

УДК 531.7

¹Л. А. Борковская, к.т.н.
²А.В. Борковский
³А. И. Коросташовец
⁴Ю.Т. Кобилецкий
⁵Н.Н. Бугрик

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

^{1,2,3,4,5}Национальный авиационный университет

Рассмотрены вопросы выбора профилей (типов, характеристик и параметров) средств обработки изображений

Ключевые слова: системы технического зрения; обработка изображений; профиль; параметры и характеристики средств обработки.

Введение и анализ проблемы

Компьютерное зрение является динамично развивающимся направлением современной науки., востребованным в различных областях, начиная с интеллектуальных интерфейсов человеко-машинного взаимодействия, принятия решений роботами и заканчивая системами автоматического контроля на производстве. Неотъемлемой частью компьютерного зрения является распознавание образов, решающее задачу определения принадлежности входного изображения к одному из одних хранимых эталонных изображений объектов. Часто при обработке изображений возникает необходимость в предварительной обработке данных изображений. Основными процедурами указанной обработки являются [2]:

- улучшение качества изображений, состоящее в подавлении паразитных и/или подчеркивании информативных компонентов, с целью повышения пригодности изображения для анализа восприятия наблюдателем (оператором) или для компьютерной обработки;
- реставрация изображений, заключающаяся в восстановлении или оценивании элементов изображения с целью коррекции искажений и поиска наиболее точной аппроксимации исходного, неискаженного изображения (на практике это возможно только для изображений, информативные элементы которых описываются детерминированными математическими моделями, что не характерно для диагностических изображений).

Исходя из вышесказанного, для задач обработки изображений практический интерес представляют операции обработки, относящиеся к улучшению изображения, основными из которых являются [2]:

- фильтрация шумов;
- повышение резкости границ элементов изображения и их выделение;
- изменение яркости и контрастности;

причем в большинстве практических случаев рационально комплексное применение нескольких или всех из перечисленных операций.

Известны разнообразные методы и алгоритмы реализации (в подавляющем большинстве практических случаев – в программной форме) каждой из этих операций, ряд из них – нескольких из данных операций в совокупности [2, 3]. К настоящему времени накоплен и существенный опыт в их практическом применении. Однако он связан, в основном, с обработкой мультимедийных изображений [3], критерии качества которой достаточно субъективны и которая допускает искажения элементов изображения, незаметные или малозаметные для наблюдателя. С другой стороны, при обработке изображений существуют достаточно жесткие объективные критерии ее качества и пригодности обработанного изображения для анализа и принятия решений. Роль этих критериев выполняют параметры, характеризующих искажения информативных элементов при обработке. Состав указанных параметров и их предельно допустимые значения определяются назначением каждой конкретной системы технической диагностики. Из вышесказанного следует, что при обработке изображений определяющую роль играет выбор профиля средств их обработки, т. е. сочетания их типов, характеристик, параметров и опциональных возможностей, обеспечивающего

заданные требования к численным критериям качества обработки. Однако до настоящего времени отсутствуют систематизированные данные, которые могут послужить основанием для корректного выбора указанного профиля. Целью настоящей статьи является частичное восполнение данного пробела.

Критерии качества обработки изображений. С точки зрения пригодности изображений для их анализа, основными параметрами, характеризующими качество обработки, являются следующие [2, 3]:

- *относительное искажение размера информативного элемента*, определяемое по выражению:

$$\delta_d = \max \left\{ \left| \frac{X - X_o}{X_o} \right|, \left| \frac{Y - Y_o}{Y_o} \right|, \left| \frac{D - D_o}{D_o} \right| \right\} \times 100\%, \quad (1)$$

где X_o, Y_o, D_o и X, Y, D - размеры элемента по горизонтали, вертикали и диагонали (в пикселях) соответственно до и после фильтрации;

- *относительное изменение резкости границ информативного элемента*, описываемое выражением:

$$\delta_e = \left\{ 1 - \frac{\Delta K / \Delta d}{\Delta I / \Delta d_o} \right\} \times 100\%; \quad (2)$$

где ΔI и ΔK - изменение яркости элемента в пределах его границы соответственно до и после обработки;

Δd_o и Δd - ширина (в пикселях) граничной области элемента изображения;

- *относительное искажение формы информативного элемента*, определяемое по выражению:

$$\delta_f = \max \left\{ \left| 1 - \frac{X / X_o}{Y / Y_o} \right|, \left| 1 - \frac{X / X_o}{D / D_o} \right|, \left| 1 - \frac{Y / Y_o}{D / D_o} \right| \right\} \times 100\%, \quad (3)$$

- *относительное среднеквадратическое отклонение (СКО) яркости информативного элемента* после обработки от оригинала, характеризующее искажение общего вида и фактуры указанного элемента и определяемое по выражению:

$$\sigma = \frac{100\%}{I_{\max}} \times \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [K(i, j) - I(i, j)]^2}, \quad (4)$$

где m и n - размер области анализа (включающей элемент и его окрестность) в пикселях по горизонтали и по вертикали;

$I(i, j)$ и $K(i, j)$ - интенсивность пикселя с координатами (i, j) соответственно до и после фильтрации;

I_{\max} - максимально возможное значение яркости пикселя;

- *коэффициент подавления шума*, определяемый по выражению:

$$A_N = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} N_o^2(i, j)}{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} N^2(i, j)}}, \quad (5)$$

где $N_o(i, j)$ и $N(i, j)$ - отсчеты шумовой составляющей изображения соответственно до и после фильтрации.

Заключение

Средства подавления шумов существенно влияют на объективные показатели качества изображения после обработки. Поэтому их профиль подлежит выбору в процессе эксплуатации системы для каждого конкретного изображения. Исходными данными для выбора должны служить предельно допустимые значения параметров из множества $\{\delta_d, \delta_e, \delta_f \text{ и } \sigma\}$, а также

минимальные возможные размеры информативных элементов изображения. Эти размеры, а также состав и допустимые значения вышеуказанных параметров должны задаваться пользователем системы технического зрения для каждого конкретного изображения. В общем, чем более предпочтителен некоторый профиль средства подавления шумов по критерию искажения информативных элементов, тем менее он предпочтителен с точки зрения шумоподавления, и наоборот. Таким образом, выбор профилей данных средств сводится к поиску наиболее приемлемого сочетания шумоподавления и качества представления информативных элементов при заданных исходных данных для выбора профиля. Рациональным представляется автоматизированный выбор указанных профилей по их электронной базе, под управлением программы выбора, в режиме интерактивного взаимодействия с пользователем системы технического зрения. При этом окончательное решение о пригодности или непригодности изображения для анализа должно приниматься пользователем.

Средства повышения резкости границ практически не влияют на размеры и форму информативных элементов изображения, а также на коэффициенты подавления шумов. Также они положительно влияют на резкость границ, что помогает обратить внимание пользователя на мелкие объекты, скрытые фоном или пересвеченностью некоторого фрагмента изображения. Однако, с другой стороны, средства поавышения резкости границ существенно влияют на СКО изображения после обработки от оригинального, т. е. могут вызвать значительные искажения оригинального изображения. Они возникают, в основном, на границах элементов изображения.

Таким образом, потенциальное местоположение этих искажений, как правило, известно. Данные искажения могут быть как приемлемы, так и неприемлемы при анализе изображения (что определяется конкретной диагностической задачей). Исходя из сказанного, представляется рациональным осуществлять выбор профилей указанных средств пользователем, в интерактивном режиме, с упорядоченным предоставлением программным обеспечением возможных вариантов профилей и изображений, полученных в результате их применения, и с определением пользователем степени пригодности подвергнутого данной операции изображения для дальнейшего анализа.

Средства преобразования диапазона и гистограммы яркостей не оказывают существенного влияния на размеры, форму и резкость границ информативных элементов изображения, а также на коэффициенты подавления шумов. При этом данные операции, с формально-математической точки зрения, существенно влияют на СКО изображения после обработки от оригинала, так как, в общем случае, значительно изменяют яркости пикселей изображения, в том числе его информативных элементов.

Однако степень допустимости или недопустимости изменений яркости и контрастности изображения с точки зрения его пригодности для дальнейшего анализа является достаточно субъективным фактором, который может определяться только лицом, осуществляющим анализ (т. е. пользователем системы технического зрения). Поэтому представляется рациональным выбор профилей также и этих средств пользователем, в интерактивном режиме, аналогично профилям средств повышения резкости границ.

Вышеописанный подход обеспечивает выбор профиля средств обработки диагностического изображения, близкого к оптимальному с точки зрения пригодности обработанного изображения для его анализа пользователем, при одновременной минимизации субъективных ошибок выбора. Это, в свою очередь, позволяет свести к минимуму вероятность неверных решений при анализе изображений в системах технического зрения.

Список литературных источников

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005.
3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. – М.: Радио и связь, 1990.
4. Борковський О.В. Система технічного зору для вимірювання геометричних розмірів деталей в гнучких виробничих системах/ О.В. Борковський // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 1. – С. 26–28.