

# To be 3D or not to be...

**К** сожалению, хотя сегодня уже никто не отрицает, что 3D стало не просто очень распространенным, но и де-факто обрело статус стандарта проектирования, до настоящего времени множество продуктов начинает создаваться в 2D.

Уверен, что вы не раз сталкивались с ситуацией, когда шеф бросает вам на стол новую деталь и требует срочно доработать текущий проект, сопряженный с ней. И причем это надо было сделать еще вчера! Или когда необходимо выпустить чертежи на деталь, изготовленную 10 лет назад. И это при том, что хотя бумажные чертежи и сохранились, никто не удосужился внести в них уточнения и обновления... И подобных ситуаций может быть великое множество.

Что же делать? Паниковать? Самый простой, но и самый бесполезный выход! А между тем решение существует! Это 3D-сканеры.

## Применение

Для чего нужны 3D-сканеры? Ответ на этот вопрос зависит только от вас, вернее — от сферы ваших интересов. Итак, 3D-сканеры можно применять в следующих областях.

### Контроль качества и инспекция

Под контролем качества и инспекцией подразумевается процесс проверки соответствия изготавливаемой (проектируемой) продукции установленным стандартам. Наиболее близка эта сфера использования 3D-сканеров инженерам. Так, если вы работаете в автомобильной или аэрокосмической промышленности, то процесс создания нового изделия подразумевает несколько этапов: проектирование — изготовление макета — тестирование (например, продувка в аэроди-

намической трубе) — доводка макета — внесение уточнений и выпуск документации. Среди этих этапов одним из самых важных и трудоемких является выпуск документации с учетом внесенных в готовый макет изменений. И вот тут-то 3D-сканеры могут оказать неоценимую помощь. Эта область их применения перекрывает 2/3 потребностей рынка.

### Инженерный анализ

Согласно моему любимому словарю Lingvo, инженерный анализ (reverse engineering) проводится для переконструирования (например, для воссоздания секретов технологии изготовления продукции компании-конкурента) или использования полученных данных в различных целях (например, на основе измерения и оцифровки поверхностей изделия можно разрабатывать управляющие программы и чертежи деталей). Это еще треть рынка 3D-сканирования.

Теперь кратко остановимся на наиболее ярких примерах использования 3D-сканеров в областях "обратного" проектирования.

**Промышленный дизайн** — оцифровка макета, изготовленного вручную, для создания на его основе серийного изделия. Так, например, уникальные орнаменты или скульптуры могут быть оцифрованы для последующего массового воспроизводства с использованием станков с ЧПУ.

**Разработка упаковки** — использование геометрии образца для последующего быстрого изготовления упаковки на его основе.

**Рынок аксессуаров** — изготовление запасных частей и аксессуаров для автомобилей и другой техники.

Компании, работающие в этой области, используют отсканированные 3D-



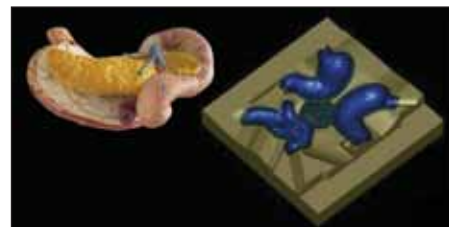
Пример промышленного дизайна



Пример упаковки



Сканирование панелей автомобиля



Сканирование панелей автомобиля



Контактное 3D-сканирование

данные для проектирования изделий, поскольку изготовители техники, как правило, не желают представлять такую информацию в CAD-формате и тем самым делиться своими ноу-хау.

**Цифровое архивирование** — сканирование и сохранение оригиналов, которые по какой-либо причине не могут быть сохранены в оригинальном виде.

**Развлечения и игры** — создание цифровых моделей персонажей для компьютерных игр и кинофильмов по авторской модели автора.

**Репродуцирование и изготовление на заказ** — сканирование объектов, которые очень трудно смоделировать в CAD-системах из-за сложности геометрии.

**Медицина и ортопедия** — воспроизводство моделей человеческих органов в образовательных целях, а также проектирование ортопедических скоб, браслетов и т.п.

## Технологии 3D-сканирования

В настоящее время существуют два основных типа 3D-сканеров: контактные и бесконтактные.

### Контактные сканеры

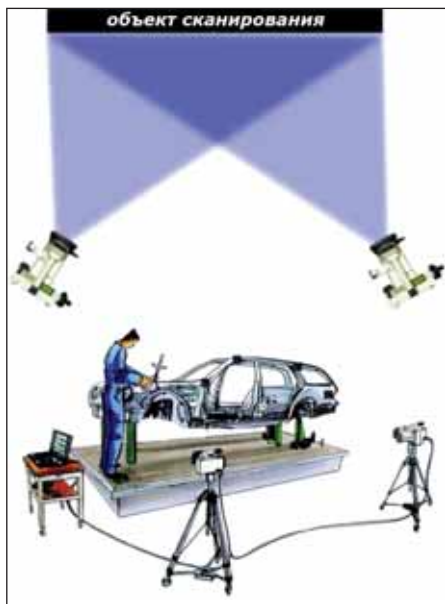
Эти сканеры построены по принципу обвода модели специальным высокочувствительным щупом, посредством которого в компьютер передаются трехмерные координаты сканируемой модели.

#### Преимущества:

- простота сканирования призматических частей;
- независимость от освещения;
- прекрасное сканирование ребер;
- простота использования;
- малый объем получаемых файлов.

#### Недостатки:

- большое время сканирования (за один замер или перемещение осуществляется оцифровка только одной точки);
- невозможность сканирования органических или криволинейных по-



Фотограмметрический метод сканирования

верхностей;

- невозможность сканирования маленьких и сложных деталей;
- щуп должен касаться объекта сканирования.

Но, конечно, основным недостатком таких сканеров является человеческий фактор. Фактически модель сканирует оператор, от которого в конечном счете и зависит результат.

### Бесконтактные 3D-сканеры

Бесконтактные 3D-сканеры могут изготавливаться на основе трех основных технологий:

- фотограмметрическая;
- структурированный белый свет;
- лазерная.

Рассмотрим вкратце основные преимущества и недостатки каждой из этих технологий.

Технология на основе **фотограмметрии** представляет собой фотографирование объекта сканирования с различных точек и воссоздание на основе полученных изображений трехмерной модели.

#### Преимущества:

- низкие затраты на аппаратную часть;
- бесконтактная технология.

#### Недостатки:

- сложность процедуры установки приемных камер и нанесения точек привязки;
- для базовой установки и калибровки требуется как минимум 4-6 фото;
- обработка осуществляется за счет программного обеспечения;
- большое количество фотографий, необходимых для получения точной модели;
- сложность процедуры сшивки изображений для получения целостной картины сканирования.



3D-сканер на основе технологии структурированного белого света

Сканирование **на основе структурированного белого света** заключается в проецировании на объект линий, образующих уникальный узор, каждое изменение которого сканируется приемной камерой.

#### Преимущества:

- большая скорость сканирования;
- получение порядка 100 000 точек сканирования за один проход;
- высокая точность и великолепная детализация;
- возможность сканирования человеческих лиц благодаря отсутствию лазеров;
- бесконтактная технология.

#### Недостатки:

- стационарная установка, исключающая возможность мобильного сканирования;
- ограничение размера сканируемой области, не позволяющее сканировать внутренние области;
- сложность при сканировании объектов, находящихся вне помещений, ограничения по яркости;
- большая стоимость системы;
- необходимость проведения процедуры постпроцессинга для сшивки отсканированных частей.

**Лазерная технология** основана на проецировании лазерного луча на объект сканирования. Все искажения воспринимаются измерительной камерой, которая отслеживает физическое положение лазера. Данные передаются в компьютер, где буквально вычерчиваются лазером.





3D-лазерное сканирование

Преимущества:

- недорогие 3D-сканеры для промышленного применения;
- возможность сканирования вне помещений и при различной освещенности;
- возможность работы с объектами, недоступными для сканирования с использованием технологии белого структурированного света;
- бесконтактная технология.

Недостатки:

- невозможность сканирования прозрачных объектов или объектов с большой степенью светоотражения, вызывающая необходимость напыления;
- невозможность сканирования черных объектов;
- необходимость в базовом основании, имеющем ограниченную зону досягаемости.

Несмотря на указанные недостатки, преимущества этой технологии настолько значительны, что именно на ней был основан уникальный сканер ZScanner 700, созданный входящей в холдинг CONTEX компанией Z Corporation.

Почему уникальный, спросите вы? Да потому что это первый ручной самопозиционирующийся 3D-сканер, обеспечивающий работу в режиме реального времени. То есть результаты работы вы можете видеть на мониторе непосредственно в процессе сканирования.

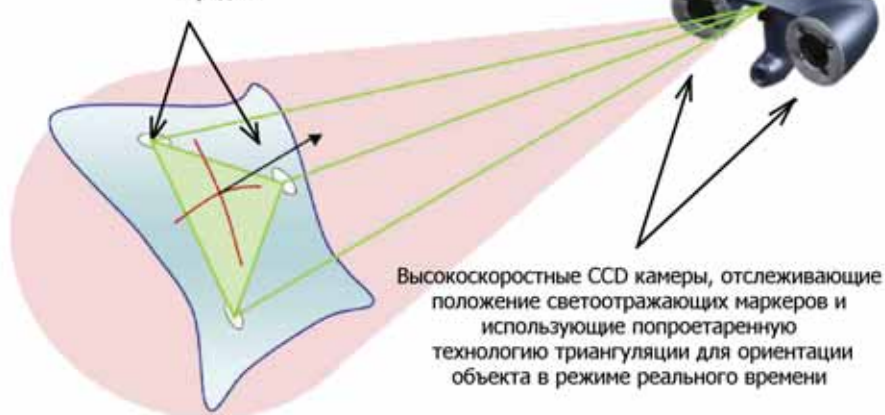
Чтобы избавиться от предрассудков, давайте расставим точки над "i".

Во-первых, все остальные системы 3D-сканирования нуждаются во внешней системе позиционирования/привязки. Сканер же ZScanner 700 "все свое носит с собой" или, выражаясь инженерным языком, использует систему автопозиционирования к объекту сканирования.

Как это работает?

Привязка к объекту осуществляется простым и наиболее эффективным образом: на объект сканирования в произ-

Самоклеющиеся светоотражающие маркеры наклеенные в произвольном порядке



Привязка к объекту сканирования



Наклейка маркеров

вольном порядке с расстоянием от 20 до 100 мм друг от друга наклеиваются самоклеющиеся светоотражающие круглые маркеры.

Это позволяет сканировать объект целиком, со всех сторон, как изнутри, так и снаружи, не прибегая к склейке сканов, что существенно экономит время. Более того, процесс сканирования можно прервать, уточнить и, детально рассмотрев уже отсканированное, продолжить, как будто мы и не останавливались.

Во-вторых, при сканировании осуществляется автоматическая генерация поверхности непосредственно в формате STL, а не в виде облака точек, подлежащих последующей обработке. Весь процесс отображается на мониторе в режиме реального времени.

Это осуществляется следующим образом.

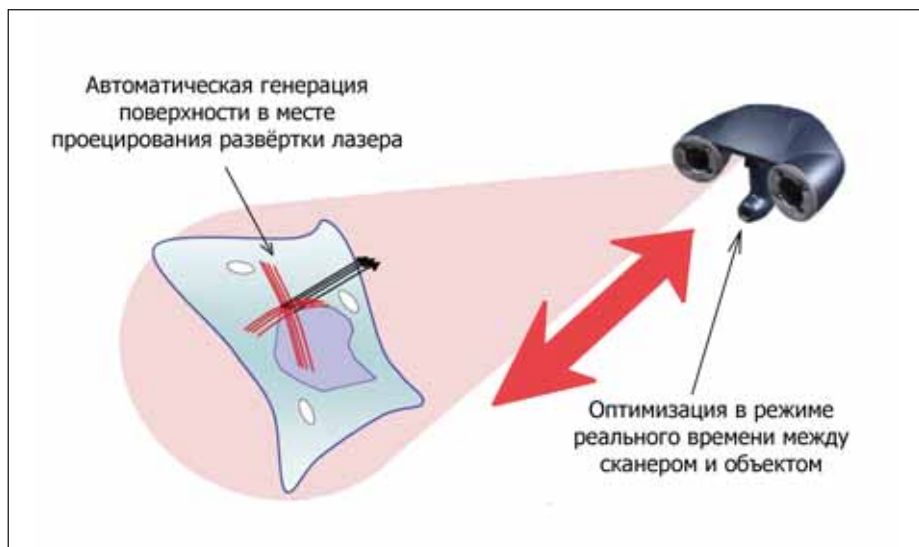
Лазер, расположенный в нижней части сканера, проецирует развертку пере-

крестий лучей на объект сканирования. Две приемные камеры принимают отраженный сигнал, на основе которого в режиме реального времени генерируется поверхность.

Однако использование лазерной технологии сканирования предполагает и наличие некоторых недостатков, не упомянуть которые было бы несправедливо:

- не могут одновременно сканироваться объекты, содержащие белые и черные области;
- прозрачные объекты и объекты с высокой отражающей способностью нуждаются в предварительной обработке спреем или краской;
- возникают трудности при сканировании объектов с глубоким рельефом.

В определенных случаях недостатком можно считать также необходимость наклеивания светоотражающих маркеров на объект сканирования. Так, например:



Реальное сканирование

Процесс сканирования



Реальное сканирование

- для отдельных музейных экспонатов это недопустимо;
- при сканировании крупных объектов такая процедура достаточно утомительна.

И еще маленький недостаток:

- при сканировании длинных объектов может возникнуть ошибка;
  - сканер должен "видеть" 4 светоотражающих маркера, что в некоторых случаях бывает трудно сделать. Правда, никто не запрещает сканировать объект на специальной площадке с нанесенными маркерами.
- Ну, хватит о грустном, давайте вернемся к преимуществам.

- **Скорость работы.** Чтобы установить сканер, достаточно просто подключить его с помощью кабеля в разъем FireWire и откалибровать, с чем справится буквально каждый. На все это уходит буквально 2-3 минуты!
- **Непревзойденная простота использования.** Сканер позволяет сканировать предметы в любой области и под любым углом. Необходимо лишь вы-

держивать расстояние до объекта сканирования в пределах от 200 до 350 мм, что не требует абсолютно никакой тренировки, сноровка появляется буквально через секунды. Система координат, привязанная к объекту, позволяет перемещать его в процессе сканирования. Кроме того, в любой момент работу можно прервать, а затем без проблем продолжить.

- **Вес.** Сканер весит всего 980 граммов, поэтому и с точки зрения физических нагрузок процесс сканирования прост и неустойчив.

Основные технические характеристики сканера ZScanner 700 приведены в таблице.

Возможность использовать ZScanner 700 там, где другие 3D-сканеры зачастую бессильны, делают его вашим незаменимым мобильным инструментом.

Теперь несколько слов о программном обеспечении. Утверждать, что после сканирования получается идеальная модель, было бы не совсем корректно:

во многих случаях требуется доводка. Естественно, сканируемые объекты бывают разные, причем, как и цели сканирования. Поэтому, если планируется на основе полученных данных создать твердотельную модель, без постпроцессинга не обойтись. На рынке представлено множество специализированных программных пакетов, таких как Geomagic Studio (разработка компании Geomagic, Inc.), PolyWorks (разработка InnovMetric Software Inc.), Rapid Form (разработка INUS Technology, Inc.)... Впрочем, перечисление всех программных продуктов, обеспечивающих эффективную работу с отсканированными данными, заняло бы немало места. Эти продукты позволяют:

- объединять множество сканов в один (при использовании ZScanner 700 эта функция обычно остается невостребованной);
- удалять паразитные "шумы" (ошибочно оцифрованные области);
- создавать и редактировать полигональную модель (оптимизация, вос-

становление и редактирование полигонов);

- создавать NURBS-поверхности (автоматическое создание поверхностей, определение формообразующих линий, пересечение поверхностей с кривыми и другими поверхностями, создание плоских поверхностей);

- осуществлять анализ (сравнение полигональной или NURBS-поверхности с отсканированными данными, оценка кривизны поверхностей и т.п.).

Таким образом, уважаемые читатели, вы ознакомились с основными возможностями сканера ZScanner 700, разработанного компанией Z Corporation, и, надеюсь, ответили для себя на вынесенный в заголовок вопрос. Конечно же "to be"!

Следующие публикации будут посвящены принципам работы с отсканированными 3D-данными и получению на их основе полноценной оптимизированной CAD-модели. Так что следите за обзорами!

*Дмитрий Ошкин*

*CSoft*

*Тел.: (495) 913-2222*

*E-mail: oshkin@csoft.ru*

Когда эта статья готовилась к публикации, компания Z Corporation объявила о выходе в декабре 2007 года новой модели — ZScanner 800, характеристики которой (см. таблицу) значительно подняли планку в области ручных самопозиционирующихся 3D-сканеров.

Основное преимущество этой модели по сравнению с ZScanner 700 — в 5 раз большее разрешение и в 2-3 раза возросшая точность сканирования.

Достижение таких характеристик стало возможным благодаря использованию третьей дополнительной камеры, расположенной по центру сканера.

Со сканером ZScanner 800 будет поставляться программное обеспечение с новой функцией мультиразрешения для оптимизации триангулярной поверхности. Это позволит существенно уменьшить результирующий файл и повысить скорость работы.

### Технические характеристики ZScanner 700

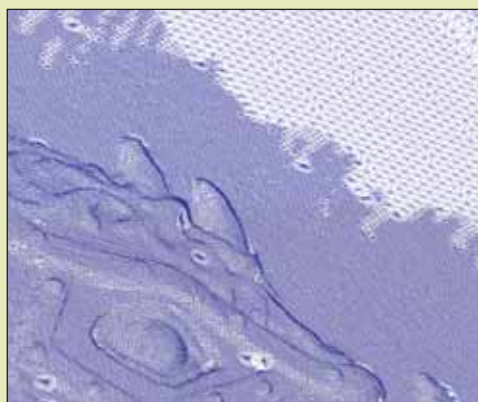
Скорость сканирования	18 000 замеров/сек.
Вес	980 г
Размеры	160x260x210 мм
Класс лазера	II (безопасен для глаз)
Разрешение	0,05 мм в плоскости X-Y; 0,1 мм в плоскости Z
Формат выходных файлов	STL, RAW
ISO	20 $\mu\text{m}$ + 0.2 L / 1000

Технические характеристики ZScanner 700

### Технические характеристики ZScanner 800

Скорость сканирования	25 000 замеров/сек.
Вес	1250 г
Размеры	172x260x216 мм
Класс лазера	II (безопасен для глаз)
Разрешение	0,04 мм в плоскости X-Y; 0,05 мм в плоскости Z
Формат выходных файлов	STL, RAW
ISO	20 $\mu\text{m}$ + 0.2 L / 1000

Технические характеристики ZScanner 800



Работа алгоритма автоматического мультиразрешения



ZScanner 800



Сравнение разрешений ZScanner 700 и ZScanner 800