابقت می نماید. روش باندل اجستمنت با پارامترهای اضافی موسوم به روش "Self calibration" می باشد که مدل ریاضی آن عبارت است از:



نگاره (۷)

KFA 1000

OEEPE
test area
Montpellier

bundle block
adjustment
program BLUH

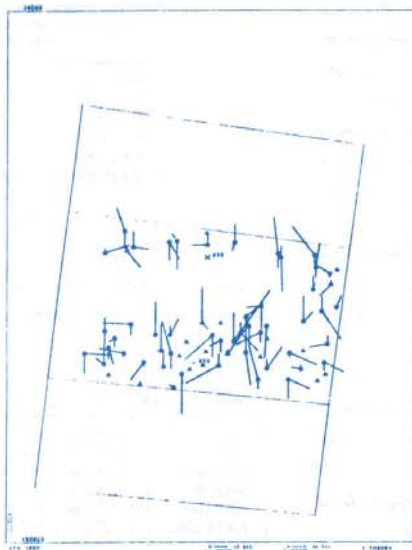
53 points

SX=+/- 18.6m

SY=+/- 20.4m

SZ=+/- 46.3m

sigma0=+/- 20.8



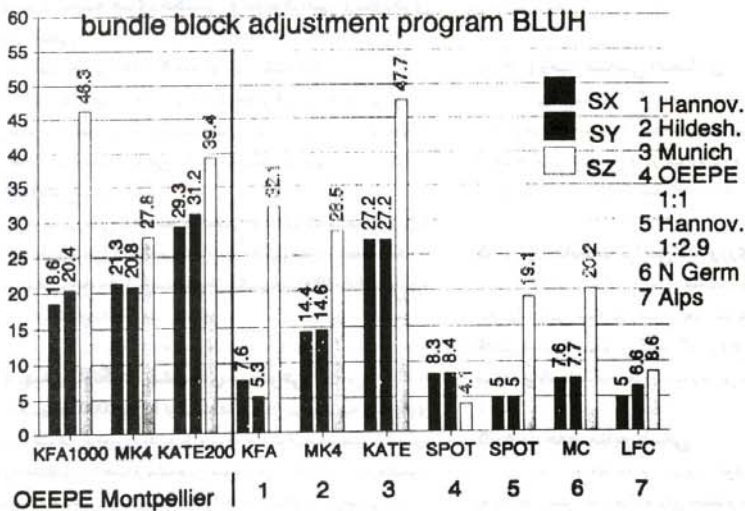
flying height =
273 km

image scale =
1 : 275 000

f = 1013 mm

accuracy of point determination

bundle block adjustment program BLUH



نگاره (۸)

می توان نگاره (۸) رابه صورت جدول ۳ خلاصه نمود.

Sensor	ground resolution in pixel equivalents
MC	8-16 m
LFC	5-12 m
Spot P	10 m
Spot XS	20 m
KFA 1000	3-5 m
KATE 200	12-20 m

جدول (۳)

۳-۵- تحلیل‌های جغرافیائی

یک عکس ماهواره ای به لحاظ منعکس نمودن ساختهای جغرافیائی نقش بسیار بارزی در ارائه یک تحلیل موفقیت آمیز از فضای جغرافیائی ایفا می‌کند.

تحلیل همین ساختها و نظامها است که به آمایش فضا انتظام می‌بخشد و راهگشای طرحهای جامع شهرستان می‌باشد به عنوان مثال امکان بررسی وضعیت شبکه آبهای روان، ساخت زمین شناسی، ساخت زراعی، گسترش یک پدیده مضر و تاثیرات نامناسب آن وجود دارد.

۴-۵- مطالعات ژئومورفولوژی (شناخت پیکرزمین)

ازآنجا که پدیده‌های ژئومورفیک و ژئولوژیک ناحیه وسیعی را شامل می‌شوند و عکسهای ماهواره‌ای نیز با داشتن پوشش وسیع از ویژگی خاص در این زمینه برخوردارند. دید وسیع و یک پارچه آن امکان تشخیص پدیده‌ها و تاثیر متقابل پدیده‌های مختلف را میسر می‌سازد، و می‌توان باتوجه به تواتر عکسها در زمانهای مختلف تغییرات را در طول زمان مطالعه نمود.

۵-۵- تهیه نقشه کاربری اراضی

این تصاویر با قدرت تفکیک بالا دارای قابلیت مشخص محدوده انواع کاربریها اعم از زراعت آبی، دیمی، مراتع، تالاب، باتلاق، نواحی صنعتی، تاسیسات شهری، اراضی بایر، اراضی جنگلی، خطوط ارتباطی و... می‌باشند. از روی عکسهای KFA-1000 می‌توان نقشه کاربری اراضی شهرستان رانتهیه نمود به نحوی که از کیفیت مناسبی در مطالعات کالبدی برخوردار باشد.

۶-۵- زمین شناسی اقتصادی

تهیه نقشه پراکندگی معادن به عنوان قابلیت‌هایی که یک شهرستان از آن برخوردار است با استفاده از عکسهای KFA-1000 و کمک گرفتن از نقشه زمین شناسی و در موارد لزوم بازپدیدهای محلی قابل تهیه می‌باشد.

۷-۵- مطالعات نواحی کشاورزی - روستائی

اگر در چند دوره زمانی مختلف وضعیت اراضی کشاورزی از روی عکسها بررسی شود به وضوح تغییرات به وجود آمده در زمینه افزایش یا کاهش سطح زمینهای زیرکشت که در واقع نشانی از تغییرات صورت گرفته مساعد یا نامساعد محیطی باشد، رخ می‌نماید.

۸-۵- حفظ منابع طبیعی

تفسیر و مطالعه عکسهای ماهواره‌ای می‌تواند شناخت ما را نسبت به محیط بیشتر کند، چراکه برای حفظ و نگهداری محیط زیست، شناسایی و پزگیهای آن اهمیت به‌سزائی دارد.

درجدول شماره ۴، اندازه پیکسل معادل باقدرت تفکیک زمینی عکسهای ماهواره‌ای با اندازه پیکسل تصاویر Spotp و Spotxs مقایسه شده است (Konecny و میلادی ۱۹۹۲).

Sensor	h/b	σ_x	σ_y	σ_z	area
MC	3	± 7.6 m	± 7.7 m	± 20.2 m	N. Germany
LFC	1	± 5 m	± 6.6 m	± 8.6 m	Alps
SPOT-P	3	± 5 m	± 5 m	± 19.1 m	Hannover
SPOT-P	1	± 8.3 m	± 8.4 m	± 4.1 m	Grenoble
KFA 1000	6	± 7.6 m	± 5.3 m	± 32.1 m	Hannover
KATE 200	2	± 27.2 m	± 27.2 m	± 47.7 m	Munich

جدول (۲)

۵- کاربردهای عکس KFA-1000

۱-۵- تهیه نقشه های عکسی و توپوگرافی و بازنگری نقشه های خطی

عکسهای فضائی KFA-1000 برای تهیه نقشه عکسی و بازنگری نقشه های خطی، در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و کوچکتر قابلیت فراوانی دارند حتی می‌تواند به منظور بازنگری مسطحاتی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ مورد استفاده قرارگیرد. اما به علت دقت ارتفاعی پایین، مناسب برای تهیه مدل رقومی زمین (DTM) نمی‌باشد.

می‌توان در زمانی کوتاه بخش اعظمی از کشور که مناطق کویری و بیابانی و کم عارضه تقریباً به مساحت ۶۰۰،۰۰۰ کیلومتر مربع نقشه عکسی فضائی به مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ با استفاده از عکسهای KFA-1000 رانتهیه نمود.

۲-۵- تهیه و بازنگری نقشه های موضوعی

عکسهای KFA-1000 از قابلیت خوبی برای تهیه و بازنگری نقشه های موضوعی برخوردارند به طوری که می‌توان به تعبیر و تفسیر پدیده های مختلف پرداخت و نقشه های موضوعی بارزتری تهیه نمود. نقشه های موضوعی در صورتی که وارد تحلیل های جغرافیائی شوند می‌توانند گویای بسیاری از مطالب باشند.

حتی ترکیب این عکسهای ماهواره‌ای توانایی برآورده نمودن نیازهای تفسیری نقشه‌های اورتوفتو در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ را دارند (سال ۱۹۹۵ میلادی Csaplovics).

— عکسهای فضائی KFA-1000 برای تهیه نقشه عکسی و بازنگری نقشه‌های خطی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و کوچکتر قابلیت فراوانی دارند و حتی می‌تواند به منظور بازنگری مسطحاتی نقشه ۱:۲۵۰۰۰ مورد استفاده قرارگیرد. □

۵-۹- تفکیک نواحی شهری و روستائی

با استفاده از عکسهای KFA-1000 می‌توانیم موقعیت روستا و شهرها را در ارتباط با عوارض زمین مشخص نماییم، می‌توانیم ابعاد و اندازه سکونتگاهها، جهات توسعه آنها، نوع بافت (اعم از تراکم و یا غیر تراکم) و شکل توسعه (متصل یا متصل) را دقیقاً مشخص سازیم.

۶- نتیجه گیری

۶-۱- معایب عکسهای KFA-1000:

- پایین بودن $B:N=0/12$ موجب دقت ارتفاعی پایین و عدم دید برجسته بینی خوب می‌گردد.
- با توجه به فاصله کانونی زیاد ۱۰۰ میلی متر، عدسی دارای اعوجاج شعاعی بالا است.
- ابعاد بزرگ و غیراستاندارد (۳۰×۳۰cm) عکسها موجب می‌شود نمونه‌های اصلی آن قابل استفاده در دستگاههای تحلیلی متداول فتوگرامتری نباشد.
- دارای انحراف ۸ تا ۱۰° از محور قائم است (دوران امگا).
- در عکسهای KFA-1000 مراحل ظهور و ثبوت و پردازش عکس و نحوه نگهداری تصاویر بسیار با اهمیت هستند.
- کپی‌های متعدد از روی فیلم باعث تضعیف کیفیت و دقت هندسی داده‌ها می‌گردد

۶-۲- مزایای عکسهای KFA-1000

- قدرت تفکیک زمینی نسبتاً بالا.
- قابلیت تهیه عکسهای سیاه و سفید و رنگی ماهواره‌ای KFA-1000 در ایران و وجود پوشش سراسری آن.
- از نظر تعبیر و تفسیر پدیده‌ها، عکسهای KFA-1000 نتیجه بهتری رانست به دیگر عکسهای فضائی MC و LFC و KATE200 و MK4 و MK6 و همچنین تصاویر فضائی نظیر Spot به دست می‌دهد (Konecny و Jacobsen 1988).
- کاهش خطای ناشی از جابجائی اختلاف ارتفاع به علت ارتفاع زیاد.
- صرفه‌جویی در زمان و هزینه به منظور پوشش برای مناطق وسیع و لزوم بسیار کمتر موزائیک نمودن.
- سیستم تصویربرداری KFA-1000 یک سنجنده باقاب اپتیکی است و نسبت به سنجنده SPOT که سنجنده‌ای خط به خط است ارجحیت دارد. در سیستم KFA-1000 مسائلی مثل انتقالها و تغییرات توجیه‌های متوالی سنجنده وجود ندارد.
- با توجه به پوشش وسیع هر عکس، ۶۴۰۰ km کیلومتر مربع، با ثابت بودن وضعیت نوری، برای تعبیر و تفسیر بسیار مفید می‌باشد.
- ترکیب عکسهای KWR-1000 با عکسهای KAF-1000 منجر به تهیه عکس نقشه فضائی رنگی با قدرت تفکیک بالا می‌شود که

منابع:

- (۱) سعید صادقیان، سال ۱۳۷۵ شمسی، مثلث‌بندی عکسهای ماهواره‌ای KFA-1000 پایان نامه کارشناسی ارشد.
- (۲) سعید صادقیان، تابستان سال ۱۳۷۶ شمسی، سنجنده‌ها، عکسها، تصاویر ماهواره‌ای و عوامل عدم استحکام آنها، نشریه سپهر.
- (۳) وحید مظاهری، سال ۱۳۷۴ شمسی، بررسی دقت مسطحاتی و ارتفاعی عکسهای ماهواره‌ای KFA-1000 پایان نامه کارشناسی ارشد.
- (۴) حمید المیریان، تابستان سال ۱۳۷۶ شمسی، تهیه نقشه‌های موضوعی باتصاویر ماهواره‌ای (قسمت دوم)، نشریه سپهر.
- (۵) رحیم سرور، زمستان سال ۱۳۷۴ شمسی، تحلیل مقدماتی ازکاربردهای تصاویر ماهواره‌ای COSMOS (KFA-1000) در طرحهای توسعه، نشریه سپهر
- 6) Olli SirKia and Anita Laiho, (1989), An investigation of the geometric Properties of the Soviet KFA-1000 sPace images.
- 7) BaKer, (1991), An investigation of the geometric properties and information content of the KFA-1000, KATE-200 MK4 space photography.
- 8) Csaplovics (1995), High-resolution space photography for generating and update Large-scale orthophotomaps, ICA.
- 9) Ivar Moalen, Jahansen (1991), Russian Satellite imagery of norway, an accuracy investigation of KFA-1000.
- 10) Konecny (1992), mapping from space.
- 11) M.J.ValadanZoej (1996), three dimensional mathematical modelling of linear array stereo imagers (cross-track case), NCC Journal.