

## **ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ. МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ**

**Алдошкин Д. Н.**

**Научный руководитель – канд. техн. наук Русаков М. А.**

***Сибирский федеральный университет***

За последние десятилетия вычислительная техника проникла во множество областей человеческой деятельности. Существует ряд задач, для решения которых необходимо получать информацию об объектах реального мира, причем двумерных изображений недостаточно по тем или иным причинам. Для получения данных о форме объектов используется трёхмерная реконструкция – процесс построения трёхмерной модели объектов наблюдаемой сцены. Подобные задачи возникают в таких областях деятельности, как:

- Медицина. Построение моделей органов и частей тела производится для обнаружения отклонений и определения необходимости и оценки объёмов хирургического вмешательства.

- Промышленное производство. Результатом применения методов трёхмерной реконструкции является снижение временных и материальных затрат на создание компьютерных моделей деталей механизмов, повышение точности данных моделей в сравнении с ручным моделированием. Методы реконструкции позволяют построить мощные системы контроля качества при поточном производстве и проверять производимые детали на соответствие проектным параметрам в реальном времени.

- Культура. Построение моделей объектов архитектуры и искусства, а также находок на местах раскопок позволяют предоставлять подробную информацию для исследователей, расположенных на большом отдалении и сохранять её даже после утери самих объектов.

- Техническое зрение и зрение роботов. Основной задачей технического зрения и зрения роботов является обнаружение, отслеживание и классификация объектов пространства, в котором данные системы и роботы функционируют. Зачастую в двумерных изображениях недостаточно информации для решения тех или иных задач: построения карты окружающего пространства для прокладки маршрута; идентификации объектов, отслеживания их взаимного расположения и перемещения; выделения объектов и их признаков для дополнения баз знаний. Трёхмерная реконструкция окружающего пространства позволяет получать сведения о взаимном расположении объектов, их форме, текстуре поверхности. Системы, осуществляющие обучение на основе результатов трёхмерной реконструкции способны производить сопоставление двумерных изображений трёхмерным моделям, что позволяет реализовать распознавание объёмных объектов на плоских изображениях.

Все методы трёхмерной реконструкции можно сгруппировать в две категории:

### **1. Активные методы.**

Системы, реализующие активные методы, прямо взаимодействуют с объектами исследуемой сцены. Данное взаимодействие осуществляется через излучение с заранее известными параметрами в направлении объектов сцены с целью привести в сцену дополнительную информацию, на основании которой будут работать реконструирующие алгоритмы, и последующее измерение отражённой части излучения.

Параметрами излучения могут являться:

- тип излучения: электромагнитное излучение, в т.ч. радиоизлучение, инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое, рентгеновское; звуковое: инфразвук, звук в слышимом диапазоне, ультразвук;

- частотные и периодические параметры излучения;

- геометрические параметры излучения: форма пятен, размер пятен.

Измерение производится посредством датчиков (сенсоров), параметры которых достаточны для восприятия излучения в объёме, необходимом для последующей обработки. Примерами датчиков могут служить:

- видео- и фотокамеры, работающих в видимых диапазонах, а также диапазонах, смежных с видимым;

- лазерные дальномеры;

- микрофонные матрицы;

- ультразвуковые датчики.

На данный момент наиболее широкое применение получили системы, использующие излучение в инфракрасном диапазоне. Выбор данного диапазона обусловлен простотой конструкции и сравнительно низким энергопотреблением излучателя и приёмника излучения, а также низкой вероятностью наличия постороннего излучения в данном диапазоне в радиусе видимости приёмника. Именно этот подход используется в изделии Kinect компании Microsoft, выпущенном на рынок в 2010 году и быстро набравшем популярность.

## 2. Пассивные методы.

Системы, реализующие пассивные методы, не взаимодействуют с объектами исследуемой сцены. Основная идея данного подхода - измерение излучения, отражённого от объектов наблюдаемой сцены. Таким образом, необходимым условием работы данного подхода является наличие в сцене независимого источника излучения. Выполнение данного условия наиболее характерно для светового излучения в видимом диапазоне, и обусловлено наличием естественных источников: солнца, луны, звёзд, а также наличием множества искусственных источников, имитирующих естественные.

Построение модели сцены осуществляется на основе последовательности её изображений (наборы снимков, видеозаписи) и информации о взаимном расположении датчиков в моменты съёмки (которая, впрочем, может быть извлечена из самой последовательности изображений).

Значимым шагом является компенсация искажений, вносимых линзами приёмника. Так как геометрия линз приёмника постоянна, то вносимые искажения будут неизменными, а следовательно, будут легко поддаваться оценке и последующей компенсации.

Ключевой шаг - построение карты глубины. Он осуществляется одним из следующих способов, их комбинаций или модификаций:

- извлечение уникальных точек из каждого изображения, нахождения соответствующих им точек, извлечённых из остальных изображений набора и последующая триангуляция с использованием данных о взаимном расположении датчиков. Извлечение и описание уникальных точек может производиться посредством алгоритмов, инвариантным к трансформациям, таким как SURF и SIFT.

- поблочное сопоставление областей изображений с применением различных подходов к оцениванию блоков - гистограммы, оценки параметров законов распределения, попиксельное сопоставление, оценки градиентов.

На основании карты глубины строится трёхмерная модель наблюдаемой сцены. В зависимости от целей и задач данного этапа для представления геометрии сцены используется один из следующих подходов:

- Облако точек. Сырые геометрические данные, пригодные для последующей обработки: фильтрации, классификации. Группируя облака точек, полученные в результате обработки различных пар изображений, можно построить более точную и полную модель сцены.

- Полигональное представление. Подход к представлению геометрических поверхностей, получивший наиболее широкое распространение в области визуализации в реальном времени (в т. ч. компьютерные игры, демонстрационные визуализации различных химических, физических процессов). Позволяет визуализировать модели, оценивать их геометрию (в т. ч. распознавать геометрические примитивы - плоскости, прямоугольники, сферы и т. д.) и производить передачу моделей в сторонние пакеты обработки моделей.

- Воксельное представление. Поверхность представляется множеством примитивных объектов - вокселей. В роли таких объектов зачастую выступают прямоугольные примитивы (чаще всего кубы), либо сферы. Такой подход позволяет дополнять и конкретизировать модель при поступлении новых данных. Подход широко применяется для трёхмерного реконструирования на основе данных медицинских сканирующих устройств (компьютерных, магнитно-резонансных томографов, УЗИ).

Как можно заметить, активный подход является модификацией пассивного подхода. Выбор производится на этапе проектирования системы и определяется методологическими, алгоритмическими, финансовыми и другими значимыми ограничениями.