

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН КРИВЫХ ПО КАРТАМ ГЛУБИН

М.В. Бобырь

Юго-Западный государственный университет
Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94
E-mail: fregat_mn@rambler.ru

В.П. Добрица

Юго-Западный государственный университет
Россия, 305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94
E-mail: dobritsa@mail.ru

Ключевые слова: стереозрение, карта глубин, 3д сцена, распознавание изображений.

Аннотация: Рассмотрен алгоритм определения площади объектов по вычисленным картам глубин. В докладе предложен подход, основанный на нечеткой логике, позволяющий в режиме реального времени формировать карты глубин и по вычисленным величинам диспаратности определять площадь заданных объектов. Приведены поясняющие примеры, позволяющие оценить эффективность предложенного решения.

1. Введение

В практической деятельности часто возникает необходимость знать длину кривой (в пространстве) или площадь объекта, который она описывает, непосредственного доступа к которой нет, или он затруднен. Например, необходимо определить длину кромки кратера вулкана. Ясно, что непосредственно ее промерить нет возможности. Другой пример, необходимо определить длину трещины в помещении, зараженном радиацией.

Отметим, что для решения таких ситуаций бывает возможность сделать фотографии соответствующих объектов. В частности, можно сделать два изображения одного и того же объекта с двух камер и построить по ним 3д сцену. Для этого первоначально нужно построить карту глубин, которая представляет собой информацию о расстоянии до объектов, что является важным элементом для анализа и визуализации трехмерных данных. Для вычисления длины кривой по её 3д сцене разработан алгоритм, для которого осуществлена и программная реализация.

2. Алгоритм построения карт глубин по стереоизображениям

Построение карт глубин по стереоизображениям осуществляется с использованием видеоинформации, полученной с левой и правой видеокamer одного и того же объекта, используя следующий алгоритм:

Шаг 1. Предварительная обработка.

Включает в себя загрузку левого и правого стереоизображений (рис. 1 а, б). Изображения взяты с источника [1].



Рис. 1. Исходная информация: а – левое стереоизображение; б – правое стереоизображение.

Шаг 2. Определение стереодиспаратности:

На данном шаге необходимо выделить контура объектов (рис. 2 в, г). Для выделения контуров на изображениях использовался нечетко-логический алгоритм, предложенный авторским коллективом в научной статье [2].

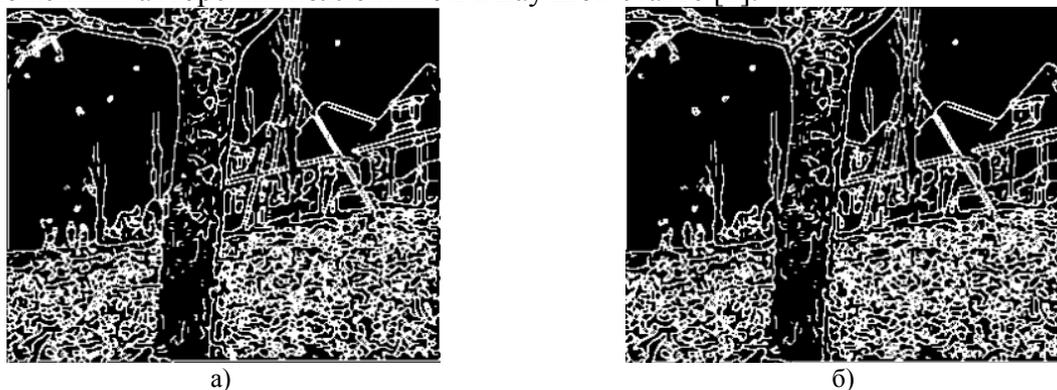


Рис. 2. Выделение контуров: а – левое стереоизображение; б – правое стереоизображение.

Далее по одному из известных алгоритмов (алгоритм сопоставления), осуществить поиск соответствующего блока левого изображения на правом изображении, и затем вычислить стереодиспаратность – смещение между блоками на левом и правом изображениях.

Шаг 3. Построение карт глубин. На этом этапе необходимо определить оценочную функцию, которая измеряет степень схожести между одним и тем же блоком на левом и правом изображениях. Для реализации данной операции возможно использовать различные алгоритмы, например, сумму абсолютных разностей (SAD) или нечеткий алгоритм построения карт глубин, предложенный авторским коллективом в работах [3, 4].

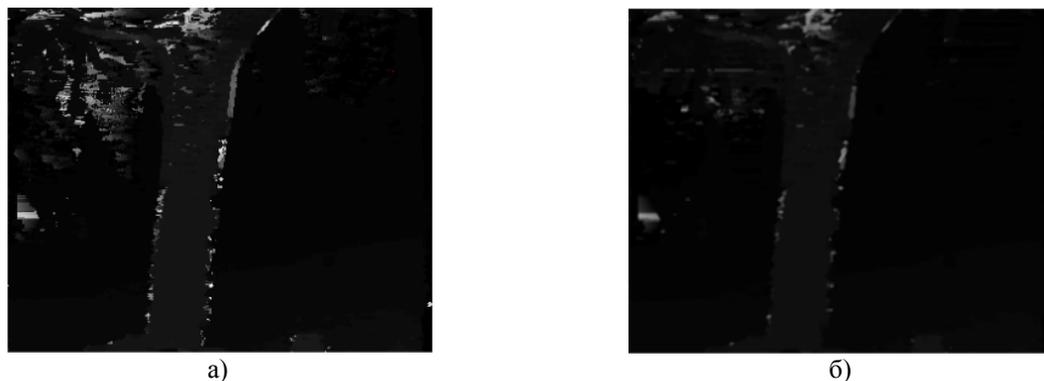


Рис. 3. Построение карт глубин: а – SAD; б – трехуровневый нечеткий алгоритм.

Как видно на рисунке 3, алгоритм SAD имеет достаточно большое количество артефактов, что затрудняет его использование в системах реального времени.

Шаг 5. Пост обработка. Данный шаг включает в себя использование методов динамического программирования для повышения производительности вычислительного процесса построения карт глубин, а также использование методов фильтрации для сглаживания карт глубин. Например, в работе [5] авторским коллективом предложен способ ускорения ряда операций при обработке изображения окном 3×3 . Данный алгоритм позволяет в 3 и более раз увеличить скорость обработки изображений. В работе [6] авторским коллективом предложен метод фильтрации, который может использоваться для сглаживания карт глубин.

Шаг 6. Визуализация. На данном этапе осуществляется преобразование карты глубин в 3д сцену. Один из возможных подходов решения данной задачи предложен в научных работах [7, 8].

Этот алгоритм представляет один из возможных подходов к построению 3д сцен по вычисленным картам глубин.

3. Алгоритм вычисления площади объектов на картах глубин

Пусть 3д сцена состоит из пикселей, которые мы будем представлять, как кубики с ребрами p . Если на 3д сцене линия проходит через какой-то пиксель, то будем считать, что она проходит через центр этого кубика. Длину S образа кривой на 3д сцене будем вычислять по ее изображению, последовательно проходя по пикселям от начала до конца снимка кривой. Для этого будем эту длину S считать по шагам $S(n)$ при последовательном переходе от пикселя к пикселю.

Заметим, если пиксели соприкасаются по грани, то расстояние между центрами будет равно p . Если же они соприкасаются по ребру, то расстояние между центрами будет равно $\sqrt{2}p$. Если же они соприкасаются только по вершине (одна общая точка), то расстояние между центрами пикселей будет равно $\sqrt{3}p$. Для непрерывной кривой других случаев нет. В соответствии с этим длину $S(n)$ разобьем на три части:

$$S(n) = (S_1(n) + S_2(n)\sqrt{2} + S_3(n)\sqrt{3})p.$$

Далее опишем алгоритм вычисления этой суммы.

Шаг 1. $S_1(n) = 1, S_2(n) = 0, S_3(n) = 0$.

Допустим мы прошли уже n пикселей по изображению кривой и нашли соответствующие значения $S_1(n)$, $S_2(n)$ и $S_3(n)$. Перейдем к следующему пикселю на изображении кривой.

Шаг $n+1$. В зависимости от того как соприкасаются пиксели номеров n и $n+1$ будем изменять значения сумм $S_1(n)$, $S_2(n)$ и $S_3(n)$.

1) Пиксели соприкасаются по грани, тогда

$$S_1(n+1) = S_1(n) + 1, S_2(n+1) = S_2(n), S_3(n+1) = S_3(n).$$

2) Пиксели соприкасаются по ребру, тогда

$$S_1(n+1) = S_1(n), S_2(n+1) = S_2(n) + 1, S_3(n+1) = S_3(n).$$

3) Пиксели соприкасаются в одной точке, тогда

$$S_1(n+1) = S_1(n) + 1, S_2(n+1) = S_2(n), S_3(n+1) = S_3(n) + 1.$$

Переход к следующему пикселю на изображении кривой.

Если длина изображения кривой линии проходит через L пикселей, то длина изображения кривой будет равна

$$S = S(L) = (S_1(L) + S_2(L)\sqrt{2} + S_3(L)\sqrt{3})p.$$

Теперь осталось эту величину умножить на масштабирующий множитель D/f , где D – расстояние от фотокамер до объекта, f – фокусное расстояние камер.

Приближенные значения величин $\sqrt{2}$ и $\sqrt{3}$ берутся в соответствии с необходимой точностью определения длины кривой.

4. Заключение

В заключение можно отметить, что построение карт глубин и вычисление длины кривой на основе полученных трехмерных сцен играют ключевую роль в различных областях, таких как компьютерное зрение, виртуальная реальность, робототехника. Эти технологии позволяют создавать более реалистичные и точные визуальные сцены, а также улучшают возможности восприятия и взаимодействия между человеком и компьютерной средой.

Вычисление длины кривой на трехмерных сценах также имеет важное значение, особенно в контексте виртуальной реальности и симуляции. Это позволяет создавать более реалистичные и точные трехмерные окружения, что важно для улучшения визуального восприятия пользователей и создания более убедительных виртуальных миров.

С развитием технологий глубокого обучения, алгоритмы построения карт глубин и вычисления длины кривой становятся все более точными и эффективными. Однако, несмотря на достигнутые успехи, существует множество направлений для дальнейших исследований, таких как улучшение точности алгоритмов, обработка данных в реальном времени за счет распараллеливание вычислительного процесса в рассмотренных алгоритмах и реализация их на программируемых логических интегральных схемах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 23-21-00071.

Список литературы

1. https://compression.ru/video/3d_display_video/depth_map_generation.html (дата обращения 25.12.2023).
2. Бобырь М.В., Архипов А.Е., Горбачев С.В., Цао Ц., Бхаттачарья С. Нечетко-логические методы в задаче детектирования границ объектов // Информатика и автоматизация. 2022. Т. 21, № 2. 376-404. <https://doi.org/10.15622/ia.21.2.6>.
3. Бобырь М.В., Архипов А.Е., Милостная Н.А. Метод расчета карты глубин на основе мягких операторов // Системы и средства информатики. 2019. Т. 29, № 2. С. 71-84. <https://doi.org/10.14357/08696527190207>.
4. Bobyr, M., Arkhipov, A., Emelyanov, S., & Milostnaya, N. (2023). A method for creating a depth map based on a three-level fuzzy model. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105629>
5. Бобырь М.В., Емельянов С.Г., Милостная Н.А. Оптимизация числа проходов в задаче логической фильтрации изображений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2023. № 2. С. 98-107. DOI 10.14357/20718594230208.
6. Bobyr M.V., Milostnaya N.A., Bulatnikov V.A. The fuzzy filter based on the method of areas' ratio // *Applied Soft Computing*. 2022. Vol. 117. P. 108449. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.108449>.
7. Милостная, Н. А. Методология синтеза интеллектуальных высокопроизводительных нейро-нечетких систем технического зрения: специальность 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки): диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Курск, 2023. 350 с.
8. Бобырь М.В., Емельянов С.Г., Милостная Н.А. Алгоритм построения 3d сцен распознанных объектов по картам глубин // Известия Юго-Западного государственного университета. 2023. Т. 27, № 2. С. 90-104. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2023-27-2-90-104>.