

Восстановление в реальном времени пространственных характеристик гибкого объекта по стереопаре изображений

Местецкий Л. М., Цискаридзе А. К.

l.mest@ru.net, AchikoTsi@gmail.com

Рассматривается задача восстановления пространственных характеристик объектов с осесимметрическими элементами. Предлагается подход, основанный на концепции пространственного гибкого объекта. Пространственный гибкий объект определяется как семейство эллипсоидов с центрами на графе древовидной структуры. Предлагается метод идентификации пространственного гибкого объекта в реальном времени по стереопаре изображений силуэтов объекта. Метод основан на построении непрерывных скелетов силуэтов. Рассматривается приложение к задаче распознавания жестов в реальном масштабе времени.

Постановка задачи

Задача восстановления формы пространственного объекта по нескольким двумерным изображениям хорошо известна и имеет множество приложений. Особенность рассматриваемой нами постановки этой задачи состоит в том, что двумерные изображения являются бинарными и представляют собой лишь силуэты пространственного объекта. Такая задача, в частности, возникает при распознавании жестов с помощью стандартного недорогого оборудования. Исходными данными служат изображения низкого разрешения формата 480×640 , полученные с использованием обычных WEB-камер. Такие камеры плохо передают текстурные особенности изображений и позволяют с достоверностью выявить лишь силуэты представленных на изображении объектов. Для распознавания жеста требуется восстановить пространственную форму столь сложного и изменчивого объекта, как человеческая ладонь. Актуальность такой постановки задачи объясняется тем, что круг потенциальных пользователей систем распознавания жестов включает в себя большое число людей, не способных приобрести дорогое оборудование, но весьма нуждающихся в системах, способных понимать жесты. Речь идёт об инвалидах, слабослышащих. Известны работы, целью которых является создание систем, понимающих азбуку глухонемых [4]. Также известны разработки соответствующих систем управления компьютером с помощью жестов [5].

Невозможность анализа изображений на уровне текстур не позволяет применить для решения задачи хорошо известные методы восстановления формы объектов по стереопаре изображений, основанные на автоматическом выявлении общих точек, присутствующих на обоих изображениях. Очевидно, что если на изображении представлен лишь силуэт

объекта, то достоверно на нём можно выявить лишь точки границы этого объекта. Но на двух картинках в стереопаре изображений силуэты полностью различаются, т. е. все точки границы одного силуэта отличаются от всех граничных точек другого силуэта.

Предлагаемый подход к решению задачи основан на идее выявления в структуре объекта таких точек, которые, хотя и не видны на изображениях стереопары, но могут быть вычислены на каждом изображении в результате анализа представленного на нём силуэта. Таким образом, в роли общих реперных точек стереопары предлагается использовать некоторые (невидимые) точки, не являющиеся граничными точками силуэтов. В качестве такого множества реперных точек предлагается рассмотреть множество срединных осей силуэтного изображения, составляющих его скелет.

Реализация предлагаемого подхода ставит несколько сложных задач. Во-первых, нужно построить скелеты силуэтов в такой форме, которая позволит идентифицировать точки разных скелетов. Во-вторых, нужно по результатам идентификации пары скелетов восстановить пространственную форму всей ладони. В-третьих, нужно обеспечить регистрацию динамических изменений формы ладони с целью распознавания жестов. Особо следует отметить, что решение этих задач должно осуществляться в рамках системы машинного зрения в реальном времени работы этой системы, т. е. требуемая скорость обработки должна составить несколько стереопар изображений в секунду. Это предъявляет высокие требования к вычислительной эффективности разрабатываемых алгоритмов.

Метод решения

В работе [1] введено понятие плоского гибкого объекта и предложен эффективный метод сравнения гибких объектов на основе гранично-скелетной модели. В настоящей работе предлагается обобщение плоского гибкого объекта на пространственный случай.

Пространственный гибкий объект определяется как семейство эллипсоидов различной формы с центрами на графе древовидной структуры. Анализ стереопары позволяет воссоздать пространственную структуру объекта. Восстановление пространственных характеристик объекта даёт возможность отслеживать динамику перемещения объекта, а также изменение его формы. В частности, применительно к ладони это позволяет отслеживать жесты.

Реализация данного подхода предполагает решение следующих задач:

1. Калибровка камер.
2. Выделение силуэтов ладоней на изображениях.
3. Построение непрерывного скелета для силуэта ладони.

4. Идентификация реперных точек на скелетах.
5. Трёхмерная визуализация.
6. Оценка параметров пространственного положения ладони (жеста).

Калибровка камер [3] включает: съемку двумя камерами эталонного объекта — картонной модели «куба» с нанесённой на грани прямоугольной сеткой, Рис. 1; ручную идентификацию точек на полученных снимках; вычисление коэффициентов для определения в дальнейшем пространственных координат произвольных точек на стереопарах изображений.

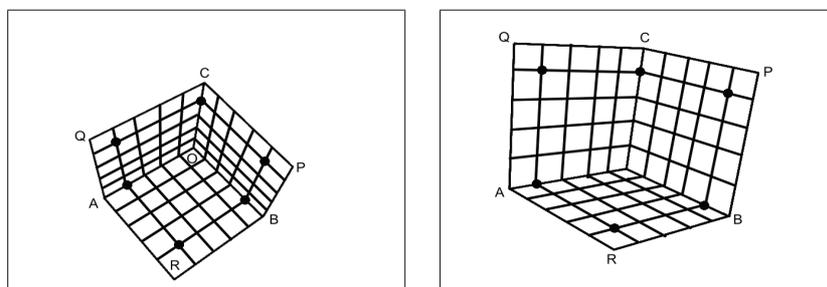


Рис. 1. Стереопара калибровочного куба.

Получение стереопары бинарных изображений. Каждое изображение отдельно сегментируется, выделяется силуэт, который затем представляется в виде бинарного растрового изображения.

Построение непрерывных скелетов обоих силуэтных (бинарных) изображений осуществляется методом, описанным в [2]. Скелет представляет собой геометрическое место точек — центров вписанных в силуэт окружностей.

Идентификация точек скелетов. Предполагается, что на плоском изображении образ осей гибкого объекта совпадает со скелетом силуэта, что позволяет вычислить оси. Пусть C — некоторая точка на одном из плоских изображений, образующих стереопару. В пространстве ей соответствует прямая, которая проектируется в эту точку. Образ этой прямой на другом изображении является экиполярной линией точки C . Для заданной точки на скелете её стереопара находится на пересечении другого скелета с экиполярной линией этой точки, Рис. 2.

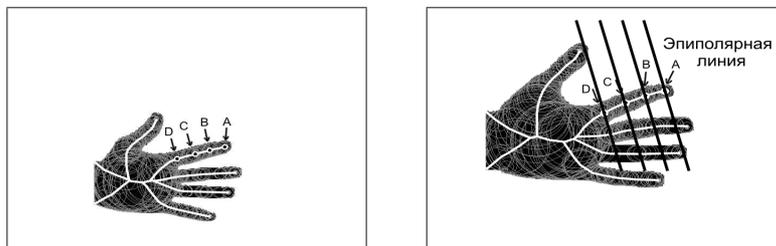


Рис. 2. На скелетах найдены одинаковые точки.

Построение пространственного гибкого объекта. Построив оси, можно вычислить формы эллипсоидов и восстановить пространственный образ гибкого объекта, Рис. 3.

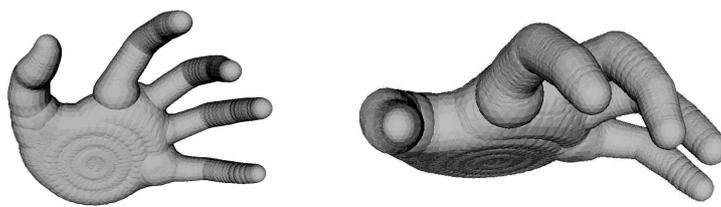


Рис. 3. Визуализация пространственного гибкого объекта.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 05-01-00542.

Литература

- [1] *Mestetskiy L.* Shape comparison of flexible objects // Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications, Barcelona, 2007.
- [2] *Местецкий Л. М.* Непрерывный скелет бинарного растрового изображения // Труды межд. конф. Графikon-98. — Москва, 1998.
- [3] *Форсайт Д. Понс Ж.* Компьютерное зрение. — Вильямс, 2004.
- [4] *Burger T., Caplier A., Mancini S.* Cued speech hand gestures recognition tool // Int. Conf. on Computer Vision Theory and Applications, VISAPP 2007.
- [5] *Keskin C., Aran O., Akarun L.* Real time gestural interface for generic applications // European Signal Processing Conference, EUSIPCO 2005.