

А. В. ЯСКОРСКИЙ
(Ереван)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ДЕТЕКТОРОВ КОНТУРОВ

Выделение контуров — одна из важнейших и часто встречающихся задач при обработке изображений. Этому вопросу посвящено большое количество работ, в которых описываются различные виды детекторов контуров [1—5]. Однако в литературе уделено недостаточно внимания вопросам оценки качества работы детекторов контуров.

К числу известных критериев качества относится критерий среднеквадратичного расстояния Прэтта [4, 5]. В данной статье рассматривается применение этого критерия и предлагаются модификации критерия Прэтта, лишенные некоторых его недостатков.

Критерий Прэтта штрафует три вида ошибок (рис. 1), вносимых детекторами контуров.

Рассматриваемый критерий Прэтта определяется в виде

$$R_P = \frac{1}{\max\{I_I, I_A\}} \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha d^2(i)}, \quad (1)$$

где I_I и I_A — число элементов в идеальном и реальном контурных изображениях; $d(i)$ — величина смещения i -го элемента обнаруженного контура по нормали к линии идеального контура; α — масштабный множитель, обеспечивающий требуемое соотношение между штрафами за смазанный и смещенный контуры.

Будучи чувствительным к смазаным и смещенным контурам, критерий Прэтта, однако, плохо реагирует на пропуски элементов в разорванных контурах. Следствием этого, в частности, является неоправданно высокое значение критерия при оценке контурных препаратов для малых отношений сигнал — шум [4, 5].

В качестве примеров, наглядно иллюстрирующих указанный недостаток критерия Прэтта, брались смазанные контуры шириной в l элементов и длиной в I_I элементов, которые затем были разорваны с различным количеством пропущенных элементов в разрыве. Для каждого случая рассчитывалось значение критерия Прэтта при $\alpha = 1/9$. Результаты при $l = 2$ и $I_I = 18$ (рис. 2) приведены на диаграмме рис. 3. Во взятых примерах критерий Прэтта дает одинаковые значения для исходного контура, не имеющего разрывов (рис. 2, а), и для контуров, в которых число пропущенных элементов $I_P \leq I_I(1 - (1/l))$ (рис. 2, б), т. е. множитель $1/\max\{I_I, I_A\}$ уменьшает величину критерия Прэтта с увеличением числа пропущенных элементов только при $I_A < I_I$ (рис. 2, в).

Чтобы избежать подобных недостатков, предлагается следующее выражение для определения критерия качества детекторов контуров:

$$R_M = \frac{1}{I_A + I_P} \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha d^2(i)}. \quad (2)$$

Это выражение позволяет более объективно оценивать качество детектора, так как пропущенные элементы штрафуются независимо от соотношения величин I_A и I_I . Предложенный выше критерий, однако, штрафует общее количество пропущенных

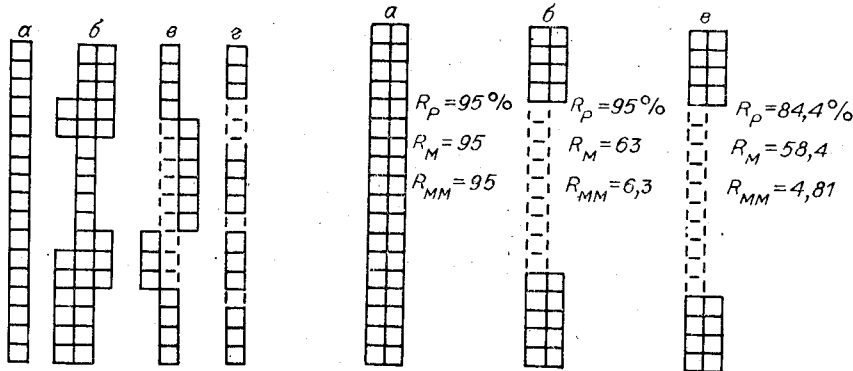


Рис. 1. Виды ошибок, вносимых детекторами контуров:

а — идеальный контур; б — смазывание;
в — локальные смещения; г — разрывы

Рис. 2. Смазанный контур с разрывами:

$l = 2, I_I = 18$

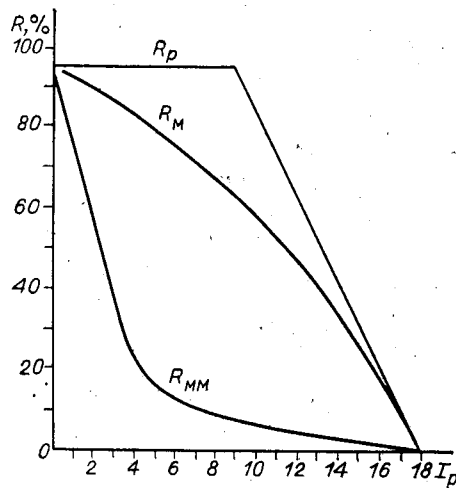


Рис. 3. Зависимость критериев качества от числа пропущенных элементов в примере на рис. 2

элементов, будучи нечувствительным к величине отдельных разрывов. Между тем при обработке изображений часто требуется устранить ложные разрывы в контурах, и сделать это тем сложнее, чем больше число пропущенных элементов в удаляемом разрыве.

Поэтому представляется целесообразным установить более высокую величину штрафа для разрыва из K пропущенных элементов по сравнению со штрафом за K разрывов по одному элементу (рис. 4).

Критерий качества детекторов контуров, учитывающий как число разрывов, так и число пропущенных элементов в отдельных разрывах, будет иметь следующий вид:

$$R_{MM} = \begin{cases} \frac{1}{(I_A + N) N} \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha d^2(i)} \sum_{j=1}^N \frac{1}{1 + \beta n^2(j)}, & N > 0; \\ \frac{1}{I_A} \sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{1 + \alpha d^2(i)}, & N = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где N — число разрывов реального контура на направлении, соответствующем идеальному контуру; $n(j)$ — количество пропущенных элементов в j -м разрыве; β — масштабный множитель; $\sum_{j=1}^N n(j) = I_P$.

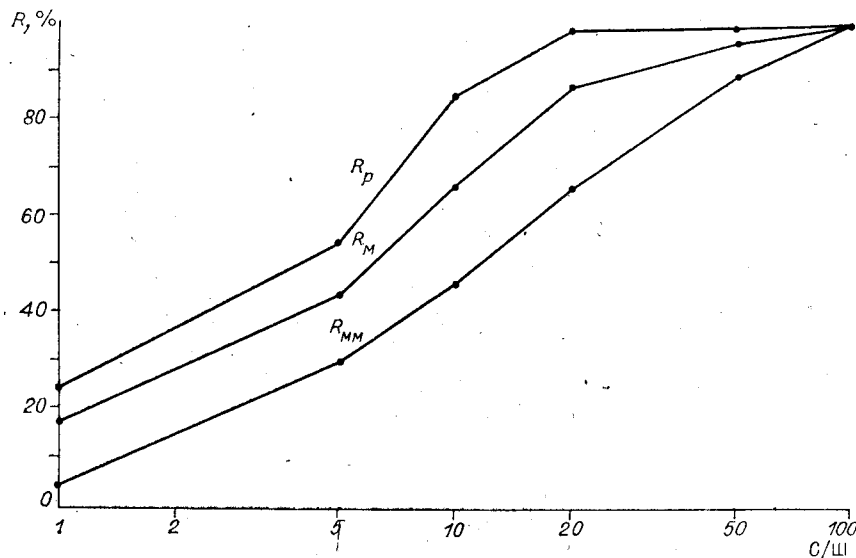


Рис. 5. Зависимость критериев качества от отношения сигнал — шум для оператора Собела, вычисляющего сумму абсолютных значений

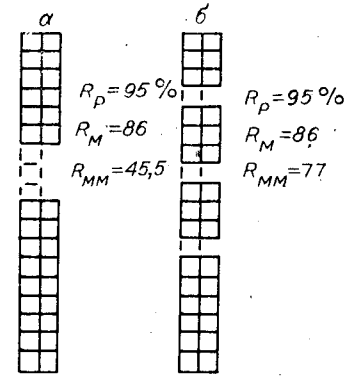


Рис. 4. Контур с одинаковым числом пропущенных элементов: а — $N = 1, n = 3$; б — $N = 3, n = 1$