

А.В. ИВАШКО, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»

А.И. ПОТАПЕНКО, аспирант НТУ «ХПИ»

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО ПОВЫШЕНИЯ КОНТРАСТА ДЛЯ СИСТЕМ РАСПОЗНАНИЯ ОБЪЕКТОВ

В статье предложен подход, позволяющий с помощью внедрения обратной связи в систему распознавания объектов адаптивно регулировать степень повышения контраста. Исследовано влияние результатов внедрения на эффективность и надежность работы систем распознавания объектов.

Ключевые слова: повышения контраста, распознавание объектов, адаптивность, алгоритм.

Введение. В настоящее время при решении многих реальных задач возникает необходимость в автоматизированной обработке изображений. Среди таких задач можно выделить распознавание номерных знаков, автомобилей, создание медицинских экспертных систем, анализ спутниковых снимков, обработку фотографий. Из-за изменяющихся условий съемки, контраст полученных изображений может быть недостаточным для применения автоматических алгоритмов поиска объектов. Если учесть сложность, а зачастую и невозможность повторной съемки, то возникает необходимость в качестве одного из первоначальных этапов обработки выполнять автоматизированное повышение контраста у получаемых изображений.

Сложность решения задачи повышения контраста заключается в том, что алгоритм должен быть применим для автоматизированных систем, что требует минимизации количества управляющих параметров, быть адаптивным, позволяя обрабатывать участки изображения, существенно отличающиеся по своим характеристикам. Степень воздействия алгоритма должна варьироваться с учетом контраста исходного изображения. Для решения этой задачи предлагается комплексный подход, использующий статистику работы высокоуровневых алгоритмов поиска объекта для адаптивной настройки параметров алгоритма повышения контраста.

Анализ литературы. В литературе описаны различные методы улучшения контраста изображения. В первом приближении их можно разделить на прямые и непрямые методы. Первые вводят меру контраста и стремятся улучшить её. Вторые улучшают контраст, используя не задействованные участки динамического диапазона. Большинство методов, описанных в литературе, относится ко второй группе [1]. Непрямые методы могут быть далее разделены на несколько подгрупп: 1) методы, раскладывающие изображение на высоко- и низкочастотные составляющие для обработки; 2) методы, работающие с гистограммой изображения и 3) методы, основанные на преобразованиях (ДКП, ДПФ, Вейвлет).

Методы второй и третьей группы имеют высокие показатели быстродействия, но мало учитывают пространственные свойства изображения. К примеру, при модификации гистограммы часто теряются небольшие детали изображения, которые выражены соседними градациями серого.

Высокую точность работы показали методы, выделяющие высокочастотную часть изображения, отвечающую за контуры, характерные точки и другие наиболее информативные элементы. К таким алгоритмам относится Ретинекс с противопоставлением центра-окружения, основанный на физиологии зрительного нерва [2].

Главная цель алгоритма Ретинекс – разделить исходное изображение на два: компоненту, отвечающую за отражение и компоненту, отвечающую за освещение. Так как проблемы в изображении связаны с освещением сцены, то, получив компоненту, отвечающую за освещение, и преобразовав ее, можно повысить контраст изображения [3].

Для вычисления алгоритма Ретинекс требуется вычислить свертку для каждой точки изображения, т.е. необходимо выполнить прямое и обратное преобразования Фурье. Реализация алгоритма показала, что данные вычисления требуют времени, неприемлемого для обработки видеопотока в реальном времени. Возникла необходимость альтернативного подхода, который удовлетворял бы требованиям систем анализа видеоданных в реальном времени. Принимая во внимание, что компонента, отвечающая за освещение, фактически представляет собой размытое исходное изображение, был предложен алгоритм контрастирующего маскирования [4].

Переход к логарифмической мере $Y = \log I$ позволяет заменить мультипликативные операции аддитивными. Для аппроксимации компоненты освещенности используется $Y' = \text{blur}(Y)$, размытая копия исходного изображения. Искомое изображение получается путем вычитания из исходного изображения компоненты освещенности, и последующего преобразования разницы в форму, пригодную для отображения. Коэффициенты k_1, k_2 – константа, определяет степень воздействия алгоритма.

$$I' = e^Y, \text{ где } Y = k_1 \cdot Y - k_2 \cdot Y' .$$

Цель исследования. При всех преимуществах алгоритма контрастирующего маскирования, возникают трудности при выборе степени воздействия алгоритма. Алгоритм Ретинекс позволяет использовать фиксированные значения констант без потери эффективности. В случае алгоритма контрастирующего маскирования, применение фиксированных констант приводит либо к завышению контраста в случае исходных изображений с хорошим контрастом, либо к недостаточному повышению контраста при слабоконтрастных исходных изображениях. Неправильный выбор коэффициентов ведет к ухудшению изображению по сравнению с исходным и потере информации. Как видно на примере рис. 1, применяя алгоритм

контрастирующего маскирования с большими коэффициентами, оптимальными для низкоконтрастного изображения(д), к изображению с высоким контрастом(а) получаем усиление шума и нежелательные артефакты(б). Низкие коэффициенты не позволяют восстановить детали (е).

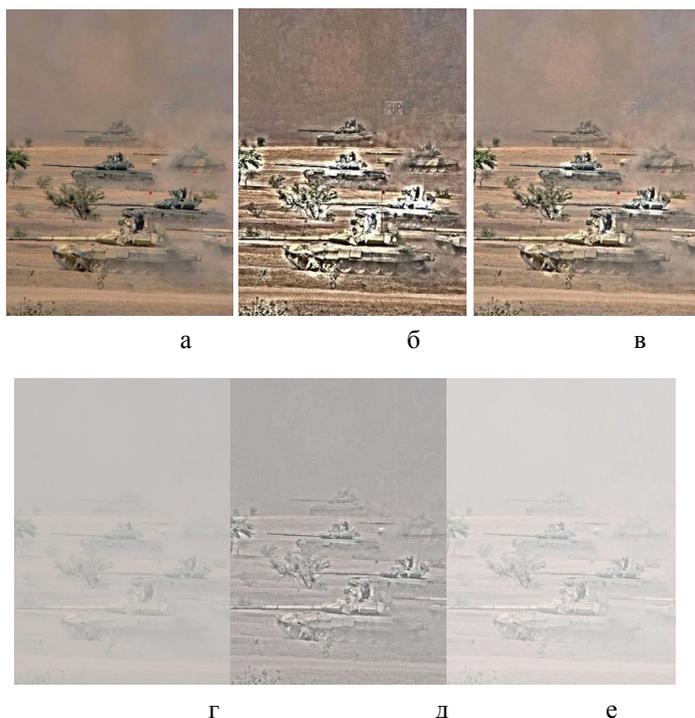


Рис. 1 – Применение алгоритма контрастирующего маскирования:
а, г – исходные изображения с разной контрастностью; б, д – результаты применения алгоритма с большой степенью воздействия; в, е – с малой степенью воздействия

Необходима мера контраста, на основе которой можно корректировать работу алгоритма. В литературе предложено множество критериев контраста, наиболее популярный подход состоит в поблочном анализе изображения с оценкой разности между максимальным и минимальным значением яркости в блоке.

Возникает ряд затруднений. Во-первых, оценка контраста требует дополнительных вычислений, нежелательных при обработке видеопотока. Во-вторых, во многих ситуациях критерий контраста не имеет локальных максимумов, т.е. можно оценить улучшение контраста, но нет точки «достаточного» контраста [5].

Материалы исследований. Для решения данной проблемы рассмотрим структуру систем поиска объектов. Она состоит из трех этапов, см. рис. 2.



Рис. 2 – Структурная схема системы поиска объектов

Предлагается ввести в систему обратную связь, реализуемую с помощью передачи результатов работы последующих каскадов обработки изображения начальным, в частности, для коррекции работы алгоритма повышения контраста. В качестве необходимой косвенной меры контраста изображения может служить соотношение количества ошибок обнаружения первого и второго родов высокоуровневых алгоритмов поиска объекта. Большое количество ошибок первого рода может означать чрезмерное количество деталей, что может быть результатом завышенного контраста, а, следовательно, усиления шумов, артефактов сжатия изображения, и т.д. Большое количество ошибок второго рода может говорить о потере деталей объектов, т.е. недостаточном контрасте изображения.

Подход применим в системах с фиксированным углом зрения, к примеру, стационарных камерах видеонаблюдения, для которых можно определить относительно постоянный диапазоны вероятностей ошибок алгоритма обнаружения. Кроме того, мера контраста не должна зависеть от количества объектов, реально находящихся в кадре. Для этого необходим ступенчатый процесс, позволяющий сравнить количество срабатываний на разных ступенях, соответствующих предположениям разной степени сложности.

Для примера возьмем метод поиска объектов на основе алгоритма усиления слабых классификаторов Хаара. Каскад состоит из K ступеней, каждая ступень – комитет простых классификаторов построенный алгоритмом с «усилением» обучения. Если ступень принимает решение о том, что вектор признаков относится к классу объекта, принимается, только если все ступени каскада это подтвердили, иначе вектор признаков классифицируется, как не искомый объект[6]. Простые классификаторы соответствующие первым ступеням лишь немногим превосходят случайное предположение, но последовательное их применение позволяет достичь высоких вероятностей правильного обнаружения объекта.

Требуется небольшая модификация метода: введем дополнительные переменные, учитывающие число положительных срабатываний начальных и

конечных ступеней каскада отдельно, x_1 и x_2 . Для относительно постоянных условий съемки с фиксированной точки можно выделить ограниченный диапазон колебаний для данного каскада классификаторов. Существенное отклонение позволяет сделать вывод об изменении параметров исходного кадра и необходимости настройки параметров алгоритма повышения контраста.

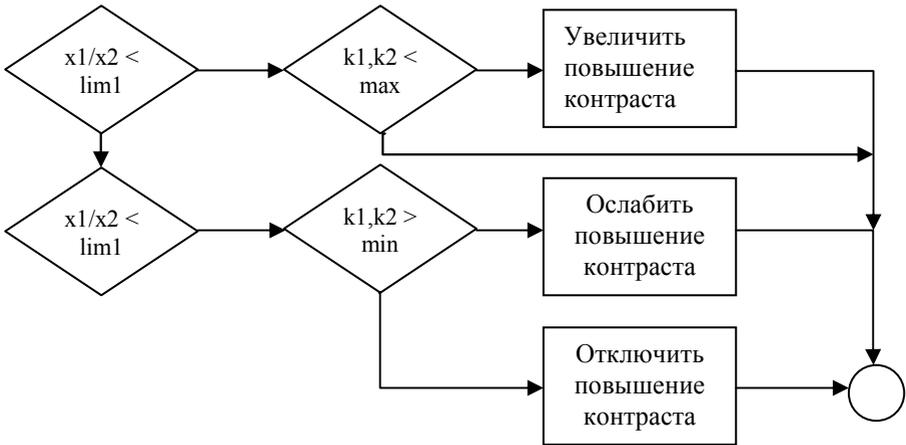


Рис. 3 – Алгоритм регулирования коэффициентов

Предложенный алгоритм приведен на рис. 3. Из соотношения числа срабатываний начальных и конечных ступеней каскада определить соотношение ошибок первого и второго рода. Если число срабатываний первичных ступеней каскада понижается при большом количестве срабатываний последующих ступеней, $x_1/x_2 < lim_1$ то алгоритм делает вывод о недостаточной детализации сцены, и принимает решение о повышении коэффициентов алгоритма повышения контраста. Если же число ложных срабатываний превышает предел, т.е. много срабатываний начальных ступеней каскада, при небольшом количестве срабатываний последующих ступеней (обнаруженных объектов), $x_1/x_2 > lim_2$ то алгоритм делает вывод о чрезмерном усилении шумов и ошибок изображения в следствии завышенного контраста, коэффициенты снижаются. Для избегания дребезга целесообразно принимать решение в случае постоянного превышения пределов на протяжении 5 и более кадров. Кроме того, для коэффициентов алгоритма усиления контраста устанавливаются пределы допустимых значений. В случае успешной работы алгоритмов поиска объектов повышение контраста можно отключать полностью, чем дополнительно снижать ресурсоемкость вычислений.

Результаты исследований. Для оценки эффективности подхода, был проведен сравнительный анализ работы системы распознавания и

сопровождения объектов с использованием алгоритмов повышения контраста с фиксированными и адаптивными коэффициентами. Принцип работы системы следующий: после обнаружения объекта с помощью каскада слабых классификаторов, в области обнаружения выделяются характерные точки, далее на каждом кадре определяется их новое положение. Кроме того, отсеиваются точки, смещение которых существенно отличается от среднего смещения всех остальных. Данный алгоритм чувствителен как к шуму, вызванному чрезмерным усилением контраста, так и к потере деталей, в следствии недостаточного контраста. Оценивая среднюю длительность сопровождения характерных точек (в кадрах), мы можем оценить эффективность работы алгоритма.

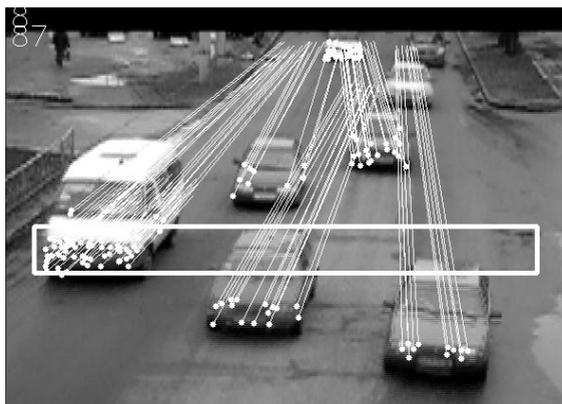


Рис. 4 – Работа системы распознавания и сопровождения объектов

Исследования проводились на системе подсчета автомобилей с каскадом распознавания фронтальной проекции машины, см. рис. 4. По результатам исследований, адаптивное повышение контраста позволяет увеличить средний срок жизни отслеживаемой точки с 65-72 кадров до 79-82. Таким образом, не теряя в эффективности работы системы, можно повысить быстродействие системы в случае хороших условий съемки, при этом на 15-25 % увеличить точность работы системы в условиях низкого контраста исходного кадра. Более того, применение автоматического регулирования позволяет сделать систему распознавания объектов всепогодной и способной работать в условиях сильных помех – задымления, тумана и т.д., что потребовало бы вмешательства оператора либо дополнительных внешних систем контроля. Для условий плохого освещения без адаптивного повышения контраста система вообще не могла работать – срок жизни характерной точки не превышал 5-10 кадров, что было недостаточно для постоянного сопровождения движущегося объекта. После внедрения предложенного подхода удалось добиться показателей в 35-42 кадров.

Выводы. Полученные результаты подтверждают, что описанный подход позволяет с минимальными дополнительными вычислениями получить алгоритм с возможностью адаптироваться к условиям съемки в широком диапазоне. Необходимо добавить, что описанный подход универсален и имеет большие перспективы для дальнейшего изучения. Он применим для целого ряда алгоритмов повышения контраста, в которых необходимо регулировать степень воздействия алгоритма, к примеру, выбираю величину сдвига гистограммы БПФ изображения. Также можно использовать различные параметры для передачи по обратной связи, в зависимости от используемого алгоритма распознавания объектов.

Список литературы: 1. *Ахметшина Л.Г., Егоров А.А.* Методика автоматизированного повышения яркости и контраста мультиспектральных изображений / *Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров* // «Искусственный интеллект». - Днепропетровский национальный ун-т – У. – 3’2009. – с. 506-515. 2. *Jobson D.J., Rahman Z., Woodell G.A.* A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Images and the Human Observation of Scenes / *D.J. Jobson, Z. Rahman, G.A. Woodell* // IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. – Вып. 6, № 7, – Июль, 1997. – с. 965-976. 3. *Rahman Z., Woodell G.A., Jobson D.J.* A Comparison of the Multiscale Retinex With Other Image Enhancement Techniques / *Z. Rahman, G.A. Woodell, D.J. Jobson* // IS&T’s 50th Annual Conference. – College of William & Mary, NASA Langley Research Center. – 1997. – с. 426—431. 4. *Руднева В.* Методы повышения цветового качества изображений и восстановления цветов в старом видео / *В. Руднева* // Компьютерная графика и мультимедиа. – Выпуск №4(3) . – 2006. 5. *Agaian S.S., Silver B., Panetta K.A.* Transform Coefficient Histogram-Based Image Enhancement Algorithms Using Contrast Entropy / *S.S. Agaian, B. Silver, K.A. Panetta* // IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING. – Вып. 16, № 3 – Март, 2007. – с. 741- 758. 6. *Viola P., Jones M.J.* Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / *P. Viola, M.J. Jones* // IEEE CVPR. – 2001. 7. *Schapire R.E., Singer Y.* Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions / *R. E. Schapire, Y. Singer* // Machine Learning, 37. – 1999. – с. 297-336.

Надійшла до редколегії 05.11.2012

УДК 621.391

Алгоритм адаптивного повышения контраста для систем распознавания объектов / А.В. Ивашко, А.И. Потапенко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автоматика та приладобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2013. – № 8 (982). – С.47–53. Бібліогр.: 7 назв.

У статті запропоновано підхід, що дозволяє, за допомогою запровадження зворотнього зв’язку у систему розпізнавання об’єктів, адаптивно регулювати ступінь підвищення контрасту. Досліджено вплив результатів запровадження на ефективність і надійність роботи системи розпізнавання об’єктів.

Ключові слова: підвищення контрасту, розпізнавання об’єктів, адаптивність, алгоритм.

There has been proposed approach that allows adjusting the level of contrast enchantment by implementing the feed back into the object recognition system. Influence of the approach implementation on the effectiveness and robustness of the recognition system was studied.

Keywords: contrast enchantment, object recognition, adaptive, algorithm.