

является довольно затратной операций, потому как включает в себя 16 действительных умножений и 12 сложений. В связи с этим возникает задача сокращения количества операций.

Для решения данной задачи может применяться логарифмическая система счисления, позволяющая сократить количество операций.

Как показано в [2] применение логарифмической системы счисления для умножения кватернионов, представленных в виде  $Q = Q_0 + Q_1i + Q_2j + Q_3k$  и  $R = R_0 + R_1i + R_2j + R_3k$ , не приносит никакого выигрыша в количестве реализуемых операций ввиду некоммутативности произведения, т.е.  $\ln(QR) \neq \ln(Q) + \ln(R)$ .

Другим способом представления кватернионов  $Q$  и  $R$  является конструкция Кэли-Диксона [3]:

$$Q = Q_{01} + Q_{23}j \text{ и } R = R_{01} + R_{23}j, \quad (2)$$

где  $Q_{01} = Q_0 + Q_1i$ ,  $Q_{23} = Q_2 + Q_3i$ ,  $R_{01} = R_0 + R_1i$  и  $R_{23} = R_2 + R_3i$ , представляют собой комплексные числа. Произведение кватернионов  $M$  в данном случае можно найти как

$$\begin{aligned} M_{01} &= Q_{01}R_{01} - Q_{23}\overline{R_{23}} \\ M_{23} &= Q_{01}R_{23} - Q_{23}\overline{R_{01}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\overline{R_{01}}$  и  $\overline{R_{23}}$  – комплексное сопряжение  $R_{01}$  и  $R_{23}$  соответственно.

Таким образом, представление чисел  $Q_{01}$ ,  $Q_{23}$ ,  $R_{01}$ ,  $R_{23}$  в логарифмической системе счисления по произвольному основанию  $b$  [4] выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_{01} &= b^{q_0}(\cos(aq_1) + i \sin(aq_1)) \\ Q_{23} &= b^{q_2}(\cos(aq_3) + i \sin(aq_3)) \\ R_{01} &= b^{r_0}(\cos(ar_1) + i \sin(ar_1)) \\ R_{23} &= b^{r_2}(\cos(ar_3) + i \sin(ar_3)), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $a$  – масштабирующий коэффициент, а  $q_i$  и  $r_i$  – коэффициенты логарифма кватерниона  $Q$  и  $R$ , представленных в виде (2).

Подставив значение коэффициентов (4) в выражение произведения (3) можно найти результирующее значение. Следует отметить, что в данном случае количество операций сокращается до 8 операций логарифмического умножения и двух операций комплексно-логарифмического сложения. Кроме того, применение логарифмической системы счисления в данном случае позволяет сократить затраты памяти на хранение коэффициентов, поскольку логарифм числа кодируется меньшим количеством битов, нежели само число.

Список использованных источников:

1. Parfieniuk, M., Petrovsky, A. Quaternion Multiplier Inspired by the Lifting Implementation of Plane Rotations // IEEE Transactions on Circuit and Systems, 2010. – pp. 2708-2717.
2. Arnold, Mark G. Towards a Quaternion Complex Logarithmic Number System // 20th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, 2011. – pp. 33-42.
3. Sangwine, Stephen J. Quaternion Polar Representation with a Complex Modulus and Complex Argument Inspired by the Cayley-Dickson Form // Advances in Applied Clifford Algebras, 2010. – pp. 111-120.
4. Arnold, Mark G. A Dual-Purpose Real/Complex Logarithmic Number System ALU // 19th IEEE International Symposium on Computer Arithmetic, 2009. – pp.15-24

## СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И РАЗМЕРОВ КРИСТАЛЛОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Сидорук И.И.*

*Шемаров А.И. – к.т.н., доцент*

В наши дни потребности мирового алмазного рынка диктуют новые требования в области контроля и исследования необработанного алмазного сырья. Так, стараясь удовлетворить эти требования, все ключевые предприятия, специализирующейся в области сортировки и обработки алмазного сырья, вынуждены постоянно искать новые подходы к организации технологического процесса сортировки и аттестации кристаллов и заниматься техническим перевооружением производства. Однако существующие программно-аппаратные комплексы не в полной мере удовлетворяют предъявляемые запросы реального производства. Усовершенствование существующих и разработка новых систем сканирования алмазного сырья и ввода оцифрованных параметров геометрии кристалла в компьютер для решения задачи определения формы кристаллов, для их последующей разметки и разработки, – может позволить получить значительный экономический эффект.

Основным методом, используемым и в системах получения информации о геометрии кристалла, является метод математического моделирования. Параметры и свойства таких систем во многом определяются используемыми математическими моделями и алгоритмами [1].

Принцип получения оригинальной 3D-модели внешней поверхности кристалла в декартовой системе координат (рисунок 1) основывается на математическом описании объекта по определенному алгоритму с целью последующего построения поверхности кристалла [2].

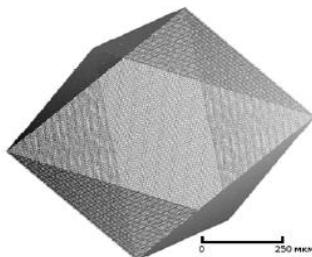


Рис. 1 – Пример 3D-модели кристалла алмаза в декартовой прямоугольной системе координат

Система (экспериментальная установка) содержит следующие составные части:

1. Держатель для необработанного объекта (кристалла сложной формы);
2. Систему сканирования, используемую для автоматического получения информации о геометрических параметрах и размерах объекта (кристалла сложной формы);
3. Систему освещения кристалла в виде двух (или более) лазерных пучков, направляемых по двум отдельным оптическим траекториям;
4. Систему формирования изображения кристалла сложной формы;
5. Вычислительное средство, реализующее возможность определения формы кристалла на основе принятого излучения от освещающей системы и указанной начальной информации о геометрической форме кристалла.

Устройство выполнено с возможностью приведения сканируемого объекта во вращение относительно осветительной системы [3] для предоставления пользователю более точной визуальной модели объекта.

Используя математическое описание, на основе знания пространственного расположения элементов системы освещения объекта, данные о показателе преломления исследуемых образцов кристаллов, можно построить трехмерные модели реальных кристаллов сложной геометрической формы. Полученный набор данных позволяет построить 3D виртуальную модель внешней поверхности кристалла и 3D виртуальные модели одного или нескольких видимых включений во внутреннем объеме кристалла. Эти данные могут быть использованы для последующего компьютерного анализа с целью предоставления пользователю информации, относящейся к визуальным характеристикам кристаллов сложной формы, которая может быть получена из исходного кристалла.

Разработка или усовершенствование существующих алгоритмов и систем определения геометрических параметров кристаллов сложной формы, являющихся целью представленной работы, существенно могут повысить эффективность алмазного производства, в том числе и ювелирного.

Список использованных источников:

1. Горбунова, Е.В. Возможности сортировки алмазного сырья опико-электронными методами / Е.В. Горбунова // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб.: ИТМО, 2012. – №4 – С. 13 – 17.
2. Григорьев, Ю.М. Сравнительный анализ оптических свойств бриллиантов / Ю.М. Григорьев // Наука и образование. – М.: Наука, 2014. – №1 – С. 45 – 49.
3. Abraham Kerner., System for accurate 3d modeling of gemstones. PatentUS, no. 20160004926A1, 2012.

## **ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИИ С ОДНОВРЕМЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ СВЁРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Суша А.В.*

*Вашкевич М.И. – к.т.н., доцент*

Задача детектирования лиц является одной из самых важных в области компьютерного зрения, т.к. детектирование необходимо практически всем системам, которые оперируют изображениями человека. В работе рассматривается применение перспективного подхода детектирования лиц или объектов YOLO (You Only Look Once) на основе базовых моделей: VGG-16 и NasNet.

В настоящее время существует множество способов детектирования лиц. Большинство из них базируется на классических методах компьютерного зрения и машинного обучения (каскады Хаара,