

Таблица 1

Результаты вычислительного эксперимента
 $N = 10$, $d = 0,5$, $K = 1000$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{P}$	$\bar{P}_{opt}$	t
Дейкстры	0,4804	0	1	1	3,7 мкс
Имитации отжига	$C = 10^3$	0,5756	0,0988	0,987	0,709
	$C = 10^4$	0,4894	0,0126	0,987	0,925
	$C = 10^5$	0,4768*	0,0000	0,987	0,986

* З а м е ч а н и е . Полученное среднее значение меньше оптимального в связи с тем, что не для всех графов были найдены кратчайшие пути [4]

Таблица 2

Результаты вычислительного эксперимента
 $N = 100$, $d = 0,5$, $K = 1000$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{P}$	$\bar{P}_{opt}$	t
Дейкстры	0,0967	0	1	1	0,16 мс
Имитации отжига	$C = 10^3$	0,4063	0,3096	1	0,073
	$C = 10^4$	0,2461	0,1493	1	0,157
	$C = 10^5$	0,1773	0,0805	1	0,226

Таблица 3

Результаты вычислительного эксперимента
 $N = 100$, $d = 0,01$, $K = 1000$

Метод	$\bar{L}$	$\Delta\bar{L}$	$\bar{P}$	$\bar{P}_{opt}$	t
Дейкстры	0,9225	0	1	1	0,10 мс
Имитации отжига	$C = 10^3$	0,8566	0,1570	0,351	0,202
	$C = 10^4$	0,8357	0,1361	0,351	0,214
	$C = 10^5$	0,7745	0,0749	0,351	0,250

Выводы.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что для плотных графов ($d > 0,5$) метод имитации отжига при достаточном числе итераций C обес-

печивает получение решений, близких к оптимуму. С ростом размерности задачи требуемое число итераций и, как следствие, необходимые затраты вычислительного времени существенно возрастают. Для графов малой плотности, в которых значительная часть путей между вершинами оказывается запрещенной, метод демонстрирует значительное снижение вероятности отыскания решения.

Литература

1. Ватутин, Э. И. Анализ результатов использования метода перебора с ограничением глубины в задаче поиска кратчайшего пути в графе / Э. И. Ватутин, И. А. Мартынов, В. С. Титов // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов (МППОС'15). – Барнаул, 2015. – С. 120–128.
2. Ватутин, Э. И. Анализ результатов применения алгоритма муравьиной колонии в задаче поиска пути в графе при наличии ограничений / Э. И. Ватутин, В. С. Титов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 12 (161). С. 111–120.
3. Ватутин, Э. И. Анализ результатов применения метода случайного перебора в задаче поиска разбиений граф-схем параллельных алгоритмов / Э. И. Ватутин, Д. В. Колясников, В. С. Титов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 12 (161). – С. 102–110.
4. Ватутин, Э. И. Метод взвешенного случайного перебора для решения задач дискретной комбинаторной оптимизации / [Э. И. Ватутин и др.] // Известия ВолГТУ. Сер.: Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. – 2014. – № 10 (137). – Вып. 9. – С. 59–64.
5. Ватутин, Э. И. Метод случайного перебора в задаче построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов / [Э. И. Ватутин и др.] // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. – Барнаул, 2014. – С. 115–125.
6. Ватутин, Э. И. Расчетный модуль для тестирования комбинаторных оптимизационных алгоритмов в задаче поиска кратчайшего пути в графе с использованием добровольных распределенных вычислений / Э. И. Ватутин, С. Ю. Валяев, Е. Н. Дремов, И. А. Мартынов, В. С. Титов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014619797. – 2014. – 22 сентября.
7. Dijkstra, E. W. A note on two problems in connexion with graphs / E. W. Dijkstra // Numerische Mathematik. – 1959. – V. 1. – P. 269–271.
8. Kirkpatrick, S. Optimization by Simulated Annealing / S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, M. P. Vecchi // Science. – 1983. – Vol. 220. – № 4598. – P. 671–680.

К. С. Калугин

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор В. С. Титов
 Юго-Западный государственный университет,

В. С. Панищев

Центр информационных технологий в проектировании РАН

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПАНОРАМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Представлен алгоритм программы, позволяющей из набора отдельных изображений строить панорамные изображения и производить последующую их стабилизацию.

Панорамные изображения, точечные особенности, дескрипторы изображений.

The paper presents an algorithm of the program, allowing building panoramic images and producing their subsequent stabilization from the set of individual images.

Panoramic images, point singularities, descriptors of images.

Введение.

Развитие и распространение средств регистрации, обработки и хранения изображений формирует широкий интерес к системам автоматического построения панорамных изображений. Благодаря возможности полностью отобразить пространство вокруг наблюдателя, панорамное изображение позволяет обеспечить убедительный эффект присутствия.

В связи с тем, что техника представления окружающего мира в виде панорамы имеет широкое применение и долгую историю, множество научных и технических направлений пересекается в этой области: фотография, оптика и фотограмметрия изначально, обработка изображений и техническое зрение позднее. Среди ученых, оказавших заметное влияние на развитие алгоритмов формирования панорамных изображений, можно назвать Лукаса и Канаде (B. D. Lucas, T. Kanade), сформировавших идеи оптического потока; Д. Лоуи (D. Lowe), развившего их идеи и разработавшего алгоритм поиска и описания локальных особенностей изображения SIFT; Р. Зелински (R. Szelinski), систематизировавшего и дополнившего имеющиеся знания по формированию панорамных изображений; Р. Хартли и А. Зиссермана (R. Hartley, A. Zisserman), описавших геометрические зависимости между сценой и ее изображением [5].

Степень реалистичности изображения в настоящее время сильно зависит от точности и качества используемых моделей. Наиболее легкодоступным источником информации об объектах являются фотоизображения, поэтому в последние годы большое внимание уделяется разработке алгоритмов и систем стабилизации изображений. Однако доведенные до коммерческого уровня системы требуют точного выделения вершин, ребер и границ объектов на фотоизображениях и сопоставления их вершинам, ребрам и границам выбранной модели простой формы. Этот процесс очень трудоемок, поэтому подобные системы не получили широкого распространения.

В сложившейся ситуации возникла очевидная потребность в разработке алгоритмов формирования панорамного изображения, по изображениям, полученным при различных условиях съемки с учетом геометрических искажений, отличающихся повышенной точностью сопоставления изображений и производительностью. Наибольшее предпочтение здесь отдается методам, основанным на сопоставлении точечных особенностей изображений.

Алгоритм построения панорамного изображения:

- 1) обработка входных изображений,
- 2) построение панорамного изображения,
- 3) стабилизация изображения,
- 4) сохранение итогового изображения.

В реализации на практике построения панорамных изображений существуют два подхода для поиска

ключевых особенностей (особых точек) изображений – прямые методы и методы, основанные на выявлении ключевых свойств изображения. Основным преимуществом прямых методов является использование всех сведений об изображении, но для их применения нужна точная инициализация, т. е. прямое указание того, как нужно склеивать изображения. Методы, основанные на выявлении ключевых свойств изображения, более стойки к движению, работают гораздо быстрее прямых методов. Однако основным их преимуществом является автоматическое нахождение перекрывающихся участков изображений в несортированном наборе изображений [4].

За основу алгоритма программы взят принцип сопоставления точечных особенностей изображения. Для нахождения координат склейки двух изображений в единую панораму необходимо сравнить окрестности точек изображений. Для чего используется перебор точек на обоих изображениях с последующим сравнением их с применением масок, выбранной размерности. В случае совпадения параметров RGB в маске на обоих изображениях данные точки считаются ключевыми особенностями изображений, и склейка происходит с использованием их координат.

После чего для уменьшения искажений на итоговом изображении проводится фильтрация с применением медианного фильтра, работа которого описана ниже:

1. Пусть мы находимся в точке изображения с координатами (i, j) – текущий отсчет.

2. Вокруг текущего отсчета рассматривается локальная окрестность размера $N \times N$.

3. По значениям точек в локальной окрестности строится вариационный ряд, который обозначим p . Размер данного ряда $N \times N$.

4. В результирующем изображении текущий отсчет принимает значение по следующему правилу:

$$\text{Im}_1(i, j) = pk, \text{ if } pk - \text{Im}_1(i, j) < pN_2 - k + 1 - \text{Im}_1(i, j) \\ pN_2 - k + 1, \text{ if } pk - \text{Im}_1(i, j) \geq pN_2 - k + 1 - \text{Im}_1(i, j),$$

где k – параметр алгоритма, N – нечетное число, $\text{Im}_1(i, j)$ – исходное изображение, $\text{Im}_2(i, j)$ – результирующее изображение.

Данный алгоритм представлен на рис. 1.

Рассмотрим алгоритм функционирования предложенной программы.

1. Загрузка изображений $i1$ и $i2$ самых распространенных форматов, таких как PNG, JPG, GIF, выбираемых пользователем.

2. Перебор всех точек изображения $i1$.

3. Нахождение для каждой из точек изображения $i1$ окрестностей точек, согласно заданной размерности маски.

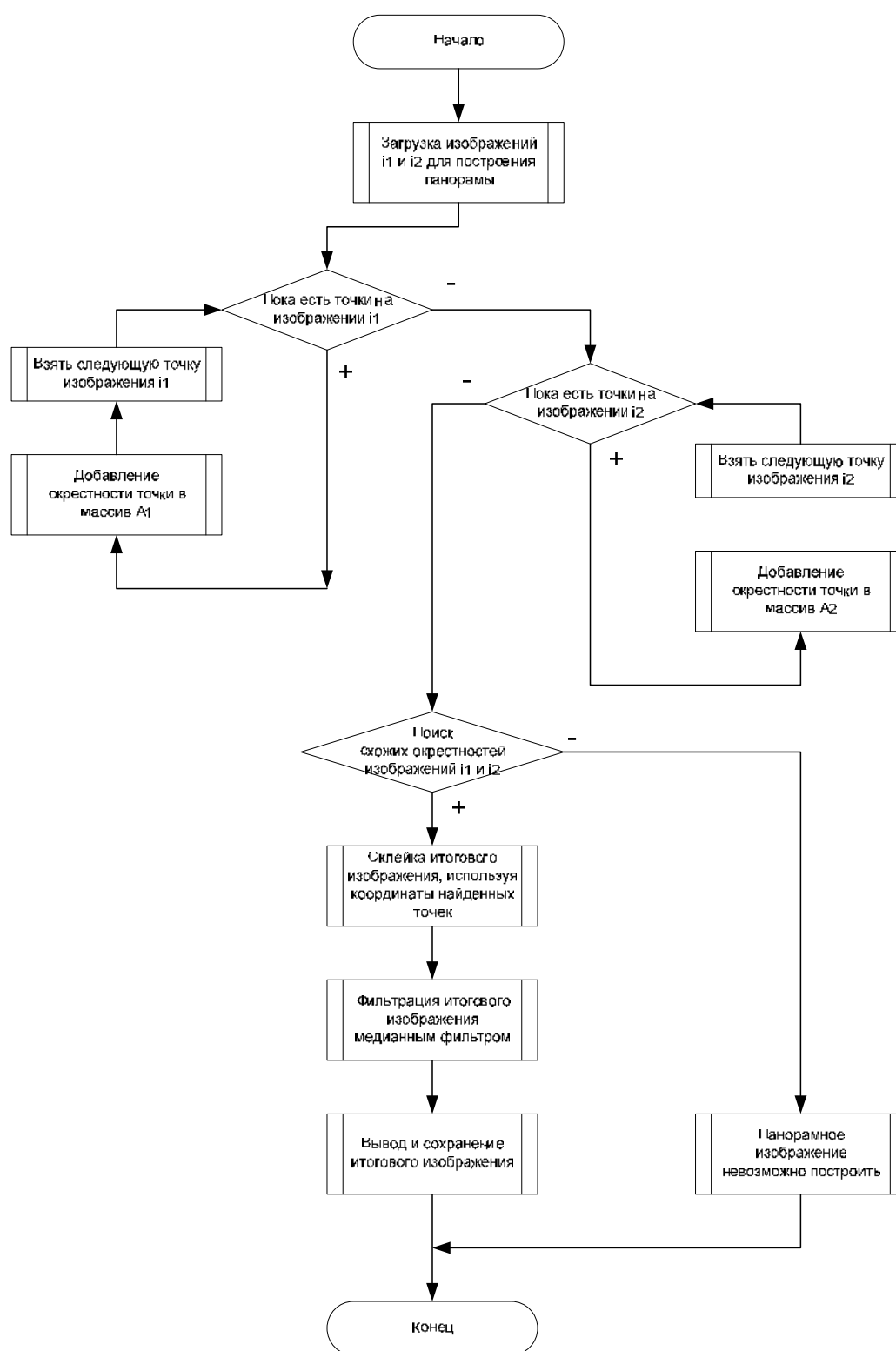


Рис. 1. Алгоритм функционирования программы для построения и стабилизации панорамных изображений

4. Запись полученных окрестностей в массив A1.
5. Перебор всех точек изображения $i2$.
6. Нахождение для каждой из точек изображения $i1$ окрестностей точек согласно заданной размерности маски.
7. Запись полученных окрестностей в массив A2.
8. Сравнение параметров RGB окрестностей точек, записанных в массивах A1 и A2 [3].

9. В случае совпадения окрестностей, данные точки признаются особенностями изображений [2].
10. Склейка исходных изображений $i1$ и $i2$ в итоговое панорамное изображение с учетом смещения их относительно друг друга на разницу координат особенностей изображений [1].

11. Стабилизация итогового изображения с помощью медианного фильтра для устранения возможных искажений на изображении.

12. Вывод итогового изображения на экран.

13. Сохранение итогового изображения.

На основании данного алгоритма была разработана программа, которая может применяться как для производственного назначения, так и людьми, не имеющими специального образования, для личного пользования.

Программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- обработка входных изображений самых распространенных форматов,
- нахождение точечных особенностей на изображениях,
- сопоставление найденных точечных особенностей,
- построение панорамного изображения по найденным ключевым особенностям,
- фильтрация изображения медианным фильтром,
- сохранение итогового изображения на компьютере пользователя.

Результаты работы программы приведены на рис. 2.

Выводы.

Практическая ценность предложенного алгоритма построения панорамного изображения состоит в возможности снижения объема взаимодействия с пользователем и существенном повышении эффективности решения задач стабилизации изображений, однако, оценка указанной эффективности является предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Булаев, М. И. Аппаратный комплекс построения панорамного изображения на принципе сопоставления

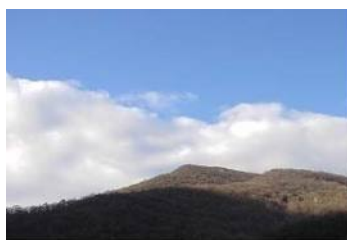


Рисунок i1

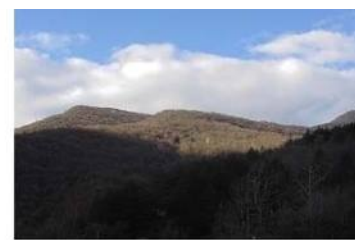


Рисунок i2



Итоговое панорамное изображение

Рис. 2. Результаты работы программы для построения панорамных изображений

точечных особенностей / М. И. Булаев, К. С. Калугин, В. С. Панищев // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – №2. – С. 98–102.

2. Калугин, К. С. Алгоритм распознавания изображения при помощи сопоставления точечных особенностей / К. С. Калугин // Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы: сборник докладов Региональной заочной научно-практической конференции. – Курск, 2013. – С. 118–120.

3. Конушин, А. Слежение за точечными особенностями сцены / А. Конушин // Компьютерная графика и мультимедиа. – 2003. – Вып. №1(5).

4. Harris, C. A combined corner and edge detector / C. Harris, M. Stephens // In Proceedings of the 14th International Conference on Computer Vision. – Vancouver Canada, 2008.

5. Mikolajczyk, K. Detection of local features invariant to affine transformations / K. Mikolajczyk // In Proceedings of the 19th British Machine Vision Conference. – Norwich UK, 2009.

УДК 005

И. В. Копылов

Череповецкий государственный университет,
Л. Л. Малыгин, В. А. Царев
ООО «Малленом Системс»

БАЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ НОМЕРОВ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В данной статье представляется новая выборка размеченных номеров наземных транспортных средств (ТС) нескольких стран. База номеров содержит цветные и черно-белые изображения ТС и отдельные изображения номеров. Также имеются файлы с разметкой для каждой страны (BY.mat, KZ.mat, UA.mat), в которых содержится информация о номерах. Всего размеченных номеров ТС 8995 (65198 символов). В целях удобства просмотра, получения основной информации по разметке, а также возможности её редактирования было разработано программное обеспечение в среде Matlab (R2013a 8.1.0.604).

На размеченной выборке были проведены тесты обобщающих способностей двух методов машинного обучения – нейронной сети и метода многомерной интерполяции и аппроксимации на основе теории случайных функций.