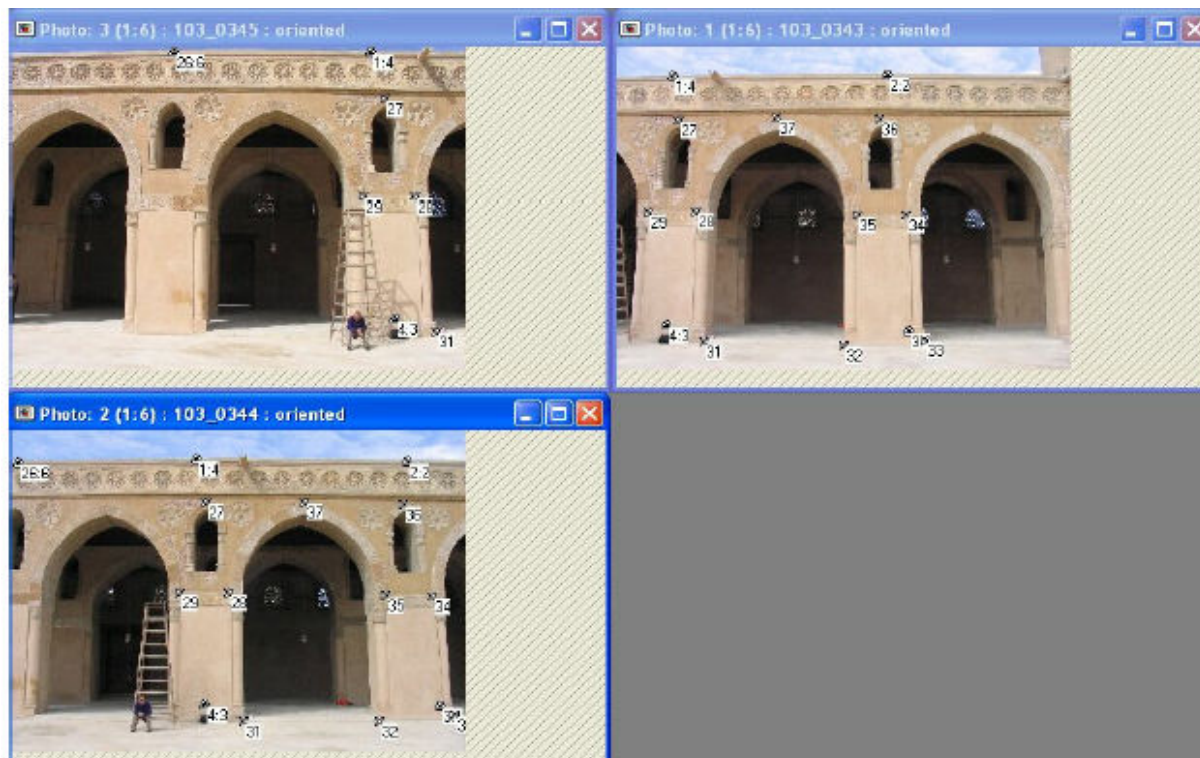


Архитектурна фотограмметрия

(доц.д-р.инж. Пл.Малджански)



АРХИТЕКТУРНА ФОТОГРАМЕТРИЯ

Доц.д-р.инж.Пл.Малджански

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Въведение	1
2. Етапи при обработка на изображения	2
2.1 Единична снимка	2
2.1.1. Използване на фотограметрична камера с известни елементи на вътрешното ориентиране	2
2.1.2. Използване на фотограметрична камера с неизвестни елементи на вътрешното ориентиране	2
2.2. Стереографични процеси	3
2.3. Възстановяващ сноп	5
3. Възстановяване на проективни връзки в изображението	7
3.1. Основни проблеми	7
3.2. Фотограметрични камери	8
3.3. Сканери	9
3.4. CCD-елементи	10
3.5. Какви камери да използваме за целите на архитектурната фотограметрия?	10
4. Преглед на съществуващите методи за заснемане на обекти в архитектурната фотограметрия	11
4.1. Основни проблеми	11
4.2. Препоръки към използваните фотограметрични измервания при архитектурната фотограметрия	12
4.3. Ректификация на цифрови изображения	12
4.4. Моноскопична система на измерване на снимки	14
4.5. Системи за стереоскопични измервания на снимки	16
4.5.1. От аналитични към цифрови технологии	16
4.5.2. Стереоскопи	16
4.5.3. Автоматизация и корелация	16
4.5.4. Ориентиране на модела	16
4.5.5. Стереокартиране и набиране на данни	17
5. Структура на 3D обекти	18
5.1 Основни проблеми	18
5.2. Класификация на 3D модели	19
6. Виртуални реалности	20
7. Международна комисия по архитектурна фотограметрия (International Committee for Architectural Photogrammetry (CIPA)	22
8. Литература	23

1. Въведение

В сравнение с въздушната и инженерната фотограметрия архитектурната фотограметрия няма специални изисквания и ограничения при използване на фотограметрични камери за заснемане на обекти. Методите и достиженията на земната фотограметрия се променят и използват широко и специфично за целите на архитектурата. Нови технологии и техники за получаване на данни с използване на CCD-камери и наземни лазерни скенери, методи от компютърното зрение, визуализация, анимация , архивиране и анализ на географска информация все повече намират приложение в архитектурната фотограметрия.

Усъвършенстването на методите за измерване на паметници на културата и архитектурата имат отношение към развитието на методи , свързани с документиране както на паметници на културата и архитектурното наследство, така и на обекти от архиеологията и териториалното устройство.

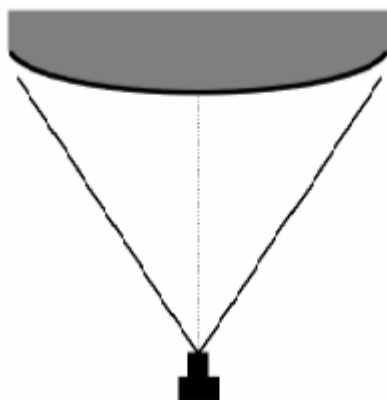
2. Етапи при обработка на изображения

Инженерната фотограметрия дава методи и техники за получаване на геометрична информация, тоест позиция и размери на изображените обекти от снимката.

Възстановяването на 3D точка(точка с три координати) се получава при пресичане на два лъча(от образа на точка от снимката и обекта) намиращи се между пространството и повърхнината. Ако са налични повече от два лъча(Обекта се вижда на 3 и повече снимки) проектиращия сноп съдържа всички измервания (фотографирани при едно и също време). При този случай се подобрява точността

2.1 Единична снимка

Един често срещан проблем е ,че ние знаем формата и начина на формиране на теренната повърхнина (разполагаме с ЦМТ), но се интересуваме от детайлите на тази повърхнина(текстура, образец и допълнителни точки. При това положение единичната снимка не би била подходяща.



(фиг.1)

2.1.1. При извесни параметри на камерата и елементи на външното ориентиране.

В този случай трябва да са извесни елементите на вътрешното и външно ориентиране. Положението на всички точки може да бъде определено от пресичането на лъчи от камерата до повърхнината, за която се извършва заснемането.

В този случай освен елементите на вътрешното ориентиране, определени при калибриране от стандартни точки, е необходимо да се познават полиномните коефициенти, отразяващи влиянието на лентовидната дисторзия(в случай ,че снимката не е направена с метрична камера)

Ако позицията на камерата и нейната ориентация са неизвестни са необходими поне 3 контролни точки за обект(точки за които знаем координатите) за да може от тях да се определят елементите на външното ориентиране(пространственото положение на позицията на камерата)

2.1.2. При неизвесни параметри на камерата

Това е често срещан случай при архитектурната фотограметрия. Формата на повърхнината на обектите определя броя на необходимите контролни точки. Връзката между точка от снимката и повърхнината може да бъде описана с проективна трансформация (форм.1)

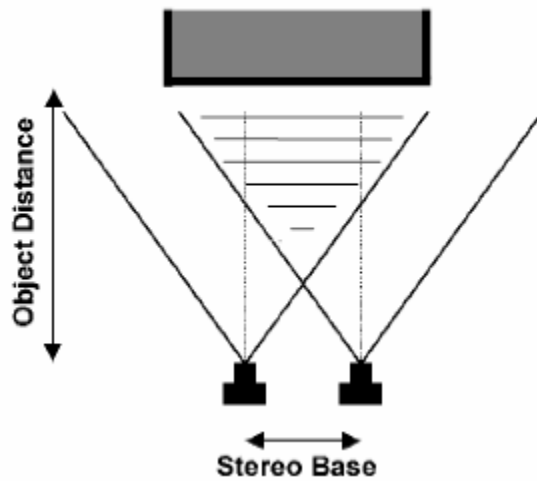
$$\begin{aligned} X &= \frac{a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3}{c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + 1} \\ Y &= \frac{b_1 \cdot x + b_2 \cdot y + b_3}{c_1 \cdot x + c_2 \cdot y + 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Тук X и Y са координатите от модела, а x,y са измерените образни координат от снимката. a_i, b_i, c_i са 8 –те параметра, описващи проективната трансформация. Необходимо е да измерим поне 4 контролни точки при единична снимка за да определим 8-те параметри на трансформация.

Ако резултатът изисква получаване на 2D координати, то повърхнината може да бъде получавана използвайки горните формули. Това важи и в случай на използване на цифрови снимки. Техниката на обработка в тези случаи изисква прилагане на този вид трансформация за всеки пиксел от цифровото изображение. Това е процедура, която се използва при създаване на ортофотото.

2.2. Стереокартиране

Ако геометрията на модела е напълно непозната небива да се използва единична снимка. Препоръчва се използване на стереодвойка снимки, формирана така че да съдържа обща застъпена част. Тази технология може да бъде използвана за 3D наблюдение и възстановяване на фасади. (фиг.2)



(фиг.2)

Използвайки стереодвойка снимки е възможно в произволен мащаб да бъде построен стереомодел, който да се използва за широк спектър от интереси. Използването на нормални снимки в този стереомодел довежда до подобряване на качеството на стереоскопичното измерване и наблюдение.

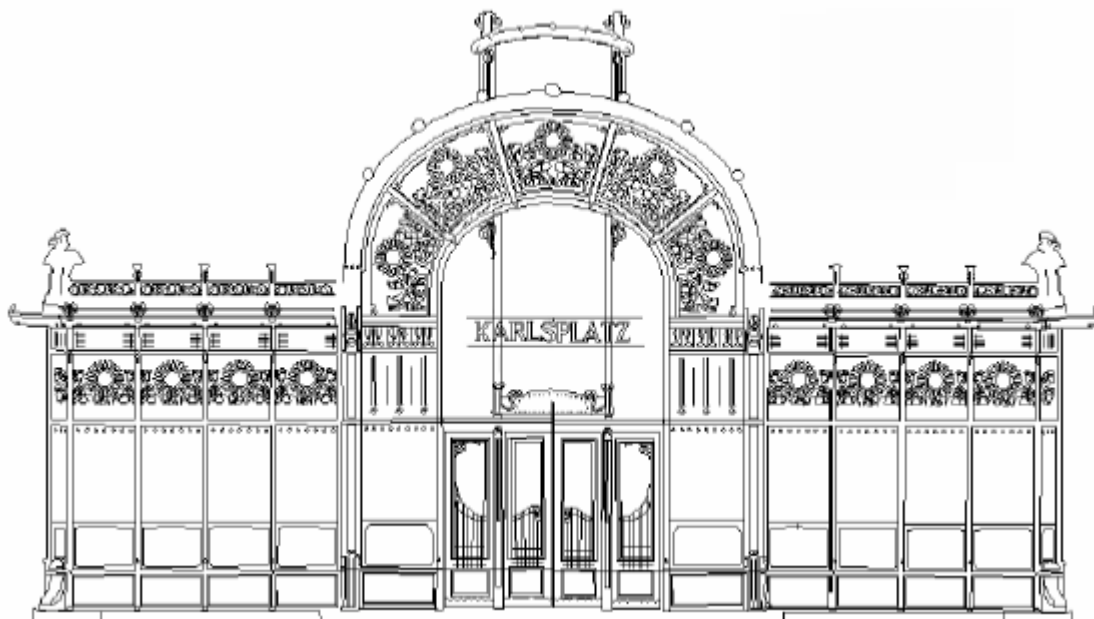
Метричните камери с известни елементи на вътрешното ориентироване и незначителна лентовидна дисторзия са подходящи за създаване на такива модели. За да се гарантират добрите качества на модела е необходимо дължината на стереобазата да се съобрази с проекционното отдалечение (от 1:5 до 1:15). Резултатите от обработка на стереомодела са:

- Фасадни планове на единични фасади;
- 3D модел на повърхнини;
- Координатни регистри;
- Векторен модел (линий, точки, въведена топология).

На (фиг.3) е показана стереодвойка снимки, а на (фиг.4) изчертан фасаден план



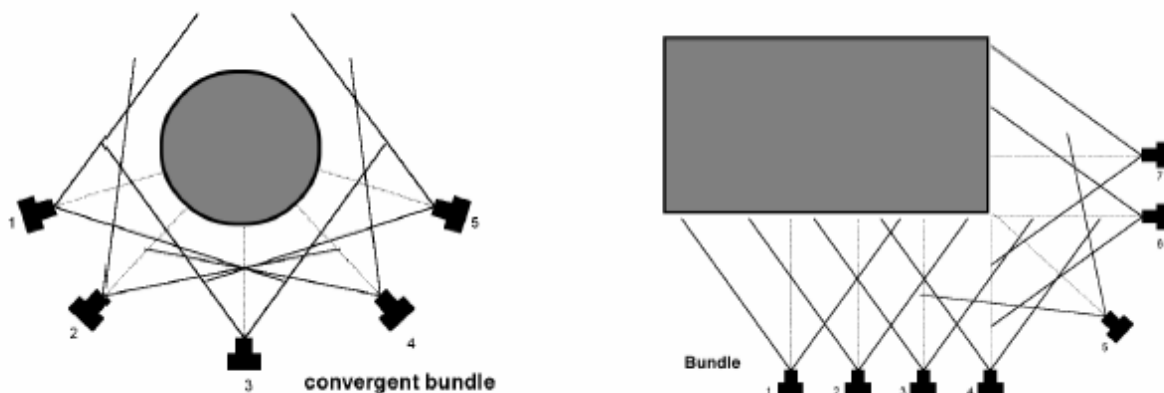
(фиг.3))



(фиг.4)

2.3. Техника на построяване на модел, чрез снопове от проектиращи лъчи

В много случаи използването само на една стереодвойка не е достатъчно. Използват се повече, всяка от които дава определена фасада от обекта. За да се получи хомогенен модел на сградата е необходимо едновременно ориентиране на всички модели, чрез използване на общи проективни връзки. (фиг.5). Друго преимущество е да се изпълни калибриране на камерата на етапа на създаване на модела. Този метод не се препоръчва за метричните фотограметрични камери, а е удачен когато се ползват неметрични камери. Този метод също така е приложим за конвергентни, хоризонтални, вертикални и наклонени снимки, заснети от различни камери.



(фиг.5)

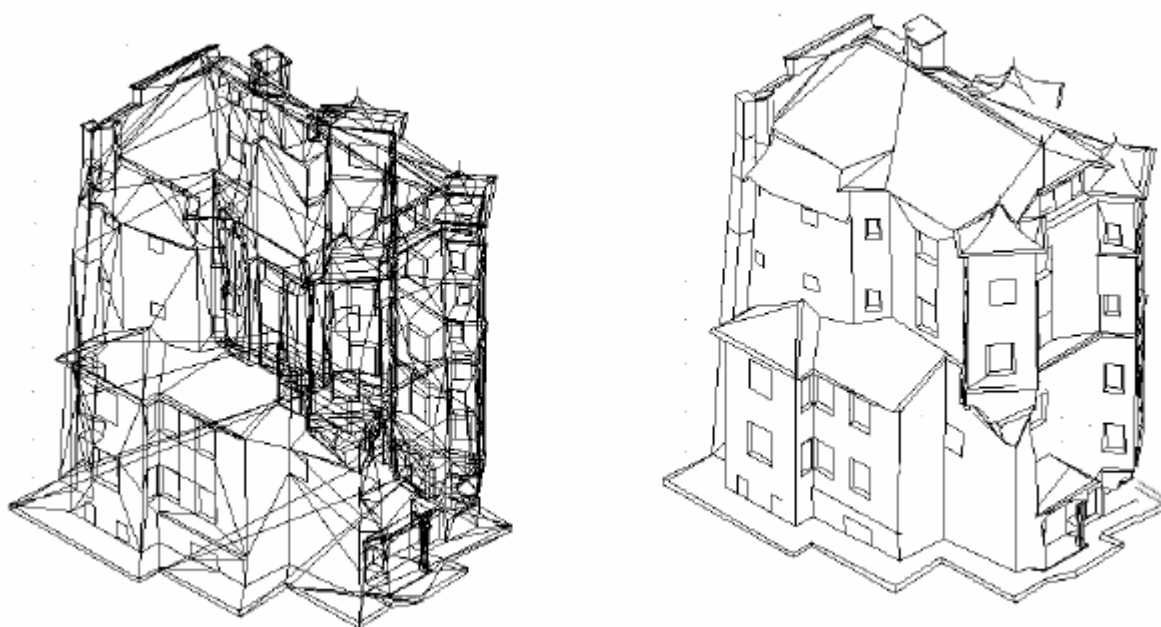
Положението на точка от модела се получава от пресичане проектиращи снопове, образуващи ъгли, всеки от които представлява проектираща връзка. Общи елементи на

модела се явяват запазването на успоредни линии, градкостта на повърхнината и др. При построяване на общия модел могат да се използват снимки, направени от различни камери в различни мащаби (фиг.6). Чрез тази техника се откриват грешки още на етапа на построение на модела. Сноповия метод е разпространен метод в архитектурната фотограмметрия. Често той се прилага и реализира в подходяща CAD среда. На (фиг.7) е показан пример за модел на сграда, получен по този метод.



(фиг.6)

Този метод намира приложение и в цифровата архитектурна фотограмметрия. При комбинирано използване на снимки, получени от метрични и неметрични камери.



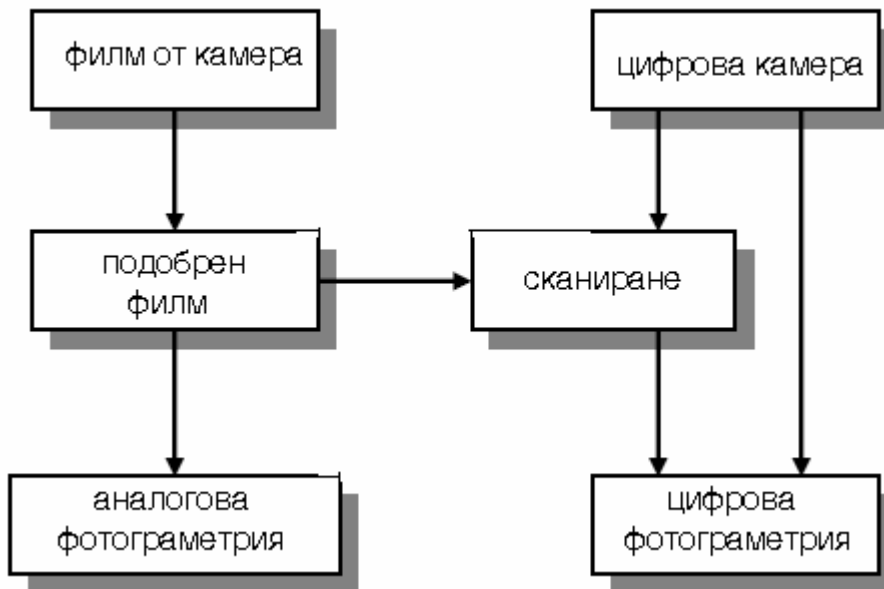
(фиг.7)

Резултат от сноповия метод е получаване на 3D модел, списък с координати и векторен модел.

3. Системи за цифрова обработка на изображения

3.1. Основни положения

Цифровите снимки могат да бъдат получени директно при използване на цифров сензор или цифрова матрица (CCD елемент). За целите на архитектурната фотограметрия това се осъществява при използване на цифрови камери. Алтернативно може да бъде използвана аналогова камера и след това снимката да бъде сканирана. Специализирани цифрови метрични камери най-често са приложими при построяване на модели и архитектурни заснемания. При реконструкция на обекти се използват само метрични камери и специално оборудване. От тях се получават нормални снимки. Една примерна технологична схема използвана в архитектурната фотограметрия е показана на (фиг.8)



(фиг.8)

Класическите фотограметрични камери имат своите предимства и ненадминато качество на филмов материал и резолюция. Технологиата на обработка при тях е известна. Процесите в аналитичната фотограметрия се основават на познанията и богатия опит на човека оператор. От друга страна, чисто цифров поток данни все още не е образ а устройствата за получаване на образи са сравними с тези на камерите, работещи с филм. Тези процедури позволяват продуктивна обработка на данни и потенциална автоматизация и използване на изображения и графики във всеки отделен момент. Процесът сам по себе си е затворен и поради това бързо и последователно се формира поток от данни за придобиване и представяне на резултатите. В допълнение, с цифровизацията на един филм се позволява максимално да се съчетаят ползите от висока резолюция на филм с предимствата на цифровата обработка на изображения.

3.2. Фотограметрични камери

Фотограметричните камери с филм могат да се разделят на три категории (Таблица 1)

	Manufacturer	Type	Image format [mm ²]	Lenses [mm]
Metric cameras	Hasselblad	MK70	60 x 60	60, 100
	Wild	P32	65 x 90	64
	Wild	P31	100 x 130	45, 100, 200
	Zeiss	UMK 1318	130 x 180	65, 100, 200, 300
Stereo cameras	Wild	C 40/120	65 x 90	64
	Zeiss	SMK 40/120	90 x 120	60
Semi-metric cameras	Rollei	3003	24 x 36	15 - 1000
	Leica	R5	24 x 36	18 - 135
	Rollei	6006	60 x 60	40 - 350
	Hasselblad	IDAC	55 x 55	38, 60, 100
	Pentax	PAMS 645	40 x 50	35 - 200
	Linhof	Metrica 45	105 x 127	90, 150
	Rollei	R_metrica	102 x 126	75, 150
	Rollei	LFC	230 x 230	165, 210, 300
	Geodetic Services	CRC-1	230 x 230	120, 240, 450

(Таблица 1)

Земни метрични фотограметрични камери- характеризират се с оптикомеханична реализация на елементите на вътрешното ориентиране, стабилни са за дълъг период от време. Образната координатна система е подобна на тази при въздушните и се материализира от рамковите марки. В архитектурната фотограметрия такива камери са по-малко използвани. Сред камерите, които все още имат практическо приложение са метричните камери P31, P32 и UMK 1318. Изображенията, получавани от тях осигуряват високо качество на оптични и геометрични параметри и са свързани с високи цени. В допълнение, те са доста взискателни по отношение на практическата обработка. Използват се още стерео камери. Тези камери са съставени от две калибрирани метрични камери, които са монтирани на твърда основа с постоянна база. В архитектурната фотограметрия се прилагат и полуметрични камери. При тях е възможна компенсация и отстраняване на систематичните грешки и деформации, настъпили по време на формиране на изображението става чрез мрежа от референтни точки. Различните производители предлагат полу-метрични камери с различни формати и филми. При малки и средни формати се използват SLR камери като Rollei, Leica и Hasselblad. Тяхната професионална работа и голямо разнообразие от лещи и аксесоари позволяват бърза и икономически изгодна работа на място. Полу-метричните камери със среден формат предлагат добър компромис между формат и качество на изображението. Преглед на полу-метрични камери е даден в (Wester-Ebbinghaus, 1989).

Често в архитектурни приложения се използват и така наречените любителски камери. Такива са случайте при унищожени или повредени сгради. Примери за това са дадени в (Grün, 1976), (Далас и др., 1995) и (Йоанис и др., 1996). Поради продължаващото унищожаване на световното културно наследство и в бъдеще да се реконструират сгради, заснети с любителски камери (Waldhäusl и Брунер, 1988).

3.3. Скенери

Оцифряването на фотографски изображения предполага да се комбинират предимствата на филмовия образ и подобряване на геометрични и радиометрични характеристики с предимствата на цифровата обработка на изображения (архивиране, полу-автоматични и автоматични методи за автоматично измерване, комбинация от данни, векторни и растерни). Скенерите за цифровизацията на филмов материал могат да се разграничат по отношение на различни критерии. По отношение на вида на сензора (точка, линия или датчик) те биват: планшетни или барабанни. За практическото използване на скенери в архитектурната фотограметрия и нейните приложения е необходимо и достатъчно да се контролира разделителна способност и оптичното увеличение. За сканиране на фотографски филм е необходима резолюция 2100 DPI. Така например за около 12 изображения от средно голям формат на филм (6x6 cm²) се получават около 5'000x5'000 пиксела.

За да се съхранят тези данни на диска се изискват около 25 Мбайта за черно-бяло сканиране и 75 Мбайта за цветно изображение. За сканирани цветни въздушни снимки едно изображение ще получи цифров образ на 20'000x20'000 пиксела или 1.2 GBytes. Дори и с постоянното увеличаване на размерасителя и намаляване на разходите за компютри това е фактор, който не трябва да се подценява при планиранена проекта, за целите на архитектурната фотограметрия обикновено се използват два различни вида скенери, с висока разделителна способност (фотограметрични скенери) и настолни скенери за издателската дейност. Фотограметричните скенери обикновено се наричат плоски скенери и имат висока геометрична резолюция (5-12.5 микрона). В момента с тях се постига точност от 2-5 микрона. Офис скенерите не са разработени за фотограметрична употреба, но са широко достъпни на пазара при най-ниска цена на DTP скенери са типично за сканиране на DIN размер А4 или А3, с сканираща резолюция от 300-1200 DPI. Геометричната им резолюция е около 50 микрона. Въпреки тези технически ограничения в сравнение с фотограметричните скенери ниската им цена позволява лесно да се прилагат за различни фотограметрични цели. Това важи за калибриране, където геометричната точност е от порядъка на 5-10 микрона. (Baltsavias и Waegli, 1996). Друга възможност за цифровизация и съхранение на филмов материал предлага фото-CD система. Малък и среден формат на филм могат да бъдат цифровизирани в специална лаборатория и се съхраняват на CD-ROM. Предимството на тази система е ниска цена, лесна цифровизация и удобно архивиране на данни. От друга страна процесите на сканиране не могат да бъдат контролирани от и повлияни от ъглите на изображението и обикновено не са сканирани. Така вътрешната ориентация на изображение е почти невъзможно да се възстанови. Изследвания за практическото използване на фото-CD система за цифрова фотограметрия се извършват от (Ханке, 1994) и (Томас и др., 1995).

3.4. CCD камери

Развитието на дигиталните системи е тясно свързано с развитие на сензорите CCD. Получаването на цифрови изображения с CCD сензор притежава редица предимства, което ги прави интересни за фотограметричните приложения. Например:

- директен поток от данни с потенциала за онлайн обработка,
- висок потенциал за автоматизация,
- добри геометрични характеристики,

- независимост от процеса за разработката,
- пряк контрол на качеството на получените изображения,
- ниски компоненти на разходите на системата.

За фотограметрични приложения главно на площтни обекти се използват CCD сензори. Тези сензори са:

- за търговска или промишлена дейност.
- във видео камери, както и с висока резолюция
- цифрови фотоапарати за еднократна експозиция (видео камери).

Освен това има специализирани системи, които използват единен процес на сканиране формиране на изображението.

Днес все повече и с по-висока разделителна способност се използват цифровите камери. Такива камери може да се състоят от комбинация на традиционен малък формат SLR камера с висока резолюция и CCD сензор вместо филм. Цифровият образ данни се съхраняват директно в тялото на фотоапарата. Във фотограметричната общност са познати много представители на този вид на фотоапарати, които се разпространяват от Кодак / Nikon под името DCS x20 и X60. Те предлагат решения от 1524x1012 пиксела и съответно 3060x2036 пиксела в допълнение от различни производители. Системите предлагат камера с разделителна способност от около 2000x2000 пиксела. Основното предимство на тези системи е бързото и лесно формиране на изображението. Това се постига благодарение на факта, че формирането се осъществява чрез А / D конверсия, материалния носител и хранване се комбинират в един фотоапарат-тяло. Това дава възможност за прехвърляне на снимки веднага към компютър и за преценяване качеството на получените изображения или тяхната директна обработка. В таблица 2 са показани няколко примера от най-новите цифрови системи за формиране на изображения, предложени на пазара през 2002 г.

Manufacturer	Type	Number of pixel (HxV)	Image format [mm ²]	Approx. Price €
Zoom digital cameras:				
Fuji	FinePix S602 Zoom	2048x1536	Super-CCD 1/1,7"	1000 €
Minolta	Dimâge 7i	2560x1920	CCD 2/3"	1500 €
Nikon	Coolpix 5700	2560x1920	CCD 2/3"	1700 €
Olympus	Camedia E-20P	2560x1920	CCD 2/3"	2700 €
Interchangeable single lens reflex digital cameras :				
Nikon	D100	3008 x 2000	CCD 23.7x15.6	3200 €
Fuji	FinePix S2 Pro	4256 x 2848	Super-CCD 23x15.5	3000 €
Canon	EOS D60	3072 x 2048	Cmos 22.7 x 15.1	3350 €
Sigma	SD9	2263 x 1512	X3 Cmos 20.7x13.8	-
Canon	DCS760	3032 x 2008	CCD 27.7 x 18.5	-

Таблица 2

3.5. Каква камера да използваме?

По въпроса, каква камера да се използва за конкретна задача в архитектурната фотограметрия, няма общ отговор или просто правило. Често фотограметричният проект е толкова сложен, тъй като самият обект сам по себе си определя бюджета на проекта

Въпреки това, за реализиране на успешни проекти съществуват няколко аспекта, които трябва да се вземат внимание. Така например максималният срок за получаване на

изображението на място и за обработка на данните след това. Допълнителен критерии може да бъде: необходимостта от цветни изображения или черно-бели снимки, получаваната точност на крайния модел, най-малката подробност от обект, които могат да бъдат моделирани, мобилност и гъвкавост на системата за формиране на изображение и интеграцията в целия производствен процес.

4. Преглед на съществуващите методи и системи за архитектурна фотограметрия

4.1. Общи бележки

Архитектурната фотограметрия и въздушната фотограметрия нямат същите приложения и изисквания. Повечето от търговските Цифрови Фотограметрични Работни станции (DPWs) са основно пригодени за стереоскопично наблюдение и измерване, създаване на цифрови модели на терена, (DTM) и ортофотопланове ,създадени от въздушни и стереодвойки снимки. В архитектурната фотограметрия се разглеждат системи и методи които са доста евтини в сравнение с добре познатите продукти, разработени основно за цифровата картография. Софтуерните пакети за архитектурна фотограметрия могат да използват различни видове изображения, получени директно от CCD фотоапарати или чрез сканиране на малък и среден формат метричен или не метрични камери (виж § 3). За качеството на цифровите изображения на крайния резултат оказват влияние:

-използването на цифров фотоапарат с ниска резолюция или ниски цени, скенери могат да бъдат достатъчни за дигитално 3D визуални модели, но не и за метрични документация. Системите могат да бъдат използвани от фотограметристи, архитекти и други специалисти по опазване исторически паметници, което е достатъчно за специални задачи в областта на архитектурата фотограметрия.

Според специфичните нужди за изготвяне на документация в областта на архитектурата се използват различните видове системи основани на цифрови изображения. За сравнение на различните системи трябва да се вземат под внимание следните фактори (ЗЗКИ, 1999):

- Обработката на дадена система,
- Потокът от данни,
- Управлението на проекта,
- Вход/изход на данни (картинни формати, параметър на интериора и екстериорна ориентация, контрол на информация, САД информация),
- Вътрешното ориентиране,
- Външното ориентиране (една стъпка или две стъпки),
- Реконструкция на обекта,
- Получените резултати от гледна точка на топология, последователност, точност и надеждност,
- Размерът на фотограметричните знания, необходими за обработка на системата.

4.2. Препоръки за изготвяне на архитектурна документация чрез архитектурна фотограметрия

За изготвяне на фотограметрична документация за целите на архитектурата трябва да спазват някои прости правила, написани, тествани и публикувани от (Waldhaeusl & Ogleby, 1994). Тези така наречени "3x3 правила" са структурирани в:

3 геометрични правила:

- Подготовка на контрол информация,
- Използване на изображения, покриващи целия обект,
- Използване на стереодвойки за стерео-възстановяване.

3 фотографски правила:

- Вътрешната геометрия на камерата трябва да се отчита постоянно,
- Използване на хомогенно осветление,
- Избор на най-стабилната и с най-голям формат камера

3 организационни правила:

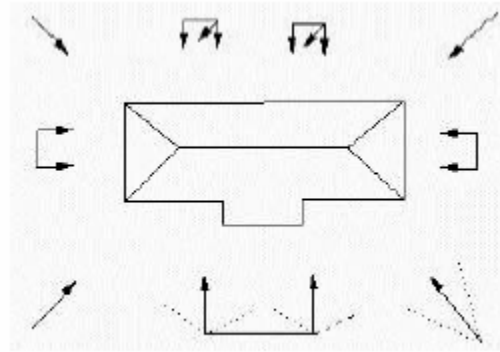
- правилното формиране на векторен модел,
- правилно формиране на протоколи,
- Да не забравяме последна проверка.(Фигура 10).

Обикновено, метрични камери са поставени на статив, но снимки с малък или среден формат често се правят "на ръка". Цифровите фототеодолити се комбинират с тотални станции и цифрови фотоапарати, разработени от (Agnard Ал ЕТ., 1998), (Käßer, 1998). Цифрови изображения са тогава РЕФЕРЕНЦИИ от обект точки или поставени цели в тази област. В този начин на определяне на елементите на външното ориентиране е сравнително просто и позволява изображенията да са директно използвани за възстановяване.

4.3. Цифрова корекция

Много от частите на архитектурни обекти могат да се разглеждат като равнина. В този случай, дори ако на снимката е извършено наклоняване по отношение на разглежданата равнината на обекта, съществува възможност за отстраняване на грешки и мащабиране на изображението. Имаме нужда най-малко 4 контролни точки, определени от техните координати или разстояния в обектната равнина (§ 2.1.2). В Rolleimetric MSR софтуерен пакет [<http://www.rolleimetric.de>] се предвижда скала за представяне на съществуващи обекти, въз основа на ректифицирани цифрови изображения (фигури 11а, 11б и 11в).

Базата данни е обикновено една или повече фотограметрични снимки и/или любителски снимки на обекта, които са формирани по всяка от равнините, определени от потребителя. Обикновено като резултат от ректификация се разглеждат съчетания на данни, получени във векторен режим и фотопланове в растерни-режим.

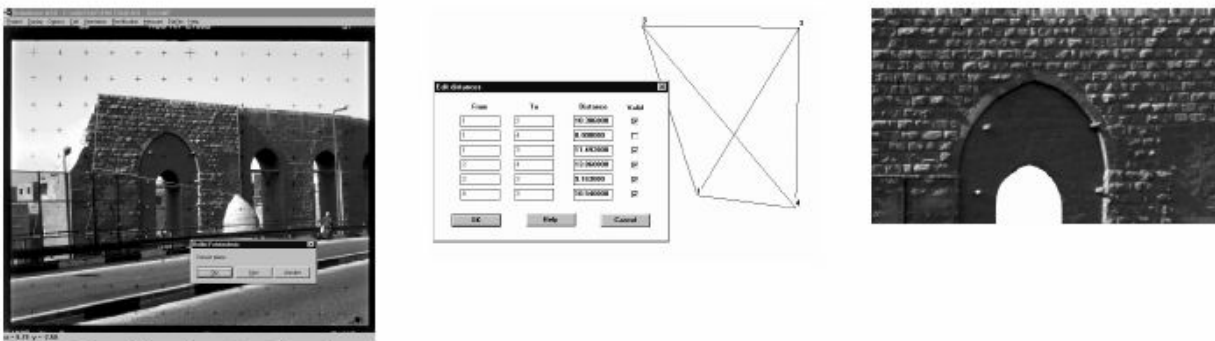


Фигура 10. Хоризонтална проекция за фотографиране на сградата, както е препоръчано в 3x3 правила [виж <http://cipa.icomos.org>]

Често метричните камери са поставени на статив, но за снимки с малък или среден формат се използва режима "на ръка". Възможно е цифрови фототеодолити да се комбинират с тотални станции. Разработени са специализирани цифрови фотоапарати за целите на земнофотограметрично заснемане (Agnard Ал ЕТ., 1998), (Кäber, 1998). По този начин на определянето на елементите на външното ориентиране е просто и изображенията са директно използвани за възстановяване на обекта. По принцип, основните етапи, възникнали при коригирането на изображенията са както следва (Брайън и др., 1999):

- приемане на ред за работа (фотографиране и контрол точки);
- Сканиране;
- Поправка;
- Мозайкиране;
- Ретуширане;
- Изход, както и
- Архив за съхранение.

При снимки на фасади базата трябва да е успоредна на референтната равнина. Най-добра точност се получава в централната част на изображението.



Фигура 11

Търговски САД / САМ софтуерни пакети, често включват формиране на изображения, работа с инструменти, а също така и трансформация и ректификация на единични снимки. Някои пакети съдържат функции за фотограметрично определяне на

местоположението на центъра на проектиране от две или три снимки. При тях един обект се открива на отделните снимки при наблюдение от различни гледни точки. Цифрови карти могат да бъдат създадени чрез проектиране на обект върху повърхност и коригирането му върху снимка. В резултат ортофотопланът на обектния модел е представен от цифров модел на терена (Romaska, 1998). Изображение на данни от различни плоскости се комбинира в цифров компютърен модел (3D модел) за визуализация и анимация, с помощта на редактиране на снимки или CAD софтуер. (ELSP от Бърно, [http://www.pms.co.at] и Photoplan http://www.photoplan.net]) и други примери на търговски системи, специално посветени на тези дейности. Прогнози за развитие и получаване на изображения върху цилиндрични сводове с различни диаметри и върху сферични повърхности са представени в (Карас и др., 1997) и (Egels, 1998).

4.4. Моноскопични системи за измерване на изображението

Фотограметричните мулти-образни системи са проектирани да се справят с две или повече припокриващи се снимки, направени от различни ъгли за даден обект (вж. § 2.3). В миналото, тези системи са били използвани с аналогови изображения и мозайки. Сега се използват скенери за дигитализиране на аналогови снимки и филм, отчитайки влиянието на деформации при оформяне на метрична документация за обекта. Монокоярните измервания се извършват поотделно за всяко изображение. Тези системи не предоставят възможности за използване на традиционната стерео-фотограметрия. За точни измервания върху обекта се предоставят от системата функции за:

- автоматично измерване

- измерване на хомоложни точки чрез представяне на линия (въвеждане на атрибутна информация в изображения и използване на елементи от епиполарната геометрия).

Създаването на линейни обекти може да бъде пряко контролирано благодарение на наслагване на текущата фотограметрична информация от изображението със векторните данни. Основните различия между системите се състоят във възможностите за изчисляване, наличие на модули за комбиниране на допълнителни параметри, както и потребителски функции за определяне на посоки, разстояния и принадлежност към повърхнини. Основен принос на цифровите изображения за развитие на архитектурната фотограметрия е поддръжката на текстури. Растерните файлове се превръщат в обекти и от тях автоматизирано се определят повърхности и се извличат цифрови данни като изображението се проектира върху триизмерен предметен модел. Някои такива системи се комбинират с модул за цифрови ортокорекции на изображението. Такъв е канадският фотограметричен пакет PhotoModeler, добре известен като компилация от ниска цена, добре реализиран измерителен инструмент за изграждане на архитектурни и археологически приложения (<http://www.photomodeler.com>).

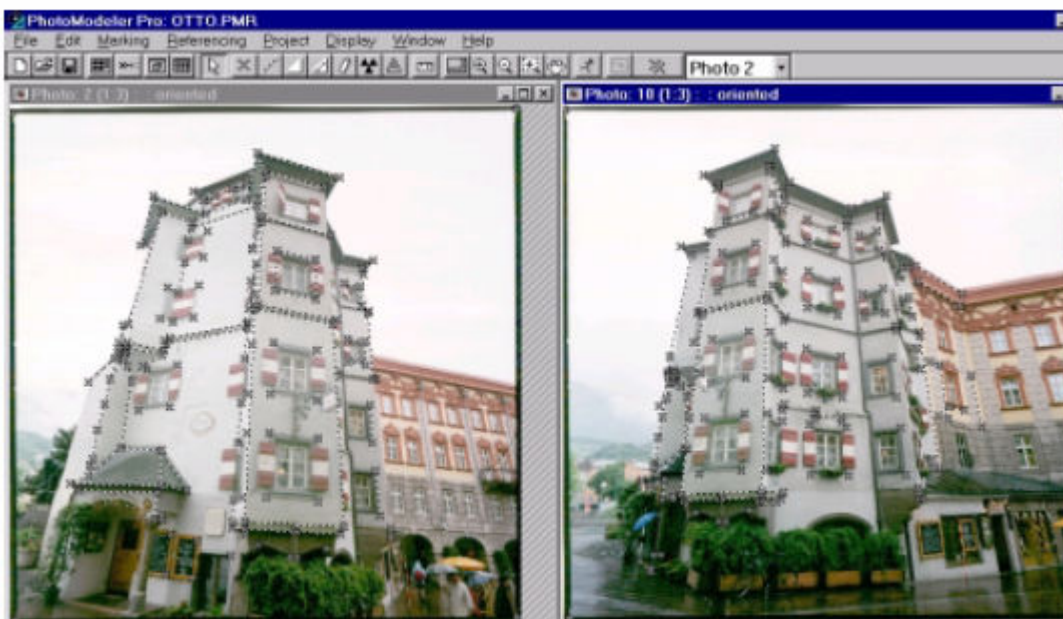
PhotoModeler (фигура 12) е Windows базиран софтуер, който позволява измервания и трансформира снимки в 3D модели. Основните стъпки в рамките на проекта извършвани с PhotoModeler са:

- съвместяване на две или повече припокриващи се снимки от различни ъгли на обект;

- сканиране на изображения в цифров формат и възможности за поставянето им във проект на PhotoModeler;

- използване на вградени инструменти генериране на точки, линии и други графични примитиви при формиране на окончателен 3D модел;
- указване на точки, чрез посочване на положението им на различни снимки
- рефериране на данни (и евентуално камера за наблюдение) при формиране на 3D модел;
- виртуално разглеждане на 3D модел
- извличане на координати, разстояния и площи в среда на PhotoModeler чрез извършване на измервания;
- разширен Вход/Изход на 3D модел за рендеринг, анимация или към CAD програми.

Калибрирането на камерите може да се извършва отделно като се изчисли фокусното разстояние на камерата и останалите елементи от вътрешното ориентиране. Във PhotoModeler могат да бъдат използвани изображения от стандартните 35 мм филми, направени с камери на Кодак PhotoCD, както и от цифрови и видео камери. Постигнатата точност в разстояния между точки, получени от (Ханке & Ebrahim, 1997) е в интервала от 1:1700 (за 35 мм малък формат "любителска" камера, без отчитане на изкривяванията от обектива) до 1:8000 (за P32 метрични камера) и показват обещаващи резултати



Фигура 12

Примери за системи, базирани на горната концепция са:

- Kodak Digital софтуер [<http://www.kodak.com>], с възможности за обработка на единични и мулти образи;
- 3D BUILDER PRO [<http://aay.com/release.htm>], с "ограничена основа" за моделиране
- Софтуерният пакет SHAPECAPTURE [<http://www.shapequest.com>] предлага целеви функции(3D координиране и измерване, калибриране , стереоскопично наблюдение и кацане, 3D моделиране;

- CANOMA [<http://www.metacreations.com>] от Meta Creations е софтуер, предназначен за създаване на фотореалистични 3D модели от илюстрации (исторически материали, произведения на изкуството, векторни данни и т.н.), сканирани или цифрови снимки. Въз основа на снимките с помощта на специализирана техника, позволяваща прикачване на 3D Wireframe примитиви и създаване на един 3D образ от обвивка на 2D повърхности около тези примитиви.

Някои други системи, също се основат на използване на единичен или мулти-образ на измерване. Като цяло, те използват CAD модели за представяне на фотограметрично получените резултати. Примери за такива системи са:

-CDW от Rolleimetric [<http://www.rolleimetric.de>], пакет главно за измерване. Системата не поддържа текстури и данните са изнесени във външна CAD система.

-MSR3D, също предложен от Rolleimetric, е продължение на MSR и се основава на използване на мулти-CDW образи и процеси (две или три снимки), за определяне на обектно-различни равнини, както и съответните отстранени изображения.

-Elcovision12 от [<http://www.pms.co.at>] може да работи самостоятелно или директно и да се свързва с всяка CAD-система;

-PICTAN от Технически университет Берлин, Германия [www.technet-gmbh.com], включва корекционен пакет блок за 3D построения, както и възможности за създаване на цифрово ортофото;

-Фидий, предложен от PHOCAD (Аахен, Германия) е интегриран в Microstation CAD пакет;

-Ориент, предложена от Институт по фотограметрия и дистанционни изследвания на Университета във Виена (Австрия), е цифров модул за измерване. Той е свързан със софтуера SCOP за производство на цифрови ортофотоснимки. Чрез него се обработват големи изображения и се създават пирамидални изображения.

4.5. Стереоскопични системи за измерване на изображения

4.5.1. От аналитични към цифрови

Цифровите стереоскопични измервателни системи и последващи аналитични стереоплотери са по-скъпи системи. Извличането на метрична информация при тях се основава на стереоскопично наблюдение и мерене

4.5.2. Стереоскопия

Системите, представени по-горе позволяват обработката на повече от две снимки, но хомоложни точки се измерват в монокулярен режим. Проблеми могат да възникнат за обекти с по-малка текстура, когато не се използват за идентифициране хомоложни точки, само стереонаблюдението позволява точно 3D измерване. Затова се използват стереодвойки от изображения (близко до нормалния случай). Тези системи могат да бъдат приравнени към 3D плотери за измерване на пространствени обекти по координати. 3D измервания са необходими за създаване на цифрови модели на повърхнини при създаване на ортофотоснимки. Обикновено, предложените решения за стереоскопично наблюдение са:

- разделение на екрана с помощта на огледален стереоскоп, поставен в предната част на екрана;
- Анаглифно наблюдение;
- Проектиране на две изображения на цял екран
- използване на две синхронизирани изображения на поляризиран екран (изискват се поляризиращи очила).

4.5.3. Автоматизация и корелация

В цифровата фотограметрия, повечето от измерванията могат да се извършват автоматично чрез използване на корелация. Задачата е след това да се намери позицията на геометрична фигура (наречена референтна матрица) в цифров образ. Ако приблизителната позиция на измерените точки е известна в изображението, тогава можем да определим така наречената матрица за търсене. За определяне на необходимата позиция в цифрови изображения се използва Таблица на изчисления. Постига се съответствие в субпикселния диапазон на точността на позициониране. Обикновено, корелацията е процес, който е ефективен за архитектурни обекти, поради видоизменени обекти. Таблицы на функции могат да бъдат прилагани в различните етапи на ориентация:

- при измерване на марки автоматично при вътрешното ориентиране;
- при измерване на хомоложни точки процесите могат да бъдат автоматизирани чрез използването на съответствието като процес, както при външно ориентиране, така и в цифровия модел при определяне на принадлежност към повърхнини
- при модулите за стереонаблюдение съотношението функция/наблюдение е истински прогрес в сравнение с ръчните измервания, прилагани в аналитичната фотограметрия. Качеството на измерване обикновено се дава от корелационния фактор.

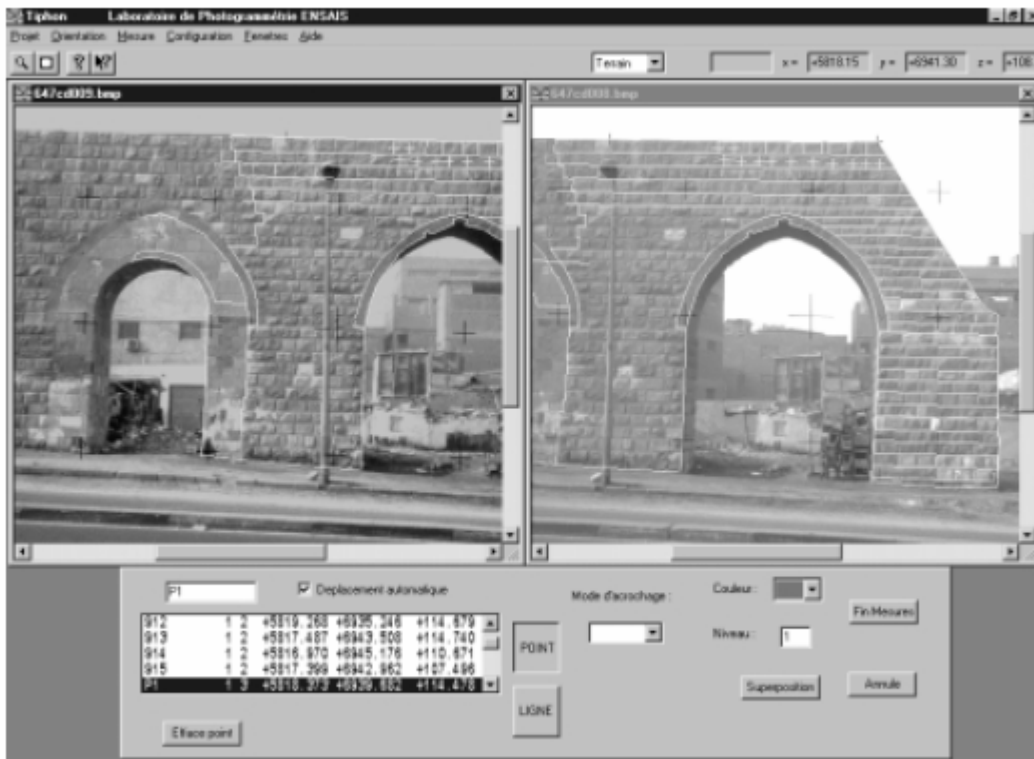
4.5.4. Ориентиране на модела

Системите, които в момента се използват за въздушната фотограметрия и използват стереодвойка изображения не винаги се прилагат и в архитектурната фотограметрия.

В много случаи, тези системи не могат да се справят с различните по вид и мащаб на изображения. Модулът за ориентация може да не успее да извърши ориентирането защото снимките и контролните точки, са определени от земни снимки, или поради неспазване на геометричния модел. За определяне елементите на външното ориентиране някои системи предлагат решения въз основа на характерни два етапа на ориентиране (относително и абсолютно), както е известно в аналитичната фотограметрия. Предлагат се пакети с възможности за директно линейно преобразуване и приблизително определяне на параметрите на ориентиране. Някои системи предлагат и модули за автоматична триангулация.

4.5.5. Стереокартиране и събиране на данни

3D векторизацията позволява автоматична или полуавтоматична процедура по картиране, реализирана самостоятелно или ориентирана към CAD софтуерни пакети. Ортофотоснимките могат да бъдат генерирани от различни модели, но за архитектурни приложения, photomodels обикновено се използват специализирани системи (фиг. 13)



(фиг. 13)

Примери за евтини компютърни системи, базирани на стереоскопични измервания с известни приложения в близообхватната архитектурна фотограмметрия са:

- За цифрови видеоплотери (DVP) [<http://www.dvp-gs.com>]. Това е една от първите системи, предложена от (Agnard и др., 1988). Тя е оптимизирана за мащабното картографиране в градските райони на архитектурни проекти;

- Photomod от Raccurs (Москва, Русия) е с висока степен на автоматизация в сравнение с други системи. Системата е известна като DPW за въздушно фотограмметрия. Ортофотоснимките на фасади с Photomod са били представени от Континентал Hightech [<http://www.chs-carto.fr>];

- Imagestation SSK стерео Softcopy. Пакет от Intergraph Corporation е предложена като комплект съчетание на ниска цена DPW. Пакетът притежава различни модули

Съществуват няколко университетски системи. Някои от тях са:

- VSD като видео Стерео Дигитайзер (Jachimski, 1995) използвана за архитектурни приложения. VSD е цифров автограф изграден на базата на персонален компютър. Той е подходящ за изготвяне на векторни карти, въз основа на двойки от монохромни или цветни цифрови изображения както и за векторизиране на ортофотографии. Стереоскопичното наблюдение се основава на наблюдение с огледален стереоскоп

- POIVILLIERS 'E' developed by Yves Egels (IGN-ENSG, Paris, France) работи под DOS. Стерео-наблюдението е възможно чрез активни очила, свързани с паралелен порт на компютъра или от анаглифни очила. Системата е много ефективна за големи изображения с висока разделителна способност, поради наличие на под-модул за подпикселна точност. Системата работи с въздушни и земни снимки

- Картографиране от стереодвойки в Autocad R14 е предложен от гръцки университети (Glykos и др., 1999);

- TIPHON е приложение за Windows, разработено от ENSAIS (Polytechnicum на Страсбург, Франция) за двуобразна фотограметрия с различни видове камери (Grussenmeyer & Koehl, 1998). мерванията в стереоизображенията са ръчни или полуавтоматични, на основата на корелация. Стереоскопа се използва за стереоскопични наблюдения

ARPENTEUR е средство за образование и Научни изследвания и представлява платформено независима система на разположение в Интернет чрез обикновен интернет-браузър (Drap & Grussenmeyer, 2000). Системата е адаптация на TIPHON на в Интернет-пространството и е специално посветена на архитектурни приложения. ARPENTEUR е УЕБ-базиран софтуерен пакет, използващ HTTP и FTP протоколи. Модулите за фотограметрично регулиране и за обработка на изображения са написани на Java TM. На разположение на потребителя са различни решения за ориентация на цифровите стереодвойки. В концепцията на използване на фотограметричен софтуер в Интернет се разширява с нов подход от архитектурната фотограметрия и възможности за 3D моделиране. Архитектурният модел се контролира от основните геометрични модели, произтичащи от архитектурни познания.

Данните от стереоплота са пряко свързани към софтуерни пакети, CAD и VRML файлов формат. ARPENTEUR се ползва чрез интернет на адрес [<http://www.arpenteur.net>].

5. 3D обектни структури

5.1. Основни бележки

Ако трябва да се опише един обект чрез цифров модел то процедурата включва описание на всички отделни компоненти на обекта, с всичките му качества, свойства и особености. Всички видове представителства на данни се описват само с ограничен размер на атрибутите и всяко ограничено математическо описание на обекта е непълно. Данните са абстракции (модели) на реални обекти от света. Абстракции се използват, за да разбере или манипулира обширната реалност. Всеки опит да се представят реалности се счита за абстракция. Единственото пълно представяне на реалния свят, е предмет на самия обект. Моделите са структури, които съчетават и абстракции и операнди за единица полезен за анализ и манипулиране модел. Предпоставка за произхода на модела е наличието на абстракция. Всеки модел трябва да изпълнява редица конвенции, които да работят с него ефективно. Колкото по-висока степен на извличане на конвенции трябва да бъдат изпълнени в CAD-системата, толкова моделите се доближават до действителността. ("Структурата на базата данни"), представлява основа за софтуерни приложения. В базата данни достъпът се осъществява чрез така наречената СУБД (система за управление на база данни), реализираща функции алгоритми върху приетите базови операции. Представянето на реален обект в света на компютърно- ориентирания модел е синтез на данните. В зависимост от разширяване и размер на информация на единни данни обекта може да бъде представен като съвкупност от данни и алгоритми (Gratz, 1989). Най-важна роля в определянето на модели играе на подходящ баланс между коректност и лесна употреба.

5.2. Класификация на 3D модели

По принцип 3D модели могат да бъдат разделени в три независими класове:

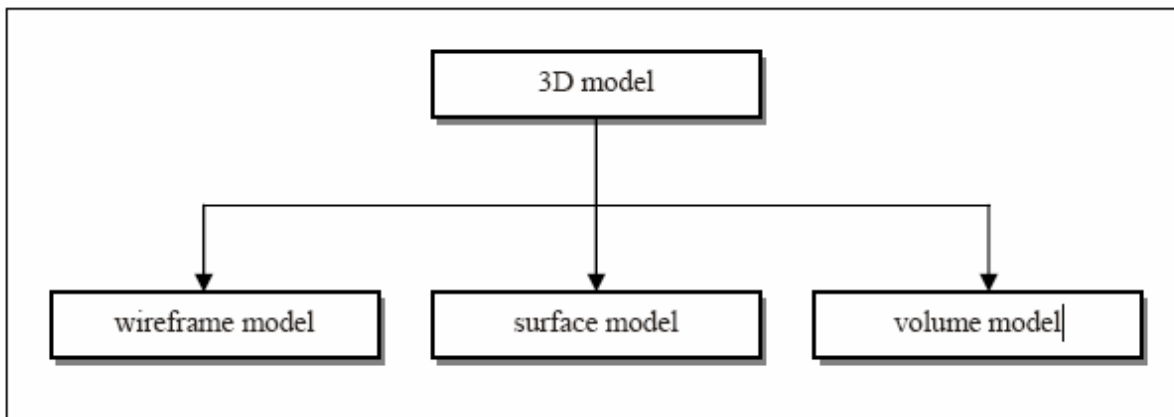
- Скелетни модели(Wireframe),
- Повърхностни модели
- Обемни модели (виж фигура 15).

Разделението се основава на приети вътрешни схеми за представителство и области на приложение на тези модели. (Фигура 15)

Скелетните модели са определени от върховете и краищата на свързването на тези върхове. Те определят очертанията на даден обект позволяват разглеждането им от всяка гледна точка. Това е единно предимство за прости предмети, но намалява четливостта при по-сложни обекти. Те се използват за прости обекти.

Повърхностните модели представляват обект, както съвкупност от подредени повърхности в триизмерното пространство. Повърхностни модели се използват главно при моделиране на повърхнини

Обемният модел представлява триизмерен обект с обемна структура, позволяваща използването на булеви операции, както и изчисляването на обем, център на тежестта, площ и др.(Mäntylä, 1988). Обемните модели винаги представляват йерархията на обекта, в която са определени примитиви и операции. Всеки един от класовете, посочени по-горе има своите специфични предимства и недостатъци. В зависимост от задачата на предимствата и недостатъците са повече или по-малко важни.

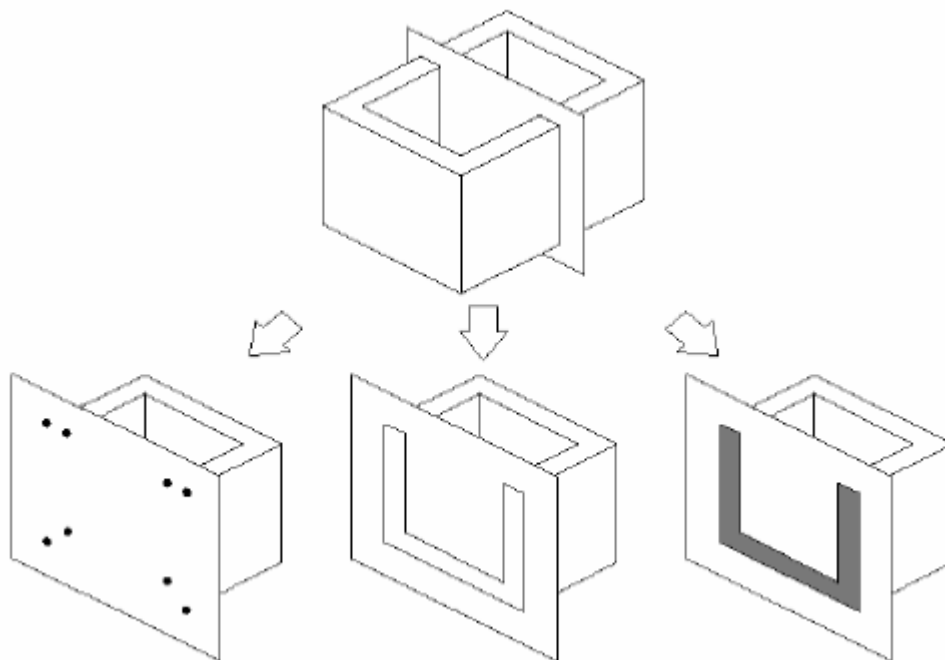


(фиг.15)

Поради това не е възможно да се направи обобщение кой от класовете модели е по-добър. Всяко изображение на даден обект е повече или по-малко точно копие на действителността. Фигура 16 показва различия в различните представи за видовете модели

Wireframe модела представлява кутия като количество на върховете и краищата. Секцията показва количеството на не-свързани точки. Това представяне е истинската реалност, когато интереса е към общата форма или в позицията на кутията. Повърхностния модел описва поле като комбинация от върхове, ръбове и повърхности. В този модел са показани количеството на точки и линии. Това представяне е истинската реалност, ако интереса е насочен към външния вид на повърхностите.

Обемният модел показва прозорец като количество на върхове, ръбове, лица и обемни елементи. Това е представяне на истинската реалност



(фиг.16)

6. Виртуална реалност

Благодарение на напредъка в развитие на компютърния хардуер и софтуер и бързото развитие на средствата за визуализация се създават предпоставки за развитие на архитектурната фотограметрия. Обикновено фасадните планове вече не са подходящи за нуждите и приложенията на много потребители. Необходими са 3D-приложения в реално време като анимации, интерактивни карти скриптове и др. Две различни понятия трябва да бъдат разграничени. Докато "Виртуална реалност" основно използва векторни модели за описване на несъществуващи (виртуални) ситуации или фантастика, "Визуална реалност" означава:сложна комбинация от вектори, повърхности и снимкови текстури необходими,за да се визуализира съществуващ обект ("photomodel"). Завладяваща е идеята да се слоят в едно тези модели, като се показват виртуални обекти и се визуализира в реалността. Фигура 17 и 18.представява Поглед на 3D photomodel "Ottoburg, Инсбрук"

В съответствие с целите и необходимата точност на резултатите има много начини да се създадат такива видоизменени 3D модели. Те варират от рефериране на ортотректифицирани снимки върху геометрично опростени повърхности на фасади до сложни проекци на оригинала



(фиг.17)



(фиг.18)

Един много обещаващ начин да се визуализира 3D-данни е да се създадът т. нар. "светове", не само за компютърни игри, но също така и за "по-тежки" приложения. VRML е нов стандартизиран формат (ISO 1997), който описва триизмерни модели и сцени, включително и статични и динамичен мултимедийни елементи. Това описание е независимо от вида на компютъра. Повечето интернет браузъри поддържат VRML файлов формат. 3D моделите могат да бъдат разглеждани интерактивно от страна на потребителя или анимирани в реално време. Така например, VRML е много подходящ за създаване на

интерактивна среда, виртуален музей, визуализации и симулиране на базата на реални данни света.

Друг начин да се визуализира реални обекти света е създаването на панорамни снимки. Този подход избягва процесът на отнемане на време за създаване на 3D модел. Плъггените за УЕВ браузъри предоставят интерактивни движения. Съществуват няколко метода за постигане на панорамни снимки. Един от тях е да се вземе едно изображение с 20% до 50% се припокриват от фиксирана позиция при завъртане на камерата около вертикалната ос и деформирането им върху цилиндрична или сферична повърхност. Това води до пространствено въображение при навигацията чрез този модел. Друг начин е да се премине от камерата през целия обект с фиксирана точка от целта. Комплекс от обекти могат да се разглеждат и обръщат около оси чрез просто плъзгане на мишката. Комбинация от няколко панорами или свързване на допълнителна информация за показаните предмети, може да бъде направено чрез кликуване на така наречените "горещи точки". Специални панорамни камери и инструменти за формиране на шевове са на разположение в такива системи.

7. Международен комитет по архитектурна фотограметрия (CIPA)

Международния комитет за Архитектурна фотограметрия (CIPA), като утвърден форум в тази област е един от международните комитети на ИКОМОС (Международен съвет на Monuments and Sites) and it was established in collaboration with ISPRS (Международно Дружество по фотограметрия и дистанционни изследвания).Неговата основна цел е подобряване на всички методи за проучване на паметници на културата и изграждане на специализирани сайтове от приложения, ефекти, комбинация от методи за целите на архитектурната фотограметрия. Разглеждат се въпроси по архитектурна фотограметрия от всичките възможни аспекти, като важен принос към записване и сетивен мониторинг на културното наследство, за опазване и възстановяване на всички ценни архитектурни паметници на културата или други архитектурни, археологически и исторически изследвания.

За да изпълни тази мисия, CIPA [виж <http://cipa.icomos.org>] работи в полза на:

- установяването на връзки между архитекти, историци, археолози, природозащитници,
- свързва експерти и специалисти по фотограметрия и дистанционни изследвания, пространствени информационни системи, СААД, компютърна графика и други свързани с тях области;
- организира и насърчава разпространението и обмена на идеи, знания,опит ,резултати от научни изследвания и развойна дейност (CIPA Експертни групи и CIPA списък с адреси);
- установяване на контакти между съответните институции и дружества, които специализират в изпълнението на фотограметрични изследвания или при производството на подходящи системи и инструменти (съвет на Поддържането на членове);
- инициира и организира конференции, симпозиуми, специализирани колоквиуми, семинари,уроци, практически упражнения и специализирани курсове (CIPA събития);
- инициира и координира приложни изследвания и развойна дейност (CIPA Работни групи);

- грижи се за ролята на научния и технически експерт по конкретни проекти
- организира мрежа от национални Комитети и делегати
- представя годишен доклад за дейността на Бюрото на ИКОМОС и ISPRS и на Съвета и го публикува в Интернет (Годишни Отчети);
- публикува също така структурата, устава и насоките в Интернет. CIPA има добре изградена структура от работни групи.

8. Литература

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, Wittles 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. Siemens-Aktiengesellschaft, 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 JANSKA 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).
- References from Journals and other Literatures :
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. BALSAVIAS, 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 Turkish-German 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**. ISPRS

Journal 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**. Architektur-Photogrammetrie 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 TIPHON 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. **Photogrammètrie architecturale et réalité virtuelle : modélisation de l'aqueduc El-Ghuri (Le Caire, Egypte)**. *Revue de l'Association Française de Topographie*, XYZ 4^e 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 closerange 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., PETSAS, 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. MÄNTÄLA, 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 CCDcamera 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, Washinton 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. WALDHAEUSL, 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. WALDHAEUSL, 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. WALDHAEUSL, 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. WALDHAEUSL, 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. **Recontruotion 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.