

УДК 519.254;004.023

Дудка Н.А., к. техн. н.

доцент

кафедра «Электрооборудования»

Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева

Россия, г. Казань

Фатрахманов А. Р.

магистрант

кафедра «Электрооборудования»

Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева

Россия, г. Казань

Кашанов М. Р.

магистрант

кафедра «Электрооборудования»

Казанский национальный исследовательский

технический университет им. А.Н. Туполева

Россия, г. Казань

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КРИТЕРИЯ В ЗАДАЧЕ ОБНАРУЖЕНИЯ КОНТУРОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ИСКАЖЕННЫХ ИМПУЛЬСНОЙ ПОМЕХОЙ

Аннотация. Статья посвящена обработке изображений в системах технического зрения. В задачах сегментации изображений важное место занимают вопросы выделения (обнаружения) контуров расположенных на них объектов. Ранее проведенные оценки и исследования возможностей применения непараметрического критерия Уилкоксона для алгоритма выделения контуров на изображениях, искаженных интенсивными шумами с непрерывными законами распределения, показали его высокую результативность. В то же время формируемые изображения могут подвергаться воздействию и импульсных помех. В связи с этим возникает задача в проведении дальнейших исследований возможностей применения непараметрического критерия для выделения контуров изображений с шумами в виде импульсных помех. В представленной работе приводятся результаты использования критерия для выделения контуров изображений для импульсных помех различного вида и интенсивности.

Ключевые слова: выделение контуров объектов изображений, униполярные и биполярные импульсные помехи, непараметрический критерий Уилкоксона, ранговая функция, экстремумы ранговой функции.

Dudka N.A., candidate of technical sciences

Associate Professor, Department of Electrical Equipment

Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev

Russia, Kazan

Fatrakhmanov A.R.

undergraduate

Department of Electrical Equipment

Kazan National Research

Technical University A.N. Tupolev

Russia, Kazan

Kashapov M.R.

undergraduate

Department of Electrical Equipment

Kazan National Research

Technical University A.N. Tupolev

Russia, Kazan

Annotation. The article is devoted to image processing in vision systems. In the problems of image segmentation, an important place is occupied by the issues of isolating (detecting) the contours of objects located on them. Earlier assessments and studies of the possibilities of applying the nonparametric Wilcoxon criterion for the algorithm for selecting contours in images distorted by intense noise with a continuous distribution law have shown its high efficiency. However, there may be pulsed noise in the images. At the same time images under various conditions are affected by impulse noise. In this regard, this paper presents the results of studies of the use of a nonparametric criterion for isolating circuits under conditions of exposure to images of pulsed noise.

Keywords: image object contouring, unipolar and bipolar impulse noise, nonparametric Wilcoxon test, rank function, rank function extremums.

В работах [1,2] произведена оценка возможностей применения критерия Уилкоксона [3, с. 461] для обнаружения контуров объектов в точке разрыва яркостей для сильно зашумленных изображений в системах технического зрения. В данных случаях критерий использовался для оценки различия двух выборок с зашумленными яркостями изображений для каждой строки и столбца. Для минимальных значений выборок Y_p и X_q соответственно с размерностями p и q в 5 пикселей каждая [3, с. 84] строился вариационный ряд. В данном вариационном ряду элементам выборки Y_p и X_q присваиваются соответствующие им ранги. Тогда по степени различия соответствующих сумм рангов $R_x = \sum_{i=1}^p r(x_i)$ и $R_y = \sum_{i=1}^q r(y_i)$ можно судить о степени различия данных выборок между собой. Максимальное значение суммы рангов выборки в 5 пикселей в вариационном ряду из 10 элементов равно 40, минимальное – 15. Таким образом, по различию сумм рангов можно судить о перепаде (разрыве) яркости в конкретной точке изображения для соответствующей строки и столбца. При этом, для обнаружения места разрыва яркости достаточно использовать, например, сумму рангов выборки Y_p . Сумма рангов будет возрастать при увеличении яркости, и убывать при уменьшении яркости (при сканировании пикселей слева направо, сверху вниз). Получаемая последовательность сумм рангов для каждого пикселя, начиная с шестого, и заканчивая $N-5$ пикселем (N – число пикселей в строке и столбце изображения) будет представлять собой последовательность сумм рангов или ранговую функцию. Экстремумы ранговой функции и будут указывать на факт обнаружения разрыва яркости (контура). В работах [1,2] для

оценки влияния аддитивного шума на изображение использовалось следующее соотношение сигнал/шум:

$$K = \sigma_c / \sigma_{ш} ,$$

где: σ_c - среднеквадратичное отклонение яркостей двух смежных областей изображения относительно точки разрыва яркости;

$\sigma_{ш}$ - среднеквадратичное отклонение (СКО) шума с соответствующим ему законом распределения.

Для оценки точности выделения контуров изображения использовалась величина $T = \pm n$, где n - число пикселей (ошибка) между истинным положением контура изображения и положением выделенного контура.

В данной работе предлагается использовать соотношение сигнал/шум следующего вида:

$$Q = \Delta_c / \sigma_{ш} ,$$

где: Δ_c - перепад яркостей двух смежных областей изображения относительно точки их разрыва;

$\sigma_{ш}$ - среднеквадратичное отклонение (СКО) шума с соответствующим ему законом распределения.

Следует подчеркнуть, что оба выражения для получения ранговой функции идентичны, однако, если в первом случае соотношение сигнал/шум стремится к единице (при перепаде яркостей в 2 единицы и $\sigma_{ш} = 1$), то во втором случае оно будет стремиться к двум.

Уже проведенные исследования варианта алгоритма выделения контуров на основе применения критерия Уилкоксона для шумов с

непрерывными законами распределения для сильно зашумленных изображений показали его высокую результативность. При этом независимость выделения контуров от закона распределения шумов дала основание утверждать, что данный вариант алгоритма является непараметрическим.

С учетом того, что уже имеются результаты исследований работы варианта алгоритма для шумов с непрерывными законами распределения [1,2], важным также является проведение исследований его работы для шумов в виде импульсной помехи. Импульсные помехи достаточно часто используются при обработке изображений в системах технического зрения [5].

При моделировании процесса выделения контуров предлагаемым методом применялись следующие виды импульсных помех различной интенсивности [4]: униполярные и биполярные.

Алгоритм построения ранговой функции реализован на языке С. Перед реализацией процесса производилась проверка соответствия параметров шумов моделируемых случайных величин их теоретическим значениям. При выборке размером в 1000 значений ошибки составляли не более 2%. Моделирование процесса получения ранговой функции производилось для строк X_i фрагментов изображений с формированием массива Y соответственно для 30 пикселей.

Оценка местоположения выделяемого контура на зашумленном изображении производилась по факту наличия экстремума ранговой функции относительно точки разрыва яркости исходного (незашумленного) изображения.

В работе приводятся результаты моделирования для конфигурации яркостей с разницей в две единицы и размером каждой области (строки) в

10 пикселей (всего 30 пикселей). Данная конфигурация важна тем, что при протяженности строки более 5 пикселей ранговая функция стремится к своему среднему значению и на ней выявляются ложные экстремумы в процессе ее обработки. Объекты размером меньше $p=5$ не рассматривались.

При моделировании использовался униполярный импульсный шум с амплитудами импульсов соответственно равными 0.5, 1.0 и 1.5 единиц. СКО для данных значений составили 0.249, 0.49, 0.75 единиц соответственно при следующих математических ожиданиях: 0.25, 0.5, 0.77. Вероятность появления импульса была выбрана равной 0.5. Для данных условий значения соотношений сигнал/шум Q составили 13.4, 4.09 и 2.66 соответственно.

Выборочные результаты данного моделирования представлены в таблице 1. В таблице для каждой амплитуды импульса в верхней строке представлен фрагмент строки исходного изображения с перепадом яркостей в 2 единицы. Далее представлена строка зашумленного фрагмента изображения, ниже – значения полученной ранговой функции. В таблице обнаруженные экстремумы ранговых функций затемнены.

Анализ обработки 20 случайных ранговых функций показывает, что ошибка обнаружения контура возрастает с увеличением СКО импульсной помехи. Для амплитуды импульса в 1.5 единицы ошибка T в 15% случаев составляет 1 пиксель при возрастании яркости и в 30% случаев при убывании. При этом ошибка связана с неоднозначностью выбора экстремума ранговой функции в точке разрыва яркостей при равенстве двух или трех ее значений.

Таблица 1 – Результаты моделирования для униполярного импульсного шума

		Номера пикселей																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1.5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
		5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	
	
1.0		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
		6	5	5	6	6	6	6	5	6	6	8	8	8	7	8	8	7	7	7	7	8	5	5	6	5	5	6	6	5	5	6
		-	-	-	-	-	2	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	-	-	-	-
0.5		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	
	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	-	-	-	-	

Биполярная импульсная помеха рассматривалась как «соль и перец» [4] для пары импульсов различной полярности. Были выбраны варианты импульсов со следующими амплитудами: -0.5/+0.5; -1.0/+1.0; -1.5/+1.5. Им соответствуют СКО 0.49, 0.99, 1.49 и Q со значениями 4.08, 2.02 и 1.34. Выборочные результаты моделирования представлены в таблице 2.

Анализ обработки 20 случайных ранговых функций для каждого значения СКО показывает, что ошибка обнаружения контура возрастает с увеличением СКО импульсной помехи. Для амплитуды импульса равной 1.5 единицы ошибка T в 20% случаев составляет 1-3 пикселя как при возрастании яркости, так и при ее убывании. При этом изменяются и значения ранговой функции в точках экстремумов. Представленные результаты получены для небольших выборок, однако они позволяют оценить основополагающие возможности применения непараметрического критерия Уилкоксона для построения алгоритма выделения контуров.

изображении фактически включает в себя выполнение двух традиционных процедур обработки изображений: фильтрацию и его сегментацию.

Использованные источники:

1. Дудка Н.А. Оценка возможностей применения непараметрического критерия для алгоритма сегментации изображений [Электронный ресурс] // Теория и практика современной науки. - 2020. - №3(57) (дата публикации март 2020). URL: [http://www.modern – j.ru/domains](http://www.modern-j.ru/domains) (дата обращения: 27.04.2020).
2. Дудка Н.А., Фатрахманов А. Р. Исследование возможностей применения непараметрического критерия для алгоритма сегментации изображений [Электронный ресурс] // Актуальные вопросы развития науки в мире. - Материалы 62 Международной научно-практической конференции, Москва 29-30 апреля 2020 г. (дата публикации апрель 2020). URL: <http://www.esa-conference.ru/conference/> (дата обращения: 29.04.2020)
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. Для инженеров и учащихся втузов/ 13-е изд. М: Наука, Гл. ред. физ.- мат. лит., 1986.- 544 с.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М: Техносфера, 2005. - 1070 с.
5. Закиев А.А. , Лавренов Р. О., Магид Е.А. Программный инструмент для создания 3D – карт в GAZEBO на основе произвольных изображений и данных лазерного сканирования// Четвертый Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта». Казань: Центр инновационных технологий, 2017. – 240 с.