



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

فتوگرامتری کاربرد دی

چاپ ششم

تألیف:

ابوالفضل خاکباران

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

سر شناسنامه	: خاکبازان، ابوالفضل، ۱۳۳۴-
عنوان و نام پدید آور	: فتوگرامتری کاربردی / تألیف ابوالفضل خاکبازان
مشخصات نشر	: تهران؛ دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۸۷.
مشخصات ظاهری	: ۴۴۸ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۰۳-۰
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا.
یادداشت	: ص. ع. به انگلیسی: Abolfazl Khakbazan. Applied. Photogrammetry
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۴۱۵]-۴۱۶.
موضوع	: فتوگرامتری
شناسنامه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۷ ف ۲/خ ۶۹۳ TR
رده بندی دیویی	: ۵۲۶/۹۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۳۰۲۰۰۳



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

عنوان	: فتوگرامتری کاربردی
تألیف	: ابوالفضل خاکبازان
چاپ اول	: تابستان ۱۳۸۷
نوبت ششم	: پاییز ۱۴۰۱
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
چاپ و لیتوگرافی	: نشر شریف - نگین سبز
ناظر فنی	: محمد معتمدی نژاد
شمارگان	: ۱۰۰ جلد
قیمت	: ۱۲۰.۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۶۵۱-۰۳-۰
	: ISBN: 978-964-2651-03-0

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.
نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۰۶۰-۲۲۹۷۰۰۶۰،
نمابر: ۰۰۳-۲۲۹۷۰۰۳، پست الکترونیکی: publish@sru.ac.ir، وب سایت: <http://publish.sru.ac.ir>

تقدیم به :

مادر و همسر فداکارم

مقدمه‌ی نویسنده

یکی از مهم‌ترین اهداف در عصر تکنولوژی اطلاعات، به کارگیری سیستم‌های خودکار در تولید اطلاعات مکانی است. برای تولید این اطلاعات گام‌های بلندی برداشته شده و توسعه علوم مرتبط با تولید اطلاعات مکانی نیز مؤید این مطلب است. توسعه و پیشرفت‌هایی که در علوم ژئوماتیک خصوصاً فتوگرامتری و سنجش از دور به وجود آمده، سبب تکامل و سوق یافتن فتوگرامتری دستگاهی و تحلیلی به سوی فتوگرامتری رقومی شده است که پردازش‌های مختلف را بر روی تصاویر متریک هوایی، ماهواره‌ای و برد کوتاه انجام می‌دهند. در گذشته تلاش‌های زیادی در جهت انجام سریع مراحل پردازش داده‌ها در فتوگرامتری به منظور تولید اطلاعات مکانی صورت گرفته و هنوز هم ادامه دارد.

در فتوگرامتری رقومی، هدف نهایی متخصصین امر، حذف کامل اپراتورهای انسانی و یا حداقل، کم کردن نقش آن‌ها در امر تولید محصولات مختلف فتوگرامتری با دقت، صحت، سرعت و اعتمادپذیری بالاست که این هدف از طریق اتوماسیون پردازش‌های رقومی به دست می‌آید. این پردازش‌ها شامل توجیه داخلی، توجیه نسبی، انتقال نقاط در مثلث‌بندی هوایی و محاسبات فتوگرامتری، انجام توجیه خارجی و توجیه مطلق، تولید مدل رقومی زمین، ارتوفتو و تفسیر است.

هسته اصلی پردازش‌های مذکور، تناظریابی اتوماتیک می‌باشد. البته در حال حاضر از تکنولوژی‌های جدید دیگری نیز در جهت تسریع فرآیندهای مختلف تولید اطلاعات مکانی استفاده می‌شود. از جمله این تکنولوژی‌ها می‌توان از سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای، استفاده از سیستم‌های شتاب سنج، سیستم‌های اسکنر لیزری و نیز تکنولوژی‌های جدید تصویربرداری با آرایش خطی و سطحی را نام برد.

کتاب حاضر با نیت نیل به اهداف فوق و درک بهتر مفاهیم پایه‌ای و تحلیلی نگاشته شده است. نگارنده‌ی کتاب با بیش از بیست سال تجربه‌ی کار مداوم پژوهشی، آموزشی و اجرایی صرفاً در این شاخه‌ی علمی، بر این باور است که الگوریتم‌های تئوری، زمانی تحقق عینی خواهند یافت که شکل کاربردی پیدا نماید و در نتیجه‌ی آن، خروجی‌های موفق توأم با توانایی طراحی و کسب مهارت‌های لازم برای انجام پروژه‌های تحقیقاتی و اجرایی به دست می‌آید. به یاری خدا در نگارش بعدی، فتوگرامتری رقومی که مکمل کتاب حاضر است به رشته‌ی تحریر درخواهد آمد تا خدمت کوچکی به جامعه‌ی علمی نقشه‌برداری باشد.

در این جا وظیفه‌ی خود می‌دانم از تمامی سرورانی که با راهنمایی‌های مفید خود، این جانب را در بهبود این اثر از جنبه‌ی علمی و کیفی یاری نموده‌اند تشکر و سپاسگزاری نمایم و موجب امتنان خواهد بود که خوانندگان محترم هر گونه نظر و پیشنهادی درباره‌ی کتاب حاضر دارند و یا چنانچه اشتباهی ملاحظه نمایند به نگارنده اطلاع دهند تا چنانچه توفیق تجدید چاپ دست دهد، تصحیح و منظور گردد.

ابوالفضل خاکبازان

ablkhk@yahoo.com

تابستان 1388

فهرست

1	مقدمه‌ی نویسنده
3	فهرست مطالب
13	فصل اول: معرفی و مفاهیم اولیه فتوگرامتری
13	مقدمه
13	عکس و تصویر رقومی
13	شاخه‌های مختلف فتوگرامتری
17	تاریخچه‌ی مختصر فتوگرامتری
18	تعریف فتوگرامتری
20	امواج الکترومغناطیس
26	پاره‌ای تعاریف
28	نسل اول دستگاه‌های فتوگرامتری
29	نسل 1/2، سیستم‌های نیمه‌تحلیلی
30	نسل دوم، سیستم‌های تحلیلی
31	نسل سوم، سیستم‌های رقومی
32	انواع عکس‌ها
34	عکس برداری قائم
35	سیستم مختصات عکسی
36	هندسه عکس قائم
36	مقیاس
38	عکس غیر قائم
41	تصحیحات مختصات اندازه‌گیری شده
47	نکات قابل توجه درباره‌ی خطاهای سیستماتیک کمی

48	سئوالات
51	پاسخ‌ها
53	دیاگرام پالایش خطاهای سیستماتیک کمی
55	فصل دوم: برجسته‌بینی و مفاهیم پارالاکس و طراحی مرحله‌ی پرواز
55	برجسته‌بینی
56	دید دو چشمی و تشخیص عمق
58	علل وجود ΔY در تصاویر نظیر
58	پارالاکس
59	انواع دوربین‌ها
63	نمونه‌ای از سئوالات و پاسخ به آن‌ها
65	طرح پرواز (Flight Planning)
75	سئوالات
88	پاسخ‌ها
103	فصل سوم: سیستم‌های تحلیلی و چگونگی توجیهات آن‌ها
103	سیستم‌های تحلیلی
104	توجیهات در سیستم‌های تحلیلی
104	توجیه داخلی
106	روش‌های انجام توجیه داخلی
107	معادلات توجیه داخلی به روش تحلیلی
107	توجیه داخلی با استفاده از تبدیلات دو بعدی
107	تبدیل دو بعدی کانفورمال
109	تبدیل دو بعدی افاین
111	تبدیل دو بعدی پروژکتیو
113	توجیه داخلی با استفاده از چند جمله‌ای‌ها

114	.....	دیاگرام توجیه داخلی
115	.....	نمونه‌ای از سئوالات و پاسخ به آن‌ها
116	.....	اثبات ماتریس‌های دوران
124	.....	توجیه نسبی
125	.....	روش‌های انجام توجیه نسبی
126	.....	دیاگرام سیستم‌های نیمه‌تحلیلی
127	.....	مزایای دستگاه‌های نیمه‌تحلیلی نسبت به آنالوگ
128	.....	توجیه نسبی در دستگاه‌های تحلیلی
128	.....	عناصر توجیه نسبی
141	.....	اثبات T.C و O.C
142	.....	روش‌های توجیه نسبی تجربی
142	.....	توجیه نسبی مدل‌های مسطح
143	.....	توجیه نسبی مدل‌های ناقص
144	.....	توجیه مدل‌های کوهستانی
146	.....	سرشکنی پارالاکس باقیمانده
147	.....	نمونه‌ای از سئوالات مربوط به توجیه نسبی و پاسخ به آن‌ها
149	.....	فتوگرامتری تحلیلی و رقومی
149	.....	شرط هم‌خطی Collinearity Condition
153	.....	کاربردهای معادلات شرط هم‌خطی
153	.....	توجیه نسبی
157	.....	دیاگرام توجیه نسبی با استفاده از معادلات شرط هم‌خطی
158	.....	ترفیع فضایی Space Resection
161	.....	دیاگرام ترفیعی فضایی
162	.....	تقاطع فضایی Space Intersection
166	.....	سئوالات مربوط به توجیه خارجی و پاسخ به آن‌ها
167	.....	دیاگرام تقاطع فضایی با استفاده از معادلات غیرخطی شرط هم‌خطی

168	.....	دیاگرام تقاطع فضایی با استفاده از معادلات خطی شده شرط هم خطی
169	.....	ترمیم تحلیلی (Analytical Rectification) با استفاده از شرط هم خطی
173	.....	دیاگرام ترمیم تحلیلی
174	.....	شرط هم صفحه‌ای (Coplanarity Condition)
177	.....	روش‌های انجام توجیه نسبی تحلیلی
177	.....	توجیه نسبی با عناصر یک طرفه سمت چپ
180	.....	توجیه نسبی با عناصر دورانی
		چگونگی تعیین ماتریس عناصر توجیه نسبی (مجهولات) از معادلات کلی
185	.....	خطی شده شرط هم صفحه‌ای
186	.....	سلف کالیبراسیون (Self Calibration)
190	.....	توجیه مطلق (Absolute Orientation)
196	.....	توجیه مطلق تحلیلی (Analytical Absolute Orientation)
198	.....	عناصر توجیه مطلق
198	.....	روش‌های انجام توجیه مطلق
201	.....	توجیه مطلق به روش M7
203	.....	توجیه مطلق به روش M4,3
207	.....	فصل چهارم: ساختار سیستم‌های تحلیلی
207	.....	ساختار سیستم‌های تحلیلی
208	.....	دیاگرام کامپاراتورهای دارای ارتباط یک طرفه با کامپیوتر
209	.....	دیاگرام یک سیستم تبدیل تحلیلی
210	.....	دیاگرام ICP
211	.....	دیاگرام OCP
213	.....	فصل پنجم: پروسه گردش تهیه نقشه‌ی خطی به روش فتوگرامتری
213	.....	گردش کار تهیه نقشه‌ی خطی به روش فتوگرامتری

215	تهیه
215	مراحل اجرای تهیه
215	اندکس یا راهنمای عکسی
220	انتخاب، نشانه‌گذاری و شماره‌گذاری نقاط کنترل
222	کادرگیری
228	انتقال نقاط عکسی بر روی تصاویر مورد نیاز
228	دستورالعمل طراحی نقاط کنترل زمینی
230	نقاط آلتیمتری
231	نقاط پلانیمتری
232	نکات ضروری
233	وسایل و ابزار بکارگرفته شده در انجام پروژه
234	آماده کردن کروکی نقاط کنترل مسطحاتی و ارتفاعی
236	تکمیل راهنمای عکسی
237	روش‌های مارک کردن نقاط روی دیاپوزیتیو
237	انتقال نقاط بر روی عکس‌های مجاور
239	مدارک خروجی بخش تهیه و بخش زمینی
241	فصل ششم: مثلث‌بندی و روش‌ها و داده‌های کمکی
241	مثلث‌بندی
241	روش‌های انجام مثلث‌بندی هوایی
242	مثلث‌بندی مکانیکی
242	مثلث‌بندی با استفاده از دستگاه‌های چند پروژکتوری
242	مثلث‌بندی با استفاده از دستگاه‌های یونیورسال
244	سرشکنی نوار در مثلث‌بندی مدل‌ها به روش مکانیکی
248	مثلث‌بندی نیمه تحلیلی (مدل‌های مستقل)
252	مثلث‌بندی تحلیلی

252	روش مثلث‌بندی مدل‌های پیوسته
255	منابع خطاها
255	انتشار خطاها در طول یک نوار
261	سرشکنی بلوک با استفاده از چند جمله‌ای‌ها
270	مثلث‌بندی مدل‌های مستقل
270	سرشکنی بلوک به روش مدل‌های مستقل به طور یک‌جا
274	سرشکنی بلوک به روش مدل‌های مستقل در دو مرحله
274	سرشکنی مسطحاتی
279	سرشکنی ارتفاعی
281	مثلث‌بندی دسته اشعه
284	چند نمونه سؤال و پاسخ به آن‌ها
288	استفاده از داده‌های کمکی در مثلث‌بندی هوایی
288	انواع داده‌های کمکی
289	استاتوسکوپ
290	APR
292	Lake Point
292	سیستم تعیین موقعیت ماهواره‌ای GPS
294	سیستم‌های ناوبری اینرشیال INS

فصل هفتم: مراحل تبدیل مدل به نقشه‌ی خطی در محیط

299	نرم‌افزاری Paradeyes
299	مراحل تبدیل مدل به نقشه در محیط Paradeyes
302	مزایای سیستم Paradeyes
302	معایب سیستم Paradeyes
302	ورودی‌های سیستم Paradeyes

303	پردازش سیستم Paradeyes
303	خروجی‌های سیستم Paradeyes
303	نیازهای سیستم
303	1- نیازهای نرم‌افزاری
303	2- نیازهای سخت‌افزاری
306	نام دوربین
306	مشخصات دوربین
306	ایجاد پروژه‌ی جدید
307	تعریف بلوک Block Definition
308	توجیه داخلی (Interior Orientation)
313	تهیه (Prepartion)
321	مثلث‌بندی (Triangulation)
321	گزارش پروژه (Report)
323	ایجاد مدل سه بعدی
325	تبدیل مدل سه‌بعدی به نقشه
326	دیاگرام عوارض مسطحاتی و ارتفاعی
327	اصول تبدیل عوارض
328	قوانین تبدیل عوارض
330	نحوه‌ی ترسیم عوارض پلانیمتری
332	نحوه‌ی نوشتن متن در مدل
332	نحوه‌ی ترسیم عوارض آلتیمتری
333	نحوه‌ی ذخیره کردن عوارض ترسیم شده
334	نحوه‌ی انتخاب یک عارضه‌ی خاص
334	حذف نمودن یک عارضه‌ی خاص Delete
334	بازیابی عارضه‌ی حذف شده
335	بزرگ کردن و کوچک نمودن مدل سه‌بعدی

335	تبدیل فرمت fvd به Dgn
337	فصل هشتم: معرفی منوهای نرم‌افزار گرافیکی Microstation
337	کار توگرافی
337	معرفی منوهای نرم‌افزار گرافیکی Microstation
349	نحوه شیت‌بندی
350	برنامه Kianutil
353	Cartography
356	مراحل تکمیل نقشه
359	فصل نهم: نرم‌افزار فتوگرامتری رقومی Photomod
359	روند توجیحات در سیستم فتوگرامتری PHOTOMOD
359	شروع یک پروژه
362	تشکیل بلوک (Block Forming)
362	معرفی دوربین Camera Editor
363	مثلث‌بندی هوایی (Aerial Triangulation)
366	انتخاب نقاط گرهی و کنترل
366	Measuring to Points
369	Block Adjustment
370	گزارش (Report)
377	تبدیل عوارض مسطحاتی
380	ترسیم عوارض ارتفاعی
382	معرفی دیگر امکانات محیط Photomod Stereo Draw
389	نرم‌نمودن عوارض ترسیم شده
391	Photomod Stereo Draw در یک نگاه

395.....	فصل دهم: معرفی نرم افزار Inroads، ادیت و کارتوگرافی
395.....	تهیه ی منحنی میزان به کمک نرم افزار Inroads
	پروسه گردش کار تبدیل مدل به نقشه خطی (Line Map) به روش
399.....	فتوگرامتری تحلیلی و رقومی
400.....	قواعد تجربی در تبدیل عوارض
402.....	قوانین کلی تبدیل عوارض بر اساس استاندارد
410.....	ادیت و کارتوگرافی
415... 1388	فصل یازدهم حل تشریحی:سؤالات کارشناسی و کارشناسی ارشد سال
415.....	سؤالات کارشناسی
418.....	پاسخ سؤالات کارشناسی
419.....	سؤالات کارشناسی ارشد
425.....	پاسخ سؤالات کارشناسی ارشد
431.....	مراجع

فصل اول

معرفی و مفاهیم اولیه فتوگرامتری

مقدمه

فتوگرامتری به معنای عملیات اندازه‌گیری و تفسیر روی عکس و تصویر رقومی است که شامل عکس‌برداری از اشیا، اندازه‌گیری تصاویر اشیا روی عکس ظاهر شده و تبدیل این اندازه‌گیری‌ها به شکلی قابل استفاده (مثلاً نقشه‌های توپوگرافی) می‌شوند. فتوگرامتری فرآیند اندازه‌گیری مختصات هندسی اجسام از روی عکس‌های هوایی است. به عبارت دقیق‌تر فتوگرامتری عبارتست از هنر، دانش و فن تهیه اطلاعات مطمئن عوارض از طریق اندازه‌گیری، ثبت و تفسیر بر روی عکس و یا سایر مدارکی که در بر دارنده‌ی اثری از انرژی الکترومغناطیس باز تابیده باشد.

عکس و تصویر رقومی (Photograph & Digital Image)

عکس و تصویر رقومی مهم‌ترین منبع اطلاعاتی این علم می‌باشد و اصول کار در فتوگرامتری بر روی عکس‌ها و تصاویر هوایی و زمینی است. در حال حاضر داده‌های ماهواره‌ای دارای قدرت تفکیک بالا و دارای قابلیت سه‌بعدی در بخش اندازه‌گیری برای تهیه نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس‌های مختلف مورد استفاده می‌باشد.

شاخه‌های مختلف فتوگرامتری

عموماً فتوگرامتری را به دو شاخه فتوگرامتری متریکی و تفسیری تقسیم‌بندی می‌کنند. در فتوگرامتری متریکی، اندازه‌گیری‌های کمی مطرح است، یعنی با استفاده از اندازه‌گیری‌های دقیق نقاط از طریق عکس می‌توان فواصل، حجم، ارتفاع و شکل

زمین را تعیین کرد، که معمول‌ترین کاربردهای این شاخه از فتوگرامتری تهیه‌ی نقشه‌های مسطحاتی و توپوگرافی از روی عکس‌ها می‌باشد، اما فتوگرامتری تفسیری خود به دو شاخه تفسیر و سنجش‌ازدور تقسیم می‌شود. در بخش تفسیر بیشتر مطالعات کیفی بر روی تصاویر انجام می‌گیرد، به‌عنوان مثال وضعیت پوشش گیاهی یک منطقه یا میزان جمعیت یک شهر را از طریق آن‌ها مورد مطالعه و تحقیق قرار می‌دهند. عکس‌های هوایی امروزه حداقل در دو رشته بزرگ علمی یعنی فتوگرامتری به معنی کلی تهیه نقشه از عکس‌های هوایی و دیگری تفسیر به معنی شناسایی و تشخیص عوارض و اشیا از روی تصویر به کار می‌روند و دارای شروع و تاریخ هم‌زمانی می‌باشند که به تدریج و با پیشرفت‌های تکنولوژی، این دو رشته توسعه یافته و در نتیجه‌ی استفاده، ابزار برای دو گروه کم‌کم از هم فاصله گرفته و در هر یک، تخصص‌ها و تکنیک‌های جداگانه‌ای به وجود آمده و به تدریج نیز اضافه خواهد شد. عکس برداری هوایی در هر دو مورد فوق دارای قدمت چندان زیادی نیست، بلکه تاریخ آن کم و بیش مقارن با پیدایش هنر و علم عکاسی و همچنین صنعت هوانوردی است. اولین گزارش کتبی اختراع عکس‌برداری به علوم آکادمی علوم و هنرهای فرانسه به سال 1839 باز می‌گردد. این عکس‌برداری را دو فرانسوی به نام‌های داگر و نیپس انجام دادند. اولین گزارش قطعی پرواز هواپیما نیز مربوط به 17 دسامبر 1903 بوسیله برادران آمریکایی رایت می‌باشد، بنابراین باید توجه نمود که تاریخ عکس‌برداری هوایی به زمانی بین دو تاریخ فوق بر می‌گردد. اولین عکس‌برداری هوایی از اروپا (فرانسه) به وسیله *G.S. Tournachon* که بعداً *Nadar* نامیده شد، در 1858 در پاریس انجام گرفت و مقارن با او، یعنی مجدداً در همان سال شخص دیگری به نام لائوسدت (*Laussedat*) با دوربین عکاسی و فیلم‌های شیشه‌ای که با خود در بالن داشت، از دهکده‌ای نزدیک شهر پاریس عکس‌برداری نمود. او توانست از عکس‌ها نقشه‌ی توپوگرافی تهیه نماید و دومی موفق به تجزیه و تحلیل ریاضی برای برگردان تصویر پرسپکتیو به تصویر ارتوفتو شد. در آمریکا، اولین عکس هوایی که با بالن گرفته شد، به تاریخ 13 اکتبر 1860 ثبت گردیده است. این عکس از ارتفاع