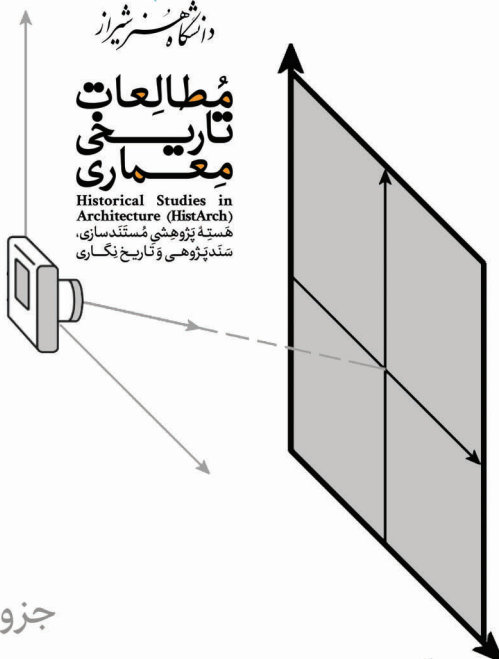




دانشگاه شیراز

مطالعات
تاریخی
معماری

Historical Studies in
Architecture (HistArch)
هسته پژوهشی مستندسازی،
سندپژوهی و تاریخ نگاری



جزوه آموزشی

فتوگرامتری معماری

نظریه پایه، رویه ها و ابزارها

کلاوس هانکه و پیپر گراسینمایر

برگردان دکتر علی اسدیپور

عضو هیئت علمی دانشگاه هنر شیراز



دانشگاه شیراز

مطالعات
تاریخی
معماری

Historical Studies in
Architecture (HistArch)
هسته پژوهشی مستندسازی،
سندپژوهی و تاریخ نگاری

فتوگرامتری معماری: نظریه پایه، روبه‌ها و ابزارها

نوشته: کلاوس هانکه و پی پر گرابینمایر

برگردان: علی اسدیپور

عضو هیئت علمی دانشگاه هنر شیراز

گرافیک و صفحه‌آرایی: علی اسدیپور

تاریخ نشر: ۱۴۰۲

© حق چاپ برای هسته پژوهشی «مطالعات تاریخی معماری»
دانشگاه هنر شیراز محفوظ است.

<https://HistArch.shirazartu.ac.ir>

Email: histarch@shirazartu.ac.ir

فهرست

۱. مقدمه.....	۱۱
۲. راهبردهای پردازش تصویر.....	۱۲
۱-۲. تصاویر منفرد.....	۱۲
۱-۱-۲. دانستن پارامترهای دوربین و توجیه بیرونی.....	۱۳
۲-۱-۲. عدم آگاهی از پارامترهای دوربین.....	۱۳
۲-۲. پردازش سه بعدی.....	۱۴
۳-۲. تبدیل مختصات مجموعه.....	۱۶
۳. سامانه های تهیه تصویر.....	۲۰
۱-۳. ملاحظات کلی.....	۲۰
۲-۳. دوربین های عکاسی.....	۲۲
۳-۳. اسکنرها.....	۲۴
۴-۳. دوربین های سی سی دی (CCD).....	۲۶
۵-۳. از چه دوربینی استفاده کنیم؟.....	۲۹
۴. مروری بر روش ها و سامانه های فعلی فتوگرامتری معماری.....	۳۰
۱-۴. ملاحظات کلی.....	۳۰
۲-۴. توصیه هایی برای سهولت برداشت معماری به روش فتوگرامتری.....	۳۲
۳-۴. قائمه سازی تصاویر رقومی.....	۳۳
۴-۴. سامانه های اندازه گیری مونوسکوپیک چند تصویری.....	۳۶
۵-۴. سامانه های اندازه گیری تصویر سه بعدی.....	۴۱
۴-۵-۱. از تحلیلی تا رقومی.....	۴۱
۴-۵-۲. استریوسکوپي.....	۴۱
۴-۵-۳. خودکار سازی و همبستگی.....	۴۲
۴-۵-۴. توجیه مدل.....	۴۳
۴-۵-۵. دیجیتالی سازی سه بعدی و جمع آوری داده ها.....	۴۴

۴۸.....	۵. ساختارهای اشیاء سه بعدی.....
۴۸.....	۵-۱. ملاحظات کلی.....
۴۹.....	۵-۲. دسته بندی مدل های سه بعدی.....
۵۳.....	۶. واقعیت بصری.....
۵۶.....	۷. کمیت بین المللی فتوگرامتری معماری (سیپا).....
۵۸.....	منابع.....
۵۸.....	کتاب های مرجع.....
۵۸.....	مجلات و سایر نوشته های مرجع.....
۶۳.....	پیوست ۱ (قائمه کردن دیجیتالی عکس های تاریخی).....
۶۵.....	۱. مقدمه.....
۶۷.....	۲. آلبرشت مایدن باوئر و آرشیو تصاویر متریک.....
۶۹.....	۳. قائمه کردن دیجیتالی و مسطح سازی ساختمان.....
۷۴.....	۴. قائمه کردن دیجیتالی ساختمان های تخریب شده.....
۷۸.....	۵. به کارگیری تصاویر قائمه شده در نمونه عکس های سه بعدی.....
۸۱.....	۶. نتیجه گیری و ادامه کار.....
۸۲.....	منابع.....
۸۳.....	پیوست ۲ (نرم افزارهای فتوگرامتری برای معماران).....
۸۵.....	PHOCAD.....
۸۷.....	Agisoft Metashape.....
۸۸.....	PhoToPlan.....
۸۹.....	DigiCad 3D.....
۹۰.....	PhotoModeler.....

فهرست تصاویر

تصویر ۱.....	۱۲
تصویر ۲.....	۱۴
تصویر ۳.....	۱۵
تصویر ۴: زوج سه بعدی از آرشیو سیبا - «پاویون کارلسپلاتز اثر آتو واگنر، وین».....	۱۶
تصویر ۵: نقشه دوبعدی نما که از زوج تصاویر سه بعدی تصویر ۴ استخراج شده است.....	۶۱
تصویر ۶: نمونه هایی از چیدمان های مختلف برای دستیابی به مجموعه مختصات مورد نیاز.....	۱۷
تصویر ۷: نمونه هایی از تصاویر، دوربین ها و لنزهای گوناگون.....	۱۸
تصویر ۸: مدل های خطی و مدل سطحی به عنوان نتایج حاصل از تبدیل مختصات مجموعه داده ها.....	۱۸
تصویر ۹: سامانه های تهیه و پردازش تصویر در فتوگرامتری معماری.....	۲۱
تصویر ۱۰: تصویر افقی محوطه پیرامونی ساختمانی با چیدمان بلوکی که در بر اساس قواعد «قواعد ۳۳» عکاسی شده است.....	۳۳
تصویر ۱۱- الف: انتخاب بخش مسطح شیء / تصویر ۱۱- ب: فواصل کنترلی برای تعریف صفحه تصویر / تصویر ۱۱- پ: تصویر قائمه شده برگرفته از تصویر ۱۱- الف.....	۳۵
تصویر ۱۲: مازول اندازه گیری فتومدلر (پروژه آتوبورگ، اینسبروک، به بخش ۶ رجوع کنید).....	۸۳
تصویر ۱۳ و ۱۴: ترسیم سه بعدی دیجیتالی با تلفیق تصاویر.....	۴۴
تصویر ۱۵: مروری بر مدل های سه بعدی.....	۴۹
تصویر ۱۶: نمایش واقعیت حقیقی یک جعبه به صورت مدل خطی، سطحی و حجمی.....	۵۱
تصویر ۱۷: دید پرسپکتیو نمونه عکس سه بعدی آتوبورگ، اینسبروک.....	۵۴
تصویر ۱۸: تصاویر تخت مقیاس دار مربوط به ۳ نما از مدل آتوبورگ، اینسبروک.....	۵۴
پیوست ۱	
تصویر ۱: تالار شهر در نوامبورگ بازتولید شده از عکسی مربوط به مایدن باوئر (۱۹۰۶).....	۷۰
تصویر ۲: تصویر قائمه شده تالار شهر (مقیاس اصلی ۱:۵۰).....	۷۱
تصویر ۳: مسطح سازی بخش میانی تصویر مورد بحث (مقیاس اصلی ۱:۲۰).....	۷۲
تصویر ۵: هم پوشانی مسطح سازی وضعیت تاریخی و کنونی (مقیاس اصلی جزئیات ۱:۲۰).....	۷۲
تصویر ۳: کلیسای سیریا کوس مقدس در گرتروده، بازتولید شده از عکسی مربوط به مایدن باوئر (۱۹۰۷).....	۷۲
تصویر ۷: کوماندانتور در برلین، بازتولید شده از عکسی متعلق به مایدن باوئر (۱۹۱۱).....	۷۷
تصویر ۷: تصویر قائمه شده کوماندانتور (مقیاس اصلی ۱:۵۰).....	۷۷
تصویر ۸: نمای سه بعدی از کوماندانتور در محوطه پیرامونی فعلی.....	۷۹
تصویر ۹: دو تصویر تاریخی از تالار شهر هالبرشتات سال های (۱۸۹۶ و ۱۹۱۲).....	۷۹
تصویر ۱۰: نمونه عکس سه بعدی از تالار شهر هالبرشتات.....	۸۰

پیشگفتار

فتوگرامتری به معنی استخراج ابعاد و اندازه از روی عکس است و دانشی مهم در زمینه مستندنگاری و مستندسازی آثار معماری شناخته می‌شود که در چند دهه اخیر با رشد فناوری‌های دیجیتالی رشد شتابانی یافته است. فتوگرامتری معماری شاخه‌ای از فتوگرامتری است که در میان متخصصان رشته‌های گوناگون معماری و مرمت در جهان شناخته شده است ولی اطلاعات چندانی از آن برای معماران ایرانی به صورت مکتوب تهیه نشده است. کتابچه کنونی، حاصل برگردان متنی از دو تن از متخصصان شاخص فتوگرامتری است که به عنوان مبنایی اولیه جهت آشنایی با مفاهیم بنیادین این حوزه نگاشته شده است. کوتاهی متن خود نشان می‌دهد که آن را باید مقدمه‌ای برای آشنایی دانشجویان و علاقه‌مندان تلقی نمود. این کتابچه تنها برای اهداف آموزشی تهیه شده و بی‌تردید مطالعات و کنجکاوی‌های آتی دانشجویان آن‌ها را به نتایج و یافته‌های دیگری در این حوزه رهنمون خواهد کرد.

برای تکمیل شدن این بخش دو پیوست به متن اصلی افزوده شده است؛ پیوست نخست به فتوگرامتری عکس‌های تاریخی اشاره دارد و در آن توضیحاتی برای این کار ارائه گردیده است. پیوست دوم به معرفی چند نرم‌افزار مهم برای فتوگرامتری معماری می‌پردازد. شرح نرم‌افزارها، مختصر و به زبان انگلیسی و برای هریک در حد یک صفحه است. لینک دسترسی به وب‌سایت آن‌ها نیز جهت هدایت علاقه‌مندان آورده شده است. امید است این منبع کوچک راهنمایی باشد که در آینده علاقه‌مندان تازه‌ای را به عرصه فتوگرامتری معماری سوق داده و نتایج تازه‌ای را رقم زند.

فتوگرامتری معماری: نظریه پایه، رویه‌ها و ابزارها

کلاوس هانکه و پی پرگراسنمایر

GRUSSENMEYER, P., HANKE, K., STREILEIN, A. Architectural photogrammetry. Chapter in « Digital Photogrammetry », edited by M. KASSER and Y. EGELS, Taylor & Francis (2002), pp. 300-339.

۱. مقدمه

فتوگرامتری برد کوتاه و به‌ویژه فتوگرامتری معماری برخلاف فتوگرامتری هوایی صرفاً محدود به عکس‌های عمودی گرفته‌شده با دوربین‌های خاص نیست. روش‌شناسی فتوگرامتری زمینی تغییرات قابل‌توجهی را تجربه کرده و در حال حاضر استفاده‌های گوناگون از عکاسی با استقبال گسترده‌ای روبرو شده است.

به‌کارگیری تکنیک‌ها و فناوری‌های جدید برای تهیه داده‌ها (دوربین‌های سی‌سی‌دی^۱، فوتو-سی‌دی^۲، فوتواسکنرها^۳)، پردازش داده‌ها (بینایی کامپیوتری)، ساختاربندی و نمایش داده‌ها (طراحی به کمک کامپیوتر یا همان CAD، شبیه‌سازی، پویانمایی، مصورسازی) و آرشیو، بازیابی و تحلیل آن‌ها (سامانه‌های اطلاعات فضایی) منجر به شکل‌گیری سامانه‌ها، روش‌های پردازش و دستاوردهای نوین شده است.

بهسازی روش‌های برداشت آثار و محوطه‌های تاریخی در حمایت از پژوهش‌های معماری، باستان‌شناسی یا سایر پژوهش‌های هنری-تاریخی نقش مهمی در ثبت و پایش ادراکی میراث فرهنگی، حفظ و مرمت آثار، اشیاء و محوطه‌های تاریخی یا فرهنگی ارزشمند داشته است.

1- CCD camera

2- Photo- CD

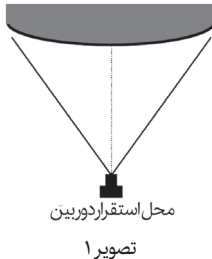
3- Photoscaners

۲. راهبردهای پردازش تصویر

فتوگرامتری برد کوتاه تکنیکی برای به دست آوردن اطلاعات هندسی نظیر موقعیت، اندازه و شکل اشیایی است که قبلاً از آن‌ها عکس گرفته شده است. برای تبدیل مختصات یک نقطهٔ سه‌بعدی، به محل تلاقی حداقل دو شعاع نور (از عکس به نقطه‌ای از شیء) در فضا یا محل تلاقی یک شعاع نور و سطحی که این نقطه در آن واقع می‌شود نیاز است. در صورت دسترسی به بیش از دو شعاع (در حالتی که اشیاء در سه عکس یا بیشتر نمایش داده شوند) امکان دارد مجموعه جواب به دست بیاید که هم‌زمان شامل تمامی محاسبات موجود (روی عکس‌ها یا حتی غیراز آن) باشد. این حالت‌ها روش‌های مختلفی را برای تبدیل مختصات فتوگرامتری یک شیء رقم می‌زنند.

۲-۱. تصاویر منفرد

مشکلی که اغلب شاهد آن هستیم این است که باوجود مشخص بودن شکل و ارتفاع سطح شیء در فضا (مدل دیجیتالی سطح) به دنبال آن هستیم که از جزئیات این سطح (الگوها، بافت و نقاط دیگر و ...) هم اطلاع پیدا کنیم. در چنین حالتی تبدیل مختصات از روی تصویری واحد گزینه مناسبی خواهد بود.



۲-۱-۱. دانستن پارامترهای دوربین و توجیه بیرونی

در این حالت به توجیه درونی دوربین^۱، موقعیت و جهت‌گیری آن نیاز است؛ بنابراین می‌توان نقاط را از روی محل تلاقی شعاع‌های ارسالی از دوربین به سطح با فرض معلوم بودن شکل و ارتفاع سطح محاسبه کرد. توجیه درونی تنها به معنای فاصله کانونی کالیبره شده^۲ و موقعیت نقطه اصلی نیست بلکه (در صورتی که عکس با یک دوربین متریک گرفته نشده باشد) دربرگیرنده ضرایب چندجمله‌ای است که اعوجاج عدسی را توصیف می‌کند.

اگر موقعیت و جهت‌گیری دوربین نامشخص باشد برای محاسبه توجیه بیرونی (برش فضایی موقعیت دوربین) حداقل سه نقطه کنترلی از شیء (نقاطی با مختصات معلوم) مورد نیاز هستند.

۲-۱-۲. عدم آگاهی از پارامترهای دوربین

این موضوع یکی از مشکلاتی است که اغلب در فتوگرامتری معماری شاهد آن هستیم. شکل سطح تنها محدود به صفحات است و باید حداقل به ۴ نقطه کنترلی در دو بعد دسترسی داشته باشید. رابطه صفحه شیء با صفحه تصویر بر اساس معادله تصویری دو صفحه تعریف می‌شود:

$$X = \frac{a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3}{c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + 1}$$

$$Y = \frac{b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3}{c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + 1}$$

در این رابطه X و Y مختصات صفحه شیء x و y مختصات اندازه‌گیری شده تصویر و a_1, b_1, c_1 هشت پارامتری هستند که این معادله تصویری را

1-Interior Orientation of The Camera

2-Calibrated Focal Length



عکس اصلی



عکس تخت شده (با مقیاس)

تصویر ۲

توصیف می‌کنند. جهت محاسبه این هشت مجهول $(a_1, a_2, a_3, \dots, c_2)$ باید حداقل ۴ نقطه کنترلی در عکس واحد اندازه‌گیری شوند.

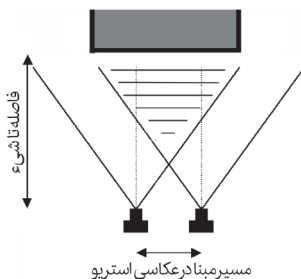
در نتیجه، با استفاده از این معادلات می‌توان مختصات دوبعدی نقاط دلخواه این سطح را تعیین کرد. این معادله برای تصاویر دیجیتالی نماهای خارجی هم به کار می‌رود. در تکنیک‌های پردازش تصویر رقومی، این معادله برای تک‌تک پیکسل‌ها اعمال می‌شود و به این ترتیب یک دید ارتوگرافی [تخت] از صفحه‌ی شیء شکل می‌گیرد که در اصطلاح ارتوفتو^۱ یا تصویر ارتو^۲ [تصویر تخت] نامیده می‌شود.

۲-۲. پردازش سه‌بعدی

اگر هندسه‌ی شیء سه‌بعدی کاملاً نامعلوم باشد امکان تبدیل مختصات به تصویر واحد سه‌بعدی وجود ندارد. در این حالت باید حداقل از دو تصویر استفاده شود. مطابق اصل سه‌بعدی، با مشاهده یک زوج «تصویر سه‌بعدی»

1- Orthophoto

2- Orthoimage



تصویر ۳

در کنار هم یک برداشت فضایی (سه بعدی) حاصل می‌شود. از این اثر برای تبدیل مختصات سه بعدی مثلاً در نماهای خارجی استفاده می‌شود

با استفاده از «زوج تصاویر سه بعدی» امکان بازسازی اشکال دلخواه با هندسه سه بعدی وجود دارد البته تا زمانی که سطح موردنظر در هر دو تصویر نمایش داده شود. برای ایجاد یک دید سه بعدی مطلوب، جهت دوربین باید تقریباً موازی یکدیگر باشند. معمولاً در این روش از دوربین‌های متریک با توجیه درونی کالیبره شده و کاملاً مشخص و اعوجاج لنز ناچیز استفاده می‌شود. برای رسیدن به نتایج مطلوب باید نسبت مبنای استریو (فاصله بین محل‌های قرارگیری دوربین) به فاصله دوربین از شیء بین ۱:۱۵ و ۱:۵ باشد.

نتایج تبدیل مختصات سه بعدی به صورت:

- صفحات دوبعدی نماهای واحد
- مدل‌های سطحی و مدل خطی سه بعدی^۱
- فهرست مختصات و
- در نهایت بر اساس توپولوژی آن‌ها (خطوط، سطوح و ...) ارائه می‌شود.

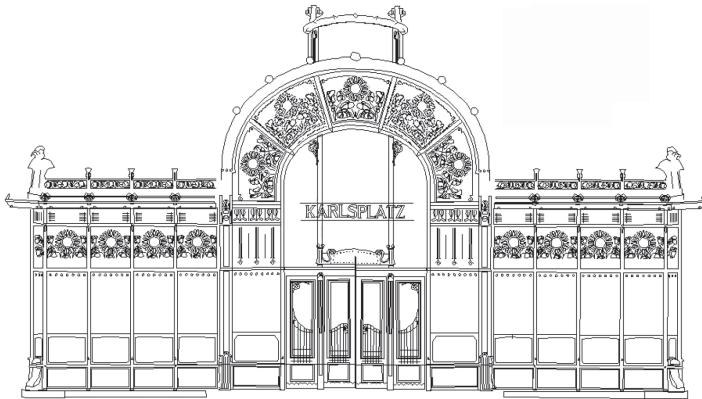


عکس چپ



عکس راست

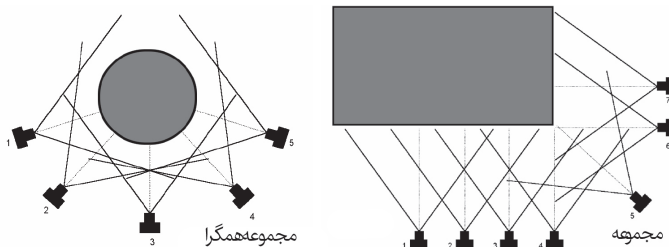
تصویر ۴: زوج سه‌بعدی از آرشیو سیپا - «پاویون کارلسپلاتز اثر آتو واگنر، وین»



تصویر ۵: نقشه دوبعدی نما که از زوج تصاویر سه‌بعدی تصویر ۴ استخراج شده است.

۳-۲. تبدیل مختصات مجموعه

در بسیاری از موارد استفاده از یک زوج تصویر سه‌بعدی واحد برای بازسازی یک ساختمان پیچیده کافی نیست؛ بنابراین برای پوشش کلی یک شیء باید از تعداد عکس‌های بیشتری استفاده شود. برای رسیدن به



تصویر ۶: نمونه‌هایی از چیدمان‌های مختلف برای دستیابی به مجموعه مختصات مورد نیاز

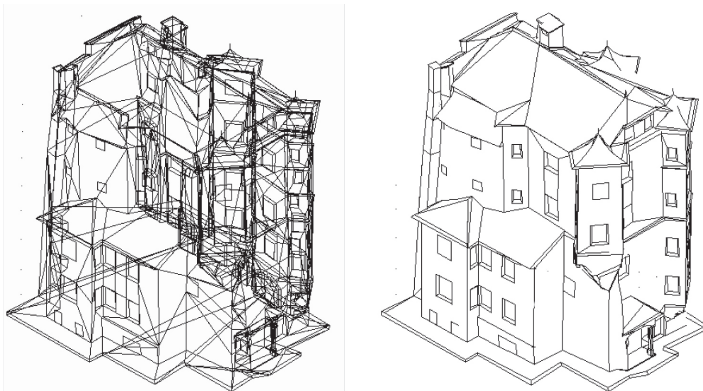
پاسخی همگن برای کل ساختمان و همچنین دستیابی به اندازه‌گیری‌های بیشتر، به مشخص شدن جهات عکس‌برداری نیز نیاز است.

مزیت دیگر این روش امکان کالیبراسیون دوربین حین انجام کار است. این امر سبب افزایش دقت در زمان استفاده از تصاویر دوربین‌های نامعلوم یا کالیبره نشده می‌شود؛ بنابراین، این روش صرفاً مختص دوربین‌های متریک یا حتی کالیبره شده نیست و سبب می‌گردد با انعطاف بیشتری به سراغ تکنیک‌های فتوگرامتری برویم. همچنین در این حالت امکان تنظیم هندسه موقعیت‌های مکانی دوربین^۱ هم وجود دارد؛ یعنی نیازی نیست فرد به دنبال دیدهای موازی و پیکربندی زوج‌های سه‌بعدی باشد. در این روش عکس‌های همگرا، افقی، عمودی یا مورب کاملاً مناسب هستند و ترکیب دوربین‌ها یا لنزهای مختلف هم به آسانی قابل انجام است.

راهبرد عکس گرفتن به این صورت است که برای تعیین نقطه موردنظر باید حداقل دو شعاع نور از زاویه تقاطع موردنظر با آن نقطه تلاقی داشته باشند. اندازه این زاویه به میزان دقت مورد انتظار بستگی دارد. در این



تصویر ۷: نمونه‌هایی از تصاویر، دوربین‌ها و لنزهای گوناگون (مربوط به پروژه آتوبورگ در اینسبروک) برای ترکیب در مجموعه‌ای واحد (Hanke & Ebrahim, 1999)



تصویر ۸: مدل‌های خطی و مدل سطحی به‌عنوان نتایج حاصل از تبدیل مختصات مجموعه داده‌ها

فرآیند ارائه اطلاعات بیشتر نظیر موازی بودن خطوط، هموار بودن سطح و مستطیلی بودن مشخصه‌ها در فضا منجر به دستیابی به طرحی استوار و همگن از هندسه شیء خواهد شد.

تمامی اندازه‌گیری‌ها و دامنه کامل پارامترهای مجهول با تنظیم حداقل مربعات آماری محاسبه می‌شوند. به علت فراوانی داده‌ها در این سامانه

امکان تشخیص خطاهای ناخالص و اشتباهات بزرگ وجود دارد که این امر سبب می‌شود نه تنها دقت بلکه پایایی نتایج هم معمولاً بیشتر گردد.

امروزه تنظیم مجموعه تصاویر در قالب داده‌ای واحد یکی از تکنیک‌های گسترده در فتوگرامتری دیجیتال معماری است. در این تکنیک، برای تنظیم از دوربین‌های نیمه متریک یا حتی غیرمتریک (آماتور)، عکس‌های همگرا و اندازه‌گیری‌های قابل‌تغییر در یک فضای رایانه‌ای مشترک در کنار هم استفاده می‌شود. در این صورت، نتایج دقیق‌تر و قابل‌اطمینان‌تر هستند و دسترسی به آن‌ها جهت استفاده در محیط‌های CAD (طراحی به کمک رایانه) غالباً راحت‌تر خواهد بود.

نتایج تبدیل مختصات مجموعه داده‌ها معمولاً شامل مدل‌های سطحی و مدل‌های خطی سه‌بعدی شیء یا فهرست مختصات نقاط اندازه‌گیری شده و توپولوژی آن‌ها (خطوط، سطوح و...) است که در سامانه‌های اطلاعاتی و CAD استفاده می‌شوند. مصورسازی و پویانمایی یا به اصطلاح «مدل‌سازی عکس‌ها» (مدل‌های سه‌بعدی بافت‌دار) هم جزو خروجی‌های این نوع تبدیل مختصات هستند. معمولاً کل شیء طی یک مرحله بازسازی می‌شود و بافت سطح از روی عکس‌های اولیه قابل‌تشخیص است (به بخش ۶ رجوع کنید).

۳. سامانه‌های تهیه تصویر

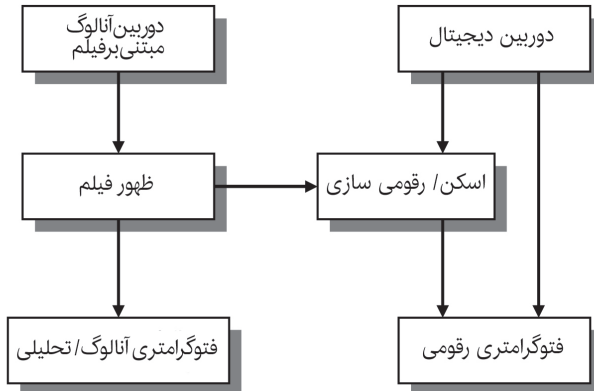
۳-۱. ملاحظات کلی

برای مقاصد فتوگرامتری معماری، داده‌های دیجیتالی تصویر یا به صورت مستقیم به وسیله یک حسگر دیجیتالی نظیر دوربین سی‌سی‌دی حاصل می‌شوند یا امکان دارد این داده‌ها از روی یک عکس به دست بیایند و سپس اسکن شوند.

برای مدت‌های طولانی، تنها امکان استفاده از دوربین‌های گران قیمت و خاص (دوربین‌های متریک) برای کاربردهای فتوگرامتری معماری وجود داشت. در گذشته، به علت محدودیت‌های ناشی از فرآیند بازسازی، فتوگرامتری فقط دوربین‌های متریک با پارامترهای معلوم و توجیه درونی ثابت قابل استفاده بودند. در تصاویر این دوربین‌ها باید حالت‌های خاص تهیه تصویر (مانند حالت نرمال استریو) محقق می‌شد.

امروزه سامانه‌های بیشتری برای تهیه تصویر طراحی شده‌اند و با قیمت‌های معقول در بازار موجود هستند. مزیت اصلی این سامانه‌ها امکان تهیه تصاویر دیجیتالی و پردازش مستقیم آن‌ها در یک رایانه است.

در تصویر ۹ مروری کلی بر سامانه‌های اساسی فتوگرامتری در تهیه و پردازش تصویر برای فتوگرامتری معماری ارائه شده است. از جمله مزایای دوربین‌های عکاسی کلاسیک می‌توان به کیفیت بی‌نظیر وضوح و فیلم خام و تکنیک معروف این دوربین‌ها در گرفتن عکس اشاره نمود. مزیت فرآیند فتوگرامتری تحلیلی، آگاهی و تجربه کافی اپراتور انسانی است. از سوی دیگر، تاکنون هیچ‌یک از دستگاه‌های تهیه تصویر در جریان محض داده‌های دیجیتالی به پای دوربین‌های آنالوگ نرسیده‌اند؛ اما به علت پتانسیل خودکارسازی و استفاده توأم از تصاویر و گرافیک در این روش، پردازش



تصویر ۹: سامانه‌های تهیه و پردازش تصویر در فتوگرامتری معماری

داده‌ها، بهره‌وری بیشتری دارد. علاوه‌براین، در این روش امکان جریان بسته و بالطبع سریع و هماهنگ داده‌ها از تهیه تصویر تا نمایش نتایج وجود دارد. همچنین دیجیتالی سازی فیلم راه‌حلی برای ادغام مزایای فیلم‌های با وضوح بالا و مزایای پردازش دیجیتالی تصویر خواهد بود؛ اما این روش معایبی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به افزایش زمان موردنیاز برای پردازش دیجیتالی سازی‌ها به‌طور مجزا و کاهش کیفیت عکس در فرآیند اسکن اشاره نمود.

در بخش‌های بعد به تشریح سامانه‌های اصلی تهیه تصویر دیجیتالی و عکاسی مورد استفاده در فتوگرامتری معماری و ارائه نمونه‌ها و ملاک‌های به‌کارگیری این سامانه‌ها خواهیم پرداخت.

۳-۲. دوربین‌های عکاسی

از نقطه نظر فتوگرامتری، دوربین‌های آنالوگ به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند: دوربین‌های متریک، دوربین‌های سه‌بعدی و دوربین‌های نیمه متریک (جدول ۱).

مشخصه دوربین‌های متریک زمینی تشخیص ضمنی توجیه درونی به صورت نوری - مکانیکی است که در طول یک دوره طولانی تر ثابت خواهد بود. در این دوربین‌ها نیز مشابه دوربین‌های متریک هوایی، سامانه مختصات تصویر با علائم نشان‌دهنده مقیاس در تصویر^۱ مشخص می‌شود. استفاده از این دوربین‌ها در فتوگرامتری معمولی رو به کاهش است. بعضی از این دوربین‌ها نظیر دوربین‌های متریک Wild p31 & p32 و Zeiss UMK 1318 همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرند. کیفیت هندسی و نوری در این سامانه‌ها تضمین شده است ولی به همان نسبت قیمت این دوربین‌ها هم زیاد است. به علاوه، این دوربین‌ها به دلیل کاربرد عملی‌شان بسیار مورد تقاضا هستند. اغلب، برای مستندسازی بناهای میراثی از دوربین‌های سه‌بعدی در کنار دوربین‌های متریک تکی استفاده می‌شود. این دوربین‌ها متشکل از دو دوربین متریک کالیبره شده هستند که بر روی پایه‌ای ثابت در حالت نرمال و استاندارد قرار می‌گیرند. در بسیاری از کتب منتشر شده در زمینه فتوگرامتری (نظیر Kraus, 1993) به جزئیات دوربین‌های متریک زمینی اشاره شده است.

با ورود دوربین‌های نیمه متریک، به کارگیری تکنیک‌های شبکه‌بندی عکس در دوربین‌های عکاسی به یکی از فعالیت‌های معمول در فتوگرامتری معماری تبدیل شده است. شبکه‌بندی عکس - شبکه‌ای از نقاط مبنای کالیبره که در زمان نوردهی بر روی فیلم برجسته می‌شوند - سبب می‌شود

1- Fiducial Marks

جدول ۱: نمونه‌هایی از انواع سامانه‌های تهیه تصویر مبتنی بر فیلم

	لنزها (میلی‌متر)	ابعاد عکس (میلی‌متر مربع)	مدل	شرکت سازنده
دوربین‌های متریک	۶۰ و ۱۰۰	۶۰ x ۶۰	MK70	Hasselblad
	۶۴	۹۰ x ۶۵	P32	Wild
	۲۰۰ و ۱۰۰ و ۱۴۵	۱۳۰ x ۱۰۰	P31	Wild
	۳۰۰ و ۲۰۰ و ۱۰۰ و ۶۵	۱۸۰ x ۱۳۰	UMK 1318	Zeiss
دوربین‌های استریو	۶۴	۹۰ x ۶۵	C 40/120	Wild
	۶۰	۱۲۰ x ۹۰	SMK 40/120	Zeiss
دوربین‌های نیمه‌متریک	۱۵-۱۰۰۰	۳۶ x ۲۴	3003	Rollei
	۱۸-۱۳۵	۳۶ x ۲۴	R5	Leica
	۴۰-۳۵۰	۶۰ x ۶۰	6006	Rollei
	۳۸ و ۶۰ و ۱۰۰	۵۵ x ۵۵	IDAC	Hasselblad
	۳۵-۲۰۰	۵۰ x ۴۰	PAMS 645	Pentax
	۹۰ و ۱۵۰	۱۲۷ x ۱۰۵	Metrica 45	Linhof
	۷۵ و ۱۵۰	۱۲۶ x ۱۰۲	R_metrica	Rollei
	۱۶۵ و ۲۱۰ و ۳۰۰	۲۳۰ x ۲۳۰	LFC	Rollei
	۱۲۰ و ۲۴۰ و ۴۵۰	۲۳۰ x ۲۳۰	CRC-1	Geodetic Services

تغییر شکل‌های فیلم که در جریان گرفتن عکس، ظاهر کردن و پردازش آن بروز می‌کنند از نظر محاسباتی جبران شوند. شرکت‌های گوناگون، دوربین‌های نیمه متریک را با قطعه‌های مختلف فیلم ارائه می‌دهند. شرکت‌هایی نظیر رولی^۱، لایکا^۲ و هاسلبلا^۳ سامانه‌های دوربین SLR را در قطعه‌های کوچک و متوسط طراحی و تولید می‌کنند. میزان حرفه‌ای

1- Rollei

2- Leica

3- Hasselblad

بودن و تنوع عدسی‌ها و ملحقات در این نوع دوربین‌ها امکان کار سریع و مقرون به صرفه در محل را فراهم می‌کند. دوربین‌های نیمه متریک با قطع متوسط توازن خوبی بین تصاویر با قطع بزرگ و تکنیک دوربین ثابت ایجاد می‌کنند. وستر - ابینگ هاوس^۱ در سال ۱۹۸۹ مروری بر دوربین‌های نیمه متریک داشته است.

در معماری غالباً از دوربین‌های به اصطلاح آماتور استفاده می‌شود. این دوربین‌ها فقط مختص پروژه‌های فتوگرامتری نیستند بلکه در موارد اضطراری که هیچ وسیله دیگری برای ثبت کردن در دسترس نباشد یا در مورد ساختمان‌های آسیب‌دیده یا مخروبه، فقط امکان استفاده از این نوع تصویرسازی وجود دارد. نمونه‌هایی از این نوع تصویرسازی در مطالعات گرون^۲ (۱۹۷۶)، دالاس و همکاران^۳ (۱۹۹۵) و ایونیدیس و همکاران^۴ (۱۹۹۶) ارائه شده است. با توجه به تداوم تخریب میراث فرهنگی در جهان باید در آینده، تصاویر گرفته شده با دوربین‌های آماتور هم بازسازی شوند (Waldhäusl and Brunner, 1988).

۳-۳. اسکنرها

در دیجیتالی سازی تصاویر عکاسی شاهد ترکیب مزایای تهیه عکس مبتنی بر فیلم (قطع بزرگ تصویر، کیفیت هندسی و رادیومتری و تکنیک دوربین ثابت) و مزایای پردازش دیجیتالی تصویر (تکنیک‌های آرشيو، اندازه‌گیری خودکار و نیمه خودکار، ترکیب داده‌های رستر^۵ و برداری) در کنار هم هستیم.

1- Wester-Ebbinghaus

2- Grün

3- Dallas et al.

4- Ioannidis et al.

5- Raster Data

دسته‌بندی اسکنرهای دیجیتالی ساز فیلم خام بر اساس معیارهای گوناگونی انجام می‌شود. به‌عنوان نمونه، این اسکنرها از لحاظ نوع حسگر به سه دسته نقطه‌ای، خطی یا سطحی یا از لحاظ نحوه قرار گرفتن نسبت به شیء اسکن‌شده به دو دسته اسکنر تخت یا استوانه‌ای تفکیک می‌شوند. در عمل، وقتی از اسکنرها برای فتوگرامتری معماری استفاده می‌شود مشکل عدم وضوح کافی و موردنیاز پیش می‌آید. از یک سو باید جزئیات قابل‌تشخیص باشند و از سوی دیگر فضای ذخیره‌سازی محدود است. در پروژه‌های بزرگ‌تر، این مشکل بیشتر خودش را نشان می‌دهد. برای اسکن یک فیلم عکاسی با وضوحی معادل خود فیلم، وضوح اسکن باید حدود ۱۲ میکرومتر (۲۱۰۰ dpi) باشد. به این ترتیب، تصویر اسکن‌شده از یک فیلم با قطع متوسط (۶ x ۶ سانتی متر مربع) حدود ۵۰۰۰ x ۵۰۰۰ پیکسل دارد. برای نگهداری این داده‌ها روی دیسک در حالت اسکن سپاهوسفید به حدود ۲۵ مگابایت و در حالت تصویررنگی نزدیک به ۷۵ مگابایت نیاز است. برای انجام اسکن رنگی تصاویر هوایی، فرد باید تصویری دیجیتالی با ۲۰۰۰۰ x ۲۰۰۰۰ پیکسل یا ۱/۲ گیگابایت تهیه کند. حتی با وجود تداوم افزایش اندازه و کاهش هزینه‌های فضای ذخیره‌سازی رایانه‌ای، نباید این عامل را در برنامه‌ریزی پروژه دست‌کم گرفت.

در فتوگرامتری معماری معمولاً از اسکنرهای فتوگرامتری با وضوح بالا و اسکنرهای رومیزی استفاده می‌شود.

اسکنرهای فتوگرامتری معمولاً اسکنرهای تخت با وضوح هندسی ۱۲/۵-۵ میکرومتر و دقت هندسی ۵-۲ میکرومتر بالا هستند. در حال حاضر فقط چند سامانه در بازار موجود هستند که از سوی شرکت‌های فتوگرامتری ارائه شده‌اند.

اسکنرهای رومیزی (DTP) برای مقاصد فتوگرامتری طراحی نشده‌اند

ولی با قیمت پایین و به صورت گسترده در بازار قابل دسترسی هستند و طراحی و اصلاح آن‌ها زمان‌بر نیست. معمولاً در این اسکنرها اندازه اسکن A3 یا A4 استاندارد و وضوح اسکن ۱۲۰۰-۳۰۰ dpi است. وضوح هندسی این سامانه‌ها حدود ۵۰ میکرومتر است. علیرغم اینکه این اسکنرها در مقایسه با اسکنرهای فتوگرامتری از نظر مشخصات فنی در سطح پایین‌تری قرار دارند ولی قیمت پایین و راحتی کار با آن‌ها سبب شده است برای فتوگرامتری مورد استفاده قرار بگیرند. این موضوع به خصوص در مورد سامانه‌های کالیبره شده‌ای صدق می‌کند که دقت هندسی آن‌ها می‌تواند به حدود ۱۰-۵ میکرومتر هم برسد (Baltsavias and Waegli, 1996).

سی‌دی گزینه دیگری برای دیجیتال سازی و ذخیره سازی فیلم خام است. فیلم‌های قطع کوچک و متوسط در لابراتوارهای خاص دیجیتال سازی و روی سی‌دی ذخیره می‌شوند. مزیت این سامانه‌ها، دیجیتال سازی ساده و کم‌هزینه و آرشیو مناسب داده‌ها است. از سوی دیگر در برخی مواقع عکس در فرآیند اسکن تحت تأثیر قرار می‌گیرد و معمولاً گوشه‌های تصویر اسکن نمی‌شوند. از این رو، بازسازی توجیه درونی تصویر تقریباً غیرممکن است. هانکه^۱ (۱۹۹۴) و توماس^۲ و همکارانش (۱۹۹۵) بررسی‌هایی در زمینه کاربرد عملی این سامانه در فتوگرامتری دیجیتال انجام داده‌اند.

۳-۴. دوربین‌های سی‌سی‌دی (CCD)

توسعه سامانه‌های تصویربرداری دیجیتال ارتباط نزدیکی با توسعه حسگرهای سی‌سی‌دی دارد. مزایای تهیه تصویر دیجیتالی به صورت مستقیم با استفاده از یک حسگر سی‌سی‌دی سبب شده است این سامانه‌ها در کاربردهای فتوگرامتری مورد توجه قرار گیرند. مزایای این

1- Hanke

2- Thomas

سامانه‌ها عبارت‌اند از:

- جریان مستقیم داده‌ها با امکان پردازش آنلاین
- ظرفیت بالای خودکارسازی
- مشخصه‌های هندسی مطلوب
- عدم وابستگی به فرآیند ظاهر کردن فیلم
- کنترل مستقیم تصاویر تهیه‌شده
- پایین بودن هزینه اجزای سامانه

در اصل در کاربردهای فتوگرامتری از حسگرهای سی‌سی‌دی سطح‌محور استفاده می‌شود. این حسگرها برای بازار صنعتی یا تجاری فیلم تولید می‌شوند. حسگرهای سی‌سی‌دی سطح‌محور در دوربین‌های فیلم‌برداری و همچنین در دوربین‌های دیجیتالی با وضوح بالا برای نوردهی تکی (دوربین‌های فیلم‌برداری ثابت) استفاده می‌شوند. سامانه‌های مخصوصی هم وجود دارند که در آن‌ها از فرآیند اسکن برای تهیه تصویر استفاده می‌گردد.

امروزه دوربین‌های دیجیتالی با وضوح بالا با استقبال زیادی روبرو شده‌اند. این دوربین‌ها را می‌توان ترکیبی از دوربین تک لنزی بازتابی (SLR) سنتی قطع کوچک با یک حسگر سی‌سی‌دی با وضوح بالا به‌عنوان جایگزین فیلم دانست. در حال حاضر، داده‌های تصویر دیجیتالی به‌صورت مستقیم در دوربین ذخیره می‌شوند. نمایندگی‌های بسیار مطرح نظیر شرکت‌های کداک/ نیکون این نوع دوربین را تحت نام x60 و x20 Dcs در انجمن فتوگرامتری توزیع نموده‌اند. وضوح این دوربین‌ها به ترتیب $1012 \times 1524 \times 2036 \times 3060$ پیکسل است. شرکت‌های دیگر، دوربین‌هایی با وضوح تقریبی 2000×2000 پیکسل ارائه کرده‌اند. مزیت اصلی این سامانه‌ها تصویربرداری سریع و راحت است که ناشی از وجود هم‌زمان قابلیت‌هایی نظیر تصویربرداری، تبدیل A/D، ابزار ذخیره‌سازی و منبع تغذیه در کنار هم در بدنه یک دوربین است. در این صورت امکان انتقال آن تصاویر به رایانه و

قضاوت در مورد کیفیت تصاویر گرفته شده یا پردازش مستقیم آن‌ها فراهم می‌شود.

در جدول ۲ با چند نمونه از جدیدترین سامانه‌های تصویربرداری دیجیتالی موجود در بازار در سال ۲۰۰۲ آشنا می‌شویم. طبیعتاً این مجموعه کامل نیست. امروزه به راحتی می‌توان با جستجوی ساده در صفحات اینترنتی شرکت‌های مختلف به انواع سامانه‌های تصویربرداری دیجیتالی دسترسی پیدا کرد.

جدول ۲: نمونه‌های دستگاه‌های جدید تصویربرداری رقومی که در سپتامبر سال ۲۰۰۲ ارائه شده‌اند.

شرکت سازنده	نوع	تعداد پیکسل (افقی عمودی)	قطع تصویر (میلی‌متر مربع)	قیمت تقریبی (بر حسب یورو)
دوربین زوم دیجیتالی				
Fuji	FinePix S602 Zoom	2048 x 1536	Super-CCD "1/1,7"	۱۰۰۰
Minolta	Dimâge 7i	2560 x 1920	"CCD 2/3"	۱۵۰۰
Nikon	Coolpix 5700	2560 x 1920	"CCD 2/3"	۱۷۰۰
Olympus	Camedia E-20P	2560 x 1920	"CCD 2/3"	۲۷۰۰
دوربین‌های دیجیتالی بازتابی تکنلزی قابل تعویض				
Nikon	D100	3008 x 2000	CCD 23.7x15.6	۳۲۰۰
Fuji	FinePix S2 Pro	4256 x 2848	Super-CCD 23x15.5	۳۰۰۰
Canon	EOS D60	3072 x 2048	Cmos 22.7 x 15.1	۳۳۵۰
Sigma	SD9	2263 x 1512	X3 Cmos 20.7x13.8	-
Canon	DCS760	3032 x 2008	CCD 27.7 x 18.5	-

۳-۵. از چه دوربینی استفاده کنیم؟

اساساً هیچ جواب یا قانون مشخصی برای این پرسش که در فتوگرامتری ویژه مستندسازی بناهای میراثی از چه دوربینی باید استفاده کنیم وجود ندارد. پروژه‌های فتوگرامتری اغلب آن قدر پیچیده هستند که انتخاب خود شیء و تصمیم‌گیری در مورد استفاده از یک دستگاه تصویربرداری بستگی به بودجه پروژه دارند (تذکر: از همان دوربینی استفاده کنید که قبلاً بدون هیچ هزینه‌ای به آن دسترسی داشته‌اید).

با این وجود، برای موفقیت‌آمیز بودن یک پروژه فتوگرامتری باید چندین جنبه از جمله حداکثر محدودیت زمانی تصویربرداری هم‌زمان و پردازش (فتوگرامتری) داده‌ها بعد از آن را مدنظر قرار داد. در کنار این موارد، سایر جنبه‌ها عبارت‌اند از: نیاز به تصاویر رنگی یا سیاه‌وسفید، دقت موردنظر در مدل نهایی، کوچک‌ترین جزئیات شیء که قابل مدل‌سازی هستند، حداقل و حداکثر تعداد تصاویر پروژه، پویایی و انعطاف‌پذیری سامانه تصویربرداری یا تلفیق در فرآیند کلی تولید. گذشته از همه این‌ها، قیمت سامانه تصویربرداری و قابلیت پردازش داده‌های بیشتری از تصویر همچنان به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده در انتخاب یک سامانه تصویربرداری برای یک پروژه خاص محسوب می‌شوند.

۴. مروری بر روش‌ها و سامانه‌های فعلی فتوگرامتری معماری

۴-۱. ملاحظات کلی

کاربردها و شرایط فتوگرامتری معماری یکسان نیستند. اکثر کارابزارهای فتوگرامتری دیجیتال موجود در بازار^۱ در اصل مختص اندازه‌گیری تصویر سه‌بعدی، مثلث‌بندی هوایی، مدل دیجیتالی زمین^۲ و تولید تصاویر قائم از روی تصاویر عمودی و هوایی زوج تصاویر سه‌بعدی هستند. در این بخش به سامانه‌ها و روش‌هایی می‌پردازیم که در مقایسه با محصولات مطرح در زمینه نقشه‌برداری دیجیتال نسبتاً کم‌هزینه هستند. در بسته‌های نرم‌افزاری فتوگرامتری معماری از انواع گوناگون تصویر استفاده می‌شود که به‌طور مستقیم با دوربین‌های سی‌سی‌دی گرفته شده‌اند یا حاصل اسکن اسلایدهای متریک و غیرمتریک با قطع کوچک و متوسط هستند (به بخش ۳ رجوع کنید). کیفیت تصاویر دیجیتال مستقیماً بر نتیجه نهایی تأثیر می‌گذارد: هرچند دوربین‌های دیجیتال با وضوح پایین یا اسکنرهای ارزان‌قیمت برای مدل‌های بصری دیجیتالی سه‌بعدی کفایت می‌کنند ولی این سامانه‌ها برای مستندسازی متریک مناسب نیستند. فتوگرامتریست‌ها هم مثل معماران یا سایر متخصصان برای حفظ آثار تاریخی به سراغ این نوع سامانه‌ها می‌روند و این سامانه‌ها برای مقاصد خاص در فتوگرامتری معماری روی رایانه‌های شخصی (PC) اجرا می‌شوند. انواع مختلف سامانه‌ها متناظر با نیازهای خاص مستندسازی معماری بر مبنای قائمه‌سازی تصاویر دیجیتالی یا اندازه‌گیری مونوسکوپیک^۳ چندتصویری یا اندازه‌گیری تصویر سه‌بعدی استریواسکوپیک^۴ [عکس‌های هم‌پوشان]

1- Digital Photogrammetric Workstations (DPWs)

2- Digital Terrain Model

3- Monoscopic

4- Stereoscopic

استوار هستند (Fellbaum, 1992). نرم‌افزارهای این سامانه‌ها به گونه‌ای ارائه می‌شوند که در صورت مناسب بودن چیدمان تصاویر دیجیتالی در کنار هم امکان مدل‌سازی و تبدیل مختصات جرمی وجود داشته باشد. خواننده باید توجه داشته باشد که در این بخش فقط بعضی از بسته‌های نرم‌افزاری ذکر شده‌اند و ما به دنبال بررسی سامانه‌های موجود نیستیم.

برای مقایسه سامانه‌های گوناگون باید موارد زیر را در نظر گرفت (CIPA, 1999):

- کار کردن با سامانه
- جریان داده‌ها
- مدیریت پروژه
- ورودی و خروجی داده‌ها (قطع‌های تصویر، پارامتر توجیه درونی و بیرونی، اطلاعات کنترلی، اطلاعات CAD)
- توجیه درونی
- توجیه بیرونی (یک مرحله‌ای یا دومرحله‌ای)
- بازسازی شیء
- نتایج حاصل از لحاظ توپولوژی، سازگاری، دقت و پایایی
- سطح موردنیاز دانش فتوگرامتری برای کار کردن با سامانه

۴-۲. توصیه‌هایی برای سهولت برداشت معماری به روش فتوگرامتری
وال هاوسل و اوگلبی^۱ (۱۹۹۴) قواعد ساده‌ای برای عکاسی با دوربین‌های
غیرمتریک در جریان مستندسازی فتوگرامتری معماری تدوین، آزمایش و
منتشر نموده‌اند.

این قواعد که در اصطلاح به «قواعد ۳×۳» معروف هستند به صورت زیر
ساختار بندی شده‌اند:

سه قاعده هندسی:

- آماده سازی اطلاعات کنترلی،
- پوشش همه جانبه عکاسی چندگانه،
- در نظر گرفتن زوج‌های همپوشان برای تبدیل مختصات سه بعدی.

سه قاعده عکاسی:

- هندسه داخلی دوربین باید همواره ثابت باشد،
- انتخاب نورپردازی همگن،
- انتخاب متعادل‌ترین و بزرگ‌ترین قطع دوربین موجود.

سه قاعده پیشبرد کار:

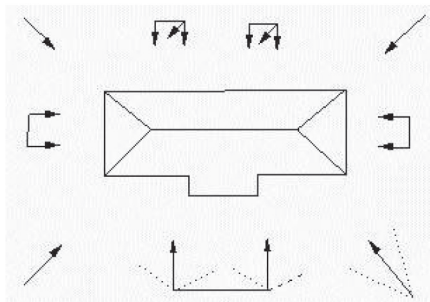
- طرح‌های صحیح بزنید،
- پروتکل‌های صحیح بنویسید،
- از کنترل نهایی غافل نشوید.

دوربین‌های متریک معمولاً بر روی یک سه پایه قرار می‌گیرند اما
گرفتن عکس با تجهیزات کوچک و متوسط غالباً به صورت «دستی» انجام
می‌شود. اخیراً، آگنارد^۲ و همکارانش (۱۹۹۸) و کاسر^۳ (۱۹۹۸) با ترکیب

1- Waldhaeustl & Ogleby

2 - Agnard

3 - Kasser



تصویر ۱۰: تصویر افقی محوطه پیرامونی ساختمانی با چیدمان بلوکی که در بر اساس قواعد «قواعد ۳۳»
[see <http://cipa.icomos.org>] عکاسی شده است.

دوربین‌های دیجیتالی و توتال استیشن‌ها، فتوتئودولیت‌های دیجیتالی را طراحی کرده‌اند. در این حالت، مرجع تصاویر دیجیتالی، نقاط شیء یا اهداف موجود در میدان دید هستند. به این ترتیب، تعیین توجیه بیرونی به سهولت انجام خواهد شد و تصاویر مستقیماً در تبدیل مختصات قابل استفاده خواهند بود.

۳-۴. قائمه‌سازی تصاویر دیجیتالی

بسیاری از بخش‌های اشیاء معماری، مسطح فرض می‌شوند. در این حالت حتی اگر تصویر نسبت به صفحه موردنظر شیء مورب باشد برای محاسبه تصویر مقیاس‌دار قائمه یک پرسپکتیو تکی کافی است. ما حداقل به چهار نقطه کنترلی نیاز داریم که بر اساس مختصات یا فواصلشان در صفحه شیء تعریف شده باشند (به بخش ۲-۱-۲ رجوع کنید).

در بسته نرم‌افزاری MSR مربوط به شرکت رولی متریک^۱ [<http://www.msr.com>]

rolleimetric.de] نمایش مقیاسی اشیاء موجود بر اساس تصاویر دیجیتالی قائمه‌سازی شده ارائه می‌شود (تصاویر ۱۱- الف، ب و پ). داده‌های مرجع معمولاً شامل یک یا چند تصویر فتوگرامتری و/یا عکس آماتور از شیء هستند که در صفحات موردنظر کاربر به صورت قائمه درمی‌آیند. ترسیم‌های ساده (در حالت برداری) و پلان‌های تصویر (در حالت رستری) در نتیجه قائمه‌سازی پردازش می‌شوند.

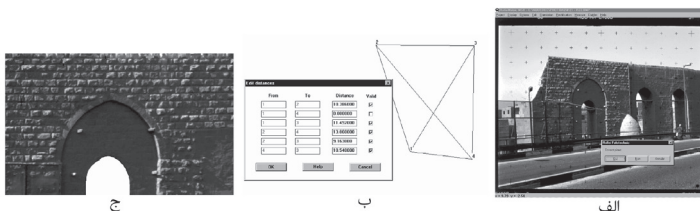
مراحل اصلی قائمه‌سازی در عکاسی عبارت‌اند از (Bryan et al., 1999):

- کار میدانی (عکاسی و کنترل)؛
- اسکن؛
- قائمه‌سازی؛
- موزاییک‌سازی عکس‌ها (فرآیند مونتاژ چندین عکس هوایی مجزا یا انواع دیگری از تصاویر به صورت یک عکس واحد)؛
- روتوش کردن؛
- خروجی؛ و
- ذخیره‌سازی آرشیو.

عکس‌های نماهای ساختمان باید در عمودی‌ترین حالت نسبت به صفحات مبنا گرفته شوند و برای افزایش دقت فقط بخش مرکزی تصویر باید به عنوان هدف کار در نظر گرفته شود.

بسته‌های تجاری نرم‌افزاری CAD/CAM (طراحی و تولید به کمک رایانه) اغلب شامل ابزارهای دست‌کاری در تصویر هستند و قابلیت تبدیل و قائمه‌سازی تصاویر نیز در آن‌ها دیده شده است؛ اما در این بسته‌ها برخلاف نرم‌افزار فتوگرامتری به ندرت اعوجاج دوربین لحاظ می‌شود.

در حالت قائمه‌سازی پرسپکتیو، نقاط غیر مبنا دچار جابجایی تصویر شعاعی در تصویر محاسباتی می‌شوند. بدیهی است اگر شیء نسبتاً مسطح



تصویر ۱۱- الف: انتخاب بخش مسطح شیء/ تصویر ۱۱-ب: فواصل کنترلی برای تعریف صفحه تصویر / تصویر ۱۱-پ: تصویر قائمه شده برگرفته از تصویر ۱۱- الف

نباشد امکان قائمه‌سازی وجود نخواهد داشت.

در بعضی از این بسته‌ها بر اساس فرآیند چندتصویری قابلیت‌هایی برای تعیین فتوگرامتری صفحات دو یا سه عکس تعریف شده است (به بخش ۴-۴ رجوع کنید) که از دیدهای مختلف محدوده شیء گرفته شده‌اند. می‌توان نقشه‌هایی از تصویر دیجیتالی با فرض قائمه‌سازی عکس و مسطح‌سازی شیء ایجاد کرد. در عکس قائم حاصل از فرآیند مسطح‌سازی، مدلی از شیء به همراه یک مدل دیجیتالی شده از زمینه نمایش داده می‌شود (Pomaska, 1998). در مصورسازی و پویانمایی، داده‌های صفحات گوناگون تصویر با کمک ویرایش عکس یا نرم‌افزار CAD با مدل‌های دیجیتالی سه‌بعدی رایانه‌ای ترکیب می‌شوند. نرم‌افزار ELSP مربوط به شرکت پی‌ام‌اس [http://www.pms.co.at] و فتوپلان [http://www.photoplan.net] نمونه‌های دیگری از سامانه‌های قائمه‌سازی موجود در بازار هستند.

افزون بر قائمه‌سازی تصویر دیجیتالی و تصویرسازی قائم، از تصاویر منفرد گرفته شده از سطوح سه‌بعدی که مشخصات تحلیلی معلومی دارند هم می‌توانند به فرآورده‌هایی رستر [تصاویر با ساختار شطرنجی] بدل

شوند که این کار بر اساس نقشه برداری انجام می شود. کاراس^۱ و همکاران (۱۹۹۷) و اگلز^۲ (۱۹۹۸) پژوهش هایی در ارتباط با تصویرسازی رستری و توسعه تصویرسازی غیرمتریک نقاشی های طاق های استوانه ای با قطرهای متغیر و سطوح کروی انجام داده اند.

۴-۴. سامانه های اندازه گیری مونوسکوپیک چندتصویری

طراحی سامانه های فتوگرامتری چندتصویری برای کار بر روی دو یا چند عکس همپوشان انجام شده است که از زوایای مختلف یک شیء گرفته شده اند (به بخش ۲-۳ رجوع کنید). در گذشته، از این سامانه ها برای بزرگ کردن تصاویر آنالوگ و قرار دادن آن بر روی لوح های رقومی ساز استفاده می شد. در حال حاضر، این نرم افزارها معمولاً داده های تصویر را از منابع تصویرسازی دیجیتال و آنالوگ پردازش می کند (شبکه بندی عکس، دوربین های غیرمتریک یا نیمه متریک). از اسکنرها برای دیجیتالی کردن تصاویر آنالوگ استفاده می شود. برای مستندسازی متریک به اوجاج لنز و فیلم نیاز است. اندازه گیری های مونوسکوپیک از روی هر تصویر به صورت مجزا به دست می آیند. در این سامانه ها از فتوگرامتری سه بعدی معمول پشتیبانی نمی شود. سامانه ها برای اندازه گیری نقطه ای و دریافت هندسه شیء می توانند قابلیت های زیر را در طراحی مدنظر قرار دهند:

- شبکه بندی خودکار^۳ در کنار اندازه گیری،

- اندازه گیری نقاط متشابه از طریق نمایش اطلاعات خطی در تصاویر فتوگرامتری و هندسه ی هم قطبی^۴

ارزیابی اشیاء خطی به صورت مستقیم به واسطه تلفیق داده های

1- Karras

2- Egels

3- Automatic Réseau

4- Epipolar Geometry

واقعی با تصویر فتوگرامتری موجود انجام می‌شود. این سامانه‌ها برای مثلث‌بندی مجموعه چندتصویری (شامل تنظیم عمومی مجموعه هم‌زمان با کالیبراسیون ضمنی دوربین‌های مورد استفاده/ به بخش ۳-۲ رجوع کنید) طراحی می‌شوند. تفاوت‌های اصلی این سامانه‌ها ناشی از قابلیت‌های ماژول محاسبه در ترکیب پارامترها و اطلاعاتی نظیر جهات، فواصل و سطوح است. نقش اصلی تصاویر دیجیتالی در فتوگرامتری معماری، کنترل کردن بافت‌ها است. فایل‌های رستری به سطوح شیء تبدیل می‌شوند و داده‌های دیجیتالی تصویر، روی مدل سه‌بعدی شیء تصویر می‌گردند. بعضی از سامانه‌ها با یک ماژول قائمه‌سازی متعامد دیجیتالی ترکیب می‌شوند.

بسته نرم‌افزاری فتومُدِلر^۱ متعلق به کشور کانادا که توسط سامانه‌های EOS طراحی شده است به‌عنوان ابزاری کم‌هزینه برای اندازه‌گیری سه‌بعدی در معماری و باستان‌شناسی [<http://www.photomodeler.com>] شناخته می‌شود. این بسته نرم‌افزاری (تصویر ۱۲) مبتنی بر ویندوز است و قابلیت اندازه‌گیری و تبدیل تصاویر به مدل‌های سه‌بعدی را دارد. مراحل اصلی اجرای یک پروژه در نرم‌افزار فتومدلر به شرح زیر است:

- دو یا چند عکس همپوشان از زوایای گوناگون یک شیء بگیرید؛
- تصاویر را به‌صورت دیجیتالی اسکن و در فتومدلر بارگذاری کنید؛
- با استفاده از ابزار نقطه و خط آن ویژگی‌هایی را که در مدل سه‌بعدی نهایی موردنظر تان است بر روی عکس‌ها مشخص کنید؛
- نقاطی از عکس‌های مختلف را که نشان‌دهنده همان موقعیت روی شیء هستند را به‌عنوان نقاط مرجع انتخاب کنید؛
- داده‌های مبنا (و در صورت امکان دوربین) را پردازش کنید تا به مدل سه‌بعدی برسید؛



تصویر ۱۲: مازول اندازه‌گیری فتومدلر (پروژه آتوبورگ، اینسبروک، به بخش ۶ رجوع کنید)

- مدل سه‌بعدی حاصل را در مرورگر سه‌بعدی مشاهده کنید؛
- محاسبات مختصات، فواصل و مساحت‌ها را در فتومدلر استخراج کنید؛
- مدل سه‌بعدی را به برنامه CAD یا برنامه ایجاد تصویر گرافیکی پویانمایی ارسال کنید.

برای محاسبه فاصله کانونی عدسی، نقطه اصلی، اعوجاج عدسی و نسبت ابعاد تصویر رقومی‌ساز باید کالیبراسیون دوربین بر اساس یک الگوی صفحه‌ای قابل چاپ به صورت مجزا انجام شود. در فتومدلر از تصاویر دوربین‌های فیلم‌برداری ۳۵ میلی‌متری استاندارد که با سی‌دی عکس کدک دیجیتالی شده‌اند، اسکنر نگاتیو یا تخت و همچنین دوربین‌های ویدیویی و دیجیتالی استفاده می‌شود. بر اساس مطالعات هانکه و ابراهیم^۱ (۱۹۹۷)، دقت به‌دست‌آمده برای فواصل بین نقاط در محدوده‌ی ۱:۱۷۰۰

(برای دوربین‌های آماتور قطع کوچک ۳۵ میلی‌متری بدون ترمیم اعوجاج لنز) و تا ۱:۸۰۰۰ (برای دوربین متریک از نوع Wild P32) قرار می‌گیرد و نتایج حاصل امیدوارکننده هستند.

در ادامه با نمونه‌های دیگری از سامانه‌هایی آشنا می‌شوید که بر مبنای مفاهیمی مشابه با بسته نرم‌افزاری یادشده، پایه‌گذاری شده‌اند:

- نرم‌افزار Digital Science Dimension متعلق به شرکت کداک [<http://www.kodak.com>] با قابلیت کار با تصاویر واحد و چندگانه؛

- نرم‌افزار 3D Builder Pro [<http://aay.com/release.htm>] به همراه یک بسته نرم‌افزاری مدل‌سازی؛

- نرم‌افزار SHAPECAPTURE [<http://www.shapequest.com>] با قابلیت استخراج نقاط مبنا و مختصات، اندازه‌گیری مختصات سه‌بعدی نقاط مبنا و مختصات، کالیبراسیون کامل دوربین، تطبیق استریو و مدل‌سازی سه‌بعدی؛

- نرم‌افزار CANOMA متعلق به شرکت Meta Creation [<http://www.metacreations.com>] نرم‌افزاری است که باهدف ایجاد مدل‌های سه‌بعدی واقع‌گرایانه عکس از روی نمونه‌ها (داده‌های تاریخی، کارهای هنری، اسکن‌ها و ...) طراحی شده است. این نرم‌افزار بر اساس تکنیک تصویر کمکی امکان ساخت مدل خطی سه‌بعدی اولیه و ارائه یک تصویر سه‌بعدی از طریق غیر مسطح‌سازی تصاویر دوبعدی در اطراف آن‌ها را فراهم می‌نماید.

سایر سامانه‌های مبتنی بر اندازه‌گیری چندتصویری مونوسکوپیک هم در اصل برای تولید مدل از روی عکس ساخته نشده‌اند. به‌طورکلی، این سامانه‌ها برای نمایش نتایج حاصل از فتوگرامتری از مدل‌های CAD بهره می‌گیرند. به‌عنوان نمونه:

- نرم‌افزار CDW از شرکت رولی متریک [<http://www.rolleimet-ric.de>] در اصل یک سامانه اندازه‌گیری است و کاری به بافت‌ها

ندارد. داده‌ها از طریق رابطه‌ها به سامانه CAD کاربران ارسال می‌شوند. هم‌که توسط رولی متریک عرضه‌شده نیز درواقع نسخه توسعه‌یافته MSR است و برای تعیین صفحات مختلف شیء و تصاویر قائمه‌متناظر با آن‌ها بر مبنای فرآیند چندتصویری CDW (دو یا سه عکس) عمل می‌کند؛

- نرم‌افزار Elcovision12 مربوط به شرکت PMS [<http://www.pms.co.at>] می‌تواند به‌صورت مستقل اجرا شود یا به‌طور مستقیم با تمامی برنامه‌های CAD ارتباط داشته باشد؛

- نرم‌افزار PICTRAN مربوط به شرکت تک‌نت^۱ (برلین، آلمان) [www.technet-gmbh.com] است که دارای قابلیت‌هایی نظیر تنظیم بلوک مجموعه، تبدیل مختصات سه‌بعدی و همچنین قائمه‌سازی و عکس‌های تخت دیجیتالی است؛

- نرم‌افزار PHIDIAS متعلق به شرکت فوکد^۲ (آخن، آلمان) در بسته میکرو استیشن CAD تلفیق می‌شود؛

- نرم‌افزار ORPHEUS (سامانه خدمات مهندسی فتوگرامتری ارینت^۳) که از سوی موسسه فتوگرامتری و سنجش‌ازدور دانشگاه فناوری وین (اتریش) پیشنهادشده، یک ماژول اندازه‌گیری دیجیتالی است که با نرم‌افزار ارینت اجرا می‌شود و برای تولید عکس‌های تخت دیجیتالی با نرم‌افزار SCOP پیوند می‌خورد. قابلیت خاص‌تر این سامانه امکان کار کردن با تصاویر بزرگ از طریق ایجاد هرم‌های تصویر است.

1- Technet
2- PHOCAD
3- ORIENT

۴-۵. سامانه های اندازه گیری تصویر سه بعدی

۴-۵-۱. از تحلیلی تا رقومی

در سامانه های اندازه گیری دیجیتالی سه بعدی از رسام های سه بعدی تحلیلی استفاده می شود که به خاطر قیمت بالاترشان معروف هستند. در مستندسازی متریک هنوز هم بسیاری از ترسیم ها در رسام های سه بعدی انجام می شود؛ با این حال کار کردن با سامانه های دیجیتالی رو به افزایش است و در آن ها امکان تبدیل مختصات جرمی فراهم می شود. با توجه به ضرورت فزاینده توجه به بافت ها در مدل های سه بعدی، اهمیت سامانه ها و عکس های دیجیتالی روز به روز بیشتر نمایان می شود.

۴-۵-۲. استریوسکوپي

در سامانه های ارائه شده در بخش پیشین تعداد تصاویر می تواند بیشتر از دو عدد باشند ولی نقاط همسان در حالت مونوسکوپیک اندازه گیری می شوند. وقتی برای شناسایی نقاط همسان از هیچ نقطه مرجعی استفاده نشود، احتمال بروز مشکل در مورد اشیاء با بافت ساده تر وجود دارد. در این حالت فقط در دید سه بعدی امکان اندازه گیری دقیق سه بعدی وجود دارد؛ بنابراین در این حالت به زوج تصاویر سه بعدی (نزدیک به حالت نرمال) نیاز است. در این صورت می توان برای اندازه گیری مختصات فضایی شیء، سامانه ها را به رسام های سه بعدی شبیه سازی کرد. برای تعریف مدل های سطحی دیجیتالی که مبنای تصاویر تخت هستند اندازه گیری های سه بعدی مورد نیاز است. راه حل های پیشنهادی معمول برای دستگاه های دید سه بعدی عبارت اند از:

- پیکربندی صفحه شکسته^۱ با استفاده از یک تلسکوپ آینه‌ای که در جلوی صفحه‌نمایش قرار گرفته است،
- فرآیند ساخت تصویر برجسته^۲؛
- معاوضه دو تصویر بر روی صفحه کامل (که نیازمند شیشه‌های فعال است)؛
- ایجاد دو تصویر هم‌زمان روی یک صفحه‌نمایش پلاریزه (که نیازمند عینک پلاریزه است).

۴-۵-۳. خودکارسازی و همبستگی

در فتوگرامتری دیجیتال، اکثر اندازه‌گیری‌ها به صورت خودکار و از طریق همبستگی انجام می‌شود. اقدام بعدی تعیین موقعیت شکل هندسی (تحت عنوان ماتریس مبنا) در یک تصویر دیجیتال است. در صورت مشخص بودن موقعیت تقریبی نقطه اندازه‌گیری شده در تصویر، امکان تعریف به اصطلاح ماتریس جستجو^۳ ایجاد می‌شود. موقعیت مورد نیاز در تصویر دیجیتال با استفاده از محاسبات همبستگی تعیین می‌شود. از طریق همبستگی در محدوده پیکسل‌های فرعی، میزان دقت موقعیت‌یابی حدود یک مرتبه بهتر از اندازه پیکسل خواهد بود. فرآیند همبستگی در مورد اشیاء معماری معمولاً با توجه به بافت‌دار بودنشان بسیار کارآمد است. توابع همبستگی در مراحل مختلف جهت‌یابی اجرا می‌شوند:

- فیدوشال مارک یا تقاطع‌های شبکه‌بندی به صورت خودکار در توجیه درونی اندازه‌گیری می‌شوند؛
- با استفاده از فرآیند همبستگی، اندازه‌گیری نقاط همسان هم در توجیه بیرونی و هم در مدل سطحی دیجیتال و ماژول‌های

1- Split Screen Configurationz

2- Anaglyph

3- Search Matrix

ترسیم سه‌بعدی به‌صورت خودکار انجام می‌شود.

تابع همبستگی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های دستی در فتوگرامتری تحلیلی پیشرفته‌تری واقعی محسوب می‌شود. کیفیت اندازه‌گیری معمولاً با ضریب همبستگی مشخص می‌گردد.

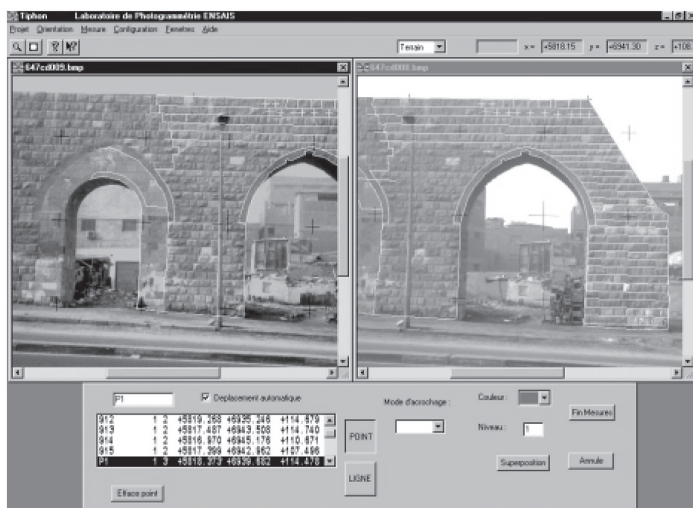
۴-۵-۴. توجیه مدل

سامانه‌هایی که در حال حاضر در فتوگرامتری معماری استفاده می‌شوند با زوج تصاویر سه‌بعدی کار می‌کنند اما کاربرد آن‌ها در این حوزه همیشه امکان‌پذیر نیست. در بسیاری از حالات، سامانه‌ها نمی‌توانند با انواع و مقیاس‌های مختلف تصاویر کار کنند. ممکن است به علت تعریف عکس‌ها و نقاط کنترل در حالت زمینی یا به دلیل غیر مرتبط بودن حالت نرمال تقریبی، مازول توجیه جواب ندهد. بعضی از سامانه‌ها برای توجیه بیرونی به سراغ راه‌حل‌های مبتنی بر توجیه دومرحله‌ای (مطلق نسبی) می‌روند که این موضوع در فتوگرامتری تحلیلی دیده می‌شود؛ اما تنظیم مجموعه که دارای قابلیت توجیه تنها در یک مرحله است بیش‌ازپیش پیشنهاد می‌گردد. گاهی اوقات برای محاسبه پارامترهای تقریبی توجیه از تبدیل خطی مستقیم استفاده می‌شود. بعضی از سامانه‌ها، مثلث‌بندی خودکار را پیشنهاد می‌دهند. با این‌وجود، به علت پیکربندی مجموعه عکس‌ها در فتوگرامتری معماری، استفاده از آن‌ها مستلزم حجم زیادی از اندازه‌گیری‌های دستی است. اغلب تصاویر نرمال‌شده بعد از توجیه نسبی قابل محاسبه هستند. از تصاویر اولیه یا تصاویر نرمال‌شده در سایر فرایندها هم استفاده می‌شود.

۴-۵-۵. دیجیتالی سازی سه بعدی و جمع آوری داده ها

بردارسازی امکان ترسیم (تصویر ۱۳ و ۱۴) و ایجاد مدل سطحی دیجیتالی با روش های کم و بیش نیمه خودکار را بسته به سامانه ها فراهم می نماید. تقریباً همه کارابزارهای فتوگرامتری دیجیتالی دارای قابلیت تلفیق تصویر هستند. بعضی از سامانه ها به صورت آنلاین به بسته های نرم افزاری CAD موجود در بازار متصل می شوند و از روش های مدل سازی آنها استفاده می کنند. عکس های تخت از روی مدل های مختلف ایجاد می شوند اما نمونه عکس ها برای کاربردهای معماری معمولاً از طریق سامانه های چندتصویری حاصل می شوند (به تصاویر ۶ و ۷ رجوع کنید).

در ادامه نمونه هایی از سامانه های رایانه ای شخصی ارزان قیمت معرفی



تصویر ۱۳ و ۱۴: ترسیم سه بعدی رقومی با تلفیق تصاویر

می‌شوند که برای اندازه‌گیری‌های سه‌بعدی با کاربردهای مشخص در فتوگرامتری معماری برد کوتاه قابل استفاده هستند و فقط با زوج تصاویر سه‌بعدی تقریباً نرمال کار می‌کنند:

• رسام ویدیویی دیجیتال [<http://www.dvp-gs.com>] (DVP) یکی از نخستین سامانه‌های عرضه‌شده بود (Agnard et al., 1988). این سامانه برای نقشه‌برداری مقیاس بزرگ در مناطق شهری بهینه‌سازی شده ولی سامانه‌های موردنیاز برای پروژه‌های معماری توسط شرکت سامانه‌های ژئوماتیک رسام ویدیویی رقومی^۱ ارائه شده‌اند؛

• سامانه فتومد^۲ متعلق به شرکت راکورس^۳ (مسکو، روسیه) در مقایسه با سایر سامانه‌ها از خودکارسازی سطح بالایی برخوردار است. این سامانه به‌عنوان کارابزار فتوگرامتری دیجیتالی در فتوگرامتری هوایی معروف است. عکس‌های تخت نماها در سامانه فتومد را شرکت خدمات فناوری پیشرفته قاره‌ای [<http://www.chs-carto.fr>] عرضه کرده است؛

• سامانه Imagestation SSK stereo Softcopy Kit متعلق به شرکت اینترگراف^۴ به‌عنوان کیت تبدیل رایانه شخصی به یک کارابزار فتوگرامتری دیجیتالی کم‌هزینه معرفی شده است. ماژول‌های گوناگون Intergraph ImageStation نیز موجود هستند.

در سال‌های اخیر، دانشگاه‌ها هم چندین سامانه طراحی کرده‌اند که عبارت‌اند از:

VSD به‌عنوان دیجیتالی کننده سه‌بعدی ویدیویی (Jachim-

1- DVP Geomatic Systems Inc.

2- Photomod

3- Raccurs

4- Intergraph

(ski, 1995) برای کاربردهای معماری معروف است. VSD یک خودنگار دیجیتالی است که بر پایه رایانه شخصی ساخته شده است. این سامانه برای ترسیم نقشه‌های برداری بر مبنای زوج تصاویر دیجیتالی مونوکروم یا رنگی و همچنین بردارسازی عکس‌های تخت مناسب است. مشاهده استروسکوپیک بر مبنای یک استروسکوپ آینه‌ای ساده انجام می‌شود؛

• 'E' POIVILLIERS که توسط شرکت IGN-ENSG (Yves Egels، پاریس، فرانسه) طراحی شده، تحت سامانه عامل داس اجرا می‌شود. در این سامانه امکان دید سه‌بعدی از طریق عینک فعال متصل به درگاه موازی رایانه شخصی یا از طریق تصاویر برجسته وجود دارد. این سامانه برای تصاویر بزرگ مناسب است و با توجه به مائول اندازه‌گیری پیکسل‌های فرعی دقت بالایی از لحاظ اشاره‌گری دارد. در این سامانه که هم روی تصاویر زمینی و هم تصاویر هوایی پیاده می‌شود تلفیق رنگی ترسیم‌ها هم ارائه شده است؛

• نقشه‌برداری زوج تصاویر سه‌بعدی در اتوکد R14 از سوی دانشگاه‌های یونان پیشنهاد شده است (Glykos et al., 1999)؛

• TIPHON یک برنامه در ویندوز است که از سوی شرکت ENSAIS (دانشکده صنعتی استراسبورگ، فرانسه) برای فتوگرامتری زوج تصاویر (مجموعه همگرا یا زوج تصاویر سه‌بعدی) با انواع مختلف دوربین طراحی شده است (Grussenmeyer & Koehl, 1998). اندازه‌گیری روی تصاویر دستی یا نیمه‌خودکار از طریق همبستگی میان نقاط در آن‌ها انجام می‌شود. در صورت لزوم مشاهدات استروسکوپیک، از یک استروسکوپ استفاده می‌شود.

• ARPENTEUR به‌عنوان یک « ابزار شبکه‌ای در فتوگرامتری معماری برای آموزش و پژوهش » سامانه‌ای مستقل در وب است که با مرورگر ساده

اینترنتی در دسترس قرار می‌گیرد (Drap & Grussenmeyer, 2000). این سامانه اقتباسی از TIPHON در دنیای اینترنت است و به‌طور ویژه مختص کاربردهای معماری است. ARPENTEUR یک بسته نرم‌افزاری مبتنی بر وب است که از پروتکل‌های FTP و HTTP استفاده می‌کند. روال تنظیم فتوگرامتری و پردازش تصویر در جاوا تدوین شده است. راه‌حل‌های مختلفی برای توجیه زوج تصاویر سه‌بعدی دیجیتالی در دسترس است. مفهوم اجرای نرم‌افزار فتوگرامتری در اینترنت با رویکرد جدید مدل‌سازی سه‌بعدی فتوگرامتری معماری توسعه پیدا کرده است. برای برداشت معماری از مدل‌های هندسی حاصل، از دانش معماری استفاده می‌شود. برای بهینه‌سازی فرآیند مدل‌سازی باید همبستگی تصویر، توابع هندسی و داده‌های فتوگرامتری باهم ترکیب شوند. داده‌های ترسیم سه‌بعدی به‌طور مستقیم روی تصاویر تلفیق می‌شوند و با بسته‌های نرم‌افزاری کد و قالب فایل VRML ارسال می‌شوند. [<http://www.arpenteur.net>]

۵. ساختارهای اشیاء سه بعدی

۵-۱. ملاحظات کلی

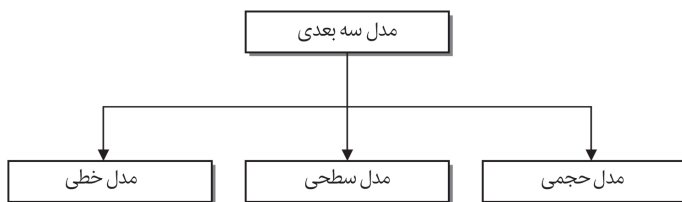
اگر از فردی بخواهند شیء را توصیف کند او برای حل مسئله به سراغ توصیف تمامی خصوصیات و ویژگی‌ها و روابط تک‌تک اجزای شیء با یکدیگر و با خود شیء می‌رود. در اصل، نمایش‌ها و مدل‌های رایانه‌ای هم چیزی جز توصیف آنالوگ شیء نیستند با این تفاوت که در رایانه روش‌های محاسباتی جایگزین زبان انسان شده‌اند. در همه نمایش‌ها فقط تعداد محدودی از خصوصیات توصیف می‌شوند و این توصیف‌های محاسباتی کامل نیستند.

برای پردازش و دست‌کاری اشیاء واقعی در رایانه به مدل‌های داده‌ها نیاز است. این مدل‌ها انتزاعی اشیاء یا پدیده‌های حقیقی هستند. با استفاده از انتزاع می‌توان واقعیت پیچیده و گسترده را در اختیار گرفت یا در آن دست برد. هر تلاشی برای نمایش واقعیت قبلاً یک انتزاع بوده است. تنها نمایش کامل یک شیء در دنیای واقعی، خود شیء است. مدل‌ها، ساختارهایی هستند که انتزاع و عامل‌ها را برای تحلیل و دست‌کاری در یک واحد مناسب ترکیب می‌کنند. با استفاده از مدل‌ها به راحتی می‌توان رفتار، ظاهر و توابع مختلف یک شیء یا ساختمان را نمایش داد و در آن دست برد. پیش شرط پیدایش یک مدل وجود یک انتزاع است. برای اینکه بتوان به طور مؤثر با یک مدل کار کرد باید چند قاعده در آن رعایت شده باشد. هرچه میزان انتزاع بیشتر باشد باید قواعد بیشتری رعایت شوند. مدل‌های CAD به طور ایده‌آل شکل، رفتار و تابع ساختمان را در قالب یک سازواره منطقی و قابل دست‌کاری نمایش می‌دهند.

داده‌های نمایش داخلی رایانه‌ای که بر اساس یک ترتیب خاص دسته‌بندی می‌شوند (ساختار داده‌ها) مبنای کاربردهای نرم‌افزاری را شکل می‌دهند. مبنای داده‌ها به‌طور مستقیم قابل‌دستیابی نیست ولی از طریق الگوریتم‌های مدل موجود که امکان پیاده‌سازی توابع پیچیده را با تبدیل آن‌ها به توابع ساده اساسی بر اساس یک الگوریتم تعریف شده فراهم می‌کنند، قابل‌دسترسی خواهد بود. نمایش یک شیء واقعی در یک مدل رایانه‌ای، ترکیبی از الگوریتم‌ها و ساختار داده‌ها است. یک شیء می‌تواند بسته به دامنه و میزان اطلاعات موردنیاز داده‌ها به‌صورت داده فشرده یا یک مدل متمرکز الگوریتمی نمایش داده شود (Grätz, ۱۹۸۹). تعادل مناسب بین درستی و دست‌کاری آسان مهم‌ترین نقش را در تعریف مدل‌ها بازی می‌کند.

۵-۲. دسته‌بندی مدل‌های سه‌بعدی

مدل‌های سه‌بعدی به سه دسته مستقل تقسیم می‌شوند: مدل خطی، مدل سطحی و مدل توپر (تصویر ۱۵). این دسته‌بندی بر اساس طرح‌های مختلف نمایش داخلی رایانه‌ای انجام می‌شود و از این‌رو مختص حوزه‌های



تصویر ۱۵: مروری بر مدل‌های سه‌بعدی

کاربردی این مدل‌ها است.

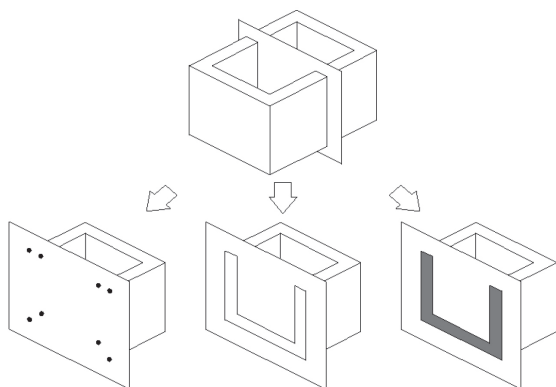
مدل‌های خطی با رأس‌ها و اضلاعی که آن‌ها را به هم وصل می‌کنند، تعریف می‌شوند. این مدل‌ها طرح کلی شیء را مشخص نموده و در آن‌ها امکان مشاهده تمام زوایا وجود دارد. این ویژگی برای اشیاء ساده یک مزیت است اما خوانایی اشیاء پیچیده را کاهش می‌دهد؛ بنابراین این نوع نمایش اغلب برای اشیاء ساده کاربرد دارد.

مدل‌های سطحی، شیء را به صورت مجموعه‌ای مرتب از سطوح در فضای سه بعدی نمایش می‌دهند. مدل‌سازهای سطحی در اصل برای تولید مدل‌هایی بکار می‌روند که در آن‌ها سطوح متشکل از رویه‌های تحلیلی هستند که به آسانی قابل توصیف نمی‌باشند و در جهات مختلف انحناهای متفاوتی دارند. از این مدل اغلب برای مدل‌سازی خودروها، کشتی‌ها یا هواپیماها استفاده می‌شود.

مدل‌های حجمی، اشیاء سه بعدی را به صورت احجام نمایش می‌دهند. ساختار داده‌ها در این مدل امکان استفاده از عملیات بولین^۱ و همچنین محاسبه حجم، مرکز ثقل و مساحت سطح را فراهم می‌کند (Mäntylä, 1988). مدل‌سازی سطحی پر تقاضاترین و درعین حال پر محاسبات‌ترین راه برای مدل‌سازی است. مدل‌های توپر همواره سلسله‌مراتب شیء را نمایش می‌دهند که در آن عناصر اولیه و عملیات تعریف می‌شوند.

هریک از دسته‌بندی‌های فوق مزایا و معایب خاص خودش را دارد. این مزایا و معایب بسته به فرآیند موردنظر کم و بیش اهمیت می‌یابند؛ بنابراین نمی‌توان به صورت قطعی اعلام کرد کدامیک از این دسته‌ها بهتر از بقیه، اشیاء واقعی را نمایش می‌دهند. هرگونه نمایش یک شیء، کم و بیش

1- Boolean operation



تصویر ۱۶: نمایش واقعیت حقیقی یک جعبه به صورت مدل خطی، سطحی و حجمی

تقریبی دقیق از واقعیت است. در نمایش واقعیت حقیقی یک ساختمان تمامی ویژگی‌های مهم طراحی در نظر گرفته می‌شود. با مشاهده مقطع یک جعبه (تصویر ۱۶) می‌توان به تفاوت نمایش‌های مختلف پی برد.

مدل خطی جعبه را به صورت تعدادی رأس و ضلع نمایش می‌دهد. در این مقطع تعدادی از نقاط غیر متصل نشان داده می‌شوند. در صورتی که شکل کلی یا موقعیت جعبه، مورد نظر باشد این نمایش، واقعیت حقیقی خواهد بود.

مدل سطحی جعبه را به صورت ترکیبی از رأس‌ها، اضلاع و سطوح توصیف می‌کند. در مقطع تعدادی نقطه و خط دیده می‌شود. در صورتی که ظاهر سطح مورد نظر باشد این نمایش، واقعیت حقیقی خواهد بود.

مدل حجمی جعبه را به صورت تعدادی رأس، ضلع، رویه و عنصر حجمی نمایش می‌دهد. در مقطع نقاط، خطوط و رویه‌ها نشان داده می‌شوند. در صورتی که ویژگی‌های حجمی، دینامیکی یا ویژگی‌های ماده، مورد نظر

باشد این نمایش، واقعیت حقیقی خواهد بود. برای این منظور باید اطلاعات بیشتری که مربوط به هندسه خالص شیء نیستند ارزیابی شوند.

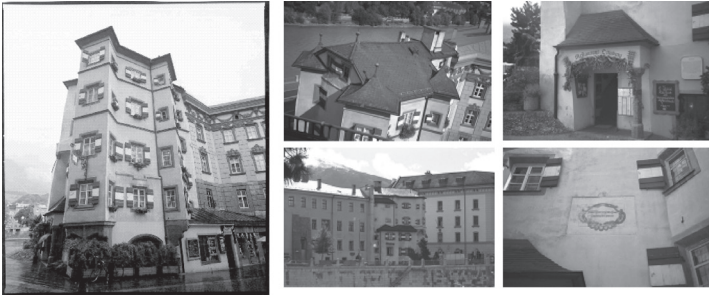
۶. واقعیت بصری

به واسطه ارتقای نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای رایانه‌ای، تجهیزات مصورسازی در فتوگرامتری معماری پیشرفت سریعی داشته‌اند. بسیاری از کاربران دیگر به دنبال نقشه‌های ساده نما نیستند. برنامه‌های سه‌بعدی واقعی نظیر پویانمایی‌ها، پرواز بر فرازها و پرسه زدن‌های تعاملی که تا چند سال قبل مستلزم اجرای کارابزارهای درجه‌یک بودند حالا در رایانه‌های شخصی هم قابل دسترسی هستند.

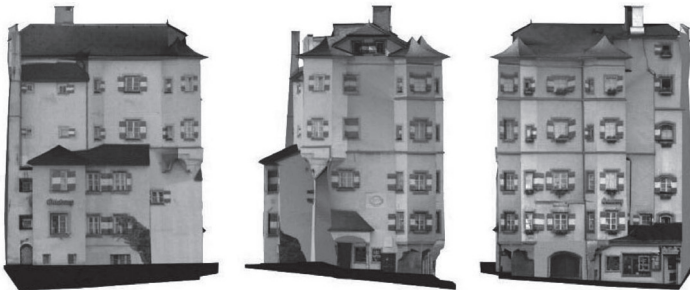
در اینجا باید دو مفهوم مختلف را از هم تفکیک کرد. درحالی‌که «واقعیت مجازی» از مدل‌های برداری برای توصیف یک‌چیز ساختگی یا موقعیت ناموجود (= مجازی) استفاده می‌کند، «واقعیت بصری» برای مصورسازی یک شیء موجود (نمونه عکس) به سراغ ترکیبی پیچیده از بردارها، سطوح و بافت‌های عکس می‌رود. به‌عنوان یک ایده شگفت‌انگیز می‌توان این مدل‌ها را باهم یکپارچه کرد و اشیاء مجازی را در یک واقعیت مصور نمایش داد.

با توجه به هدف و دقت موردنظر در نتایج، روش‌های گوناگونی برای ایجاد چنین مدل‌های سه‌بعدی بافت‌داری وجود دارد. این روش‌ها از چسباندن عکس‌های قائمه عمودی به سطوح ساده‌شده هندسی نماها گرفته تا بازطرح پیچیده عکس‌های اولیه در هندسه پیچیده‌ی ساختمان با استفاده از توجیه درونی و بیرونی دوربین را شامل می‌شوند.

با در نظر گرفتن مدل‌های داده‌های سه‌بعدی از یادمان‌های تاریخی به‌مثابه انبارهای از مفاهیم، تعداد زیادی خروجی خواهیم داشت. به‌عنوان مثال در این قسمت دیدهای پرسپکتیو دلخواه و تصاویر تخت مقیاس‌دار به‌عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شوند.



تصویر ۱۷: دید پرسپکتیو نمونه عکس سه‌بعدی آتوبورگ، اینسبروک



تصویر ۱۸: تصاویر تخت مقیاس‌دار مربوط به ۳ نما از مدل آتوبورگ، اینسبروک

خلق «جهان‌ها» نه‌تنها در بازی‌های رایانه‌ای بلکه در برنامه‌های «خطرتر» هم یکی از راه‌های نویدبخش برای مصورسازی داده‌های سه‌بعدی به شمار می‌رود. VRML یک فرمت جدید استاندارد (ISO 1997) برای توصیف مدل‌ها و صحنه‌های سه‌بعدی است که شامل عناصر چندرسانه‌ای ایستا و پویا است. این فرمت توصیفی، ارتباطی با نوع رایانه ندارد. اکثر مرورگرهای اینترنت فرمت VRML را پشتیبانی می‌کنند. مدل‌های سه‌بعدی از اشیاء به‌صورت تعاملی از سوی کاربران مشاهده و بازدید می‌شوند یا حتی

هم‌زمان در رایانه‌های شخصی به شکل پویانمایی درمی‌آیند. به این ترتیب، VRML گزینه مناسبی برای ایجاد محیط‌های تعاملی، موزه‌های مجازی، مصورسازی و شبیه‌سازی بر اساس داده‌های واقعی است.

گزینه بعدی برای مصورسازی اشیاء واقعی خلق تصاویر دید وسیع یا به عبارتی پانورامیک است. در این روش خبری از فرآیندهای وقت‌گیر مدل‌سازی سه‌بعدی نیست. در مرورگرهای وب، پلاگین‌ها امکان حرکت تعاملی را فراهم می‌کنند. چندین روش برای تهیه تصاویر دید وسیع وجود دارد. یکی از این روش‌ها گرفتن عکس‌های واحد با ۲۰ تا ۵۰ درصد همپوشانی از یک مکان ثابت در حالی است که دوربین حول یک محور عمودی می‌چرخد. با غیرمسطح‌سازی این تصاویر روی سطوح استوانه‌ای یا کره‌ای در زمان مرور مدل، تصویرسازی فضایی حاصل می‌شود. روش دیگر، حرکت دادن دوربین حول شیء با یک نقطه هدف ثابت است. اشیاء پیچیده را می‌توان در رایانه شخصی مشاهده کرد و می‌شود تنها با حرکت ساده گرفتن و کشیدن موس آن‌ها را چرخاند. با کلیک روی « نقاط حساس » می‌توان به ترکیبی از دورنماهای چندگانه و اطلاعات زنجیره‌ای دیگر مربوط به اشیاء نمایش داده شده دست‌یافت. برای دوخت تصویر، دوربین‌های افق‌نما و ابزارهای ویرایش مخصوصی وجود دارند.

در تکنیک‌های پرداخت جدید با استفاده از ترکیب تصاویر (در میان سایر روش‌های خلق دیدهای افق‌نما) هم نیازی به مدل سه‌بعدی صریح از شیء نیست. اختلاف دید بین دو تصویر برای درون‌یابی (حتی در بعضی موارد برونیابی) سایر تصاویر کفایت می‌کند. این اختلاف دیده‌ها محدود به اشیاء موجود هستند و امکان ترکیب آن‌ها با دنیای مجازی وجود ندارد.

۷. کمیته بین‌المللی فتوگرامتری معماری (سیپا)^۱

در این بخش مروری بر برنامه‌ها و توسعه‌های اخیر در زمینه فتوگرامتری معماری داشتیم و در پایان مختصری در مورد کمیته بین‌المللی فتوگرامتری معماری (سیپا) به عنوان یکی از انجمن‌های این حوزه صحبت خواهیم کرد.

سیپا یکی از کمیته‌های بین‌المللی ایکوموس (شورای بین‌المللی ابنیه و محوطه‌ها)^۲ است که با همکاری ISPRS (انجمن بین‌المللی تصویر سنجی و سنجش‌ازدور)^۳ ایجاد شده است.

هدف اصلی این کمیته بهسازی تمامی روش‌های برداشت ابنیه و محوطه‌های فرهنگی به‌ویژه از طریق هم‌افزایی حاصل از ترکیب روش‌های ویژه فتوگرامتری با تمام جنبه‌های آن است که نقش مهمی در ثبت و پایش ادراکی میراث فرهنگی به‌منظور حفظ و مرمت آثار، اشیاء یا محوطه‌های معماری یا فرهنگی ارزشمند و در حمایت از پژوهش‌های معماری، باستان‌شناسی یا سایر پژوهش‌های هنری-تاریخی ایفا می‌کند.

شورای بین‌المللی ابنیه و محوطه‌ها (ICOMOS) و انجمن بین‌المللی تصویر سنجی و سنجش‌ازدور (ISPRS) هر دو معتقد بودند که تنها زمانی می‌توان یک بنا را حفظ و مرمت کرد که آن بنا به‌طور کامل اندازه‌گیری و مستندسازی شود و توسعه محیطی آن‌هم بارها مستندسازی یا به عبارتی پایش و در سامانه‌های مربوط به مدیریت و اطلاعات میراث ذخیره گردیده و بر این اساس تصمیم به ایجاد شورای بین‌المللی ابنیه و محوطه‌ها (CIPA) گرفته شد.

برای انجام این مأموریت، سیپا [see <http://cipa.icomos.org>] باید:

1- International Committee for Architectural Photogrammetry (CIPA)

2- ICOMOS (International Council on Monuments and Sites)

3- International Society of Photogrammetry and Remote Sensing

• نسبت به برقراری همکاری بین معماران، تاریخ‌نویسان، باستان‌شناسان، حافظان محیط‌زیست، کارشناسان فهرست‌سازی و متخصصان فتوگرامتری و سنجش‌ازدور، سامانه‌های اطلاعات فضایی، CAAD، رشته گرافیک رایانه‌ای و سایر رشته‌های مرتبط اقدام کند؛

• به ساماندهی و ترغیب به انتشار و تبادل ایده‌ها، دانش، تجربه و نتایج پژوهش و توسعه بپردازد (گروه‌های تخصصی سیپا و فهرست پستی سیپا)؛

• با نهادها و شرکت‌های مربوطه که در زمینه پیاده‌سازی برداشت‌های فتوگرامتری یا تولید سامانه‌ها و تجهیزات مناسب تخصص دارند ارتباط برقرار کند و سعی نماید این نهادها و شرکت‌ها را باهم پیوند بزند (هیئت اعضای پشتیبان)؛

• نسبت به برگزاری و سازمان‌دهی همایش‌ها، هم‌اندیشی‌ها، گفتگوهای تخصصی، کارگاه‌ها، آموزش‌ها، جلسات عملی و دوره‌های تخصصی اقدام نماید (رویدادهای سیپا)؛

• مسئولیت کارشناسی تخصصی و فنی در پروژه‌های خاص را تقبل کند (هیئت مشورتی کارشناسی سیپا)؛

• شبکه‌ای متشکل از نمایندگان کمیته و ملی ایجاد کند؛

• گزارش سالیانه فعالیت‌هایش را به دفتر ایکوموس (دبیر کل) و شورای ISPRS (دبیر کل) ارائه و آن را در اینترنت منتشر نماید (گزارش‌های سالیانه)؛

• تشکیلات، اساسنامه و آیین‌نامه‌اش را نیز در اینترنت منتشر کند.

سیپا دارای ساختاری پایا متشکل از گروه‌های کاری (WG) و گروه‌های فعالیتی (TG) است؛ اکثر مقالات مرجع که در بخش‌های بعدی ارائه می‌شوند در آرشیوهای کمیسیون‌های ISPRS و CIPA منتشر شده‌اند.

منابع

کتابهای مرجع

1. ATKINSON, K.B., 1996. Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Whittles Publishing, London.
2. BATIC J. et al., 1996. Photogrammetry as a Method of Documenting the Cultural Heritage, (in English and Slovenian). Minist. of Culture, Ljubljana, Slovenia. 1996.
3. DALLAS, R.W.A., 1996. Architectural and archaeological photogrammetry. Chapter in Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Edited by K.B. Atkinson, Witles Publishing, Caithness, U.K., 1996, pp. 283-302.
4. FONDELLI, M., 1992. Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica, (in Italian). Editori Gius. Laterza & Figli Spa, Roma-Bari, Italia 1992.
5. GRÄTZ, J.F., 1989. Handbuch der 3D-CAD-Technik. Modellierung mit 3D-Volumensystemen. SiemensAktiengesellschaft, Berlin, 1989, (in German).
6. KRAUS, K. with contributions by P. WALDHÄUSL. 1993. Photogrammetry, Vol. 1, Fundamentals and Standard Processes , 4th edition, Dümmler/Bonn, ISBN 3-427-78684-6.
7. KRAUS K. with contributions by JANSJA J. and KAGER H., 1997. Photogrammetry – Advanced Methods and Applications. Volume 2, , 4th edition, Dümmler/Bonn.
8. LUHMANN, Th., 2000. Nahbereichsphotogrammetrie – Grundlagen, Methoden und Anwendungen". Wichmann-Verlag, Heidelberg, (in German).
9. PATIAS, P. & KARRAS, G.E., 1995. Contemporary Photogrammetric Applications in Architecture and Archaeology. Thessaloniki, Greece, 1995, (in Greek).
10. SAINT-AUBIN, J.-P., 1992. Le relevé et la représentation de l'architecture. Inventaire Général des Monuments et des Richesses Artistiques de la France, Paris, 232pp. (in French).
11. WEIMANN, G., 1988. Architektur-Photogrammetrie,. Wichmann Verlag, Karlsruhe, Germany 1988, (in German).

مجلات و سایر نوشته‌های مرجع

12. AGNARD, J.-P., GAGNON, P.-A., NOLETTE, C., 1988. Microcomputers and Photogrammetry. A New Tool: The Videoplotter. PE&RS, 54 (8), pp.1165-1167.
13. AGNARD, J.P., GRAVEL, C., GAGNON, P.-A., 1998. Realization of a Digital Phototheodolite. ISPRS International archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII, part 5, Hakodate, 1998, pp. 498-501.
14. ALMAGRO, A., 1999. Photogrammetry for Everybody. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII, CIPA Symposium 1999, Olinda, Brazil.
15. BALTSAVIAS, E., WAEGLI, B., 1996. Quality analysis and calibration of DTP

- scanners. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 31, Part B1, pp. 13-19.
16. BRYAN, P.G., CORNER, I., STEVENS, D., 1999. Digital rectification techniques for architectural and archeological presentation. *Photogrammetric Record*, 16(93): 399-415 (April 1999).
 17. CHENGSHUANG, L., RODEHORST, V. WIEDEMANN, A., 1997. Digital Image Processing for Automation in Architectural Photogrammetry In: O. Altan & L. Gründig (eds.) *Second TurkishGerman Joint Geodetic Days*. Berlin, Germany, May 28-30, 1997. Istanbul Technical University, 1997, pp. 541-548.
 18. CIPA, 1999. Questionnaire on the processing of the data set "Zurich city hall". Edited by CIPA Working Group 3 & 4 (A. Streilein, P. Grussenmeyer and K. Hanke) 1999. 8 pages.
 19. DALLAS, R.W.A., KERR, J.B., LUNNON, S., BRYAN, P.G., 1995. Windsor Castle: photogrammetric and archaeological recording after the fire. *Photogrammetric Record*, 15 (86). pp. 225-240.
 20. DRAP, P., GRUSSENMEYER, P., 2000. A digital photogrammetric workstation on the WEB. *ISPRSJournal of Photogrammetry and Remote Sensing* 55 (1), pp.48-58.
 21. EGELS, Y., 1998. Monuments historiques et levés photogrammétriques. *Revue Géomètre*, (3) 1998, pp. 41-43, in French.
 22. EL-HAKIM, S., 2000. A practical approach to creating precise and detailed 3D models from single and multiple views. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(5): 203-210.
 23. FELLBAUM, M., 1992. Low Cost Systems in Architectural Photogrammetry. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXIX, Part B5, Washinton DC, 1992, pp. 771-777.
 24. GLYKOS, T., KARRAS, G.E., VOULGARIDIS, G., 1999. Close-Range Photogrammetry within a Commercial CAD Package. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Part 5W11. Thessaloniki , 1999. pp. 103-106.
 25. GRUEN, A., 2000. Semi-automated approaches to site recording and modeling. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(5): 309-318.
 26. GRUEN, A., 1976. *Photogrammetrische Rekonstruktion aus Amateuraufnahmen*. *ArchitekturPhotogrammetrie II*, Arbeitsheft 17, Landeskonservator Rheinland. Rheinland-Verlag, Köln, 1976. pp. 85-92.
 27. GRUSSENMEYER, P., HANKE, K., STREILEIN, A., 2002. Architectural photogrammetry. Chapter in «Digital Photogrammetry». Edited by M. KASSER and Y. EGELS, Taylor & Francis, pp. 300-339.
 28. GRUSSENMEYER, P., KOEHL, M., 1998. Architectural photogrammetry with the TIPON software, towards digital documentation in the field. *International archives of Photogrammetry and Remote Sensing* Vol. XXXII, part 5, Hakodate, 1998, pp. 549-556.
 29. GRUSSENMEYER P. – ABDALLAH T., 1997. The cooperation in architectural photogrammetry between ENSAIS (France) and ECAE (Egypt) : practical experiences on historic monuments in CAIRO. *International archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Part 5C1B, Göteborg, 1997, pp. 215-221.

30. GRUSSENMEYER, P., GUNTZ, C., 1997. Photogrammétrie architecturale et réalité virtuelle : modélisation de l'aqueduc El-Ghuri (Le Caire, Egypte). Revue de l'Association Française de Topographie, XYZ 4e trim. 97 N°73, pp. 75-81, in french.
31. HANKE K, EBRAHIM M.A-B., 1999. The „Digital Projector“ – Raytracing as a tool for digital close range photogrammetry. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999. Vol. 54 / 1. Elsevier Science B.V., Amsterdam, NL
32. HANKE K., 1998. Digital Close Range Photogrammetry using CAD and Raytracing Techniques. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII Part 5, Hakodate 1998, pp. 221-225.
33. HANKE K, EBRAHIM M.A-B., 1997. A low cost 3D-Measurement Tool for Architectural and Archaeological Applications. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXI Part 5C1B, CIPA Symposium, Göteborg 1997, pp. 113-120.
34. HANKE K., 1994. The Photo-CD – A Source and Digital Memory for Photogrammetric Images. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXX Part 5, Melbourne, 1994, pp.144-149
35. HEMMLEB, M., WIEDEMANN A., 1997. Digital Rectification and Generation of Orthoimages in Architectural Photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol.XXXI Part 5C1B, CIPA Symposium, Göteborg 1997, pp. 261-267
36. IOANNIDIS, C., POTSIU, C., BADEKAS, J., 1996. 3D detailed reconstruction of a demolished building by using old photographs. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXXI, Part B5, Vienna 1996. pp. 16-21
37. JACHIMSKI, J., 1995. Video Stereo Digitizer. A Small Digital Stereophotogrammetric Working Station for the Needs of SIT and other Application. Polish Academy Of Sciences. The Krakow Section. Proceedings of the Geodesy and Environmental Engineering Commission, Geodesy 38, 1995, pp. 71-91.
38. KARRAS, G., PATIAS, P., PETSIA, E., KETIPIS, K., 1997. Raster projection and development of curved surfaces. International Archives of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. XXXII, Part 5C1B, Göteborg, pp. 179-185.
39. KASSER, M., 1998. Développement d'un photothéodolite pour les levés archéologiques. Revue Géomètre, (3) 1998, pp. 44-45, (in French).
40. MĂNTĂLA, M., 1988. Introduction to Solid Modeling. Computer Science Press. 1988.
41. PATIAS, P., STREILEIN, A., 1996. Contribution of Videogrammetry to the architectural restitution –Results of the CIPA "O. Wagner Pavillon" test. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXI, Part B5, Vienna 1996, pp. 457-462.
42. PATIAS, P., PEIPE, J., 2000. Photogrammetry and CAD/CAM in culture and industry, an ever changing paradigm. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(5): 599-603.
43. POMASKA, G., 1998. Automated processing of digital image data in architectural surveying. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXII, Part 5, Hakodate 1998, pp.637-642.
44. SCHNEIDER, C-T., 1996. DPA-WIN – A PC based Digital Photogrammetric

- Station for Fast and Flexible On-Site Measurement. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXI, Part B5, Vienna, 1996, pp. 530-533.
45. STREILEIN, A, HANKE, K., GRUSSENMEYER, P., 2000. First experiences with the "Zurich City Hall" data set for architectural photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(5): 772-779.
 46. STREILEIN, A., NIEDERÖST, M., 1998. Reconstruction of the Disentis monastery from high resolution still video imagery with object oriented measurement routines. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXII, Part 5, Hakodate, 1998, pp. 271-277.
 47. STREILEIN, A., 1996. Utilization of CAD models for the object oriented measurement of industrial and architectural objects. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXI, Part B5, Vienna, 1996, pp. 548-553.
 48. STREILEIN, A., 1995. Videogrammetry and CAAD for architectural restitution of the Otto-Wagner Pavillion in Vienna. In "Optical 3-D Measurement Techniques III", Gruen/Kahmen (Eds), Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995, pp. 305-314.
 49. STREILEIN, A., GASCHEN, S., 1994. Comparison of a S-VHS camcorder and a high-resolution CCD camera for use in architectural photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Volume XXX, Part 5, Melbourne, 1994, pp. 382-389.
 50. STREILEIN, A., BEYER, H. and KERSTEN, T., 1992. Digital photogrammetric techniques for architectural design. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXIX, Part B5, Washington DC, 1992, pp.825-831.
 51. THOMAS, P.R., MILLER, J.P., NEWTON, I., 1995. An Investigation into the use of Kodak Photo CD for Digital Photogrammetry. Photogrammetric Record 15 (86), pp. 301-314.
 52. VAN DEN HEUVEL, F.A., 1999. Estimation of interior orientation parameters from constraints on line measurements in a single image. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 32, Part 5W11, Thessaloniki 1999, pp. 81-88.
 53. VAN DEN HEUVEL, F.A., 1998. 3D Reconstruction from a Single Image using Geometric Constraints ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.53, No.6, pp.354-368
 54. VARHOSAZ, M., DOWMAN, I., CHAPMAN, D., 2000. Towards automatic reconstruction of visually realistic models of buildings. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(5): 180-186.
 55. WALDHAEUSSL, P., 1999. Tasks for ISPRS Working Groups to Serve ICOMOS. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXII, Part 5W11, Thessaloniki 1999, pp. 1-7.
 56. WALDHAEUSSL, P., OGLEBY, C., 1994. 3x3-Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXX, Part 5, Melbourne, 1994, pp. 426-429.
 57. WALDHAEUSSL, P., 1992. Defining the Future of Architectural Photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXX, Part B5, Washington DC, 1992, pp. 767-770.

58. WALDHAEUSSL, P., BRUNNER, M., 1988. Architectural Photogrammetry world-wide and by anybody with non-metric cameras? Proceedings des XI. Internationalen CIPA Symposiums, October 1988, Sofia, pp. 35-49.
59. WESTER-EBBINGHAUS, W., 1989. Das Réseau im photogrammetrischen Bildraum. Bildmessung und Luftbildwesen 3/89. pp. 64-71.
60. WIEDEMANN, A., HEMMLEB, M., ALBERTZ, J., 2000. Reconstruction of historical buildings based on images from the Meydenbauer archives. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(5): 887-893.
61. WIEDEMANN, A., RODEHORST, V., 1997. Towards Automation in Architectural Photogrammetry using Digital Image Processing. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXI Part 5C1B, CIPA Symposium, Göteborg 1997, pp. 209-214.
62. WIEDEMANN, A., 1996. Digital Orthoimages in Architectural Photogrammetry Using Digital Surface Models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B5, Vienna 1996, pp. 605-609.
63. ZISCHINSKY, T., DORFFNER, L., ROTTENSTEINER, F., 2000. Application of a new model helicopter system in architectural photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(5): 959-968.

پیوست ۱

قائمه کردن دیجیتالی عکس های تاریخی

ماتیاس هملیب

HEMMLEB, M. (1999). DIGITAL RECTIFICATION OF HISTORICAL IMAGES, CIPA International Symposium, Olinda, Brasil, 3.-6. October 1999, IAPRS, Vol. XXXII.

در این متن، چندین شیوه قائمه کردن عكس‌های تاریخی با نقاط مرجع و بدون آن‌ها مورد بحث قرار خواهد گرفت. برای هر مورد، نمونه‌ای ارائه خواهد شد. دست‌کم نشان داده می‌شود که عكس‌های تاریخی چگونه به تجسم وضعیت اصیل یادمان‌های تاریخی در یک روش سه‌بعدی کمک می‌کنند. قائمه کردن^۱، مسطح‌سازی^۲، عكس‌های تاریخی، معماری، حفاظت یادمان

۱. مقدمه

عكس‌های تاریخی غالباً تنها اسناد باقی‌مانده از ساختمان‌ها و بناهای تاریخی تغییر یافته یا تخریب شده در گذشته هستند. روش‌های فوتوگرامتری این امکان را فراهم می‌آورند تا عكس‌های موجود اعتبارسنجی و نقشه‌هایی از نما و مقاطع افقی بازسازی شوند. این نقشه‌ها برای معماران و حافظان بناهای یادمانی موارد ارزشمندی در بازسازی آثار تاریخی هستند.

1- Rectification

2- Unwrapping

اگر ساختمان یا دست‌کم بخشی از آن همچنان موجود باشد، آنگاه مرجعی برای مقیاس می‌تواند به‌وسیله اندازه‌گیری نقاط معینی به دست آید. در صورت تخریب بنا، اطلاعات مرجع گاهی از طریق ساختمان‌هایی به دست می‌آیند که هنوز در همسایگی برج هستند. در غیر این صورت، سنجش یک مقیاس صحیح به داده‌های باقی‌مانده از تنظیمات دوربین [توجیه یا کالیبراسیون دوربین^۱] یا اطلاعاتی راجع به زاویه دید بستگی دارد. اگر قواعد دیگری در زمان عکاسی لحاظ شده باشند، در شرایط ویژه می‌توان از آن‌ها نوعی ارزیابی مقیاس دار را به دست آورد. این امر، برای نمونه، در مورد بسیاری از عکس‌های آرشیو تصاویر متریک آلبرشت مایدن‌باوئر^۲ وجود دارد. موفقیت یک سنجش فتوگرامتریک به تعداد عکس‌ها از موضوع که در بهترین حالت تنها با یک دوربین عکاسی شده باشند نیز بستگی دارد

هدف مطالعه حاضر ارزیابی عکس‌های واحد در قالب یک قائمه‌سازی دیجیتال [رقومی] است. اگر ناحیه مورد نظر استوانه‌ای باشد، می‌توان [عملیات] مسطح‌سازی تصویر^۳ را انجام داد. این نتایج می‌توانند برای ساخت نمونه عکس‌های سه‌بعدی که موقعیت تاریخی موضوع را بازنمایی می‌کنند نیز به کار روند. از آنجا که تصاویر متریکی از ساختمان‌های مورد نظر وجود دارند، می‌توانند به سبب کیفیت بالا و خصوصیات فتوگرامتریک آن‌ها برای ارزیابی در قالب عکسی واحد مورد استفاده قرار گیرند. در مطالعه حاضر از عکس‌های تاریخی متریک موجود در آرشیو عکس‌های متریک «اداره منطقه‌ای حفاظت از بناهای تاریخی براندنبورگ»^۴ استفاده شده است؛ بنابراین، نخست باید این آرشیو به اختصار توصیف شود.

1- Calibration Data of the Camera

2- Albrecht Meydenbauer

3- Image Unwrapping

4- Meßbildarchiv des Brandenburgischen Landesamts für Denkmalpflege

۲. آلبرشت مایدن باوئر و آرشیو تصاویر متریک

آلبرشت مایدن باوئر (۱۸۳۴-۱۹۲۱ میلادی) به خاطر پایه‌گذاری فوتوگرامتری معماری مورد توجه است (Schwidersky, 1971). او افزون بر ملاحظاتش راجعه قواعد اندازه‌گیری از طریق معکوس کردن مسیر حرکت پرتو در عکس‌ها، دوربین‌های متریک درخوری را نیز ساخت. مهم‌ترین هدف وی بنیان‌گذاری آرشیو آلمانی بناهای تاریخی بود که بتوان در آنجا میراث فرهنگی را به صورت تصاویر متریک و اسناد نگهداری کرد تا برای یک ارزیابی فوتوگرامتریک محیا باشند. او در سال ۱۸۸۵ میلادی با تأسیس «مؤسسه سلطنتی تصاویر متریک پروس»^۱ در برلین تا اندازه‌ای به این هدف دست یافت. پس از تاریخی پرحادثه، ۲۰,۰۰۰ صفحه بزرگ شیشه‌ای دارای تصاویر متریک، به عنوان جوهره آرشیو تصاویر متریک مایدن باوئر، در محل اداره منطقه‌ای حفاظت از بناهای تاریخی براندنبورگ برجا ماند (Koppe, 1996). از زمان بنیان‌گذاری مؤسسه تصاویر متریک در سال ۱۸۸۵ تا دهه ۳۰ قرن حاضر [منظور قرن بیستم است] این عکس‌ها با رعایت ضوابطی خاص با دوربین‌های با کیفیتی که به طور ویژه برای این کار ساخته شده بودند در اندازه‌ای تا ۴۰ x ۴۰ سانتی‌متر تهیه می‌شدند. بزرگ‌ترین بخش این مجموعه، بناهای باستانی پروس سابق را در برمی‌گیرد. ولی عکس‌های گوناگونی نیز از مناظر معماری در سرتاسر آلمان و در مواردی کشورهای خارجی نیز وجود دارد.

متأسفانه، تمام اسناد مربوط به این دوربین‌ها به همراه خود دوربین‌ها در جنگ جهانی دوم مفقود شدند. پس هرچند در این آرشیو، عکس‌ها به صورت تصاویر متریک هستند ولی هیچ اطلاعاتی از کالیبراسیون^۲ آن‌ها

1- Royal Prussian Institution of Metric Images

2- Calibration

وجود ندارد. این شرایطی است که ارزیابی فتوگرامتریک را به‌طور چشم‌گیری پیچیده می‌کند؛ بنابراین دوربین‌ها یا باید بعداً با کمک دیگر تصاویر کالیبره شوند یا روش‌هایی برای پردازش فتوگرامتریک انتخاب گردند که نوعی کالیبراسیون را دربردارند یا اساساً به هیچ کالیبراسیونی نیاز ندارند.

در این اواخر آزمایش‌هایی روی واپسین کالیبراسیون دوربین‌های مایدن‌باوئر انجام شد (Li, 1996). تاکنون فقط توانستند نتایج موردی برای عکس‌هایی خاص را ارائه دهند که تبیین‌هایی کلی دربارهٔ پارامترهای کالیبراسیون دوربین‌ها را ممکن نمی‌سازد؛ بنابراین، داده‌های ناشی از جهت‌یابی درونی [دوربین] نمی‌توانست برای تصاویر متریک در محدودهٔ این مطالعه در نظر گرفته شود.

پس تلاش برای یافتن یک روش فتوگرامتری که مستلزم دانش توجیه درونی نباشد، برای ارزیابی لازم است. در مورد ساختمانی که جهت اندازه‌گیری نقطه مرجع هنوز قابل‌دسترس است، باید یک قائمه کردن پروژکتیو (تصویری) دیجیتالی یا سطح‌سازی تصویری بر روی تصاویر متریک انجام گردد. این نتایج می‌توانند با ارزیابی فتوگرامتریک واقعی هم‌پوشانی داشته باشند. این روش‌ها در بخش بعدی توضیح داده می‌شوند. در بخش ۴، برای قائمه کردن تصاویر متریک ساختمان‌هایی که دیگر موجود نیستند، نوعی رویکرد ارزیابی ارائه می‌شود که ضوابط خاص مایدن‌باوئر را مدنظر قرار می‌دهد و آن‌ها را با قائمه کردن دیجیتالی ترکیب می‌نمایند.

۳. قائمه کردن دیجیتالی و مسطح‌سازی ساختمان‌هایی که

هنوز موجود هستند

اگر ساختمان موردنظر حفظ شده باشد، اطلاعات مرجع ژئودتیک [هندسه موردنیاز جهت مساحی] بر روی ساختمان‌هایی که هنوز موجودند، قابل‌اندازه‌گیری هستند و آنگاه به‌منظور قائمه کردن تصویر متریک از نظر هندسی و در مقیاس واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. باید در نظر داشت که نقاط مرجع می‌توانند به‌خوبی روی عكس تاریخی و هم‌چنین روی ساختمان‌شناسایی شوند و باید مطمئن شد که موقعیتشان در طول زمان تغییر نکرده باشد. این بیشتر شامل وضعیت در و پنجره است، اما خود در و پنجره را شامل نمی‌شود.

برای آن‌که تصویری که در مقیاس واقعی از نظر هندسی قائمه شده است از روی یک تصویر متریک تاریخی تهیه شود، باید عكس موردنظر نخست به‌وسیله اسکنر، دیجیتالی گردد (تصویر ۱). بدین گونه، این عكس نوعی بازسازی تصویری متریک را در اختیار می‌گذارد که ویژگی‌های تصاویر متریک را دارد. این عكس می‌تواند به‌وسیله اسکنر تخت گران‌قیمتی دیجیتالی شود. باید از مطابقت رزولوشن اسکنر با مقیاس قائمه‌سازی مورد انتظار مطمئن شویم. پس نمونه مورد مطالعه ما با سه سطح مختلف رزولوشن اسکن گردید (جدول ۱). اندازه این عكس ۱۹ x ۱۹ سانتی‌متر بود. بزرگ‌ترین مقیاس تصویر، ۴۰ متر طول نما (همچون تالار شهر نوامبرگ) و وضوح ۳۰۰ dpi مفروض بود که مثلاً برای چاپ دیجیتالی یا ظاهر کردن عكس کافی است.

برای قائمه کردن تصویر از برنامه EDDI-2D که نسخه پیشرفته Fokus GmbH است، استفاده شد. قائمه کردن دیجیتالی مبتنی بر تبدیل پروژکتیو



تصویر ۱: تالار شهر در نوامبورگ بازتولید شده از عکسی مربوط به مایدن باوئر (۱۹۰۶)

است. نظر به این که از بیش از چهار نقطه مرجع استفاده گردید، محاسبه ضرایب با تطبیق و ارزیابی آماری انجام می گیرد. این فرایند، به خصوص برای قائمه کردن تصاویر متریک تاریخی، معنای مهمی دربردارد، زیرا با کمک مشخصه های آماری (زوائد، حشوها و خطاهای فاحش فرضی) کشف خطاها در شناسایی نقاط مرجع ممکن می شود. این روش، بازشناسی و رفع خطاهای نقطه مرجع را ممکن می سازد؛ خطاهایی که از تغییرات کوچک ساختمانی (مثلاً مرمت بنا) ناشی می شوند.

نتیجه این قائمه سازی دیجیتالی (عکس متریک قائمه شده از نظر هندسی، تصویر ۲) آشکار کرد که می توان از آن ابعاد نما و جزئیات معماری را در مقیاس طراحی اخذ نمود و بنابراین، عکسی با کیفیت برای کار بیشتر آماده است. بر اساس تصویر متریک قائمه شده، برای نمونه می توان نقشه های بیشتری را به صورت گرافیک های بُرداری تهیه کرد که می توان آن ها را در آرشیو نگاه داشت یا از آن ها برای مرمت و بازسازی بهره برد. تصویر متریک قائمه شده، در صورت طراحی، می تواند به صورت دیجیتالی نیز تهیه و ارائه شود.



تصویر ۲: تصویر قانمه‌شده تالار شهر
(مقیاس اصلی ۱:۵۰)

جدول ۱: رزولوشن اسکن و حداکثر مقیاس قانمه‌سازی

رزولوشن اسکنر	اندازه تصویر	اندازه تصویر (سیاه‌وسفید)	حداکثر مقیاس قانمه کردن
[dpi]	[پیکسل]	[MB]	-
۳۰۰	۲۲۴۴	۵	۱:۲۰۰
۶۰۰	۴۴۸۸	۲۰	۱:۱۰۰
۱۲۰۰	۸۹۷۶	۸۰	۱:۵۰

در صورت نیاز به کیفیت بالا در قانمه‌سازی تصاویر متریک تاریخی می‌توان رویکرد درون‌یابی دومکعبی^۱ را برای نمونه‌گیری چندباره از تصاویر انتخاب کرد، زیرا علیرغم کارهای محاسباتی لزوماً زیاد، بهترین نتایج را به دست می‌دهد. تصاویر متریک که حتی در مقیاس‌های بزرگ، جزئیات را به حد کفایت بزرگ نشان می‌دهند، فقط می‌توانند با استفاده از ترکیب چنین الگوریتم‌های کارآمدی با رزولوشن بالای اسکن محاسبه شوند.

اگر ناحیه مرجع یک استوانه باشد، می‌توان مسطح‌سازی تصویر را انجام داد. ما از این روش برای ارزیابی تصویری تاریخی مربوط به محراب

1- Bicubic Interpolation



تصویر ۳: کلیسای سیریاکوس مقدس
در گرنروده، بازتولیدشده از عکسی مربوط
به مایدن باوئر (۱۹۰۷)



تصویر ۵: همپوشانی مسطح‌سازی وضعیت
تاریخی و کنونی (مقیاس اصلی جزئیات ۱:۲۰)



تصویر ۴: مسطح‌سازی بخش میانی تصویر مورد بحث
(مقیاس اصلی ۱:۲۰)

کلیسای سیریاکوس مقدس در گرنروده (تصویر ۳) بهره بردیم. در این مورد باید رویکردی پارامتریک اتخاذ شود (Hemmler / Wiedemann, 1996). به سبب وجود گالری‌های آلات موسیقی در چپ و راست، تنها می‌توان از بخش میانی تصویر تاریخی به‌منظور مسطح‌سازی استفاده کرد (تصویر ۴). باهدف مرمت، وضع موجود نیز ارزیابی و با مسطح‌سازی تصویر تاریخی هم‌پوشانی شده است (تصویر ۵). برای این نمونه ضریب دقتی میان یک و دو سانتی‌متر به دست آمد.

۴. قائمه کردن دیجیتال ساختمان‌های تخریب شده

بخش مهمی از ساختمان‌هایی که مایدن‌باوئر از آن‌ها عکاسی کرده است در طول جنگ یا پس از آن تخریب شده‌اند. در چنین مواردی اگر هنوز مختصات نقطهٔ مرجع در اندازه‌گیری‌های پیشین یا اطلاعاتی که می‌توان از نقشه‌های تاریخی به دست آورد موجود باشند، باید بررسی شود. گاهی نقشه‌های تاریخی ساختمان‌ها یا اندازه‌گیری‌های بنا وجود دارند. ولی باید در استفاده از اندازه‌های به‌دست‌آمده از این نقشه‌ها دقت کرد. باید به یاد داشت که خطاهای موجود در این نقشه‌ها بی‌درنگ بر صحت قائمه‌سازی تأثیر می‌گذارند.

دیگر راه ممکن برای به دست آوردن مختصات نقطه مرجع، در صورت در دسترس بودن چند تصویر تاریخی متریک از بنای موردنظر حاصل می‌شود. سپس، در بهترین حالت، می‌توان عکس‌ها را در یک نمودار تصویری مرتب و مختصات نقاط یکسان را تعیین کرد. تنظیم چنین مجموعه‌ای با کالیبراسیون ضمنی تلاش نسبتاً زیادی می‌طلبد و تنها با تعداد کافی عکس و یک چیدمان مناسب می‌تواند با موفقیت اعمال شود. مایدن‌باوئر با یک پیکربندی مشخص عکس‌هایش را می‌گرفت که نوعی ارزیابی مطابق با قواعد خودش را ممکن می‌ساخت. این پیکربندی در بسیاری موارد برای تنظیم مجموعه‌ای با کالیبراسیون ضمنی^۱ کفایت نمی‌کند. در بعضی موارد، از عکس‌های آماتور نیز می‌توان برای تنظیم مجموعه بهره برد. در نمونه زیر، تعداد کافی عکس که پیکربندی مناسبی داشتند در دسترس نبودند، پس مختصات نقطهٔ مرجع به روش توصیف‌شده قابل محاسبه نیست.

با وجود این واقعیت، پیشنهاد می‌شود برای قائمه‌سازی یک تصویر متریک متعلق به مایدن‌باوئر، شرایط هندسی که از رعایت پیکربندی خاص

عكس توسط وی به دست می‌آید مطالعه گردد. مایدن‌باوئر در بیشتر عكس‌هایش از قواعد زیر پیروی می‌کند:

۱. با دوربین مسطح عكس‌برداری می‌نمود، یعنی، زاویه چرخش و زاویه انحراف + هستند.

۲. ساختمان از یک نبش عكس‌برداری می‌شد.

۳. برای پوشش ساختمان‌های بلند هم در عوض انحراف دوربین، تغییری عمودی نسبت به موضوع انجام می‌داد.

مایدن‌باوئر برای ارزیابی تصویر واحد گرافیکی از شرایط هندسی بهره می‌برد که اکثر ساختمان‌ها آن‌ها را دربردارند:

۴. ساختمان روی نقشه دارای زوایای قائمه است.

۵. روی ساختمان لبه‌های عمودی و افقی وجود دارند.

مایدن‌باوئر تحت پیش‌شرط‌هایی قواعد ارزیابی را استنباط می‌کرد که ارزیابی گرافیکی از نمای مربوط به صرفاً یک تصویر را ممکن می‌سازد (Meydenbauer, 1912). برای این منظور، «مؤسسه تصاویر متریک» فاصلهٔ کانونی و فاصله موضوع را طرح نمود. درحالی‌که می‌توان فاصله کانونی را به‌وسیله روش مایدن‌باوئر و نیز روش‌های دیگر (Ethrog, 1984; Novak, 1986) از روی تصویر تخمین زد، برای قائمه‌کردنی با مقیاس صحیح، دانستن فاصله موضوع لازم است. از آنجاکه این اطلاعات در دسترس نیست، باید در عوض چندین خط افقی و عمودی روی ساختمان شناسایی شود (Finsterwalder, 1991).

توصیه‌های سودمندی که مایدن‌باوئر برای ارزیابی گرافیکی ارائه می‌دهد را می‌توان به‌وسیله هندسهٔ تحلیلی دیجیتال برای محاسبهٔ مؤلفه‌های

قائمه‌سازی نیز به کار برد. براین اساس، یک برنامه قائمه‌سازی طراحی شده است که فقط به اندازه‌های یک خط افقی و یک خط عمودی به عنوان ورودی نیاز دارد. علاوه بر این، باید مقیاس طراحی شده و رزولوشن تصاویر قائمه‌شده تعیین گردند. برای محاسبه هندسه تصاویر باید دو جفت خط افقی و عمودی در تصویر مورد نظر انتخاب و اندازه‌گیری شوند. پس از محاسبه عناصر هندسی اصلی تصویر (خط افق تصویر و خط عمودی اصلی، کنترل انحراف)، می‌توان تبدیل مختصات تصویر را مطابق رویکرد مایدن باوئر انجام داد.

موقعیت پیکسل به دست آمده در تصویر اصلی محاسبه می‌شود که این یعنی، یک شیوه غیرمستقیم قائمه کردن انجام می‌گردد. یک روش نمونه‌گیری مناسب میزان دقیق درجه خاکستری پیکسل را تعیین می‌کند. انتخاب یک درون‌یابی دوماکعبی برای دسترسی به بالاترین کیفیت، ممکن است.

چنان‌که اکنون توضیح داده شد، اندازه‌گیری یک خط افقی و یک خط عمودی موضوع از پیش شرط‌های قائمه‌سازی در یک مقیاس صحیح هستند. اگر این اندازه‌ها را نتوان از نقشه‌های قدیمی یا جزئیات تاریخی ساختمان به دست آورد، قائمه‌سازی همچنان شدنی است ولی مبنای مقیاس از بین می‌رود.

در نمونه مورد استفاده (تصویر ۶)، استخراج یک خط افقی از اسناد قدیمی ممکن شد. از آنجاکه هیچ ارتفاعی در دسترس نبود، نخست یک خط عمودی به‌طور قراردادی تعیین گردید؛ بنابراین، نتیجه این قائمه‌سازی، مقیاس صحیح در طول نمای مورد نظر بود، اما نه راجعه ارتفاع. بعدها از یکی از جزئیات معماری (قوس بالای پنجره) معیار صحیحی برای ارتفاع محاسبه گردید. با این معیار، کل ارتفاع تصحیح شد. به این روش، تولید



تصویر ۶: کوماندانتور (Kommandantur) در برلین، بازتولیدشده از عکسی متعلق به مایدن باوئر (۱۹۱۱)



تصویر ۷: تصویر قائمه‌شده کوماندانتور (مقیاس اصلی ۱:۵۰)

یک تصویر متریک قائمه‌شده دقیق هندسی و در مقیاس صحیح امکان یافت (تصویر ۷). باید به یاد داشت که میزان دقت به اندازه‌های ارائه‌شده خط افقی و عمودی بستگی دارد. در مثال مورد بحث، این یعنی دقت کار مبتنی است بر دقت مشخصه‌های تاریخی در اندازه‌گیری بنا، دقت ارتفاع و در اینجا صحت ساختار نما.

۵. به کارگیری تصاویر قائمه شده در نمونه عکس های سه بعدی

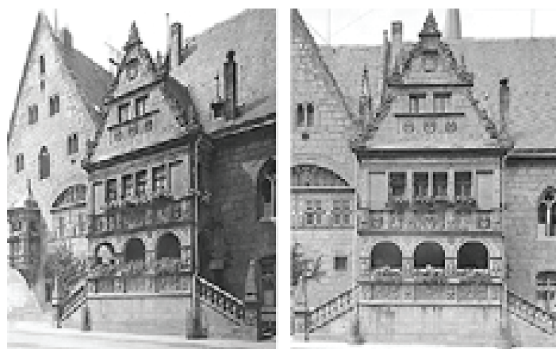
عکس های تاریخی قائمه شده کمک می کنند تا وضعیت موثق بناهای تاریخی با روشی سه بعدی قابل مشاهده شوند. آسان ترین راه برای ساخت و نمایش یک نمونه عکس سه بعدی، ایجاد مستقیم یک تصویر با وی.آر.ام. ال^۱ از تصاویر قائمه شده است (Bölke, 1998). در این مورد، باید نخست مدلی سه بعدی در CAD ترسیم شود. رزولوشن نماهای وی.آر.ام.ال برای کیفیت های بالا کافی نیستند. اگر محاسبه میدان دید دوربین ممکن باشد، می توان تصویری از وضعیت کنونی محوطه پیرامونی تهیه و آن را با تصویر تاریخی هم پوشانی کرد (تصویر ۸).

اما این فقط یک روش دوبعدی است. برای بازسازی یک مدل سه بعدی با رزولوشن بالا، نخست یک مدل CAD لازم است. داده های لازم برای آن مدل را مثلاً می توان به وسیله شیوه های فتوگرامتریک به دست آورد. در صورت تخریب ساختمان، یک بازسازی سخاوتمندانه بر اساس نقشه های تاریخی لازم خواهد بود. پس از آن، می توان با کمک یک نرم افزار ساخت سه بعدی تصاویر قائمه شده را به مدل سه بعدی تبدیل کرد. تصویر ۱۰ نتیجه چنین کاری را نشان می دهد. نمونه عکس سه بعدی تالار شهر در هالبرشتات از تصاویر کنونی و تاریخی اقتباس شده و ساختمان را پس از یک بازسازی ممکن نشان می دهد. بافت بخش تاریخی بنا کاملاً از عکس های تاریخی متعلق به مایدن باوئر از سال ۱۸۹۶ اخذ شد. این تصویر (تصویر ۱۰) تصویری از یک پویانمایی دیجیتالی است که به شما اجازه می دهد پیرامون این ساختمان تاریخی قدم بزنید.

یک زبان برنامه نویسی برای شرح اشیاء/ (VRML) Virtual Reality Modeling Language
سه بعدی



تصویر ۸: نمای سه‌بعدی از کوماندانتور در محوطه پیرامونی فعلی



تصویر ۹: دو تصویر تاریخی از تالار شهر هالبرشتات سال‌های (۱۸۹۶ و ۱۹۱۲)



تصویر ۱۰: نمونه عکس سه بعدی از تالار شهر هالبرشتات

۶. نتیجه‌گیری و ادامه کار

در این مطالعه نشان داده شد چگونه می‌توان عكس متریک تاریخی را قائمه کرد. اگر ساختمان مربوطه تخریب شده باشد و هیچ اطلاعاتی از داده‌های دوربین در دست نباشد، همچنان قائمه‌سازی شدنی است. در این مورد، ترکیب شیوه‌های مدرن پردازش تصویر با به‌کارگیری تحلیلی قواعد ارزیابی هندسی مایدن‌باوئر، تعیین راه‌حل‌های دقیق ریاضی را ممکن می‌کند. کیفیت بالای هندسی و تصویری تصاویر متریک مایدن‌باوئر که می‌تواند در این روش به تصاویر متریک قائمه‌شده و نقشه‌های نمایی مبتنی بر این‌ها تبدیل شود، مزیت بزرگی دربردارد.

شیوه‌های معرفی‌شده برای ارزیابی نماهای مسطح در وهله نخست محدود به نظر می‌رسند. نمی‌توان این شیوه‌ها را به‌خصوص در مورد بناهایی با ساختار پیچیده‌تر انجام داد. ادامه کار و اجرای تحلیلی ایده‌های مایدن‌باوئر مطمئناً امکان ارزیابی فتوگرامتریک تصویر، حتی در این موارد را برای ما برآورده می‌کند.

اگر به گروه کاری شماره دو سپیا (تنها یک عكس برای حفاظت) علاقه‌مندید یا می‌خواهید نمونه‌های بیشتری را مشاهده کنید، لطفاً به وب‌گاه اینترنتی TG2 (http://info.uibk.ac.at/sci-org/cipa/tg2_1.html) یا به وب‌گاه اینترنتی (<http://info.uibk.ac.at/sci-org/cipa/>) مراجعه کنید. (tg2_1.html)

منابع

- Bölke, F., 1998. Visualisierung photogrammetrischer Daten mit VRML. Diploma Thesis, HTWK Leipzig (unpublished).
- Ehtrog, U., 1984. Non metric camera calibration and photo orientation using parallel and perpendicular lines of the photographed object. *Photogrammetria*, 39 (1), pp.13-22.
- Finsterwalder, R., 1991. Zur Verwendung von Paßlinien bei photogrammetrischen Aufnahmen. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 116 (2), pp.60-66.
- Hemmleb, M., Wiedemann, A., 1997. Digital Rectification and Generation of Orthoimages in Architectural Photogrammetry. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXII, Part 5C1B, pp. 261-267.
- Koppe, R., 1996. Zur Geschichte und zum gegenwärtigen Stand des Meßbildarchivs. In: *Architekturphotogrammetrie gestern-heute-morgen*. Ed.: Albertz, J. and Wiedemann, A., TU Berlin, pp.41-57.
- Li, C., 1996. Nachträgliche Kalibrierung der historischen Meydenbauer-Kameras. In: *Architekturphotogrammetrie gestern-heute-morgen*. Ed.: Albertz, J. and Wiedemann, A., TU Berlin, pp. 63-77.
- Meydenbauer, A., 1912. *Handbuch der Messbildkunst*. Wilhelm Kapp, Halle, pp. 197-212.
- Novak, K., 1986. Orientierung von Amateuraufnahmen ohne Paßpunkte. *Geowissenschaftliche Mitteilungen der TU Wien*, Vol.28.
- Schwedfsky, K., 1971. Albrecht Meydenbauer – Initiator der Photogrammetrie in Deutschland. *Bildmessung und Luftbildwesen*, 39 (5), pp. 183-189.

پیوست ۲

نرم افزارهای فتوگرامتری
برای معماران

PHOCAD

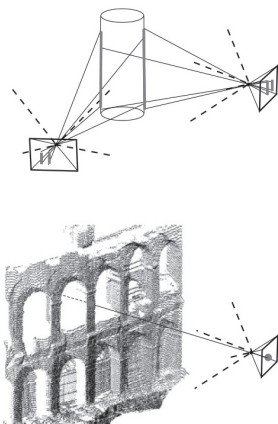
<http://phocad.com/en/en.html>

Since 1993 PHOCAD is working in the field of close-range photogrammetry and develops the digital photogrammetric system PHIDIAS. In the beginning it was mainly used for architectural drawings and documentation of historic buildings. Due to the constant improvement of camera technology and partial automation of image measurement, further areas of application came up. For example city modeling, documentation of industrial facilities, mapping of accident scenes and high precision deformation measurement.

Already in 1999, when the first 3D laserscanners were used in surveying, we recognized that the combination of 3D pointclouds with high resolution images has many advantages. Consequently we extended PHIDIAS capabilities for processing of LIDAR data. Pointclouds from different sources may be used. Data from terrestrial stationary scans can be used for modeling, as well as mobile and airborne data.

The individual and flexible adaption of software to the requirements of our clients has highest priority for us. PHOCAD offers software and measurement services in photogrammetry, engineering surveys and laserscanning. The digital photogrammetric system PHIDIAS is a comprehensive solution for photogrammetric images and 3D laser scanner data.

- 3D – measurement of buildings for architecture, preservation of monuments and facility management
- Documentation of industrial plants (as-built

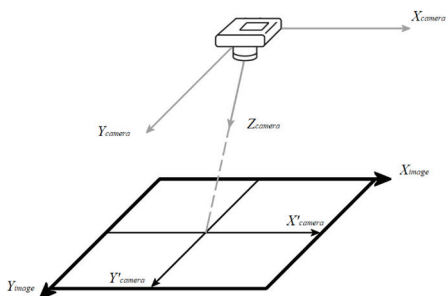


survey)

- Visualization of building or city models
- Data collection for geographical information systems (GIS)
- Deformation measurement and quality control
- Archaeology
- Accident and forensic documentation

Agisoft Metashape <https://www.agisoft.com/>

Agisoft Metashape is a stand-alone software product that performs photogrammetric processing of digital images and generates 3D spatial data to be used in GIS applications, cultural heritage documentation, and visual effects production as well as for indirect measurements of objects of various scales.



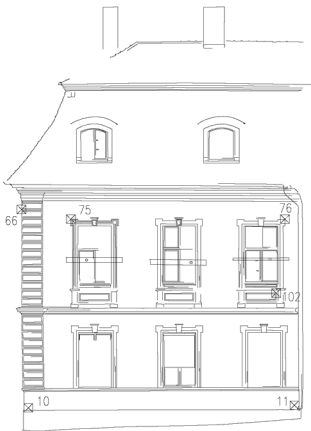
The software allows to process images from RGB, thermal or multispectral cameras, including multicamera systems, into the spatial information in the form of dense point clouds, textured polygonal models, georeferenced true orthomosaics and DSMs/DTMs. Further post-processing

enables to eliminate shadows and texture artifacts from the models, calculate vegetation indices and extract information for farming equipment action maps, automatically classify dense point clouds, etc. Metashape is capable of processing of +50000 photos across a local cluster, thanks to distributed processing functionality. Alternatively, the project can be sent to the cloud to minimize hardware investment, with all the processing options being still available. Wisely implemented digital photogrammetry technique enforced with computer vision methods results in smart automated processing system that, on the one hand, can be managed by a new-comer in the field of photogrammetry, yet, on the other hand, has a lot to offer to a specialist who can benefit from advanced features like stereoscopic mode and have complete control over the results accuracy, with detailed report being generated at the end of processing.

PhoToPlan

<https://knowledge.faro.com/>

PhoToPlan is an AutoCAD application for the photogrammetric evaluation of images. It serves the purpose of a true to scale rectification of digital photographs, maps and plans as well as the succeeding interpretation and evaluation. Not only can PhoToPlan process images of facades, ceiling, wall frescos or floors, but also restore old maps and plans true to scale. The result of the rectification with PhoToPlan is a true to scale image plan that connects present state photographic documentation with exact geometrical information.



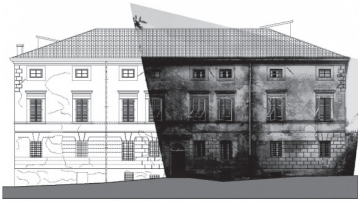
PhoToPlan supports the work of architects, surveyors, civil engineers, preservationists of historic buildings, archaeologists, building researchers, and restorers. If you are already familiar with AutoCAD you will find the use of PhoToPlan even easier.

Reference information of the depicted object is required for image rectification. Depending on the kind of this reference data, there are three different approaches: rectification according to control points, map rectification according to control points and photo rectification according to geometry.

The most advanced extension of this software is PhoToPlan Ultimate. Additionally to the functional range of PhoToPlan Pro it is possible to unwrap photos of cylindrical and prismatic surfaces into a plane and to generate orthophotos.

DigiCad 3D <https://en.interstudio.net/>

Photogrammetry, mapping, architectural surveys



DigiCad 3D is an excellent tool for dealing with images, drawings, photographs of building, regular or irregular surfaces and maps. It operates either directly on raster images or by digitization. It is used in aerial and architectural photogrammetry, cartography, and mapping, for which it offers powerful, easy-to-use and exclusive instruments.

- Architectural elevations from photographs
- Elimination of perspective distortion
- Partial transformation
- Mosaic work
- Transparent images can be superimposed on technical drawings and bitmaps
- Regular – or irregularly curved surfaces can be straightened out
- Optical deformation caused by photo lenses can be eliminated
- Approximate and precise transformation
- Perspective and Linear Transformation
- Ability to work with large format drawings
- Automatic union of parts of drawings
- Direct transformation of photos or scanned images
- Geo-reference
- Elimination of map distortions
- Creation of texture from photos
- Snap and Block functions
- Ability to move elements or groups of elements
- Direct integration with Nonio C, and Domus. Cad
- Import DWG, DXF, XYZ, JPG, BTM, GIF, JPEG, PNG formats and others format
- Export i DWG, DXF, XYZ, PDF, JPG, BTM, GIF, JPEG, PNG, PDF and many others
- Rotation, modification of the transparency, of the resolution and of the number of colors of the raster images
- Exact images re-scale and real measurements.

PhotoModeler <https://www.photomodeler.com/>

PhotoModeler produces accurate 2D and 3D models, CAD data, and remapped photos. PhotoModeler can make your measurement, diagramming, and modeling more accurate and more practical. Photomodeler is a fast, cost-effective and easy-to-use measurement. PhotoModeler uses photogrammetry, which

creates measurements and diagrams using a normal camera. Instead of having a complex and expensive device to do field measurements for your retrofit or remodeling business, you only need a camera and a tape measure. PhotoModeler software is widely used as a measurement and modeling tool in architecture, BIM, preservation, conservation, and cultural resource management.



BIM – Building Information Modeling is a collection of data (3D models, system diagrams, photographs, etc.) that help with planning, design, construction, and on-going management of modern buildings. Photogrammetry can be part of the BIM data model. A combination of 3D modeling (from ground or drone photography), and ortho-mosaic images aid with comparing design with construction, and for documenting and input into your BIM system.

When working with existing structures – sometimes very old buildings, drawings and models usually do not exist. Photogrammetry can be very helpful in documenting older structures to aid with preservation work. Both CAD models and dense surface models can be created with photogrammetry to help with this work.

Educational Booklet

ARCHITECTURAL PHOTOGRAMMETRY

فتوگرامتری برد کوتاه و به ویژه فتوگرامتری معماری برخلاف فتوگرامتری هوایی صرفاً محدود به عکس های عمودی گرفته شده با دوربین های خاص نیست. روش شناسی فتوگرامتری زمینی تغییرات قابل توجهی را تجربه کرده و در حال حاضر استفاده های گوناگون از عکاسی با استقبال گسترده ای روبرو شده است.

فتوگرامتری برد کوتاه تکنیکی برای به دست آوردن اطلاعات هندسی نظیر موقعیت، اندازه و شکل اشیایی است که قبلاً از آنها عکس گرفته شده است. برای تبدیل مختصات یک نقطه سه بعدی، به محل تلاقی حداقل دو شعاع نور (از عکس به نقطه ای از شیء) در فضا یا محل تلاقی یک شعاع نور و سطحی که این نقطه در آن واقع می شود نیاز است. در صورت دسترسی به بیش از دو شعاع (در حالتی که اشیاء در سه عکس یا بیشتر نمایش داده شوند) امکان دارد مجموعه جوابی به دست بیاید که همزمان شامل تمامی محاسبات موجود (روی عکس ها یا حتی غیر از آن) باشد. این حالت ها روش های مختلفی را برای تبدیل مختصات فتوگرامتری یک شیء رقم می زنند...

کتابچه حاضر شامل یک متن اصلی و دو پیوست است؛ پیوست نخست راهنمایی کلی برای کار با عکس های تاریخی است و پیوست دوم برخی از مهم ترین نرم افزارهای فتوگرامتری برای معماران را نام می برد.

Associate Professor Ali ASADPOUR has received M.A. in architecture from Shiraz University (2007) and PhD from Iran University of Science and Technology (2014). He was editor-in-chief of the Journal of Urban Landscape Research (JULR) from 2014 to 2017. His research interests focus on interdisciplinary issues in social and historical aspects of architecture and landscape. He is currently the director of the "Historical Studies in Architecture (HistArch)" research group.



مطالعات
تاریخی
معماری

Historical Studies in
Architecture (HistArch)
Documentation, Pedagogy & Research
هستیه پژوهشی، مستندسازی،
سند پژوهی و تاریخ نگاری