

УДК 004.932

Ю.П. Михайлюк, доцент, канд. техн. наук,

Д.В. Начаров, аспирант

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053

E-mail: tur@ua.fm

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЬНЫХ И НЕМОДЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ ВИДИМОСТИ ОБЪЕКТОВ ПО ТЕЛЕВИЗИОННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Рассмотрена задача улучшения видимости объектов в сложных метеоусловиях средствами обработки телевизионных изображений. Проанализированы модельные и немодельные методы обработки телевизионных изображений. В качестве модельного рассмотрен метод, предполагающий применение так называемого «темного канала». Результаты обработки по методу «темного канала» сравниваются с результатами обработки методами нелинейной контрастной коррекции. Предложена модификация метода адаптивной гистограммной эквализации, основанная на использовании окрестностей переменного размера.

Ключевые слова: *обработка изображений, контраст, видимость, атмосферные факторы, аэрозоль.*

Сложные метеоусловия, такие как туман и дымка, оказывают существенное влияние на результаты визуального наблюдения удаленных объектов, снижая дальность их видимости и ухудшая их различимость. В связи с ростом угрозы возникновения чрезвычайных происшествий, связанных с ухудшением видимости, во многих областях промышленности и транспорта вынуждены прибегать к повышенным мерам безопасности. Таким образом, решение задачи улучшения видимости объектов в сложных метеоусловиях является актуальным и имеет большое практическое значение.

Среди существующих подходов к решению этой проблемы наибольший практический интерес представляют методы, предполагающие улучшение различимости объектов средствами обработки телевизионных (ТВ) изображений. Перспективность этого класса методов обусловлена ростом доступности универсальных методов цифровой обработки сигналов и изображений, а также возможностью реализации на их основе относительно недорогих специализированных ТВ систем.

Существующие методы обработки ТВ изображений с целью улучшения различимости объектов могут быть разделены на две группы: методы, основанные на применении физической модели, и немодельные методы. Первая группа методов использует модель поглощения и рассеяния света на частицах аэрозоля, содержащихся в атмосфере [1–3]. Преимуществом методов данной группы является учет физической природы искажений и, как следствие, большая достоверность результатов обработки. Вторая группа методов основывается на немодельном улучшении видимости средствами контрастной коррекции [4, 5]. Методы данной группы характеризуются простотой реализации, а также большей эффективностью улучшения различимости объектов при малых дальностях видимости.

Сложность обработки ТВ изображений, подверженных влиянию метеоусловий, обусловлена зависимостью искажений, в частности степени снижения контраста и цветовой насыщенности, от расстояний до наблюдаемых объектов — глубины сцены. Как модельные, так и немодельные методы обработки изображений предполагают построение приближений глубины сцены, с использованием которых осуществляется учет пространственной неравномерности искажений изображений. Это обстоятельство отличает рассматриваемые методы от широко известных пространственно-инвариантных методов обработки изображений [6].

Целью работы является сравнительный анализ эффективности модельных и немодельных методов улучшения видимости объектов по ТВ изображениям.

Снижение видимости в сложных метеоусловиях вызвано явлениями рассеяния и поглощения света на частицах атмосферного аэрозоля. Наиболее общей моделью, применяемой для описания характера распределения яркости изображения B в сложных метеоусловиях, является следующее выражение

$$B = Jt(d) + A(1-t(d)), \quad (1)$$

где J — яркость объекта в условиях ясной атмосферы; $t(d)$ — коэффициент передачи атмосферы, зависящий от расстояния до объекта сцены d ; A — яркость, характеризующая атмосферный свет.

На рисунке 1 показана схемы путей распространения света в атмосфере в сложных метеоусловиях. Свет, отраженный от объекта съемки, ослабляется объемом атмосферы. В соответствии с этим исходная яркость объекта J в выражении (1) умножается на коэффициент передачи атмосферы $t(d)$.

Атмосферний світ, характеризується яркістю A , обусловлен рассеянием света на частицах атмосферного аэрозоля на пути между источником света и регистрирующим устройством.

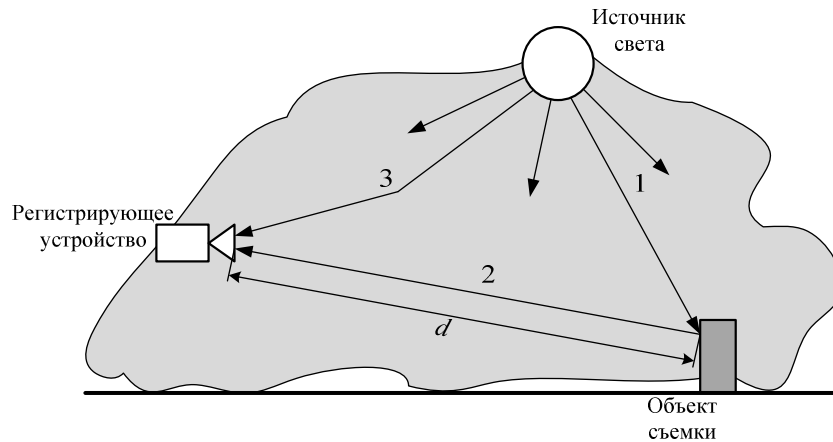


Рисунок 1 — Пути распространения света в содержащей аэрозоль атмосфере в процессе съемки: 1 — свет, падающий на объект съемки от источника; 2 — свет, отраженный от объекта; 3 — атмосферный свет

Для улучшения различимости объектов производится оценка значений J по известным значениям B . Параметр A имеет одно значение для всех пикселей искаженного изображения, а параметры J и $t(d)$ — различны для каждого пикселя. Таким образом, искажение изображений, полученных в сложных метеоусловиях, может быть классифицировано как пространственно-зависимое искажение.

Примером модельного метода является метод [1], предполагающий использование так называемого «темного канала». В соответствии с данным методом оценка атмосферных коэффициентов передачи $t(d)$ основывается на предположении о том, что в большинстве локальных областей изображения, полученного в условиях ясной атмосферы, содержатся пиксели с малыми значениями яркости в одном из каналов R , G или B . Это предположение основывается на результатах статистической обработки большого числа реальных изображений. Такие пиксели (пиксели с малой яркостью) называются «темными» и соответствуют объектам с малой яркостью, теням, а также объектам, цвет которых определяется только одной или двумя из трех компонент R , G , B . Значения яркости таких пикселей при наличии аэрозоля определяются главным образом рассеянным светом.

Для определения изображения «темного канала» вокруг каждого пикселя искаженного изображения выбирается некоторая окрестность s (рисунок 2).

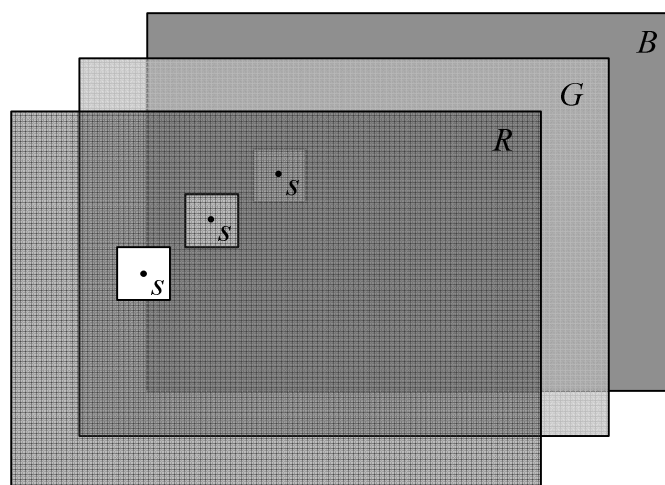


Рисунок 2 — Компоненты R , G и B и окрестность s

Пусть \mathbf{O}_k^s — векторы значений яркости в каналах R , G и B окрестности s k -го пикселя цветного изображения в отсутствии аэрозоля. Тогда значения яркости D_{0k} «темного канала» определяются по формуле

$$D_{0k} = \min(O_k^j).$$

Таким образом, внутри окрестности s производится поиск наименьшего значения яркости компонент R, G, B . Найденное значение присваивается центральному пикселю окрестности. Вычисление «темного канала» и оценка яркости атмосферного света A позволяют оценить яркости J .

Использованный в работе размер окрестности s составлял 3×3 пикселя.

Сравнимым немодельным методом является метод контрастной коррекции, предложенный в [5]. Метод является модификацией метода адаптивной гистограммной эквализации (*Modified adaptive histogram equalization (MAHE)*) [6] и предполагает использование окрестностей переменного размера. Обработка производится в цветовом пространстве *HSI (Hue, Saturation, Intensity)*, в котором цветное изображение представляется компонентами цветового тона, насыщенности и яркости [6]. В этом цветовом пространстве яркостная и цветовая компоненты изображения разделены, что позволяет выполнять их обработку отличающимися способами.

Алгоритм обработки включает в себя несколько этапов.

На первом этапе обрабатываемое изображение разделяется на несколько областей по критерию средней яркости путем снижения числа уровней квантования. На втором этапе яркостная составляющая J подвергается адаптивной гистограммной эквализации. Различное усиление контраста в областях достигается за счет использования окрестностей с различными размерами. При этом размер окрестности определяется на основании анализа вида гистограммы обрабатываемой области. Обработка цветовой составляющей предполагает простое увеличение компоненты насыщенности обрабатываемого изображения.

На рисунке 3 показаны: изображение, полученное в условиях плотной дымки (рисунок 3, а), а также результат обработки изображения по методу, предполагающему использование «темного канала» (рисунок 3, б), и результат обработки изображения по методу контрастной коррекции *MAHE* [5] (рисунок 3, в).

Для оценки эффективности сравниваемых методов применялись метрика среднего локального контраста, а также предлагаемая метрика, основанная на оценке размера подпороговой области [7]. Под подпороговой областью понимается область изображения, контраст в которой находится в пределах от нуля до минимальной контрастной чувствительности зрительной системы человека. Объекты сцены, содержащиеся в этой области, являются неразличимыми наблюдателем.



Рисунок 3 — Примеры обработки изображения, полученного в условиях плотной дымки

Результаты оценки эффективности сравниваемых методов приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты оценки эффективности методов «темного канала» и *MAHE*

	Искаженное изображение	Метод «темного канала»	Метод <i>MAHE</i>
Относительный размер подпороговой области	0,18	0,057	0,0002
Средний локальный контраст	0,069	0,284	0,55

Результаты обработки изображения по методу *MAHE* характеризуются меньшим относительным размером подпороговой области и повышенным локальным контрастом в пределах всего изображения, в том числе и для областей, соответствующих максимально удаленным частям сцены. Результаты применения модельного метода улучшения видимости характеризуются меньшими цветовыми искажениями. Кроме того, на большей части обработанного изображения сохраняется исходное соотношение уровней яркости. Однако, следует отметить недостаточное увеличение контраста в

областях, соответствующих большим дальностям (рисунок 2, б), что связано с ограниченной точностью модели.

Результаты сравнительного анализа методов показывают, что немодельные методы характеризуются большей величиной локального контраста при очевидной простоте реализации и большей скорости обработки. Следует также отметить увеличение числа различаемых объектов на обработанном изображении.

Основными недостатками немодельных методов является изменение соотношений яркости в обработанном изображении, а также появление цветовых искажений.

Задачей дальнейших исследований является исследование возможности контроля уровня цветовых искажений.

Библиографический список использованной литературы

1. Tan K. Physics-based approach to color image enhancement in poor visibility conditions / K. Tan, J.P. Oakley // Journal of the Optical Society of America A. — 2001. — Vol. 18. — No. 10. — P. 2460–2467.
2. Fattal R. Single image dehazing / R. Fattal // Proc. of ACM SIGGRAPH. — Los Angeles, 2008. — Vol. 27. — No. 3. — P. 721–729.
3. He K. Single image haze removal using dark channel prior / K. He, J. Sun, X. Tang // Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. — Miami, 2009. — P. 1956–1963.
4. Oakley J.P. Correction of simple contrast loss in color images / J.P. Oakley, H. Bu // IEEE Transactions on image processing. — 2007. — Vol. 16. — No. 2. — P. 511–522.
5. Mickhayluck Y.P. Correction of color digital television images, recorded in bad weather / Y.P. Mickhayluck, D.V. Nacharov // Proc. of 22nd International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology". — Sevastopol, 2012. — P. 359–361.
6. Gonzalez R.C. Digital Image Processing / R.C. Gonzalez, R.E. Woods // Upper Saddle River. — NJ: Prentice Hall, 2007. — 976 p.
7. Разработка и исследование методов коррекции искаженных цифровых телевизионных изображений: отчет о НИР (заключ.): 01 / Севастопольский национальный технический университет; рук. Михайлюк Ю.П.; исполн.: Начаров Д.В. [и др.]. — Севастополь, 2013. — 88 с. — № ГР 0113U001034. — Инв. № 0714U007189.

Поступила в редакцию 14.06.2014 г.

Міхайлюк Ю.П., Начаров Д.В. Оцінка ефективності модельних та немодельних методів покращення видимості об'єктів по телевізійним зображенням

Розглянута задача покращення видимості об'єктів у складних метеоумовах засобами обробки телевізійних зображень. Проаналізовані модельні та немодельні методи обробки телевізійних зображень. В якості модельного розглянуто метод, який вважає використання так званого «темного каналу». Результати обробки за методом «темного каналу» порівнюються із результатами обробки методами нелінійної контрастної корекції. Запропонована модифікація методу адаптивної гістограмної еквалізації, яка ґрунтується на використанні контекстних областей змінного розміру.

Ключові слова: обробка зображень, контраст, видимість, атмосферні фактори, аерозоль.

Mickhayluck Y.P., Nacharov D.V. Evaluation of efficiency of model-based and nonmodel-based objects visibility improvement methods using television images

The task of objects visibility improvement by means of television image processing recorded in adverse weather is considered. The model-based and non-model-based approaches to enhancement of television images are analyzed. As an example of model-based method the «dark channel» prior method was investigated. Its results are compared with results of nonlinear contrast enhancement methods. The modification of adaptive histogram equalization that is based on usage of contextual regions with variable sizes is proposed.

Keywords: image processing, contrast, visibility, atmospheric factors, aerosol.