

УДК 004.932.2

Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк
кафедра программного обеспечения интеллектуальных систем

ФИЛЬТРАЦИЯ И СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ

Аннотация

Бочаров Д.М., Сорокин Р.А. Фильтрация и сегментация изображений для задач 3D-реконструкции. Выполнен анализ методов предобработки изображений. Выбраны оптимальные алгоритмы улучшения качества изображений и выделения границ объектов. Произведено сравнение результатов фильтрации и сегментации изображений.

Ключевые слова: методы предобработки изображений, выделение границ объектов, сегментирование изображений.

Постановка проблемы. Создание 3D-моделей из набора цифровых фотоснимков окружающей обстановки, в частности, моделей помещений, в современном мире становится все более востребованной задачей. Проблема реконструкции сцен становится актуальной при попытках построения моделей помещений у дизайнеров и при создании активно развивающегося на сегодняшний день программного обеспечения 3D-музеев, 3D-экскурсий по памятникам архитектуры. Для этого на этапе предварительной обработки серии фотоснимков помещения необходимо произвести подавление шумов для исключения ситуаций ошибочного выделения сегментов на изображении и контуров объектов.

Анализ литературы. Рассмотрена актуальность предварительной обработки изображений в задачах 3D-реконструкции помещений [1-2], проведен анализ новейших методов обработки [3-7], выбран наиболее эффективный алгоритм сегментации изображений на графах [8].

Цель статьи – провести обзор основных методов подавления шума и сегментации изображений, как основных этапов предварительной обработки фотографий при построении пространственной модели помещений по серии цифровых фотоизображений без использования сложной и дорогостоящей техники (лазерные дальномеры, GPS, 3D-фотокамеры, 3D-видеокамеры и т.п.).

Постановка задачи исследования. Необходимо провести обзор основных этапов 3D-реконструкции помещений, проанализировать методы фильтрации изображений с целью уменьшения влияния шумов на дельнейшую обработку и определить наиболее эффективные алгоритмы выделения групп общих сегментов на серии фотоснимков.

Решение задач и результаты исследований. Основными этапами при 3D-реконструкции помещений являются:

- 1) создание серии цифровых фотоснимков;
- 2) предварительная обработка фотоснимков (подавление шумов);
- 3) выравнивание уровней яркости и контрастности фотоизображений;
- 4) определение общих (опорных) пикселей на фотоизображениях и назначение цвета и прозрачности вокселям создаваемой 3D-сцены;
- 5) классификация объектов 3D-сцены и создание пространственной модели помещения.

При построении пространственной модели помещений по серии цифровых фотоизображений без использования сложной и дорогостоящей техники (лазерные дальномеры, GPS, 3D-фотокамеры, 3D-видеокамеры и т.п.) проблемы возникают уже на этапе формирования серии фотоснимков, так как они редко бывают идеального качества, практически всегда на них присутствует шум. Под шумом понимается искажение цвета либо яркости групп пикселей (аддитивный и мультипликативный шум), либо совершенно неверные значения отдельных пикселей фотоснимка (импульсный шум). Для этого на этапе предварительной обработки серии фотоснимков помещения необходимо произвести подавление шумов изображения для исключения ситуаций ошибочного выбора опорных пикселей. В большинстве случаев для этих целей на практике применяют фильтры основанные на матрице скручивания (свертки), например, фильтр Гаусса. Недостатком таких фильтров является размытие импульсного шума и деталей изображения, но с учетом последующего выравнивания уровней яркости это может послужить положительным фактором при сегментации изображений. Для устранения импульсного шума применяются так называемые ранговые алгоритмы, например, медианный фильтр.

В рамках выбранной предметной области нет необходимости в использовании особо сложных методов фильтрации и сегментации, поэтому производится поиск оптимального фильтра и метода выделения сегментов для последующего поиска общих объектов на серии фотоснимков.

В качестве исходного изображения была взята фотография помещения, приведенная на рис.1.

Выбранное изображение было поочередно искусственно зашумлено аддитивным, импульсным и мультипликативным шумами.

Для каждого из видов зашумления производился поиск оптимального фильтра путем нахождения эйлерова расстояния между статистическими характеристиками исходного незашумленного изображения и изображения зашумленного определенным типом шума и затем отфильтрованного определенным типом фильтра.

В качестве статистических характеристик изображений были выбраны математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение.



Рисунок 1 – Исходное изображение

Эйлерово расстояние между статистическими характеристиками двух изображений находилось по формуле:

$$r = \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2}$$

где m_1, m_2 – математические ожидания первого и второго изображения, σ_1, σ_2 - среднеквадратические отклонения первого и второго изображения соответственно.

Наилучшим считался фильтр, с помощью которого фильтровалось изображение, имеющее наименьшее эйлерово расстояние от исходного незашумленного изображения, так как оно признается наиболее близким к исходному. Результат статистических исследований приведен на рис.2.

Цель многих задач анализа изображений заключается в сегментации на некоторые области, с которыми связана существенная для данной задачи информация. Сегментация изображений имеет две основные цели. Первая

заключается в декомпозиции изображения на части, более удобные для дальнейшего анализа. В простых случаях удается специально организовать сцены так, чтобы в процессе сегментации было нужно надежно выделять небольшое количество областей, необходимых для дальнейшей обработки. В других случаях сегментация может оказаться достаточно сложной задачей, для решения которой нужно учитывать большое количество исходных данных предметной области. Вторая цель сегментации заключается в изменении формы описания изображения. В результате сегментации пиксели изображения превращаются в многоуровневые структуры, которые содержат больше информации или обеспечивают эффективную организацию дальнейших операций анализа изображений (или и то, и другое).

Фильтры	Аддитивное зашумление		Импульсное зашумление		Мультипликативное зашумление		
	Мат. ожидание	СКО	Мат. ожидание	СКО	Мат. ожидание	СКО	
Осреднение скользящим окном	117,431	33,308	118,336	31,409	120,713	33,178	
Свертка с маской	117,431	33,998	118,336	32,329	120,713	33,324	
Гауссовский фильтр	117,431	33,344	118,336	31,449	120,713	33,216	
Оценка середины диапазона	118,469	34,425	121,386	34,083	120,699	35,382	
Медианный фильтр	118,551	40,613	118,517	39,827	121,768	41,383	
Взвешенный медианный фильтр	118,325	40,887	118,295	40,1	121,623	41,725	
Сигма фильтр	117,415	48,234	118,319	51,13	120,697	49,06	
MTM фильтр	118,551	40,613	118,517	39,827	121,768	41,383	
Stick фильтр	103,494	34,459	101,37	34,041	106,459	35,538	
Исходное изображение		Мат. ожидание	СКО				
		117,448	47,86				
Оптимальный фильтр	Сигма фильтр	Сигма фильтр	Сигма фильтр	Сигма фильтр			

Рисунок 2 – Статистические характеристики фильтрации изображения

Результатом сегментации изображения является множество сегментов, которые вместе покрывают все изображение, или множество контуров, выделенных из изображения. Все пиксели в сегменте похожи по некоторой характеристике или по определенному свойству (например, цвет, яркость или текстура). Соседние сегменты значительно отличаются по этим характеристикам.

Центральное место в прикладных задачах сегментации изображений занимают пороговые преобразования благодаря интуитивно понятным свойствам и простоте реализации.

Самый простой из методов пороговой обработки заключается в разделении гистограммы изображения на две части с помощью единственного глобального порога. После этого сегментация осуществляется с помощью поэлементного сканирования изображения, при этом каждый пиксель

отмечается как относящийся к объекту или фону, в зависимости от того, превышает ли яркость этого пикселя значение порога или нет.

Методы наращивания областей представляют собой процедуру, которая группирует пиксели или подобласти в большие области с помощью заранее заданных критериев роста. Основной подход заключается в том, что сначала берется огромное количество точек, которые играют роль «центров кристаллизации», а потом на них наращиваются области путем добавления к каждому центру тех соседних пикселей, которые по своим свойствам близки к центру кристаллизации (например, имеют яркость или цвет в определенном диапазоне).

Альтернативным к наращиванию подходом является разделение на области, который заключается в том, чтобы провести первичное разбиение изображения на огромное количество произвольных простых областей и в дальнейшем осуществлять слияние и/или разделение этих областей.

Эффективно применены для сегментации изображений могут быть методы разреза графа. В этих методах изображение представляется как взвешенный неориентированный граф. Пиксель или группа пикселей сопоставляется с вершиной графа, а взвешивающие коэффициенты ребер определяют сходство соседних пикселей. Потом граф (изображение) разрезается согласно критерию, созданному для получения «удовлетворяющих» кластеров. Обычно в методах теории графов вводится функционал «стоимости» рассечения, которое отображает качество полученной сегментации. Так, задача разбиения изображения на однородные области сводится к оптимизационной задаче поиска разреза минимальной стоимости на графе. Такой подход позволяет кроме однородности цвета и текстуры сегментов управлять также формой сегментов, их размером, сложностью границ и тому подобным. Для поиска разреза минимальной стоимости применяются разные методы: жадные алгоритмы (на каждом шаге выбирается такое ребро, чтобы суммарная стоимость разреза была минимальной), методы динамического программирования (гарантируется, что, выбирая на каждом шаге оптимальное ребро, получается в итоге оптимальный путь), алгоритм Дейкстры, и тому подобное. Одни из наиболее популярных алгоритмов этой категории - это нормализованные разрезы графов, случайное блуждание, минимальный разрез, изопериметрическое разделение и сегментация с помощью минимального скелета.

На основе проведенного анализа методов сегментации, в рамках исследуемой предметной области, был выбран алгоритм эффективной сегментации на графах. Основной идеей данного алгоритма есть использование предположения, что разница в интенсивности вдоль границы между областями должна быть существенной по сравнению с колебаниями интенсивности внутри одной из областей.

Каждый пиксель изображения представляется вершиной в графе. А вес (длина) ребра, которое соединяет соседние вершины, выражается формулой: $w(v_i, v_j) = |I(p_i) - I(p_j)|$, где $I(p)$ - интенсивность (яркость) пикселя p .

В основе метода сегментации лежит алгоритм Краскала, который строит минимальное скелетное дерево.

Данный алгоритм оптимальный, поскольку сегментация не слишком точна (для всех пар областей выполняется предикат наличия границы) и сегментация не очень груба (нет разбивки, которая была бы не слишком точной). Результаты сегментации с разными параметрами порогового значения яркости приведены на рисунке 3.

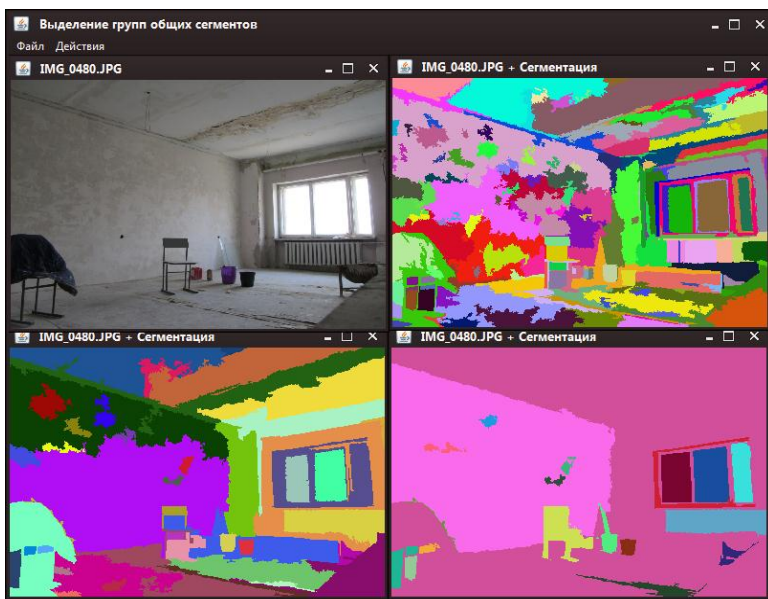


Рисунок 3- Результаты сегментации

Выводы. В работе проведен:

- обзор этапов 3D-реконструкции сцены по серии фотоснимков помещения;
- анализ методов подавления различных шумов на изображениях;
- анализ методов сегментации и выделения контуров объектов на изображении.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- для оптимального подавления шумов на изображениях в рамках предварительной обработки серии фотоснимков для 3D-реконструкции помещений наиболее подходящим является использование комбинации

взвешенного медианного, Stick-фильтра или сигма-фильтра, в зависимости от характерных особенностей изображений (наличие дополнительного освещения, окон, дверных проемов и т.п.);

– оптимальным методом сегментации является алгоритм эффективной сегментации на графах, поскольку сегментация не слишком точна (для всех пар областей выполняется предикат наличия границы) и сегментация не очень груба (нет разбивки, которая была бы не слишком точной).

В перспективе планируется разработка единого алгоритма фильтрации, объединяющего достоинства рассмотренных алгоритмов.

Список литературы

1. Методы преобразования 2D-фотографий помещения в 3D-модель / Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин // Сучасні інформаційні системи і технології : матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції (Суми, 21-24 травня 2013 року) / Сумський державний університет. Суми, 2013. – С. 150-151.
2. Предварительная обработка 2D-изображений при 3D-реконструкции / Д.М. Бочаров, Р.А. Сорокин // Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы ИИ-2013 : материалы международной научно-технической конференции (пос. Кацивели АР Крым, 23 – 27 сентября 2013 года) / Донецкий национальный технический университет. Донецк, 2013. – С. 70-72.
3. Бронников А. В. Нелинейные комбинированные алгоритмы фильтрации зашумленных сигналов и изображения / А. В. Бронников, Ю. Е. Воскобойников // Автометрия.- 1990. - № 1. - С. 21-28.
4. Потапов А. А., Пахомов А. А., Никитин С. А., Гуляев Ю. В., Новейшие методы обработки изображений. — М.: Физматлит, 2008. — 496 с.
5. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман [и др.]. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. - 352 с.
6. Желтов С.Ю. та ін Обробка та аналіз зображень в задачах машинного зору. - М: Фізматкніга 2010 . - 672 с. - ISBN 978-5-89155-201-2.
7. Шапіро Л. Комп'ютерний зір / Л. Шапіро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лабораторія знань, 2006. - 752 с.
8. Эффективная сегментация изображений на графах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/81279/>