

**АЛГОРИТМЫ ПОИСКА РЕГУЛЯРНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

*Наталья Викторовна Якасова, старший преподаватель
Тел.: 8 906 190 0983, e-mail: ice@khsu.ru,
Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова
khsu.ru*

В статье рассматривается алгоритм поиска регулярных объектов при помощи хэш-функции на изображениях, полученных системами машинного стереозрения.

Ключевые слова: регулярный объект, хэш, хэш-функция контура, системы стереозрения.

Введение

Область распознавания графических образов в последнее время динамически развивается. Потребности современных интеллектуальных систем, интеллектуальных интерфейсов, робототехники стимулируют появление и совершенствования новых методов, средств и алгоритмов обработки графических изображений. Многие задачи сводятся к выделению объектов трехмерного мира, на изображениях зафиксированных окулярами, и определения расстояний до них. Разные зрительные системы используют свои методы анализа изображений. Монокулярные системы используют параллакс, совершая движения окуляром в плоскости, перпендикулярной линии зрения, и сравнивая изображение, полученное ранее, с новым, что сказывается на качестве определения расстояний. Более совершенные в этом плане являются системы бинокулярного стереозрения, в них сопоставляются изображения, полученные с двух окуляров. Стереосистемы с большим количеством окуляров решают проблемы бинокулярной системы, повышая точность оценки расстояний и определения расстояний в тех случаях, когда бинокулярная система сделать это не в состоянии.



Н.В. Якасова

В любом случае в стереосистемах происходит сопоставление изображений, полученных с разных окуляров с целью определения смещения объектов на них. По смещению производится оценка расстояния: чем больше смещение, тем ближе расположен объект. Поэтому проблема сопоставления изображений достаточно актуальна для зрительных стереосистем. Ее решению посвящено много исследований. Однако, встречаются изображения, которые способны ввести в «заблуждение» зрительную систему. В биологических системах такие изображения порождают зрительные ошибки, которые мозг пытается компенсировать, используя дополнительную информацию об объектах и отношениях между ними. Если мозг не справляется, появляются зрительные иллюзии.

Искусственные зрительные системы в реальных условиях так же могут столкнуться с проблемой зрительных иллюзий. Причем иллюзии могут вызывать достаточно простые изображения. Примером таких изображений служат изображения с регулярными объектами: параллельные линии, клетки, часто повторяющиеся рапорты изображений. Не имея предварительной информации о наличии регулярных объектов на изображениях, зрительная система не сможет правильно сопоставить изображения, что повлечет ошибку в оценке расстояний и возможно фатальные последствия для системы.

К сожалению, большинство авторов, решая более общие задачи распознавания объектов и определения расстояний до них, не акцентируют внимание на подобных ситуациях. Автору статьи не встречались подобные исследования в научной литературе.

Тем не менее, тема поиска дубликатов изображений достаточно подробно рассматривается. Авторы Глумов Н.И., Кузнецов А.В., Мясников В.В. описывают поиск

дубликатов при помощи хэш-функции [1]. Однако поиск дубликатов и регулярных объектов несколько различаются условиями постановки задачи. Поиск дубликатов является самоцелью, а поиск регулярных объектов – вспомогательной задачей, которая решается в совокупности с задачей сопоставления объектов сцены. Любой из алгоритмов выделения объектов связан с многократными просмотрами пикселей изображения, поэтому практически любой из них позволяет попутно собирать информацию об объектах, присутствующих на изображении. Достаточно определить алгоритм сбора информации, по которому можно судить о наличии регулярных объектов на изображении.

Поиск регулярных объектов

Регулярные изображения, т.е. изображения с повторяющимися объектами представляет интерес как с точки зрения обнаружения и распознавания схожих объектов на изображении, так и при распознавании объектов n-окулярными зрительными системами [2]. Предположим, бинокулярная зрительная стереосистема получает изображение решетки или клеток, изображение с повторяющимся рапортом и т.п. (рис. 1). Центральная часть решеток изображения выделена черным цветом.

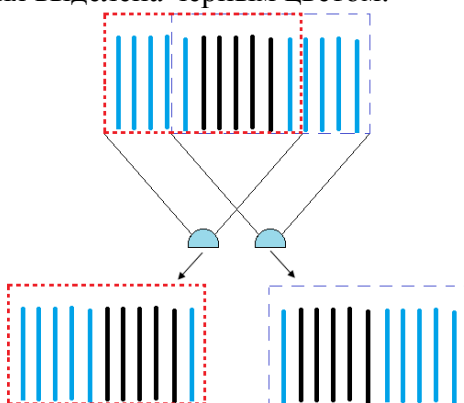


Рис. 1 – Изображения, полученные бинокулярной зрительной стереосистемой

Исходное изображение содержит регулярные объекты, которые смещаются относительно друг друга на изображениях, полученных правым и левым окуляром. При сопоставлении изображений с целью определения глубины сцены и оценки расстояний до отдельных объектов возникает существенная неоднозначность в сопоставлении изображений, что дает значительную погрешность в оценке расстояний до объектов (рис. 2). На рисунке для наглядности представлены только центральные объекты. Действительно, не имея предварительной информации об условиях получения изображения и предварительной информации об объектах, зрительная система может предположить, например, что сдвиг осуществлен на l_1 единиц (рис. 2а), либо на l_2 единиц (рис. 2б). Безусловно, можно отбросить некоторые из возможных вариантов ассоциации изображений как невозможные, опираясь на знание расстояния между окулярами. Тем не менее, погрешность в оценке глубины сцены может быть существенная.

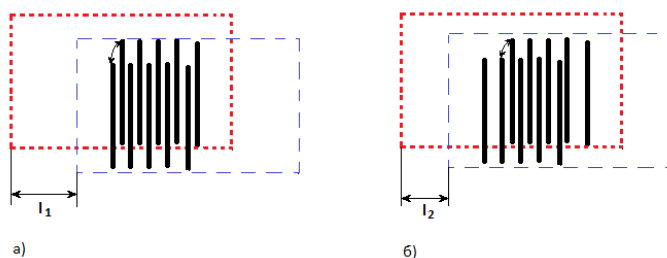


Рис. 2 – Наложение изображений

Предварительное знание о наличии на изображении регулярных объектов помогло бы зрительной системе более осторожно производить оценку расстояний и использовать дополнительные алгоритмы уточнения.

Чтобы не усложнять процедуру анализа изображения многократным просмотром «подозрительных объектов» и их сравнением, целесообразно выбрать метод оценки, который позволял бы за один просмотр получить характеристики объектов изображения, по которым можно уже было бы судить об их схожести или отличии.

Итак, предположим, на изображении находится несколько объектов, среди них требуется найти регулярные. В литературе уже неоднократно рассматривался вопрос о сопоставлении объектов на двух изображениях (при этом вопрос о сравнении изображений не ставится, так как естественно предположить, что на изображении будут одни и те же объекты сцены). При этом цветовые характеристики обычно считаются излишними для анализа. Сопоставление производится по выделенным контурам. Учитывая исходную задачу, достаточно сконцентрироваться на схожести контуров объектов изображения. Под схожими контурами будем понимать контуры одного и того же объекта, которые в принципе незначительно могут отличаться при оцифровке изображения, что не влияет на процесс распознавания контура в целом. Согласно начальным условиям контуры имеют одинаковую ориентацию в плоскости изображения.

Тогда задачу поиска регулярных объектов на изображении можно разбить на две подзадачи:

- 1) выделение контуров (предобработка изображения);
- 2) поиск среди контуров схожих.

Задача выделения контуров решается одним из известных алгоритмов: операторы Робертса, Собеля, Превитта, Кирша, Робинсона, алгоритм Канни и LoG-алгоритм [3]. На этом этапе главное выделить замкнутые контуры, ограничивающие существенные для поиска объекты на исходном изображении.

Начальной позицией контура будем считать первую точку контура, полученную при последовательном просмотре пикселей изображения сверху вниз слева направо. Последовательный просмотр изображения может порождать ситуации, при которых разные фрагменты контура могут быть зарегистрированы как начала разных контуров, тем не менее, при последовательном сканировании изображения фрагменты контура соединятся в силу требования непрерывности контура – точка 1 (рис.3). Возможна ситуация с разделением контура на части, далее отслеживаемые отдельно – точка 2 (рис. 3).

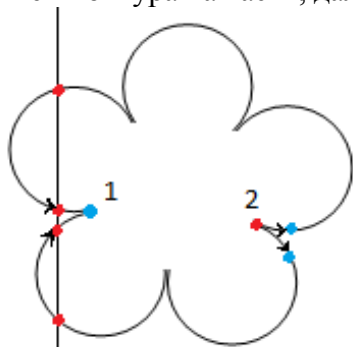


Рис. 3 – Отслеживание сложного контура

Найденные контуры, ограничивают некоторые связанные дискретные области (состоящие из пикселей). Предлагается к области применить хэш-функцию, которая позволит получить некоторую числовую последовательность, причем не обязательно уникальную. Хэширование частей или всего изображения достаточно распространенная практика при поиске дубликатов изображения. Поскольку хэш-функция не обладает свойством однозначности, то нельзя исключить того, что хэши разных областей совпадут (в пределах выбранной точности). Однако уникальность и не требуется, поскольку с точки зрения ориентирования в

пространстве, лучше найти подозрительные объекты и перепроверить результат, чем пропустить их и неверно определить расстояния до объектов.

Поэтому, главным образом, задача сводится к выбору хэш-функции. В нашем случае можно использовать достаточно простую хэш-функцию, поскольку нет необходимости поиска дубликата изображения, который мог подвергаться некоторым изменениям. К тому же при поиске дубликатов рассматриваются прямоугольные области изображения, а не контуры. Хэш-функцию определим как нормализованную проекцию замкнутого контура на дискретную ось (т.е. ось с дискретной разметкой). Проекцией дискретного контура на ось назовем вектор, составленный из чисел, определенных как количество пересеченных пикселей внутри контура перпендикуляром, направленным

от оси в сторону контура (рис 4), то есть $\vec{p} = (p_1, p_2, \dots, p_k)$, где $p_i (i = \overline{1, k})$ – количество пикселей, пересеченных перпендикуляром, направленным из i -ой точки оси в направлении контура.

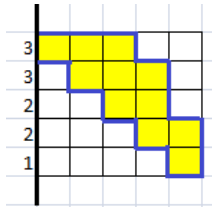


Рис. 4 – Проекция контура на дискретную ось

Проекция на одну ось не идентифицирует контур однозначно. Легко убедиться, что различные контуры могут составлять одинаковые проекции на одну ось (рис. 5). Аналогично и проекция на две оси не гарантирует однозначную идентификацию контура. Например, два изображения дают одинаковые проекции на каждую из выбранных осей, рис. 5. Безусловно, что выбор других осей для тех же контуров может разрешить проблему. Однако, не имея предварительной информации о конфигурации контуров, практически невозможно выбрать подходящие, в смысле однозначной идентификации контуров, оси.

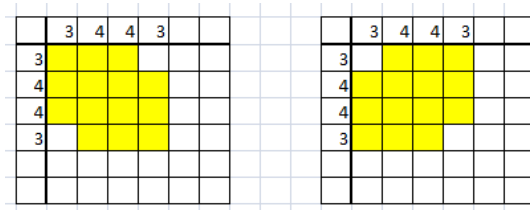


Рис. 5 – Совпадение проекций

Введение третьей оси, позволит решить эту проблему.

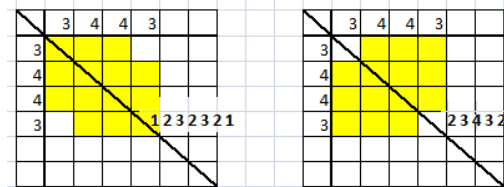


Рис. 6 – проекция на третью ось

На практике любое количество проекций можно получать одновременно в процессе просмотра изображения, однако это повышает вычислительную нагрузку и замедляет анализ.

Полученную проекцию-вектор \vec{p} нормируем по количеству компонент k выбранному n -мерному вектору \vec{x} (рис. 7). Нормирование можно выполнить любым методом интерполяции, полагая проекцию дискретно заданной функцией на интервале $(1; n)$ k точками (начало и конец исходного интервала совмещаются с началом и концом нового, т.е. p_1 совмещается с x_1 , p_k с x_n). Значения в остальных точках $x_i (i = \overline{2, n-1})$ интерполируются. При этом от n будет зависеть точность сопоставления контуров.

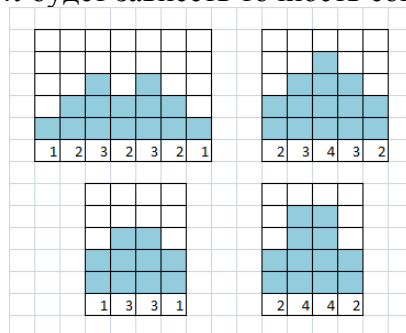


Рис. 7 – Нормирование проекций

Далее остается сопоставить нормированные вектора контуров, и определить отклонение одним из способов, например, через среднее квадратическое отклонение.

Подзадачи 1 и 2 можно совместить: за один проход по матрице исходного изображения определить все контуры и рассчитать их проекции. Поскольку основной задачей был поиск регулярных объектов, то найдя пару таких объектов, положение следу-

ющего можно найти по начальной точке контура, а затем сопоставить с уже найденным регулярным объектом. В общем случае, если объекты размещены не по линейному принципу, начальная точка может генерировать ошибочную гипотезу о размещении следующего объекта. Поэтому только обнаружение нескольких регулярных объектов позволит определить закон их размещения и прогнозировать появление следующих.

Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

1. Выделение проблемы определения расстояний до объектов зрительной бинокулярной стереосистемой при наличии регулярных объектов на изображениях сцены.
2. Разработка метода поиска регулярных объектов на изображении путем получения нормированных проекций на дискретные оси.

При апробировании метода на некоторых изображениях было достаточно получения проекции на одну ось.

Кроме поиска регулярных изображений, алгоритм позволяет находить симметричные (при небольшой модификации сравнения векторов) и масштабированные изображения (к вектору нужно будет применить дополнительно нормирование по значениям компонент вектора, в соответствии с нормированием вектора второй оси). Алгоритм не позволяет сравнивать контуры (объекты) по-разному ориентированные относительно осей, однако имея предварительную информацию об угле поворота, можно задать соответствующие оси для каждого изображения и тем самым получить возможность сравнения контуров в разных системах осей.

Литература

1. Глузов Н.И., Кузнецов А.В., Мясников В.В. Поиск дубликатов на цифровых изображениях. // Компьютерная оптика. 2013. Т. 37. № 3.
2. Шеломенцева И.Г., Якасова Н.В. Оценка восприятия глубины разными видами машинного зрения // Современная техника и технологии. 2015. № 11. – [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2015/11/8287> (дата обращения: 29.11.2015).
3. Тутов И.О., Емельянов Г.М. Выделение контуров изображения движущегося объекта. // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2010. Вып. 55.

Search algorithms for the regular objects in the image

Yakasova Natalia Viktorovna, Senior Lecturer, N.F. Katanov Khakas State University

The article discusses the search algorithm of regular objects using a hash function on images obtained by machine stereovision systems.

Keywords: regular object, hash, hash function circuit, stereo vision system.

УДК 614.81:004

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Валерий Васильевич Ничепорчук, к.т.н., старший научный сотрудник

Тел.: 8 391 2907453, e-mail: valera@icm.krasn.ru

Александр Ильич Ноженков, к.т.н., научный сотрудник

Тел.: 8 391 249 4834, e-mail: alex_n@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН)

<http://www.icm.krasn.ru>