

**К решению проблемы визуализации и анализа
3D сцен, распознавания пространственных образов
методами кватернионного исчисления**

Фурман Я. А., Хафизов Д. Г., Рябинин К. Б.

rts@marstu.mari.ru

Йошкар-Ола, ГОУ ВПО Марийский гос. тех. университет

Рассмотрено применение аппарата кватернионных сигналов для обработки пространственных групповых точечных объектов и точечных полей.

Характеристика рассматриваемой проблемы обработки пространственных изображений

Переход от плоских изображений пространственных объектов к их трехмерным изображениям увеличивает количество получаемой информации и повышает потенциальные возможности синтезируемых алгоритмов. При этом для изображений объектов одного класса возрастают вычислительные значения мер их схожести, а для изображений разных классов — степень их ортогональности. Хотя исследования в этой области имеют многолетнюю историю, факторы, вызванные увеличением размерности обрабатываемых сигналов, в первую очередь, рост объема требуемых вычислений и отсутствие эффективных алгоритмов, и в настоящее время стимулируют интенсивные исследования по получению новых подходов к обработке 3D сцен.

Создание исчисления, позволяющего оперировать трехмерными геометрическими образами по правилам алгебры, всегда были актуальной задачей. Первые важные результаты в этом направлении получены У. Гамильтоном, который ценой отказа от свойства коммутативности операции произведения, в поисках объектов, обобщающих комплексные числа, открыл кватернионы. Сотрудниками лаборатории обработки изображений групповых точечных объектов и точечных полей Марийского государственного технического университета на базе алгебры кватернионов и положений теории обработки сигналов получен математический аппарат для решения задач, связанных с пространственными точечными изображениями. По сравнению с другими применяемыми в этой области подходами, он обладает следующими преимуществами:

- 1) более высокая информативность получаемой меры схожести/различия 3D изображений;
- 2) формируемые модели сигналов представляют собой одномерные векторы;
- 3) простая реализация такой массовой операции как вращение 3D вектора.

Рассматриваемый в докладе подход к решению проблемы обработки 3D изображений основан на применении этого аппарата к пространственным точечным изображениям двух типов: тип А — генеральное большое множество точек, расположенных на поверхности объемных тел в пространственной сцене и тип В — пространственный групповой точечный объект (ПГТО) с небольшим количеством точек.

Базовое преобразование точечных множеств

Переход в третье измерение дает возможность установить связи между точечными объектами не только по расстоянию между ними, как в плоском случае, но и по их принадлежности к таким геометрическим образам, как плоскости. Это является основой сегментации 3D точечных изображений и реализуется путем вычисления трехмерного градиента. Более просто подобная сегментация выполняется на базе преобразования кластеризации точек множества (КТМ). Преобразование КТМ задается нормированной гиперкомплексной частью (бивектором) скалярного произведения двух разностных векторных кватернионов

$$\psi(m) = \text{hур}(\Delta a(m)), \quad \Delta a(0) = r(m), \quad |r(m)| = 1, \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Здесь $\Delta a(m) = a_m - a_0$, $\Delta a(0) = a_1 - a_0$, где a_m — текущая, a_0 и a_1 — фиксированные точки генерального множества, $r(m)$ — нормаль к локальной плоскости, образованной этими точками. В результате генеральное множество делится на L подмножеств (граней), точки которых характеризуются близкими значениями нормалей

$$r(0), \quad r(1), \dots, \quad r(m), \dots, \quad r(L-1).$$

Обработка сцены типа А

Визуализация сцены типа А связана с получением её глобального образа в привычном для восприятия этой сцены человеком виде. После преобразования КТМ действия направлены на замену точечной сцены сценой из изображений исходных объектов набором вложенных аппроксимированных многогранников с плоскими гранями. Для каждого кластеризованного подмножества проводятся следующие операции: захват плоскости грани, формирование и анализ сферических координат точек нормалей, локализация пиков гистограммы, обнаружение точек нормалей к анализируемой грани.

Дальнейшая обработка связана с операциями реконструкции сцены: выделение краевых точек граней, формирование кватернионного описания их контуров, обнаружение смежных граней, учет особых точек, структурный анализ формы граней, фильтрация контуров граней.

Конечным результатом обработки служит аналитическая модель сцены в виде кватернионного сигнала, используемого для решения задач распознавания и оценки параметров.

Обработка сцены типа В

Задачи распознавания и оценки параметров ПГТО могут быть решены при условии упорядочения его отметок. Эта процедура устанавливает закономерность перебора отметок для формирования векторно-кватернионной модели ПГТО. Процедура упорядочения реализуется путем построения семейства вложенных выпуклых многогранников, ассоциированных с ПГТО и выполняется на базе преобразования КТМ. Доказаны теоремы существования и единственности процедуры. Для получения модели ПГТО в виде кватернионного сигнала по критерию максимума расстояния между гранями производится нумерация граней, а затем и точек ПГТО. Пронумерованные точки являются вершинами ориентированного 3D многоугольника, на основании аналитического описания которого проводится распознавание и оценка параметров ПГТО.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-01-00058а.

Литература

- [1] Комплексные и гиперкомплексные системы в задачах обработки сигналов / под ред. *Я. А. Фурмана*. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
- [2] *Фурман Я.А.* Визуализация изображений в трехмерных сценах. Учебное пособие. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007.