

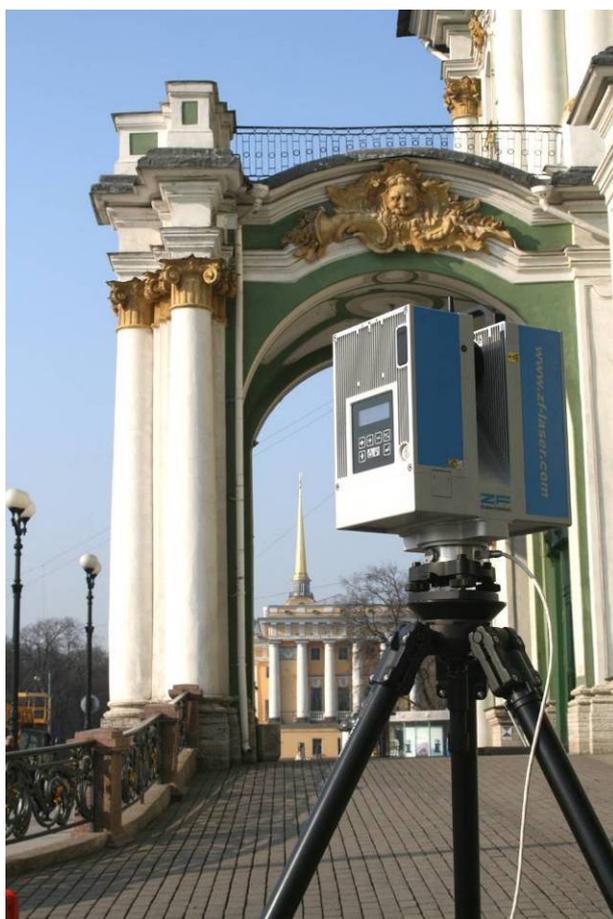
## Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры

*К.т.н., доцент С.В. Тюрин,  
ГОУ Санкт-Петербургский государственный университет;  
исполнительный директор С.Г. Тихонов,  
ООО «НПП «Фотограмметрия»*

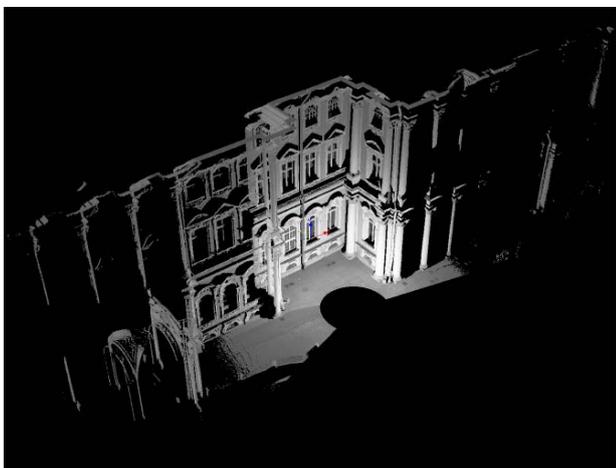
Задача совершенствования методов фиксации памятников архитектуры, на наш взгляд, всегда актуальна. Традиционная форма фиксации в виде альбома с фотографиями сохраняет только информацию о внешнем облике объекта. Она не может дать точную информацию о геометрических свойствах объекта, так как съемка ведется на неметрические и некалиброванные камеры. Существует и другая известная форма фиксации – чертежи. Они передают геометрию, но не передают полностью внешний вид объекта. Кроме того, создание чертежей трудоемко и дорогостояще. Появление новых геодезических приборов и развитие методов цифровой фотограмметрии позволяет предложить качественно новые формы фиксации.

На сегодняшний день наиболее совершенными приборами для сбора данных о геометрии объекта являются лазерные сканирующие системы (Рис.№1). Результатом работы лазерного сканера является облако точек (набор точек с трехмерными координатами). Благодаря высокой скорости работы лазерного сканера, отпадает необходимость в избирательной съёмке объекта. Используя лазерное сканирование, мы в сжатые сроки получаем наиболее полную и достоверную информацию о геометрии объекта на конкретный момент времени.

Многие сканеры наряду с координатами точек позволяют получать данные об интенсивности отраженного сигнала. Приведя интенсивность отраженного сигнала к оттенкам серого, можно воспринимать данные лазерного сканирования как черно-белую трехмерную дискретную модель (Рис. №2, 3, 4, 5). Чем с более высокой плотностью производится сканирование, тем подробнее и информативнее будет модель.



**Рисунок 1. Трехмерный лазерный сканер Imager 5006 фирмы Z+F**



**Рисунок 2. Трехмерная дискретная модель южного фасада Эрмитажа в цветах сканера**

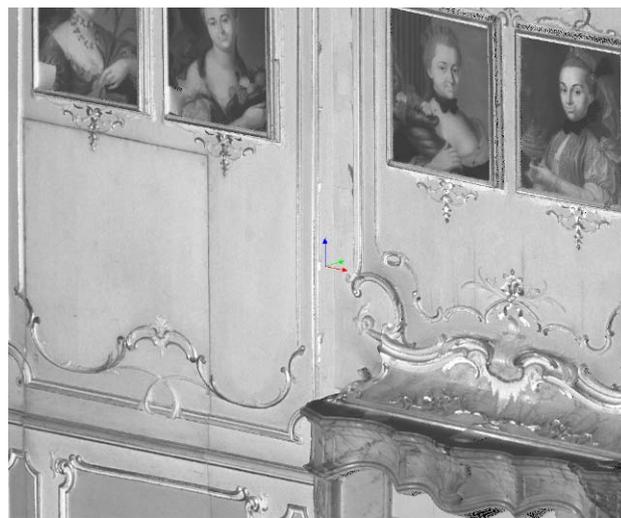


**Рисунок 3. Фрагмент модели южного фасада Эрмитажа**

Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры



**Рисунок 4. Трехмерная дискретная модель интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**



**Рисунок 5. Фрагмент модели интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**

Однако представленное таким образом облако точек не даёт полного реалистичного представления об объекте, так как отсутствует информация о цвете. Это обстоятельство побудило нас разработать технологию совмещения результатов лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съёмки. Съёмка выполняется на цифровую калиброванную камеру. Калибровка выполняется на тестовом полигоне нашего предприятия и заключается в определении параметров описывающих дисторсию объектива камеры. После исправления полученных снимков по строгим фотограмметрическим формулам мы можем пересчитать координаты точки скана из геодезической системы в систему координат снимка и таким образом определить цвет каждой точки. В результате совмещения данных лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съёмки можно получить реалистичную цветную трехмерную дискретную модель (рис. 6, 7, 8).



**Рисунок 6. Цветная трехмерная дискретная модель памятника Николаю I**

Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съёмки для фиксации и обмера памятников архитектуры



**Рисунок 7. Цветная трехмерная дискретная модель интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**



**Рисунок 8. Фрагмент модели интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**

Другой важной формой представления состояния объекта являются ортофотопланы. Ортофотоплан, хотя и выглядит как фотография, является не центральной, а ортогональной проекцией объекта на плоскость. Поэтому по геометрическим свойствам ортофотоплан ничем не отличается от чертежа, а по информативности значительно его превосходит. Кроме этого, по изобразительным свойствам ортофотоплан превосходит точечную модель. Это происходит благодаря тому, что если снимки сделать с большим разрешением, чем у скана, то разрешение ортофотоплана можно довести до разрешения снимка (рис. 9, 10).



**Рисунок 9. Цветной ортофотоплан интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**

Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры



**Рисунок 10. Фрагмент цветного ортофотоплана интерьера зала Китайского дворца в ГМЗ Ораниенбаум**

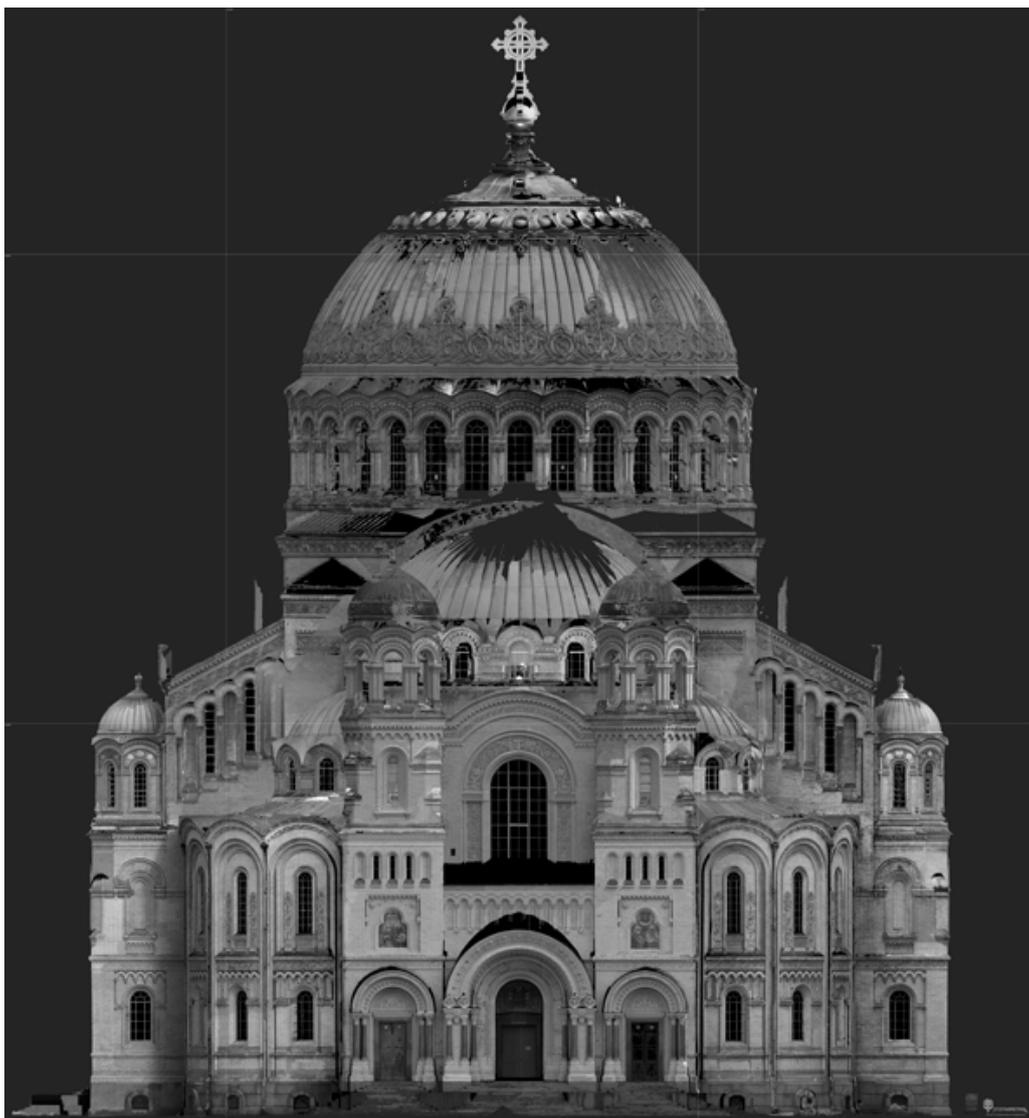
Для хранения ортофотопланов нами используется собственный растровый формат «SPO». Его преимуществом является возможность хранения для каждой точки изображения всех трех геодезических координат и возможность хранения и визуализации очень больших изображений. Можно сказать, что это изображение является «трехмерным» ортофотопланом. Причем эта «трехмерность» может быть визуализирована, т.е. мы можем преобразовать ортофотоплан в модель.

Для дальнейшего использования ортофотоплана в иных приложениях его можно сохранить в стандартном растровом формате с привязкой к геодезической системе координат (рис. 11). Такое изображение можно открыть в системе AutoCad, масштабировать по координатной сетке и составить чертеж (рис. 12).

Исходя из изложенного, фиксация состояния памятников архитектуры может осуществляться в следующих формах.

- Чёрно-белые или цветные трёхмерные точечные модели: эта форма сохраняет всю метрическую информацию об объекте. Имея такую модель, можно при необходимости получить любую другую форму представления. Главный её недостаток – большой объём хранения информации, часто исчисляющийся терабайтами. Такая фиксация наилучшим образом подходит для объектов сложной формы (скульптуры, монументы, церкви).
- Чёрно-белые или цветные ортофотопланы в формате «SPO»: такая форма при некоторой потере информации, не попавшей на ортофотоплан, обладает рядом преимуществ, о которых уже сказано выше, но при этом объём хранения уменьшается более чем в три раза по сравнению с трёхмерной моделью. Информативность такого представления гораздо выше, чем у обычного ортофотоплана, а по изобразительным свойствам оно лучше, чем трёхмерная точечная модель. Ортофотопланы хорошо подходят для фиксации таких объектов как фасады, стены, плафоны и полы.
- Чёрно-белые или цветные ортофотопланы в стандартных растровых форматах: недостатком этой формы является ограниченность метрической информации двумерным пространством, но при решении некоторых задач этого вполне достаточно. Объём же хранения уменьшается еще примерно в два раза.

Тюрин С.В., Тихонов С.Г. Сочетание методов трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки для фиксации и обмера памятников архитектуры



**Рисунок 11. Ортофотоплан фасада Морского собора в г. Кронштадт с нанесенной координатной сеткой**

Из вышесказанного очевидно, что у каждой формы фиксации есть свои плюсы и минусы. Выбор той или иной формы должен зависеть от решаемой задачи. На наш взгляд, для задачи именно фиксации текущего состояния памятника (т.е. сохранения облика и геометрии объекта) на конкретный момент времени желательно хранить трехмерную точечную модель и/или цветные ортофотопланы в формате «SPO». Имея такой материал, можно в любой момент при необходимости составить обмерные чертежи.

Работа с продемонстрированными материалами осуществляется в разработанном нашим предприятием программном комплексе ScanIMAGER. Эту программу мы передаем нашим заказчикам вместе с результатами работы. Получив такой материал и инструмент для работы с ним, архитекторы самостоятельно могут брать необходимые размеры, делать сечения в нужных местах, составлять чертежи. Многие архитектурные предприятия Санкт-Петербурга успешно применяют данную технологию.

Если говорить о стоимости сканирования и изготовления ортофотопланов, то она зависит главным образом от требуемого разрешения конечного материала, т.е. от масштаба фиксации. В среднем стоимость цветного ортофотоплана в два (а иногда в три) раза ниже, чем чертежа в таком же масштабе. Поскольку ортофотопланы создаются автоматизированными средствами, а чертежи вручную, то чем сложнее объект, тем больше будет разница в цене.

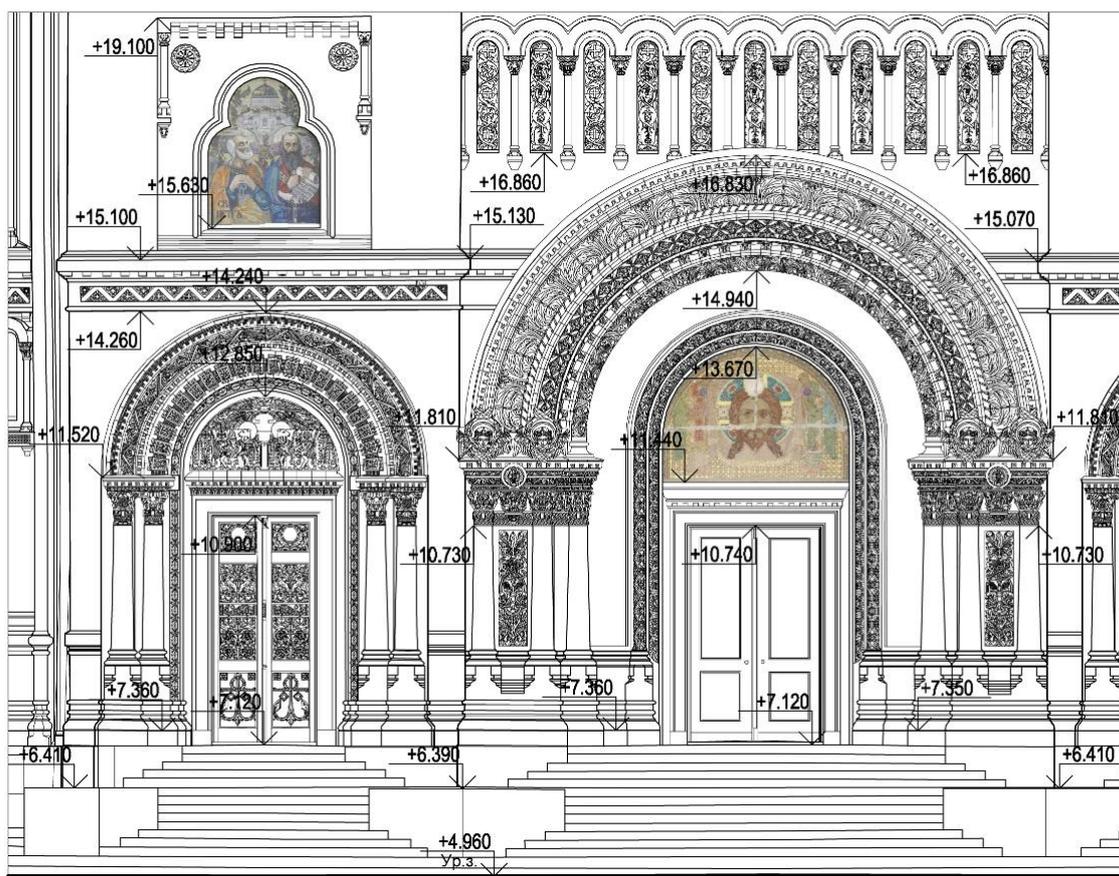


Рисунок 12. Фрагмент чертежа фасада Морского собора в г. Кронштадт

В заключение считаем необходимым призвать органы надзора, специалистов в архитектуре и реставрации изучить возможность более широкого применения таких материалов для решения задач фиксации объектов культурного наследия. Мы со своей стороны вместе с коллегами из других компаний готовы принять участие в разработке технических требований, предъявляемых к фиксационным материалам.

### Литература

1. Технические характеристики лазерной сканирующей системы IMAGER 5006 – Zoller+Frohlich Ltd [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zf-laser.ru/skaner5600.html> (дата обращения: 29.10.2010).
2. Лобанов А.Н. Фотограмметрия: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1984. – 552 с.

\* Сергей Вячеславович Тюрин, Санкт-Петербург  
Тел. моб.: +7(921)952-98-63, эл. почта: [turin@photogrammetria.ru](mailto:turin@photogrammetria.ru)