

УДК 528.72

Комбинированный метод съемок архитектурных объектов

Могильный С. Г. *, Шоломицкий А. А., Лунев А. А.

ДонНТУ, Донецк, Украина

Поступила в редакцию 17.03.09, принята к печати 08.11.09.

Аннотация

В статье предложена методика выполнения фотограмметрической архитектурной съемки с использованием неспециализированной цифровой камеры. Описанная методика практически применена для съемки памятника архитектуры 19 ст. Показаны этапы подготовительных, полевых и камеральных работ и соответствующая точность.

Ключевые слова: архитектурная съемка, цифровая камера.

Задачи получения трехмерной модели пространственного объекта нашли в последнее время широкое распространение. Они возникают при документировании памятников архитектуры, проектировании и реконструкции зданий. Задача получения цифровой модели архитектурного сооружения не является новой. В разные времена использовались различные методы решения:

- непосредственное измерение с помощью рулетки;
- тахеометрическая съемка;
- фотограмметрическая съемка;
- сканерная съемка с использованием трехмерного сканера и др.

Наиболее рентабельными являются фотограмметрический метод и метод сканерной съемки [1]. Это объясняется сравнительно небольшим временем полевых и камеральных работ. Сканерная съемка при высокой геометрической точности лазерных изображений имеет значительно меньшую разрешающую способность. Если же сканерное изображение выполнено с помощью искусственного инфракрасного излучения, то оно не обладает так называемой пластичностью изображения [2], которое заключается в передаче светотеневых эффектов, возникающих при разной интенсивности освещения. Для получения однозначных контуров по лазерному изображению необходимо выставлять высокую частоту сканирования, что приведет к большим временным затратам на полевые работы и большим объемам конечного изображения. Описанные недостатки, по мнению авторов статьи [2], могут быть минимизированы путем объединения лазерного сканирования с цифровой фотограмметрией.

Развитие цифровых технологий в последнее время способствовало развитию и широкому распространению цифровой фотограмметрической съемки. Применению цифровой фотограмметрической съемки также способствует ценовая доступность цифровой съемочной техники, которая может использоваться в геодезическом производстве для решения определенного круга задач [3, 4].

Успенская церковь в с. Осиновое Новопокровского района Луганской области является памятником архитектуры 19 века и относится к объектам культурного и духовного наследия (№315). На сегодняшний день церковь нуждается в реставрации, но никакой обмерной архитектурной документации нет. Поэтому задача получения цифровой модели для объекта является весьма актуальной. С ее помощью памятник архитектуры может быть реставрирован. С другой стороны такая модель может быть представлена во всемирной сети Internet.

* E-mail: mogilny@gis.dgtu.donetsk.ua

Для выполнения поставленной задачи была использована цифровая пиксельная камера Olympus-E20P. Камера была предварительно откалибрована с помощью плоского тестового полигона – определены значения элементов внутреннего ориентирования и параметры систематических ошибок. [5, 6].

Первый этап выполнения работ состоял в построении съемочной сети, с точек которой создавалось съемочное обоснование для фотограмметрических съемок. Опорная сеть создавалась как линейно-угловая, причем точки стояния не совпадали с закрепленными на местности металлическими штырями с керненными центрами (рис. 1). Это позволило создать вокруг объекта съемки сеть жестких пунктов, закрепленных на местности, и при этом располагать станции таким образом, чтобы удобно было измерять опорные точки на стенах здания. Этап выполнялся в *online*-режиме с помощью комплекса Визир-3D [7,8], который хорошо зарекомендовал себя при выполнении высокоточных инженерно-геодезических работ. Для работы использовался электронный тахеометр Sokkia SET30 и управляющий компьютер (рис.2).

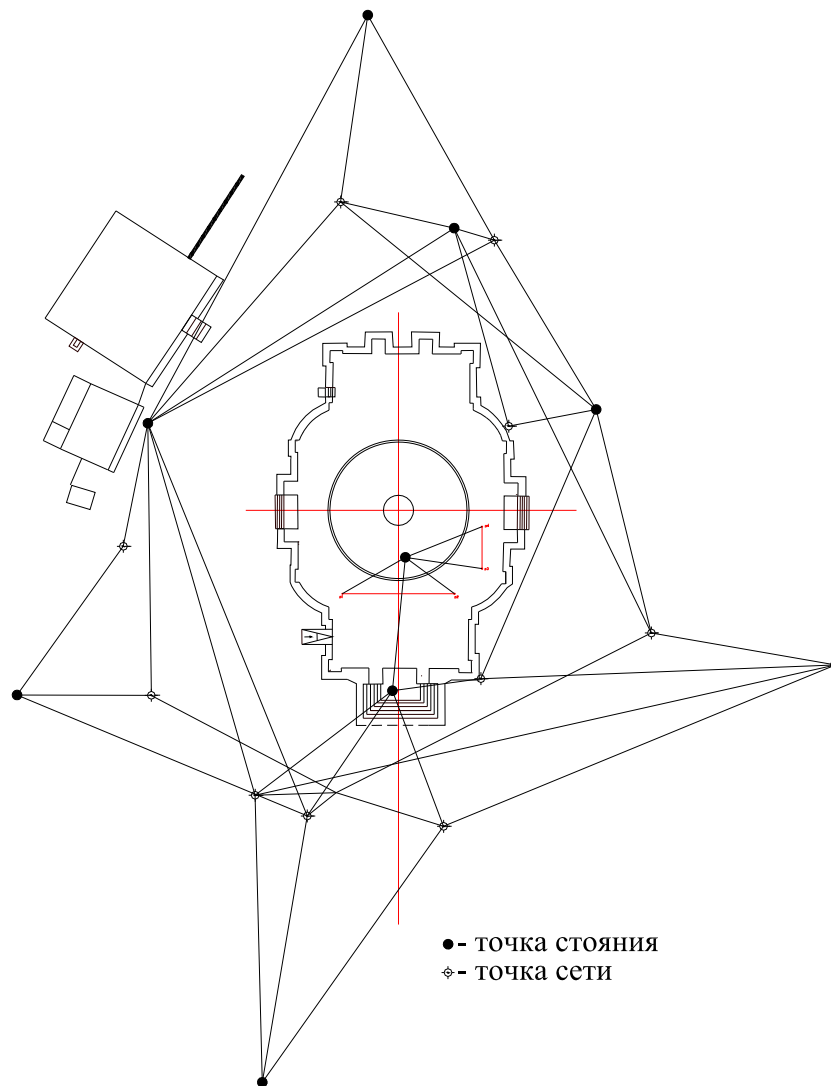


Рисунок 1 – Схема геодезической сети



Рисунок 2 – Измерительный комплекс Визир-3D

На каждой станции, расположенной вокруг снимаемого объекта, были измерены характерные и контурные точки для составления топографического плана масштаба 1:500. Измерения заключались в пятикратном измерении горизонтального и вертикального угла на снимаемую точку и наклонного расстояния при КЛ и КП. Уравнивание сети выполнялось в программном комплексе Визир 3D, который является *online*-аналогом программы уравнивания маркшейдерских и геодезических сетей и обработки съемок МГСети (<http://www.gis.dgtu.donetsk.ua>). Общая характеристика сети приведена в таблице 1.

Табл. 1. Характеристика сети

Характеристика	Значение
Инструмент	SET330R
Средняя квадратическая ошибка измерения вертикальных углов, сек.	3
Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных направлений, сек.	3
Средняя квадратическая ошибка измерения 100м расстояний, мм	2.3
Ошибка единицы веса превышений	1.4544
Тип сети	планово/высотная
Уравнивание сети выполнено методом наименьших квадратов	
Плановая сеть состоит из фрагментов, шт.	1
Средняя невязка уравнений при построении плановой сети, м	0.018
Количество исходных плановых пунктов	2
Количество исходных высотных пунктов	1
Количество базисов	0
Количество азимутов	0
Количество определяемых пунктов	19
Количество станций измерений	10
Количество измеренных длин	46
Количество измеренных направлений	47
Количество параметрических уравнений	93
Количество избыточных измерений	45
Заданная точность измеренных направлений, сек	3
Заданная точность измеренных длин, мм	2
Вычисленная ошибка единицы веса, сек	7.5
Максимальная относительная фактическая невязка	1:5700
Максимальная относительная допустимая невязка	1:2800
Количество определяемых высотных пунктов	21
Количество измеренных превышений	46
Количество избыточных измерений	25
Ошибка единицы веса, мм	6.3

Каталог координат точек сети со средними квадратическими ошибками координат точек приведены в табл.2.

Табл. 2. Каталог уравненных координат точек сети

№ п/п	Имя точки	Координаты точки			Сред.квadrat.ошибки			Примечание
		X	Y	Z	Mx	My	Mz	
1	p1	-8.0442	-5.3915	1.6075			0.0004	плановый
2	s3	-4.5300	0.6608	0.0000	0.0005	0.0043		высотный
3	p2	-8.0442	5.3915	1.5879			0.0004	плановый
4	s1	-27.2055	-5.9827	0.2199	0.0042	0.0043	0.0008	
5	s2	8.3900	-24.0869	0.5101	0.0099	0.0099	0.0012	
6	s4	-17.3912	-0.5802	0.0222	0.0036	0.0008	0.0006	
7	s5	27.2006	5.3566	0.6864	0.0051	0.0173	0.0013	
8	s6	9.7150	19.0098	0.4746	0.0086	0.0104	0.0012	
9	s7	-14.8982	42.0189	0.6575	0.0165	0.0031	0.0013	
10	s8	-17.8017	-36.6692	0.1937	0.0142	0.0027	0.0012	
11	s9	47.7255	-2.9504	-0.1343	0.0062	0.0258	0.0016	
12	s10	-55.1294	-13.0909	-0.4514	0.0071	0.0163	0.0013	
13	T8	-11.8237	24.3121	-1.0822	0.0101	0.0029	0.0013	
14	T9	-16.2279	7.9207	-1.1205	0.0048	0.0022	0.0007	
15	T1	-29.4644	-8.7667	-1.0419	0.0051	0.0052	0.0008	
16	T2	-27.4650	-13.7833	-1.0402	0.0062	0.0046	0.0008	
17	T3	-17.8296	-23.7695	-1.1744	0.0095	0.0023	0.0012	
18	T4	-3.4679	-26.4559	-0.8636	0.0105	0.0054	0.0012	
19	T10	-30.4617	4.3312	-1.1731	0.0042	0.0054	0.0008	
20	T5	29.7203	-5.5634	-0.7112	0.0048	0.0180	0.0013	
21	T6	26.0383	9.2177	-0.9256	0.0059	0.0166	0.0013	
22	T7	8.1083	10.6017	-0.7863	0.0060	0.0101	0.0013	

С тех же станций, одновременно с измерениями сети, производилась съемка характерных точек фасадов, которые в свою очередь служили опорными точками для фотограмметрической съемки. При этом по предварительно выполненным цифровым снимкам объекта создавался абрис для каждого фасада. Всего было измерено 437 точек по фасадам – от цоколя до крестов, таким образом, чтобы можно было отдельно сориентировать каждую стереопару. Кроме того, эти точки использовались для построения трехмерной модели в случае возникновения «мертвых» зоны при обработке фотограмметрических моделей.

Для того чтобы увязать наружные геодезические измерения и внутренние, выполняемые в основном линейными промерами, внутрь объекта был проложен висячий ход, с точек которого были измерены опорные линии на стенах церкви и элементы купола (рис. 1). Таким образом были измерены три опорные кольца купола, на высоте 12,25 м, 18,8 м и 25,92 м. Эти измерения показали, что несоосность опорных колец купола достигает почти 300 мм. Кроме того, геодезическими измерениями было установлено, что главка башни колокольни деформировалась, и отклонение креста колокольни от вертикали составляет 284мм (рис. 5 и 6).

Основная задача при проектировании расположения съемочных базисов – полное покрытие снимаемого объекта с минимальным количеством самих базисов. В процессе полевых работ координаты точек фотографирования не определялись геодезическими методами, а были в дальнейшем получены при ориентировании снимков. Снимаемый объект был условно разделен на восемь частей. Каждая часть формировалась из четырех стереопар, выполненных на четырех уровнях размещенных по высоте. Дальность фотографирования при этом не превышала 70.0 м. Части снимаемого объекта, на которых было расположено большое количество мелких деталей архитектуры, были дополнительно сняты с близкого расстояния. Фотографирование выполнялось со штатива методом конвергентной съемки с углом конвергенции не более 60°. Снимки при фотографировании располагались таким образом,

чтобы между снимками текущего и соседнего маршрута имелась область перекрытия, в которой располагались связующие точки.

Выполнение ориентирования снимков осуществилось в программе «Delta/Digitalls» (<http://www.vingeo.com/>). Снимки по каждой условной стене были сгруппированы по отдельным маршрутам, каждый из которых измерялся самостоятельно. После измерения стереопар по всем маршрутам данные были объединены в единый блок для уравнивания в программе аналитической фототриангуляции BlockMSG (<http://www.gis.dgtu.donetsk.ua>). После уравнивания получены следующие результаты (табл. 3).

Табл. 3. Результаты уравнивания измерений блока

№	Характеристика		Значение
1	Средние квадратические величины поправок в фотокоординаты	по оси X, мм	0.015
		по оси Y, мм	0.011
2	Ошибка единицы веса, мм		0.019
3	После уравнивания средние отклонения на опорных точках	в плане, м	0.023
		по высоте, м	0.008

После этапа ориентирования снимков выполнялась отрисовка ситуации. Для этого использовалось приложение СБОР комплекса «Delta/Digitalls». Пример показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Отрисовка ситуации по ориентированным снимкам

Полученные на всех стереопарах измерения объединялись в единую цифровую модель, которая формировалась в приложении Autocad (рис.4). Чертежи фасадов, выделенные из общей трехмерной модели, показаны на рисунках 5 и 6. Для завершения чертежей, в местах «мертвых» зон использовались геодезические измерения, выполненные электронным тахеометром, и измерения одиночных снимков, приведенных на плоскость модели.

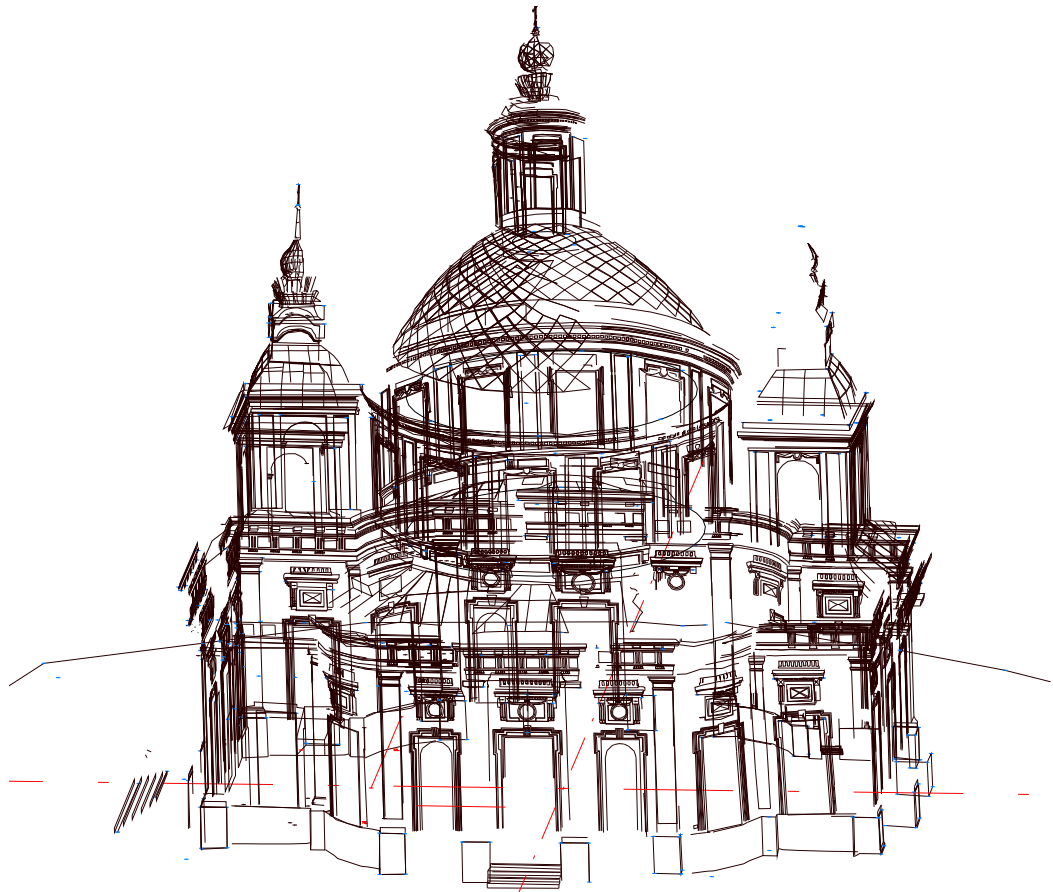


Рисунок 4 – Трехмерная модель церкви

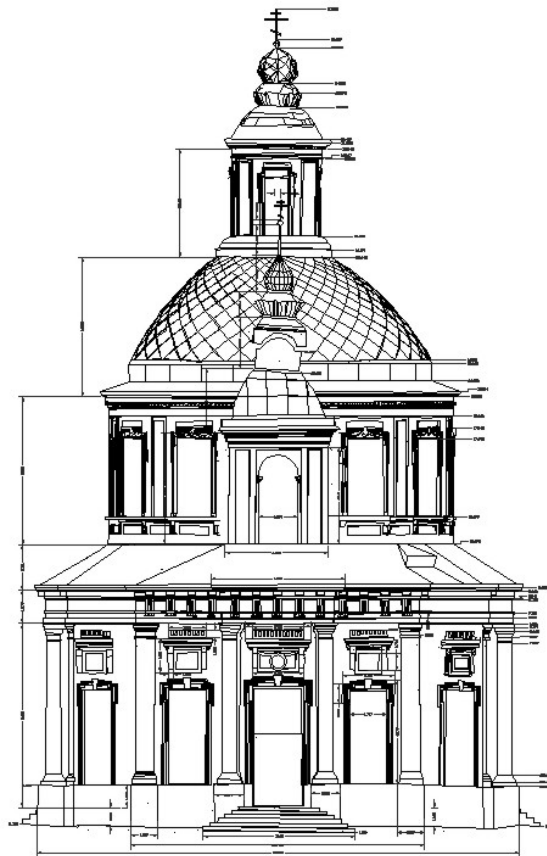


Рисунок 5 – Передний фасад объекта

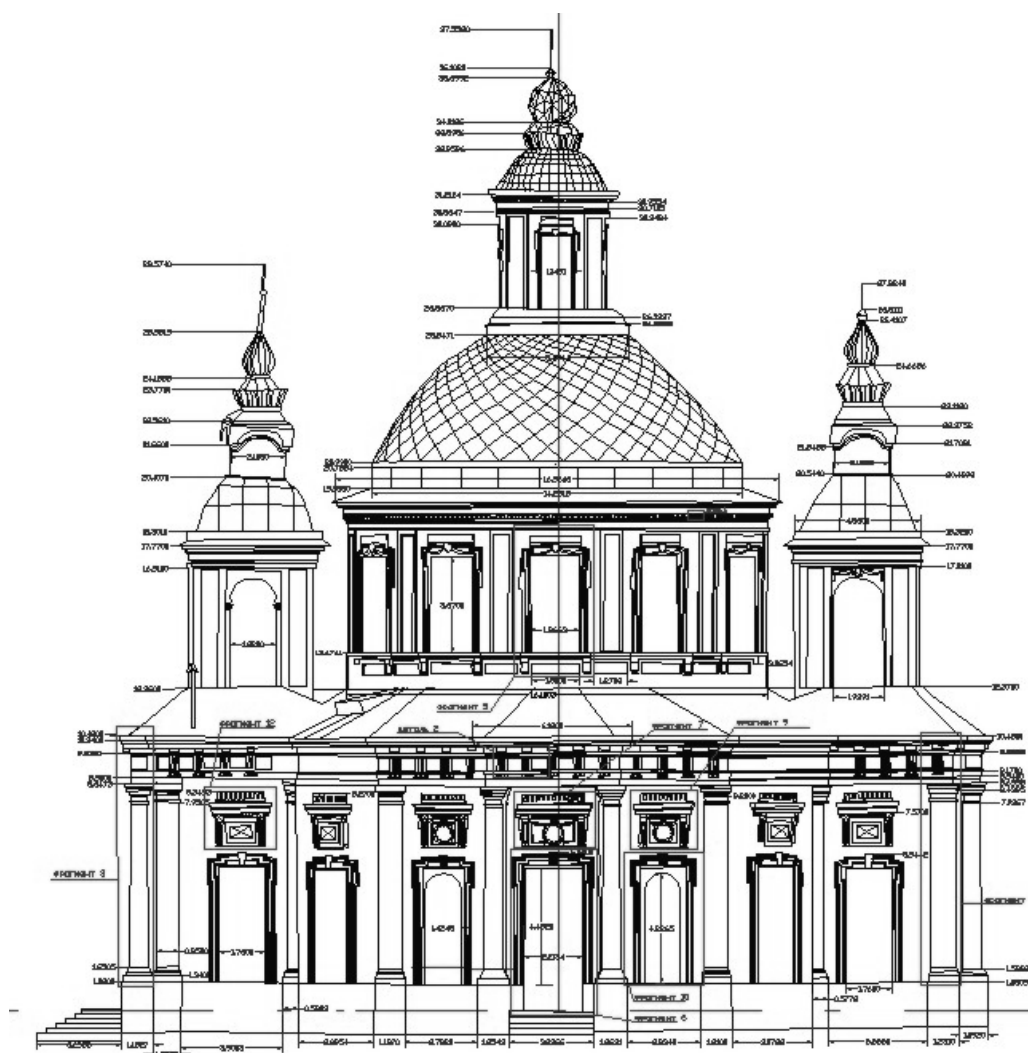


Рисунок 6 – Боковой фасад

Все полевые измерения, включая закладку пунктов, измерения геодезической опорной сети и топографическая съемка, создание фотограмметрической опорной сети и фотографирование объекта заняли два дня для бригады из четырех человек. Камеральная обработка фотограмметрических съемок составила 10 дней при том же составе бригады. Наиболее трудоемким этапом оказался процесс сведения фрагментов моделей в среде Autocad.

Библиографический список

1. Белоус Н., Горб А., Ковтун В. Лазерное 3D сканирование в дальних и варяжских пещерах свято-успенской Киево-Печерской лавры // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Львів, 2008.
2. Кузик З., Шкурченко Ю. Основні аспекти утворення та застосування лазерних зображень у наземній фотограмметрії // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – Львів, 2008.
3. Гельман Р.Н. Возможности использования обычных цифровых камер для наземной стереосъемки // Геодезия и картография. – 2000. - №4. – С. 31 – 41.
4. Habib A. F., Ghanma M. S., Al-Ruzouq R. I., Kim E. M. 3-d Modelling of Historical Sites Using Low-cost Digital Cameras// XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey, Commission 5, pp.570–576.
5. Шоломицкий А.А., Лунев А.А. Вимір стенда для калібрування цифрових камер за допомогою електронного тахеометра // Вісник Житомирського державного технологічного університету, 2008, Випуск II (41), с. 131-135.

6. Лунев А.А. Выбор оптимальных параметров калибровки цифровой камеры // Наукові праці Донецького національного технічного університету, серія: гірничо-геологічна, 2006, випуск 111, Том 2., с. 30-37.
7. Шоломицкий А.А., Сотников А.Л, Адаменко В.И. Контроль геометрических параметров машины непрерывного литья заготовок. Metallurgical processes and equipment. №3(9), 2007, С. 27–30
8. Николаева Т.Г., Шоломицкий А.А., Фролов И.С., Стеценко Н.М. Наблюдения за деформациями металлоконструкций транспортно-отвального моста на Морозовском разрезе ОАО «Александрияуголь» Науковий вісник національного гірничого університету, –Дніпропетровськ, – 2008, № 9, с. 55-59

© Могильный С. Г., Шоломицкий А. А., Лунев А. А., 2010.

Анотація

У статті запропонована методика виконання фотограмметричного архітектурного знімання з використанням неспеціалізованої цифрової камери. Ця методика практично застосована для знімання пам'ятника архітектури 19 ст. Показані етапи підготовчих, польових і камеральних робіт і відповідна точність.

Ключові слова: архітектурне знімання, цифрова камера.

Abstract

In the article the technique of photogrammetric architectural surveying with usage of the not specialized digital camera is presented. The described technique practically is applied for surveying a monument of the architecture 19 centuries. The stages of preparatory, field works and processing activities and obtaining accuracy are routined.

Keywords: architectural surveying, digital camera.