

Модификация алгоритма YARE для изображений с большим разбросом локального контраста

А.С. Лукоянов^{1,2}, Д.П. Николаев¹, И.А. Коноваленко¹

¹Институт Проблем Передачи Информации (ИППИ РАН) Большой Каретный пер., 19, Москва, Россия, 127051

²Московский физико-технический институт (МФТИ) Институтский переулок, 9, Долгопрудный, Московская область, Россия, 141701

Аннотация. Одним из важных инструментов анализа изображений является обнаружение особых точек. Среди множества современных алгоритмов выявления таких точек (т.н. детекторов особых точек) YARE выделяется своим быстрым действием, благодаря чему он используется в мобильных и встраиваемых системах. Однако у этого алгоритма есть ряд существенных недостатков. В данной работе показано, что YARE весьма чувствителен к локальному контрасту изображения, что приводит к высокой кучности точек в областях высокого контраста и отсутствию отклика в областях низкого контраста. Предложена модификация, исправляющая поведение алгоритма на изображениях с большим разбросом контраста. Помимо этого в статье также предложены две более простые, но тем не менее важные модификации: первая устраняет проблему обнаружения соседних пикселей изображения в качестве особых точек, а вторая оптимизирует алгоритм выбора лучших точек. В качестве модельной была рассмотрена задача распознавания дорожных знаков, так как зачастую знаки, находясь в тени, на изображении являются областями низкого контраста. Было показано, что количество дорожных знаков, на изображении которых не было найдено ни одной особой точки, на 40% меньше для модифицированного алгоритма.

1. Введение

Анализ изображений, не подчиняющихся строгой аналитической модели, как правило основан на выявлении и описании особых точек. Особая точка - это проекция на плоскость изображения точки трехмерной сцены, которая хорошо различима на изображениях, а также некоторая ее окрестность. По-видимому, впервые такой подход был описан в работе Шмидта и Мора [1]. С помощью механизма особых точек решаются задачи создания панорам, навигации [2], слежения за объектом, классификации, поиска объектов [3] и так далее. Эти задачи позволяют сформулировать требования к выявленным особым точкам, например, как в работе [4]:

- (i) Повторяемость. Особая точка определяется вблизи изображения одной и той же точки сцены несмотря на изменение точки обзора и освещения (инвариантность к вариативности условий съемки).
- (ii) Значимость. Каждая особая точка потенциально имеет уникальное описание.
- (iii) Разреженность. Количество особых точек существенно меньше числа пикселей изображения.

- (iv) Равномерность. Особые точки не скапливаются в одной области изображения и покрывают все важные для конкретной задачи области.
- (v) Вычислительная эффективность. Время обнаружения особых точек на изображении должно соответствовать требованиям решаемой задачи.

Рассмотрим, в частности, требование инвариантности особых точек к условиям съемки, а именно к освещенности сцены. Нарушение этого требования означает, что с большой вероятностью хорошо различимая точка сцены будет найдена только на одном из двух изображений. Это в свою очередь значит, что «потерянные» точки более не обладают некоторыми экстремальными свойствами. Данный эффект может быть вызван неинвариантностью детектора к геометрическим преобразованиям (в том числе необратимыми т.н. окклюзиями), либо к условиям освещения и цветовым настройкам камеры, либо к шуму и артефактам изображения.

Требование инвариантности к освещенности эквивалентно требованию цветовой константности – зависимость поведения не от цвета пикселей, а от окраски объекта, то есть от отражающей способности его поверхности. Интенсивность попавшего в камеру отраженного света пропорциональна произведению освещенности наблюдаемой элементарной площадки поверхности объекта и коэффициента отражения поверхности объекта на этой площадке для соответствующих углов [5]. Так как на изображениях реальных сцен вариативность освещенности много больше, чем вариативность альbedo поверхностей, можно считать, что требование повторяемости эквивалентно требованию инвариантности детектора к умножению пикселей изображения на константу. Как будет показано далее, из этого и из определения локального контраста следует, что хороший детектор особых точек должен быть инвариантен к контрастированию изображения.

В самом деле, проблема разработки инвариантных к изменениям контраста алгоритмов анализа изображений в настоящее время весьма актуальна и рассматривается, например, в работе [6]. В работе [7] решается задача вычисления инвариантных к контрасту дескрипторов особых точек. Авторы статьи [8] решают проблему обнаружения особых точек на низко-контрастных изображениях для детекторов SIFT и SURF. А в работе [9] применяется алгоритм усиления контраста с тем, чтобы увеличить количество выявленных особых точек.

Для того, чтобы детектор особых точек был применим в мобильных и встраиваемых системах, на время, требуемое для обработки им изображения, накладываются строгие ограничения. В 2004 году Лепети и Фуа предложили очередной алгоритм определения особых точек, в качестве отличительной черты которого была заявлена высокая вычислительная эффективность [10]. В самой работе алгоритму не было дано никакого названия, но его авторская реализация [11] на сайте GitHub называется YAPE (дословно – еще один экстрактор точек), и это название мы и будем использовать. Вопрос же повторяемости в оригинальной работе детально не рассматривался, и нам неизвестны исследования на этот счет. Это ставит под сомнение пригодность YAPE в задачах, в которых ожидается высокая вариативность условий съемки. Было выявлено, что особые точки, выявляемые алгоритмом YAPE, не удовлетворяют требованию инвариантности к локальному контрасту. Как следствие нарушаются требования повторяемости и равномерности особых точек.

В этой работе мы исследуем причины, по которым YAPE не инвариантен к освещенности сцены, и подробно рассматриваем это на частных примерах. Мы предлагаем модификацию алгоритма YAPE, которая устраняет данный недостаток и делает алгоритм менее чувствительным к изменениям локального контраста. Для оценки предложенной модификации и сравнения ее с оригинальным алгоритмом мы используем размеченную выборку изображений (т.н. датасет) [12], одним из преимуществ которой является

свободный доступ. Часто на изображениях трехмерных сцен различные планы имеют существенно разную освещенность. Так, два одинаковых объекта, находящихся на одной сцене, один из которых находится в тени, а другой хорошо освещен дневным светом, будут иметь на фотографии абсолютно разные интенсивности. Ожидается, что детектор сможет найти одинаковые точки на двух этих объектах, вне зависимости от их освещенности, то есть быть инвариантным именно к локальному контрасту, а не только к контрасту всего изображения. Хорошим примером, когда на изображении есть как сильно, так и слабо освещенные объекты, является фотография дорожного знака. Часто он, находясь в тени, имеет гораздо меньшую освещенность, чем другие объекты. Именно поэтому для оценки инвариантности к локальному контрасту была выбрана задача обнаружения дорожных знаков на фотографии, сделанной из салона автомобиля.

Помимо требования повторяемости в данной статье рассматривается также требование значимости и вычислительной эффективности. Как следует из формул (1) и (2) возможно определение близлежащих или даже соседних пикселей изображения в качестве особых точек. В этом случае окрестности таких точек практически идентичны, а значит их описание также схоже. Данный факт противоречит требованию уникальности описания каждой особой точки (значимости). Такие точки не только бесполезны, но и вредны, так как мешают работе некоторых алгоритмов, которые используют особые точки в качестве входных данных, например, RANSAC [13]. Мы предлагаем простой способ исправить это, с одной стороны сохранив покрытие важных частей изображения, а с другой уменьшив общее число выявленных особых точек. Часто в алгоритмах, работа которых основана на особых точках, требуется ограниченность количества найденных точек. Для этого все найденные особые точки сортируются по «значимости», и далее из полученного набора отсекаются N лучших. Вычислительная сложность такого выбора $O(N \log(N))$. Мы предлагаем алгоритм, способный выбрать N лучших особых точек за $O(N)$.

Для понимания причин нарушения вышеперечисленных требований рассмотрим принцип работы алгоритма YAPE.

2. Описание алгоритма YAPE

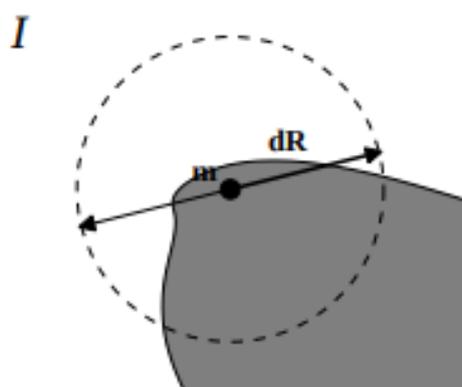


Рисунок 1. Иллюстрация принципа работы алгоритма YAPE.

Принцип работы YAPE основан на рассмотрении интенсивностей пикселей, лежащих на окружности с центром в точке, являющейся кандидатом в особые (см. рисунок 1). А именно: точка считается особой, если ее вес - локальный экстремум и при этом на окружности с центром в данной точке и радиусом R не найдется двух таких диаметрально противоположных пикселей, что их интенсивности отличаются

от интенсивности центрального пикселя меньше, чем на τ - порог различения двух интенсивностей. То есть пиксель изображения $\mathbf{p} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ считается особой точкой, если

$$(i) \quad \forall \alpha \in [0, \pi] : \begin{cases} |I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p} + \mathbf{dR}_\alpha)| > \tau \\ |I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p} - \mathbf{dR}_\alpha)| > \tau \end{cases}, \text{ где} \quad (1)$$

$$\mathbf{dR}_\alpha = R \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix}$$

(ii) $S(\mathbf{p})$ является локальным экстремумом, где¹

$$S(\mathbf{p}) = \sum_{\alpha \in [0, \pi]} I(\mathbf{p} - \mathbf{dR}_\alpha) - 2I(\mathbf{p}) + I(\mathbf{p} + \mathbf{dR}_\alpha) \approx LoG(\mathbf{p}) \quad (2)$$

Здесь

R – радиус детектора;

$I(\mathbf{p})$ – непрерывная модель изображения;

τ – порог различения двух интенсивностей;

LoG – Лапласиан Гауссианы [14].

Приведенная выше формула отражает лишь принцип работы алгоритма, для реализации ее необходимо дискретизовать. Конкретный способ описан в оригинальной статье [10]. Абсолютные значения, вычисляемые с помощью формулы (2), также используются для ранжирования найденных особых точек.

3. Инвариантность YARE к локальному контрасту

Теперь рассмотрим проблему инвариантности детектора к локальному контрасту подробнее. В данной статье под локальным контрастом подразумевается число, описанное в работе [15] и определяемое формулой 3

$$c(\mathbf{p}, w) = \sqrt{\frac{1}{(2w+1)^2} \sum_{i=x-w}^{x+w} \sum_{j=y-w}^{y+w} (I(i, j) - \bar{I})^2} \quad (3)$$

$$\bar{I} = \frac{1}{(2w+1)^2} \sum_{i=x-w}^{x+w} \sum_{j=y-w}^{y+w} I(i, j)$$

Здесь

w – радиус окрестности по которой вычисляется локальный контраст.

Заметим, что из определения контраста следует его пропорциональная зависимость от разности значений пикселей в некоторой области изображения. Из формулы 1 видно, что решение алгоритма будет ли данная точка выделена как особая зависит как раз от разности интенсивностей пикселей, а значит и от локального контраста изображения.

¹ В оригинальной статье перед вторым слагаемым отсутствует число 2. Основываясь на аппроксимации LoG и авторской имплементации алгоритма был сделан вывод о том, что это опечатка.

Убедимся в зависимости алгоритма YAPE от контраста экспериментально. На рисунке 2 продемонстрированы особые точки, найденные на оригинальном изображении и двух изображениях, полученных из первого попиксельным делением на 2 и 4 соответственно.

С помощью формулы 3 можно убедиться, что при этом контраст изображения также уменьшается в 2 и в 4 раза. При выявлении особых точек на изображении 2 конфигурация детектора была неизменной. Видно, что при уменьшении контраста количество выявленных точек также уменьшается.

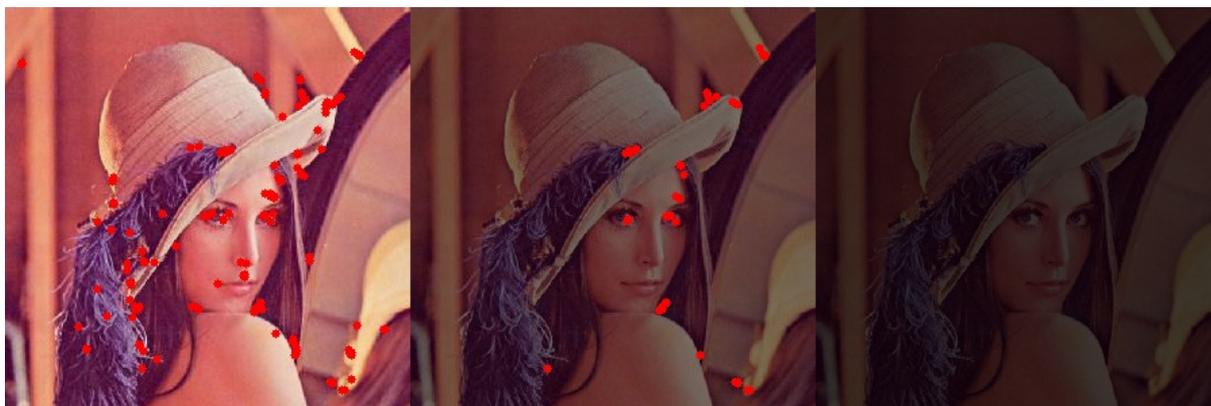


Рисунок 2. Особые точки YAPE на оригинальном изображении (слева), изображении с уменьшенным в 2 раза контрастом (в середине), изображении с уменьшенным в 4 раза контрастом (справа).

Рисунок 3 демонстрирует определяемые точки на изображении дорожного знака, находящегося в тени. Как видно, из-за плохой освещенности знака контраст на нем сильно меньше, чем, например, на домах на заднем плане. В силу этого точки не определяются на знаке. Проверено, что понижение порога τ с целью выявления особых точек на знаке приводит к росту общего числа точек, что влечет за собой нарушение требования разреженности особых точек.



Рисунок 3. Особые точки YARE на изображении, имеющем области высокого и низкого контраста.

Так как вес особой точки пропорционален разности значений интенсивностей пикселей, то точки из высоко-контрастных областей будут иметь больший вес, чем точки из низко-контрастных. Значит в случае, если нам понадобится выбрать лучшие особые точки, то при их ранжировании и последующем отсечении останутся точки из высоко-контрастных областей, что опять же нарушает требование повторяемости.

4. Предлагаемая модификация YARE

В свете вышесказанного предлагается алгоритм YACIPE (дословно - еще один инвариантный к контрасту экстрактор точек), являющийся модификацией YARE. Пиксель изображения $\mathbf{p} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ считается особой точкой, если следующие два условия выполняются одновременно:

(i)

$$\forall \alpha \in [0, \pi] : \begin{cases} |I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p} + \mathbf{dR}_\alpha)| > \tau_{ci}(\mathbf{p}) \\ |I(\mathbf{p}) - I(\mathbf{p} - \mathbf{dR}_\alpha)| > \tau_{ci}(\mathbf{p}) \end{cases} \quad (4)$$

(ii) $S(\mathbf{p})$ является локальным экстремумом, где

$$S(\mathbf{p}) = \sum_{\alpha \in [0, \pi]} \frac{I(\mathbf{p} - \mathbf{dR}_\alpha) - 2I(\mathbf{p}) + I(\mathbf{p} + \mathbf{dR}_\alpha)}{\tau_{ci}(\mathbf{p})} \quad (5)$$

Здесь τ_{ci} - матрица порогов, имеющая размер изображения и обеспечивающая инвариантность к контрасту. Определяется как:

$$\tau_{ci} = k \cdot MAD_a + a, \quad k \geq 0, \quad a \geq 0 \quad (6)$$

$$MAD_a = MA(|I - MA(I, w)|, w) \approx MAD \quad (7)$$

MAD – Среднее абсолютное отклонение (Mean Absolute Deviation)

MAD_a – Аппроксимация MAD

MA – скользящее среднее (Moving Average), которое можно записать как:

$$MA(I, w) = I * K, \quad \text{где } K = \frac{1}{(2 \cdot w + 1)^2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}_{(2w+1, 2w+1)} \quad (8)$$

В формуле (6) k и a - настраиваемые неотрицательные параметры. Коэффициент a ограничивает τ_{ci} снизу. Важно, чтобы a был строго больше нуля, иначе становится возможно обнуление $\tau_{ci}(\mathbf{p})$ в некоторых областях изображения, что в силу формул (4) и (5) приводит к выявлению особых точек в монотонных областях изображения, и срабатывание алгоритма на шум. В этом случае найденные особые точки будут противоречить требованию значимости.

В предложенной модификации - τ_{ci} линейно зависит от функции, примерно равной среднему абсолютному отклонению, вычисленному по окну с крылом w (т.е. со стороной $2w+1$). Среднее абсолютное отклонение в свою очередь аппроксимирует контраст изображения в некоторой окрестности текущей точки.

Вес особой точки, определяемый формулой (2), а точнее ее модуль, и есть та функция «значимости», которая упоминалась во введении. В авторской реализации алгоритма YARE требовалась нестрогая экстремальность веса особой точки (условие 2). В следствии этого зачастую соседние пиксели изображения определялись как особые точки, что, как было сказано выше, нарушает требование значимости. Переход к строгому экстремуму в данном месте приведет к тому, что в таких областях не будет выявлено ни одной особой точки, а значит некоторые важные области изображения не будут покрыты. Мы решили эту проблему выбором, например, левой верхней точки среди группы с одинаковым весом. Выбор центра такой группы, безусловно, был бы лучшим решением данной проблемы, но реализация такого подхода сильно замедлила бы алгоритм, что недопустимо, так как именно быстродействие является отличительной чертой детектора YARE. В ходе экспериментов, описанных в данной работе, использовалась реализация с выбором верхнего левого пикселя из константной области. Интересно отметить, что при таком подходе среднее количество точек, выявленных на изображении, уменьшилось примерно на 15% и, очевидно, отброшенные точки не были значимы, так как имели схожее описание с ранее выявленными особыми точками.

Напомним, что многие алгоритмы компьютерного зрения, работа которых основана на особых точках, требуют ограниченного количества найденных особых точек. Для этого, как было сказано, зачастую используется сортировка особых точек (в случае YARE по модулю веса, определяемого формулой (2)) и отсечение N лучших, что занимает порядка $O(N \log(N))$ операций. Заметим, что отсортированность выбранных точек не требуется. Таким образом, если нам удастся за $O(N)$ найти такое значение модуля веса особой точки, что количество точек, модуль веса которых больше данного значения ровно N , то мы сможем улучшить вычислительную сложность выбора лучших точек до $O(N)$. Найти

такое значение можно с помощью алгоритма BFPRT [16], который позволяет найти k -ю порядковую статистику гарантированно за линейную сложность. Выбрав из массива выявленных особых точек те, модуль веса которых больше найденного значения, мы получим нужное нам количество лучших точек.

5. Результаты

Продemonстрируем эффективность работы модифицированного алгоритма на примерах. На рисунке 4 приведены результаты работы алгоритма YACIRE.



Рисунок 4. Особые точки YACIRE на оригинальном изображении (слева), изображении с уменьшенным в 2 раза контрастом (в середине), изображении с уменьшенным в 4 раза контрастом (справа).

Несложно заметить, что найденные особые точки менее чувствительны к контрасту изображения.

Рисунок 5 демонстрирует результаты работы алгоритма YACIRE на изображении, которое имеет области как высокого, так и низкого контраста. Важно заметить, что количество точек на рисунках 5 и 3 одинаковое и равно 1200. Это было достигнуто выбором параметров k и a , а также выбором лучших точек.



Рисунок 5. Особые точки YACIPE на изображении, имеющем области высокого и низкого контраста.

Видно, что несмотря на слабую освещенность знака и высокий контраст на фоне изображения, детектору удалось найти важные для нас особые точки на знаке.

Для сравнения качества работы YACIPE и YAPE было рассмотрено количество знаков, на изображении которых не было найдено ни одной особой точки. На каждом изображении мы искали ровно 1000 точек. Данная величина вычислялась на множестве изображений [12], содержащем 1970 изображений из видео-потока, снятого на трассах и городских дорогах Швейцарии. На этих изображениях размечено 3488 дорожных знаков. Для того, чтобы убрать из рассмотрения знаки, имеющие слишком низкое разрешение, мы отбросили те из них, которые имели разрешение хотя бы по одной из сторон меньше, чем 40 пикселей. Оставшееся количество знаков равняется 902. Результаты можно наблюдать в таблице ниже:

Таблица 1. Количество изображений знаков, на которых не было найдено ни одной особой точки для алгоритмов YAPE и YACIPE

	YAPE	YACIPE
N_{signs}	138	82

N_{signs} – количество дорожных знаков, на изображении которых не было определено ни одной особой точки.

Таким образом, с помощью предложенной модификации нам удалось уменьшить N_{signs} более, чем на 40%. Так как радиус окрестности, на которой вычислялся локальный контраст, была много больше радиуса детектора ($w = 50 \gg R = 7$), можно считать, что τ_{ci} медленно изменяющаяся функция. Из этого следует, что точность выявления особых точек сохраняется.

Еще один интересный результат заключается в том, что предложенная модификация уменьшает отношение между особыми точками, выявленными на изображении знака, к общему числу найденных точек более, чем в 1.6 раз. В этом эксперименте мы подбирали параметры алгоритмов, оптимизирующие описанную выше величину (количество точек на изображении так же варьировалось):

$$\gamma = \frac{K_{sign}}{K}, \text{ где} \quad (9)$$

K_{sign} – количество особых точек, расположенных на образе знаков;

K – общее количество точек на изображении датасета.

Результаты представлены в таблице ниже:

Таблица 2. Отношение особых точек, найденных на изображении дорожных знаков, к общему числу найденных особых точек для алгоритмов YAPE и YACIPE

	YAPE	YACIPE
γ_{max}	0.00673	0.01103

6. Заключение

Для того, чтобы обеспечить высокое качество работы алгоритмов компьютерного зрения, основанных на особых точках, необходимо, чтобы особые точки определялись корректно и покрывали образы интересующих объектов на изображении. Одним из факторов, препятствующих этому, как было выяснено в статье, является отсутствие инвариантности детектора к контрасту изображения и, как следствие, освещенности сцены. Как было показано, YAPE может не обеспечивать выявление необходимых особых точек в низко-контрастных областях изображения. В данной работе была описана модификация данного алгоритма, способная решить эту проблему посредством выбора одного из параметров YAPE в зависимости от локального контраста изображения. Также было показано, что модифицированный алгоритм в задаче распознавания дорожных знаков позволяет уменьшить количество «пропущенных» (на изображениях которых не было найдено ни одной особой точки) знаков на 40%. Кроме этого в работе был предложен метод исключения не значимых особых точек и описан алгоритм, позволяющий выбрать N лучших точек за время порядка $O(N)$.

7. Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №7-29-03514, 15-29-06083 и 16-07-00616.

8. Литература

- [1] Cordelia Schmid and Roger Mohr. Local grayvalue invariants for image retrieval. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 19(5):530–535, 1997.
- [2] Ivan A Konovalenko, Alexander B Miller, Boris M Miller, and Dmitry P Nikolaev. Uav navigation on the basis of the feature points detection on underlying surface. In *ECMS*, pages 499–505, 2015.

- [3] Aleksey Volkov, Egor Ershov, Sergey Gladilin, and Dmitry Nikolaev. Stereo-based visual localization without triangulation for unmanned robotics platform. In *2016 International Conference on Robotics and Machine Vision*, pages 102530D–102530D. International Society for Optics and Photonics, 2017.
- [4] Tinne Tuytelaars, Krystian Mikolajczyk, et al. sch. *Foundations and trends in computer graphics and vision*, 3(3):177–280, 2008.
- [5] Dmitry P Nikolaev and Petr P Nikolayev. Linear color segmentation and its implementation. *Computer Vision and Image Understanding*, 94(1):115–139, 2004.
- [6] Frédéric Guichard, Jean-Michel Morel, and Robert Ryan. Contrast invariant image analysis and pde's. *preprint*, 2004.
- [7] Ping Li, Dirk Farin, Rene Klein Gunnewiek, and HN Peter. Contrast-invariant feature point correspondence. In *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007. ICASSP 2007. IEEE International Conference on*, volume 1, pages I–477. IEEE, 2007.
- [8] Zhenwei Miao, Xudong Jiang, and Kim-Hui Yap. Contrast invariant interest point detection by zero-norm log filter. *IEEE Transactions on Image Processing*, 25(1):331–342, 2016.
- [9] Stefan G Stanciu, Denis E Tranca, and Dinu Coltuc. Contrast enhancement influences the detection of gradient based local invariant features and the matching of their descriptors. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 32:246–256, 2015.
- [10] Vincent Lepetit and Pascal Fua. Towards Recognizing Feature Points using Classification Trees. Technical report, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), 2004.
- [11] Julien Pilet. Yape implementation. <https://github.com/jpilet/polyora/blob/master/polyora/yape.cpp>. [Online; accessed 14-September-2017].
- [12] Fredrik Larsson, Michael Felsberg, and Per-Erik Forssen. Correlating Fourier descriptors of local patches for road sign recognition. *IET Computer Vision*, 5(4):244–254, 2011.
- [13] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Commun. ACM*, 24(6):381–395, June 1981.
- [14] Steve R Gunn. On the discrete representation of the laplacian of gaussian. *Pattern Recognition*, 32(8):1463–1472, 1999.
- [15] Eli Peli. Contrast in complex images. *JOSA A*, 7(10):2032–2040, 1990.
- [16] Manuel Blum, Robert W. Floyd, Vaughan Pratt, Ronald L. Rivest, and Robert E. Tarjan. Time bounds for selection. *Journal of Computer and System Sciences*, 7(4):448 – 461, 1973.

Modification of YAPE keypoint detection algorithm for wide local contrast range image

A.S. Lukoyanov^{1,2}, D.P. Nikolaev¹, I.A. Konovalenko¹

¹Institute for Information Transmission Problems (IITP) RAS, Bolshoy karetniy pereulok 19, Moscow, Russian Federation, 127051

²Moscow Institute of Physics and Technology (State University) 9 Institutskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, Russian Federation, 141701,

Abstract. Keypoint detection is an important tool of image analysis, and among many contemporary keypoint detection algorithms YAPE is known for its computational performance, allowing its use in mobile and embedded systems. One of its shortcomings is high sensitivity to local contrast which leads to high detection density in high-contrast areas while missing detections in low-contrast ones. In this work we study the contrast sensitivity of YAPE and propose a modification which compensates for this property on images with wide local contrast range (Yet Another Contrast-Invariant Point Extractor, YACIPE). As a model example, we considered the traffic sign recognition problem, where some signs are well-lighted, whereas others are in shadows and thus have low contrast. We show that the number of traffic signs on the image of which has not been detected any keypoints is 40% less for the proposed modification compared to the original algorithm.

Keywords: keypoint detection, feature detection, contrast invariance, YAPE, YACIPE, traffic sign recognition.