

Прямыцын Игорь Борисович

Prjamitsyn Igor Borisovich

аспирант

post-graduate student

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

St.-Petersburg state polytechnical university

Челпанов Игорь Борисович

Chelpanov Igor Borisovich

профессор

professor

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

St.-Petersburg state polytechnical university

Аржанухина Софья Петровна

Arzhanuhina Sofia Petrovna

главный специалист

chief specialist

ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования»

Open Company «Research center of technical regulation»

E-mail: soni.81@mail.ru

Настольные лазерные сканеры: новые области применения и точностные характеристики

Desktop laser scanners: new areas applications and accuracy characteristics

Аннотация: Получены рекомендации по использованию 3D-сканеров для различных и новых областей применений.

Ключевые слова: 3D-сканеры, настольные сканеры, точность, координаты, программное обеспечение.

Abstract: Recommendations about use of 3D-scanners for various and new areas of applications are received.

Keywords: 3D-scanners, desktop scanners, accuracy, coordinates, the software.

Введение.

Настольные мобильные лазерные 3D-сканеры или дигитайзеры, выпускаемые ведущими зарубежными фирмами (например, FARO Technologies Inc., США; Nikon Metrology, Япо-

ния; SimCore, Франция и другие), осуществляют бесконтактное определение координат точек поверхностей сканируемых объектов размерами до полутора-двух м (рис. 1).



Рис. 1. Настольный мобильный лазерный 3D-сканер

По полученным координатам точек штатное программное обеспечение строит облако точек, которое путем несложных преобразований позволяет создавать цифровые модели реальных физических предметов и затем осуществляется последующая статистическая обработка с целью определения параметров формы и положения поверхностей сканируемого объектов.

В отличие от традиционных координатно-измерительных машин 3D-сканеры имеют многозвенные манипуляторы, которые предоставляют широкие возможности по перемещениям и угловому ориентированию рабочего органа, измерительной головки в виде лазерного дальномера.

По кинематической схеме мобильная КИМ (рис. 2) - это типичный манипулятор с шарнирно-рычажными механизмами, но в отличие от контрольно-измерительных роботов перемещение измерительной головки осуществляется не приводами (приводы отсутствуют), а вручную.

Отказ от автоматических приводов связан с тем, что сканируемые объекты становятся все более разнообразными по формам и составление программ сканирования заранее становится практически невозможным. В то же время за счет исключения приводов конструкция механизма манипулятора облегчается, требуется лишь высокая точность датчиков углов поворота.

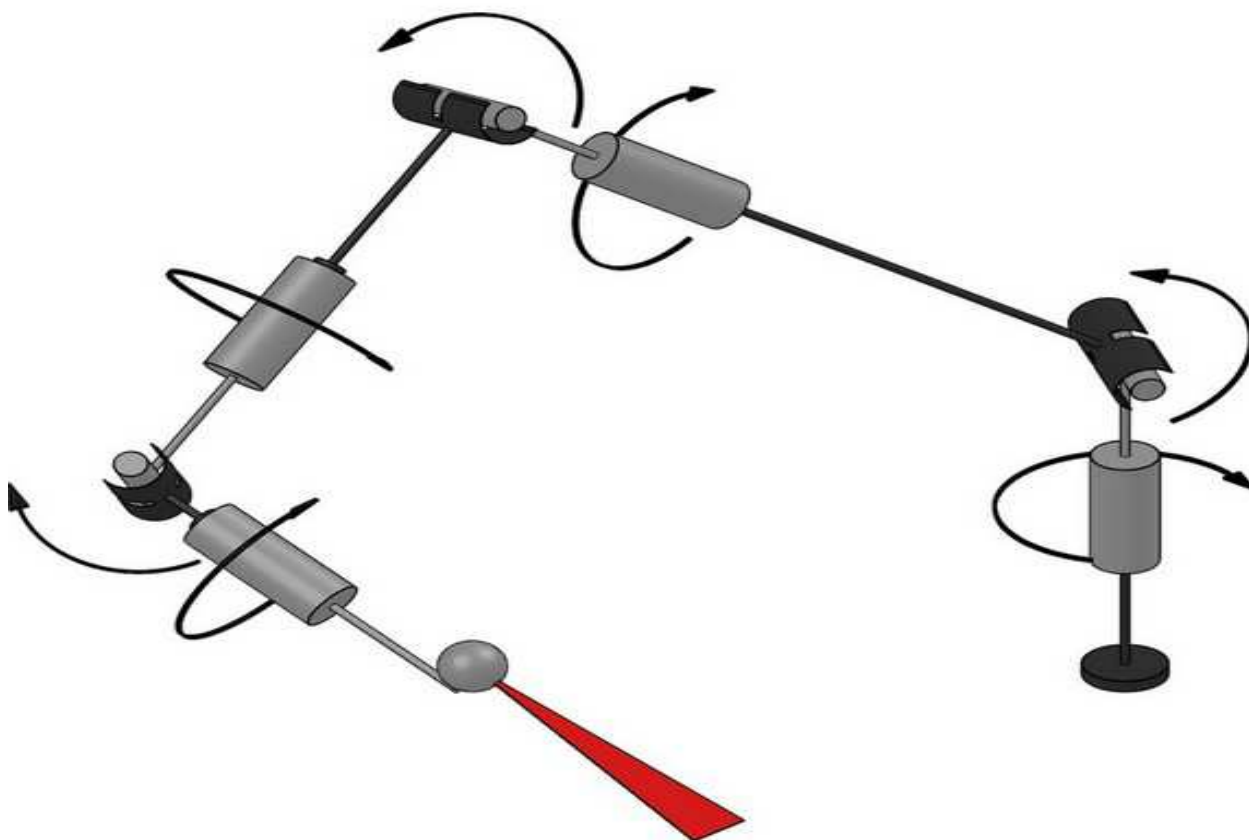


Рис. 2. Кинематическая схема мобильной КИМ

3D-сканеры в ближайшее время найдут широкое применение в машиностроении [1], а именно, при реинжиниринге, при контроле качества изготовления изделий, для оцифровки созданных вручную дизайн макетов, для изготовления упаковки готового изделия и т.д. Помимо традиционных областей применений, таких как машиностроение, 3D сканеры могут применяться, например, в искусстве: оцифровка скульптурных композиций для создания виртуальных музеев, в спорте: сканирование частей тела спортсмена для изготовления индивидуальной формы, в медицине: создание наглядной базы данных на основе отсканированных моделей костей и во многих других областях.

Постановка задачи.

Во всех этих ситуациях важны совершенно различные характеристики сканирующего устройства. В одних случаях это высокая разрешающая способность, для оцифровки мельчайших элементов, в других – это высокие точностные характеристики, для определения высоких допусков на заведомо точных и чистых поверхностях.

Отдельно следует отметить проблему применения 3D сканирования при регистрации аварий, катастроф и прочих чрезвычайных происшествий с подробной регистрацией деформаций, трещин, результатов разрушения. При этом объекты для сканирования могут быть различными: от осколков, размерами порядка нескольких миллиметров, до стен зданий, пострадавших в результате взрывов и прочих терактов, пожаров, ураганов, наводнений, землетрясений и других ЧП.

При количественной оценке повреждений транспортных средств, например страховыми компаниями, можно добиться объективности оценки, так как повреждение можно будет оценить не только по записям в протоколе, но и иметь на руках документ – 3D модель, по ко-

торой можно количественно определить все размеры повреждения (например, положение, глубину и размеры вмятин, наличие трещин или разрывов обшивки и т.д.). На рис.3 изображен фрагмент сканирования поврежденного бампера автомобиля, очевидно, что нужно сканировать область повреждения, определить размеры области, констатировать отсутствие сквозных пробоев и пр. Построенные локальные 3D-модели помимо прочего позволяют установить возможность восстановления при использовании общепринятых технологии ремонта.

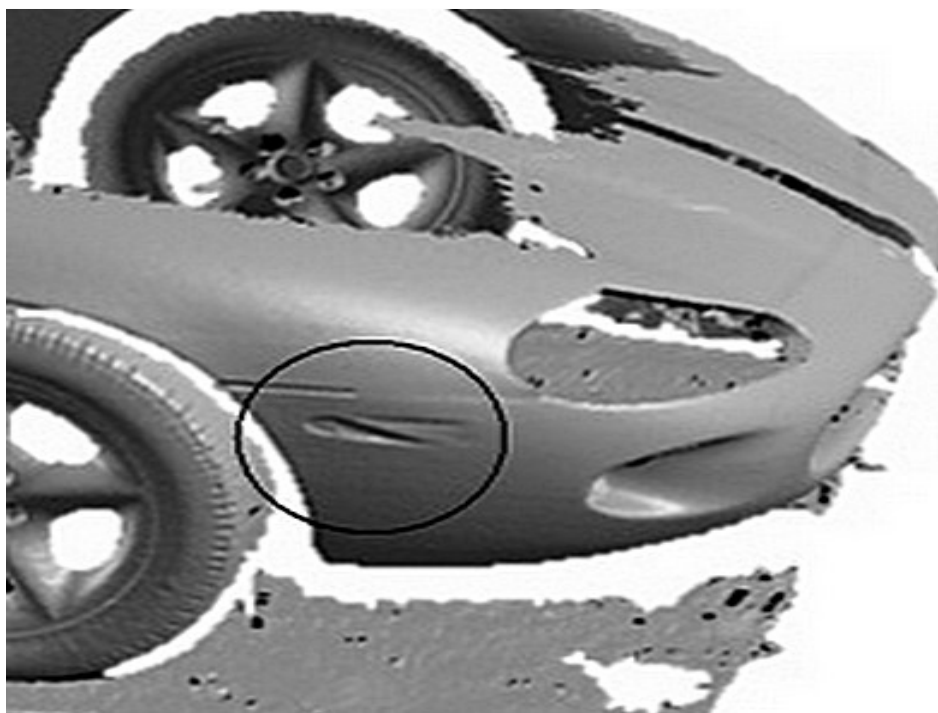


Рис. 3. Фрагмент сканирования поврежденного бампера автомобиля

Рабочая зона манипулятора обычно определяется, как часть пространства, в которой может находиться рабочий орган. В отношении лазерного сканера ситуация существенно иная. Условно, рабочий орган представляется в виде вектора с размером, равным расстоянию от оси предпоследнего шарнира до пятна луча лазера.

Это расстояние примерно равно фокусному расстоянию (порядка 300 мм)– оно близко к длинам звеньев манипулятора или, по крайней мере, имеет тот же порядок. При этом требуемая ориентация сканера и его луча определяется геометрией и угловой ориентацией сканируемых поверхностей объекта.

Методика исследования.

Объектом серии экспериментальных исследований был 3D-сканер Descam Model Maker D50 на базе координатно-измерительной машины Faro Arm Platinum. Разработаны рекомендации по размещению 3D-сканера относительно объекта.

Например, длинномерные объекты небольших габаритов рационально устанавливать длиной стороной вертикально, на расстояние, сопоставимое с длиной второго звена лазерного сканера (рис.4) и сканировать за одну установку по вертикальной оси по длине, сравнимой с суммарной длиной звеньев механизма; при этом по остальным направлениям перемещения на порядок меньше. Объекты, размеры которых по двум или более осям близки к длинам звеньев, приходится сканировать за несколько установок.

При сканировании кромок, луч должен быть направлен примерно по нормали к кромке. Результатом сканирования кромки, является ребро, а также фрагменты смежных поверхностей. При сканировании кромки по окружности цилиндров небольших диаметров, сканируется вся торцевая поверхность, при достаточно больших диаметрах – торцевую поверхность можно восстановить программно как плоскую поверхность, образованную из отсканированных фрагментов.

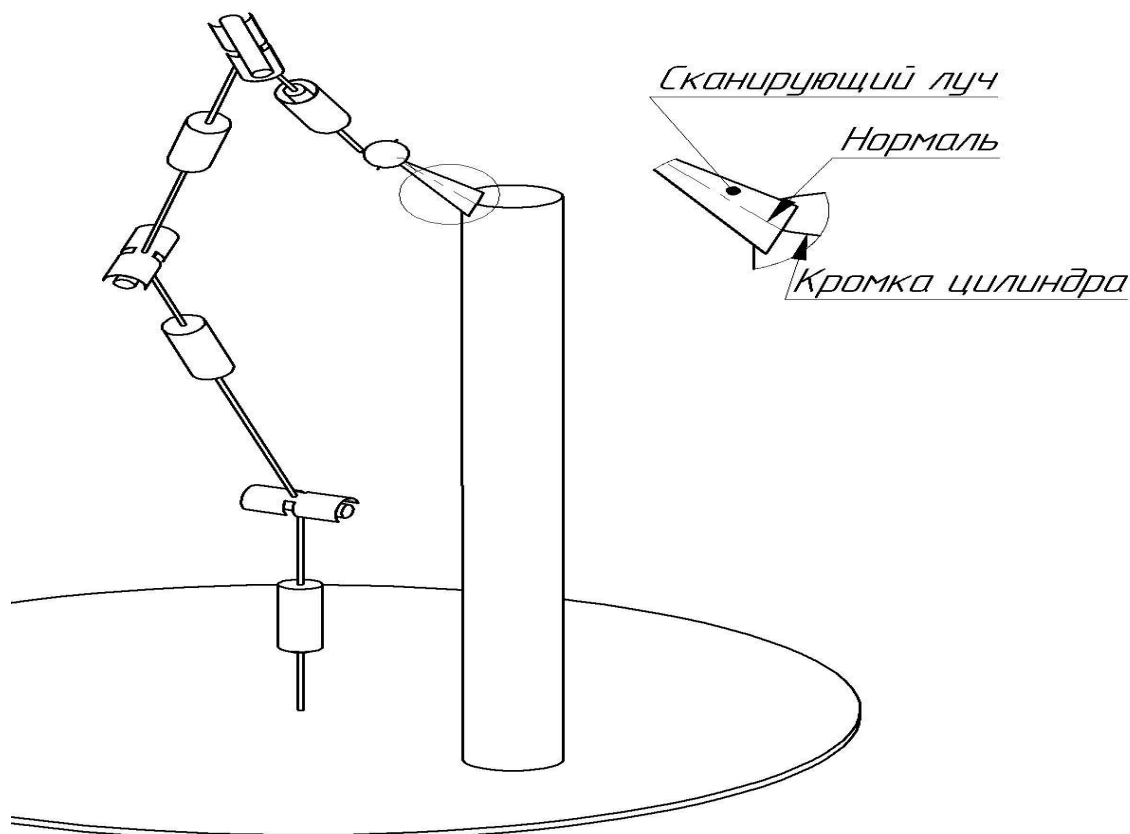


Рис. 4. Схема сканирования длинномерного объекта

Для выработки рекомендаций по размещению объекта относительно сканера должна быть разработана специализированная программа выработки рекомендаций по параметрам положения для установки объекта в конкретную зону, чтобы его можно было полностью отсканировать с нужных сторон. А также при невозможности сканирования объекта за одну установку целиком, программа должна выдавать рекомендации по поводу последовательности перестановок объекта и сканирующего устройства, с целью оптимизации числа переустановок и максимального упрощения доступности сканируемой поверхности. Разработаны фрагменты этой программы.

Обсуждение результатов.

Установлены и количественно определены пределы возможностей сканирования [2] - это элементы реальных объектов, которые не могут быть получены при сканировании, такие как внутренние полости и труднодоступные места. Большие трудности вызывает сканирование объектов с зеркальными, прозрачными и полупрозрачными поверхностями, на них приходится наносить специальные матовые покрытия. Иногда невозможно сканировать объекты, имеющие впадины, щели или выступы, препятствующие прямому прохождению лазерного луча.

В ходе выполненных исследований установлен ряд новых фактов, осознание которых может иметь высокую ценность для специалистов, использующих 3D-сканеры и дигитайзеры для определения параметров поверхностей малой кривизны. При программном представлении участка в действительности плоской поверхности, но предполагаемой при обработке, как цилиндрической или сферической, в зависимости от зоны выделения (сканирования) могут возникнуть следующие ситуации:

– при фрагментальном выделении (нескольких случайно выбранных зон) точек плоской поверхности, в большинстве случаев в результате обработки данных с использованием штатного программного обеспечения происходит построение цилиндра или сферы большого радиуса. Исходная плоскость является близкой к средней для сегмента полученного цилиндра, который лежит в зоне этой плоскости. В этом случае по радиусу R такого цилиндра или сферы, можно судить о кривизне поверхности. От эксперимента к эксперименту радиус R цилиндра изменялся в широких пределах. Практически важна нижняя граница радиуса R кажущейся кривизны, для размера участка сканирования 90 мм, при этом радиус цилиндра всегда был больше, чем 19 м, а радиус сферы – больше 35 м, причем для сферы получаются большие и более стабильные значения радиуса;

– кривизна цилиндра или сферической поверхности, приближенно представляющей плоскость, всегда имеет одинаковый знак кривизны, т.е. по результатам сканирования плоскость всегда представляется, как якобы вогнутая поверхность. Это свидетельствует об определенной систематической погрешности выполнения рассматриваемой операции, что, по видимому, объясняется инструментальными погрешностями лазерного датчика. Из этого следует, что при сканировании выпуклых поверхностей малой кривизны будут получаться заниженные значения кривизны, а для вогнутых – завышенные;

– наибольшие отклонения полученной цилиндрической поверхности от плоскости не превышают 60 мкм, что и характеризует погрешности сканера при решении указанной задачи и соответствует паспортным данным по его точности;

В результате экспериментальных исследований получены следующие данные:

– определены предельные погрешности измерений в зависимости от размеров и типа поверхностей, при соблюдении всех требований к процессу сканирования они оказались порядка 50 мкм, т.е. выше в 1,5-2 раза паспортных;

– определены зависимости погрешности измерений от числа точек, координаты которых зарегистрированы при сканировании, от количества проходов сканирования одних и тех же поверхностей, от настроек сканирующего устройства, от средней скорости прохода траектории при сканировании и изменений скоростей, результаты представлены в виде таблиц и графиков. Например, с увеличением количества точек сначала происходит уточнение параметров цилиндра, благодаря тому, что в область выборки попадает все большее число точек, принадлежащих цилиндру, закрывая тем самым шум от посторонних поверхностей. Тоже происходит и с углом ориентации цилиндра. Отклонение между осями построенного и номинального цилиндра стремится к значению, которое можно отнести к суммарной погрешности сканирования и обработки данных.

– оценена разрешающая способность для объектов с малыми размерами, когда измерения проводились на концевых плоскопараллельных мерах длины и калиброванных цилиндрических прутках малых диаметров;

– на калиброванных цилиндрических прутках малых диаметров (от 0,4 мм до 2,5 мм в диаметре) исследовались возможности восстановления всей поверхности качествен-

но известной формы по результатам сканирования малого фрагмента и оценивалась точность. Надежно распознаются прутки диаметром более 1,5 мм, при сканировании прутков меньшего диаметра возможно лишь распознавание поверхности как цилиндрической, но при этом нельзя говорить о точности определения диаметра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прямицын И.Б., Челпанов И.Б. Лазерные сканирующие устройства. Методы и методики исследования характеристик. Области применения // Современное машиностроение. Наука и образование: материалы Международной научно-практической конференции. 14-15 июля 2012 года. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. - С. 631-644.
2. Прямицын И.Б. Точность сканирования лазерных измерительных манипуляторов // Информационно-измерительные и управляющие системы. - М. : Радиотехника, 2011. Т 9. № 9. - С. 73-76.