

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

**ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ИННОВАЦИИ
(ИКТ-2018)**

Электронный сборник статей

I Международной научно-практической конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 14–15 июня 2018 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018) [Электронный ресурс] : электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Представлены результаты новейших научных исследований, в области информационно-коммуникационных и интернет-технологий, а именно: методы и технологии математического и имитационного моделирования систем; автоматизация и управление производственными процессами; программная инженерия; тестирование и верификация программ; обработка сигналов, изображений и видео; защита информации и технологии информационной безопасности; электронный маркетинг; проблемы и инновационные технологии подготовки специалистов в данной области.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3201815009 от 28.03.2018.

Компьютерный дизайн М. Э. Дистанова.

Технические редакторы: Т. А. Дарьянова, О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Д. М. Севастьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53-21-23, e-mail: irina.psu@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ
ДЕСКРИПТОРОВ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ К АФИННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ
В ЗАДАЧЕ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ**

*аспирант, ассистент Е.А. ГОЛОВАТАЯ,
канд. техн. наук., проф. В.С. САДОВ
(Белорусский государственный университет, Минск)*

Дескрипторы локальных признаков – специализированные алгоритмы обработки изображений, служащие для формального описания и сравнения характерных точек изображений. В общем виде, алгоритм вычисления дескриптора представляет собой проекцию точки (в общем случае любой) и изображения в некоторое конечномерное метрическое векторное пространство:

$$f(I, x, y) = \vec{v}_{xy}^I \in F \quad (1)$$

$$m: F \times F \rightarrow \mathbb{R} \quad (2)$$

Как видно из (1), алгоритм-дескриптор f для некоторого одноканального изображения I и координат точки (x, y) вычисляет некоторый описательный вектор \vec{v}_{xy}^I , называемый дескриптором точки, и принадлежащий некоторому метрическому пространству F . Метрика m для этого пространства позволяет по паре векторов из пространства F вычислить величину, характеризующую близость пространственных описаний точек, которые соответствуют этим векторам (2). Другими словами, значения дескрипторов служат для описания характерных особенностей окрестности точки, причём эти описания можно сравнивать между собой на предмет схожести – подразумевается, что чем меньше значение метрики для пары векторов, тем более похожими являются эти точки [1, 2].

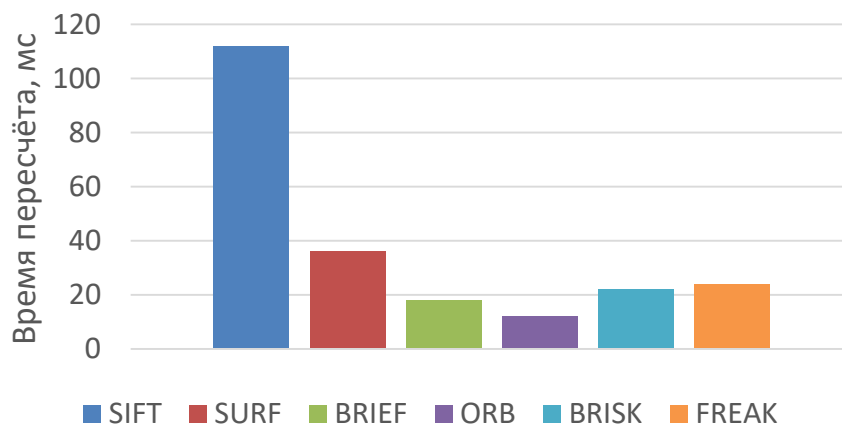
Установление факта схожести точек имеет важнейшее значение в задачах, в которых требуется установить местоположение одного и того же детектированного объекта и оценить его смещение. В частности, чаще всего алгоритмы вычисления дескрипторов локальных признаков используются совместно с алгоритмами-детекторами извлечения локальных признаков и поиска ключевых точек.

Для задачи трехмерной реконструкции по изображениям со смещением или по видеоряду можно использовать детектор для поиска ключевых точек на двух соседних кадрах, а затем при помощи описания каждой ключевой точки дескриптором искать на обоих изображениях все пары точек, расстояние между дескрипторами которых минимально. По смещению индивидуальной точки можно сделать вывод о расстоянии некоторых объектов до камеры.

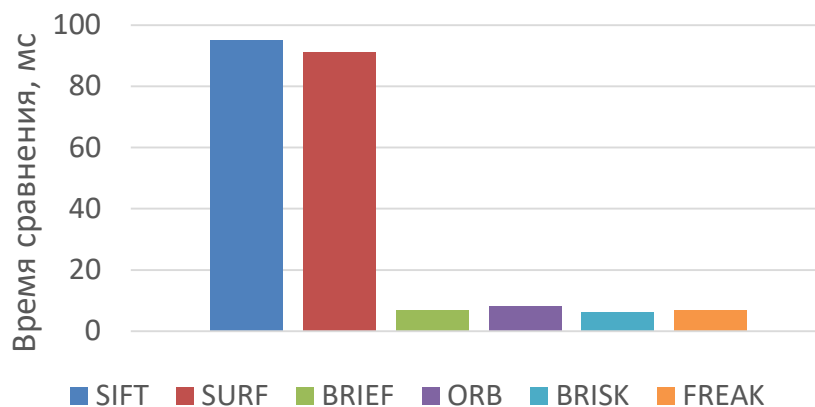
Алгоритмы вычисления дескрипторов разделяют по виду непосредственно дескриптора на векторные и гистограммные. Гистограммные дескрипторы работают, как правило, совместно со специализированным алгоритмом поиска ключевых точек и для каждой найденной точки вычисляет гистограммы распределений расстояний, смещений и поворотов между парами пикселей в некоторой окрестности целевой точки. Бинарные дескрипторы используют аппроксимацию значений градиента перепадов яркости в различных направлениях в соответствии с заранее известным шаблоном, а затем

каждое полученное значение бинаризируют в соответствии с некоторым порогом. Бинарные дескрипторы являются намного более производительными, т.к. не требуют вычислений попарных расстояний между точками. Кроме того, бинарные дескрипторы могут в качестве метрики для сравнения использовать расстояние Хэмминга (количество несовпадающих бит), в то время как гистограммные дескрипторы требуют вычисления l_2 нормы разности соответствующих векторов (Евклидова расстояния).

Для сравнения производительности различных видов дескрипторов были рассмотрены гистограммные дескрипторы SIFT и SURF, а также бинарные дескрипторы BRIEF, ORB, BRISK и FREAK. Для рассматриваемых дескрипторов оценивалось время пересчёта значений одних и тех же точек тестового изображения и время попарного сравнения дескрипторов всех полученных точек.



а)



б)

Рисунок 1. – Устойчивость наиболее популярных алгоритмов вычисления дескрипторов локальных признаков к преобразованиям поворота на указанное число градусов (а) и масштабирования в указанное число раз в логарифмической шкале (б)

Как видно из полученных графиков, гистограммный дескриптор SIFT является самым медленным из рассмотренных как в пересчёте, так и в сравнении дескрипторов. Бинарные дескрипторы показывают схожий результат при пересчёте, наиболее производительным является ORB. Кроме того, гистограммные дескрипторы требуют намного больше времени для непосредственного сравнения пар дескрипторов, т.к. они требуют

вычисления l_2 нормы разности между 128-мерными векторами, в то время как вычисление расстояния Хэмминга для бинарных дескрипторов выполняется очень быстро с применением битовых операций [3].

Основное требование, предъявляемое к алгоритмам вычисления дескрипторов локальных признаков, заключается в инвариантности значения дескриптора для одной и той же точки относительно различных аффинных преобразований – поворота, масштабирования, растяжения и т.д. Это означает, что значения дескрипторов одной и той же точки будут изменяться незначительно (с точки зрения используемой метрики) при применении аффинных преобразований к исходному изображению. Это требование является наиболее важным при использовании дескрипторов именно для задачи трехмерной реконструкции, т.к. восстановление положений объектов после их поворота, смещения и масштабирования позволяет оценить изменение положения камеры и определить по относительным сдвигам индивидуальных точек расстояние до произвольных объектов на изображении [4, 5].

Для исследования устойчивости наиболее популярных алгоритмов вычисления дескрипторов локальных признаков к такого рода преобразованиям было оценено изменение вычисленного значения дескриптора одной и той же точки после применения к изображению преобразования поворота и масштабирования. В качестве рассматриваемых алгоритмов использовались бинарные дескрипторы BRIEF, ORB, BRISK и FREAK, для сравнения использовалось расстояние Хэмминга. Следует также отметить, что для рассматриваемых дескрипторов пороговым значением разности, при котором можно считать точки одинаковыми, является расстояние в диапазоне 30–40.

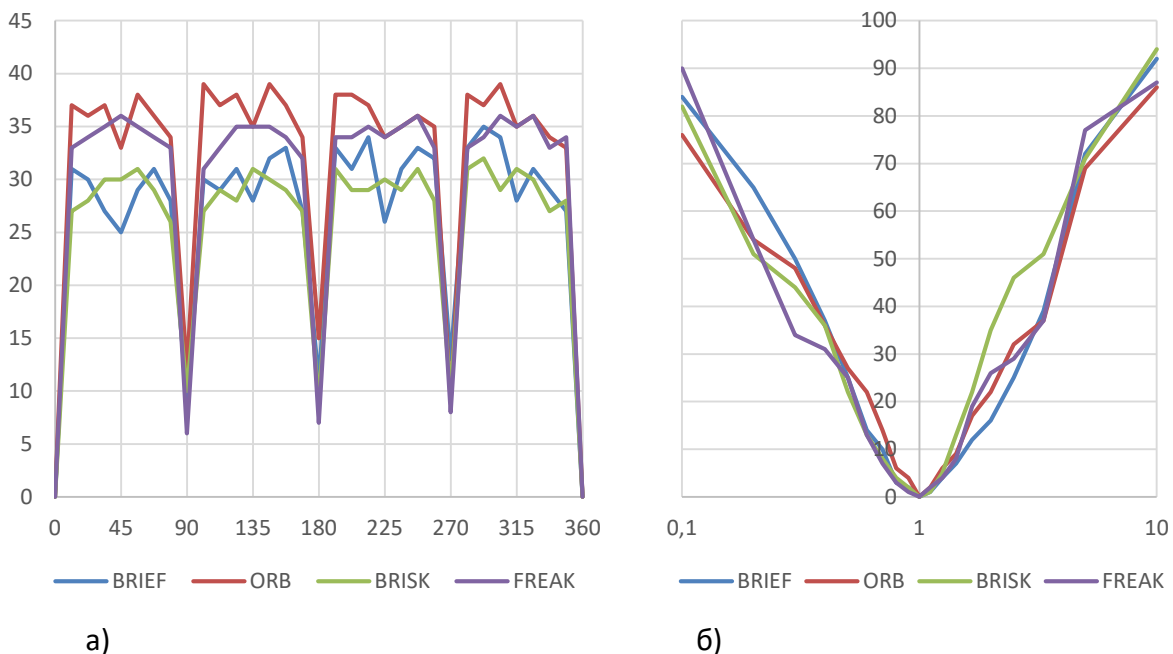


Рисунок 2. – Устойчивость наиболее популярных алгоритмов вычисления дескрипторов локальных признаков к преобразованиям поворота на указанное число градусов (а) и масштабирования в указанное число раз в логарифмической шкале (б)

Как видно из рисунка 2 а), после поворота разница между дескрипторами точек остаётся незначительной. Наиболее устойчивыми к повороту являются дескрипторы

BRIEF и BRISK. Все рассматриваемые дескрипторы показывают намного лучший результат для углов поворота, кратных 90 градусам. Это может объясняться тем фактом, что при повороте изображения для вычисления значений яркостей пикселей используется интерполяция. Кроме того, дескрипторы BRIEF и ORB также показывают меньшие изменения значения дескриптора для углов поворота, кратных 45 градусом.

Из графика на рисунке 2 б) следует, что рассматриваемые дескрипторы являются устойчивыми к масштабированию до 2,5 - 3 раз по сравнению с исходным изображением как для увеличения, так и для уменьшения. Устойчивость всех рассматриваемых алгоритмов является примерно одинаковой, незначительно более устойчивыми являются дескрипторы FREAK и BRIEF.

Таким образом, алгоритмы вычисления бинарных дескрипторов BRIEF, ORB, BRISK и FREAK являются устойчивыми к преобразованиям поворота и масштабирования. Это свойство обуславливает возможность использования рассмотренных алгоритмов для определения положений одинаковых точек и вычисления смещения в задаче трехмерной реконструкции. Тем не менее, рассматриваемые алгоритмы предназначены в первую очередь для использования на широком классе изображений. Дальнейшим направлением исследований является оценка устойчивости рассмотренных алгоритмов к преобразованиям на более однородных входных данных, например, на медицинских изображениях, полученных с использованием видеоэндоскопических систем.

Литература

1. Govender, N. Evaluation of Feature Detection Algorithms for Structure from Motion / N. Govender; Mobile Intelligent Autonomous Systems // CSIR Pretoria. – 2009.
2. Pham, C.H. Feature Descriptors: A Review of Multiple Cues Approaches / C.H. Pham, Y. Yaguchi, K. Naruse; 2016 IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT). – NYC: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016.
3. Alpaydin, E. Introduction to Machine Learning / E. Alpaydin; London: MIT Press, 2010. – 110 p.
4. BRIEF: Computing a local binary descriptor very fast / M. Calonder [et al.]. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 34.7, 2012. – pp. 1282-1298.
5. Boosting binary keypoint descriptors / T. Trzcinski [et al.]. – 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013. – pp. 2874-2881.