

---

УДК: 004.932.4

**Р. К. Мамедов**, д-р техн. наук,  
**А. С. Муталлимова, Т. Ч. Алиев**, аспирант  
Азербайджанская государственная нефтяная академия  
(Азербайджан, AZ 1010, Баку, пр-т Азадлыг, 20,  
тел. (+99412) 4986220, e-mail: rahim1951@mail.ru,  
ayzberg69@mail.ru, alievtima18@rambler.ru)

## **Анализ разрешающей способности метода масок сглаживать шумы на бинарных изображениях объектов**

Проанализирована способность маски сглаживать все шумы на бинарных изображениях объектов. Получены формулы порога зашумленности бинарных изображений, позволяющие сделать вывод о целесообразности применения масок.

Проаналізовано здатність маски згладжувати всі шуми на бінарних зображеннях об'єктів. Отримано формули порогу зашумленості бінарних зображень, які дозволяють зробити висновок про доцільність застосування масок.

*К л ю ч е в ы е с л о в а:* бинарные шумы, маска, сглаживание всех шумов.

В настоящее время распознавание объектов по их изображениям с помощью компьютеров широко применяется в картографии, медицине, дистанционном зондировании поверхности Земли, идентификации личности [1], где в основном анализируется бинарное изображение. Среди факторов, негативно влияющих на достоверность распознавания, можно выделить наличие шумов на изображениях [2, 3], получаемых при преобразовании визуальной информации в электронный вид и передаче ее по каналу связи.

Наиболее распространенный алгоритм распознавания бинарных изображений объектов, подверженных ортогональным преобразованиям (поворот и перемещение в плоскости изображения), состоит в простом переборе всевозможных положений распознаваемого изображения и непосредственном сличении его с эталонным изображением. Если в каком-либо положении число несовпадающих пикселей не превышает определенного порога, то распознаваемое изображение считают соответствующим эталону. Наличие шумов значительно искажает результат распознавания.

С учетом специфики многих задач обработки изображения необходимо выполнять в реальном времени. Большинство мобильных систем распо-

знавания изображений имеют ограничения по массе и энергопотреблению для вычислительной аппаратуры, а применение параллельных многопроцессорных вычислительных устройств в стационарных системах для небольших лабораторий не всегда экономически эффективно. Это, а также большой объем вычислений затрудняет использование сложных методов цифровой обработки и анализа изображений.

**Постановка задачи.** Один из простых и распространенных методов сглаживания бинарных шумов основан на применении масок, осуществляющих выделение шумов, находящихся внутри однородных областей [2—4].

Для сглаживания шумов данным методом предлагается последовательно увеличивать размеры маски до достижения желаемого результата [4]. Однако для автоматических систем этот метод является некорректным, так как остается неизвестным, до какого размера необходимо перебирать маски. Кроме того, увеличение размеров маски позволяет выделять бинарные шумы большего размера, но при этом параллельно снижается эффективность работы маски. Поэтому квадратная маска применяется для сглаживания малых компонент [1], размер которых определяется априорно для каждого изображения. Эффективность данного метода сглаживания также определяется априорно.

Следовательно, получение формулы порога зашумленности бинарного изображения, до которого маска способна выделять все шумы, для определения интегральной оценки эффективности применения квадратной маски по априорным данным является актуальной научно-технической задачей.

**Метод решения задачи.** Проанализируем способность квадратной маски размером  $K \times K$ , состоящей из центральной точки  $X_{i,j}$  и  $n = (K - 1) / 2$  рядов окружения (рис. 1), выделять все бинарные шумы целиком при однократном рассмотрении бинарного изображения, на основе которого определяется целесообразность применения маски для сглаживания бинарных шумов.

Принцип выделения шумов маской заключается в следующем: если сумма значений точек, окружающих  $X_{i,j}$  по  $n$ -му ряду окружения, равна нулю, то точка  $X_{i,j}$  является элементом фона с истинным значением 0; если данная сумма равна  $8n$ , то точка  $X_{i,j}$  является элементом изображения объекта с истинным значением 1.

Вследствие геометрических свойств маска сглаживания шумов сгладит все однопиксельные шумы вне зависимости от их количества и расположения на изображении. Исходя из этого проанализируем способность маски сглаживать двух- и более пиксельные бинарные шумы.

Отдельные бинарные шумовые пиксели группируются в шум, который представляет собой плоскую фигуру, имеющую следующие размеры

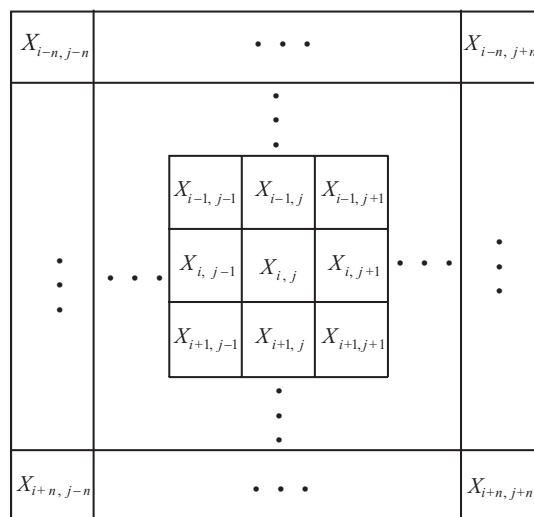


Рис. 1. Маска сглаживания шумов

по горизонтали и вертикали:  $A_{\Gamma}$  и  $A_B$  (рис. 2, *a—e*). В общем виде можно полагать, что необходимая длина стороны маски  $K$  для сглаживания шума зависит от величины  $A_{\max} = \max(A_{\Gamma}, A_B)$  и определяется по формуле  $K = 2A_{\max} + 1$ . Следовательно, для сглаживания шумов, представленных на рис. 2, *a, б*, необходимо применять маску размером  $5 \times 5$  пикселей, для сглаживания шумов, представленных на рис. 2, *в, з*, — маску размером  $7 \times 7$  пикселей, для сглаживания шумов, представленных на рис. 2, *д, е*, — маску размером  $9 \times 9$  пикселей.

Для полного сглаживания шума при однократном рассмотрении изображения в маску не должны входить пиксели другого шума, т.е. для эффективной работы маски на изображении каждый шум должен иметь свою зону, в которую входят только пиксели данного шума (рис. 2, *ж — м*).

В общем виде площадь зоны шума пределяется по формуле

$$S_{\text{з.ш}}(A_{\Gamma}, A_B) = (2A_{\max} + A_{\Gamma})(2A_{\max} + A_B). \quad (1)$$

Если на изображении имеются находящиеся рядом шумы, то их зоны шума будут частично накладываться одна на другую, не нарушая условия (1), и шум будет сглажен при меньшей площади зоны шума (рис. 3). Тогда минимальную площадь зоны шума  $S_{\text{з.ш min}}$  для шума с размерами  $(A_{\Gamma}, A_B)$  определяем по формуле

$$S_{\text{з.ш min}}(A_{\Gamma}, A_B) = (A_{\max} + A_{\Gamma})(A_{\max} + A_B). \quad (2)$$

Как видно из рис. 3, условие (1) для данных зон сохраняется.

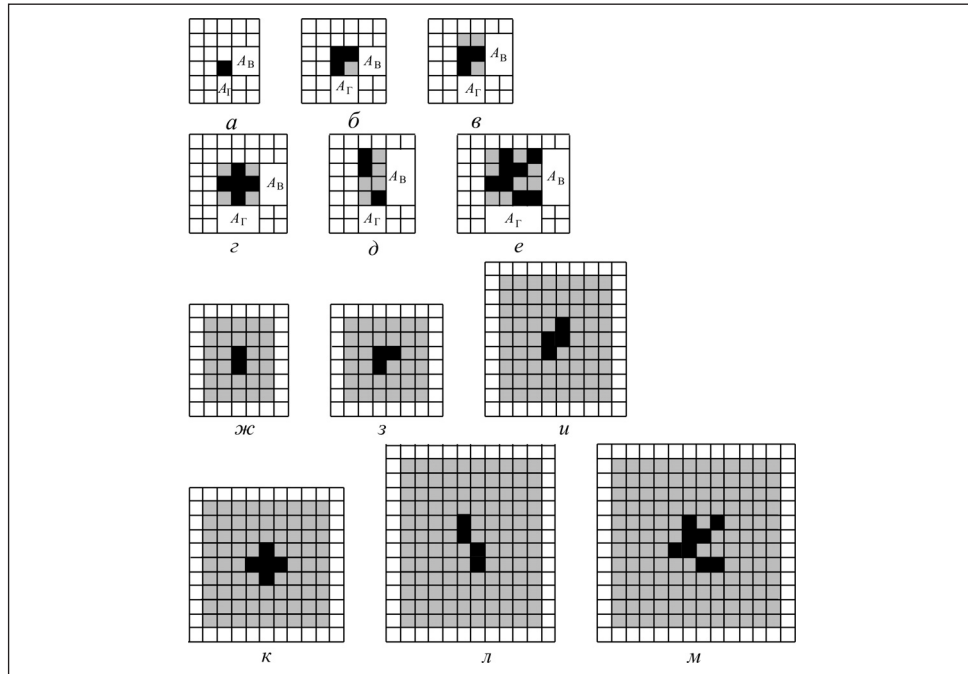


Рис. 2. Примеры шумов (а—е) и зоны шума (ж—м), необходимые для их полного сглаживания

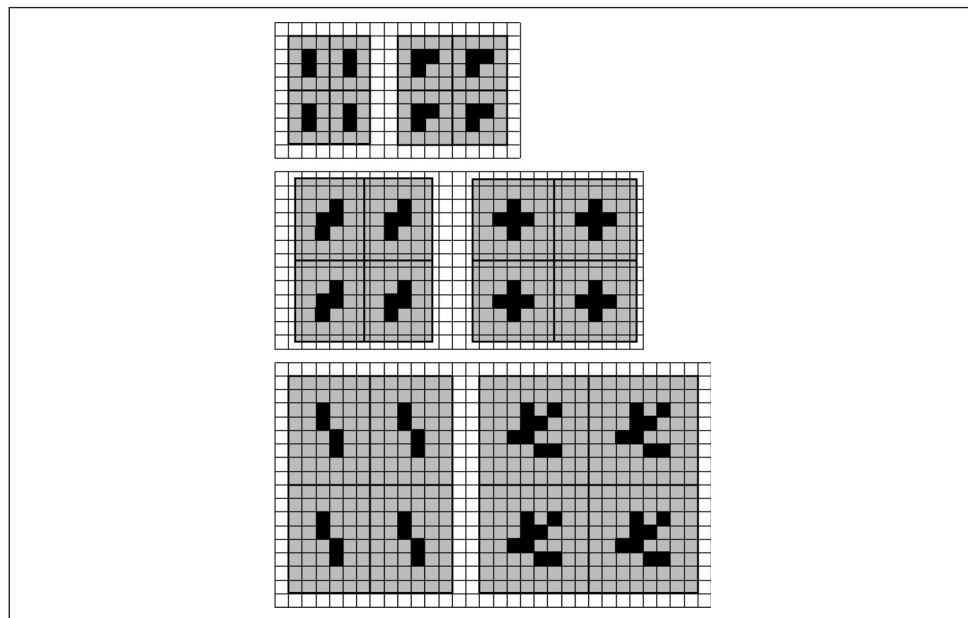


Рис. 3. Области изображений из минимальных зон шумов

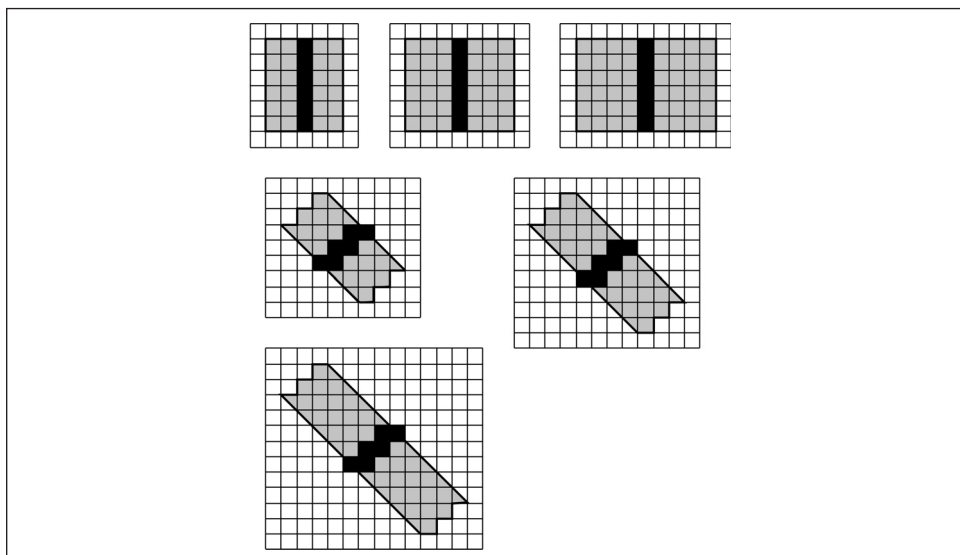


Рис. 4. Нерабочие зоны масок размерами  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$  и  $9 \times 9$  пикселей на линейных и диагональных частях периметра

Формула (2) получена для зашумленных однородных изображений (только объект или только фон). Точки периметра изображения объекта характеризуются переходами объект—фон и фон—объект, где однородность изображения нарушается. Таким образом, для того чтобы маска полностью сгладила шум во время однократного рассмотрения изображения, при анализе каждого пиксела шума в маску не должны входить не только пиксели от другого шума, но и пиксели периметра.

Поскольку расстояние от центра маски до последнего ряда окружения равно  $A_{\max}$ , каждый пиксел периметра имеет нерабочую зону маски, площадь  $S_{\text{н.з.м}}(K)$  которой определяется по формуле

$$S_{\text{н.з.м}}(K) = A_{\max} + 1 + A_{\max} = 2A_{\max} + 1.$$

Тогда площадь нерабочей зоны маски для всего изображения объекта определим по формуле

$$S_{\text{н.з.м.и}}(K) = S_{\text{н.з.м}}(K) P = (2A_{\max} + 1) P.$$

Периметр изображения объекта можно представить в виде совокупности отрезков линейной (горизонтальной и вертикальной) и диагональной направленности, имеющих нерабочие зоны масок (рис. 4). Если на

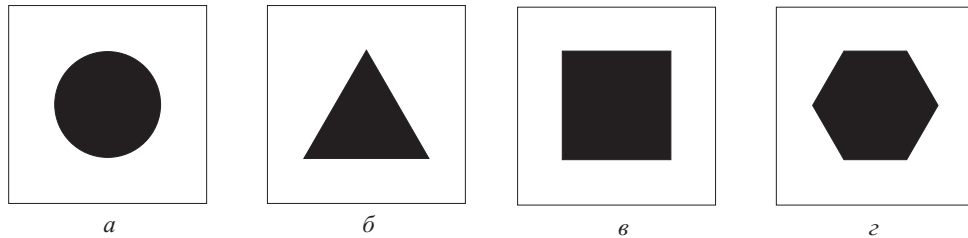


Рис. 5. Примеры изображений

изображении все шумы равномерно распределены и имеют равные размеры  $A_{\Gamma}$  и  $A_{\text{В}}$ , то общая площадь всех зон шумов на изображении имеет вид

$$S_{\text{з.ш.р}}(O) = S_{\text{м.з.ш}} \min(A_{\Gamma}, A_{\text{В}}) a(A_{\Gamma}, A_{\text{В}}),$$

где  $a(A_{\Gamma}, A_{\text{В}})$  — количество шумов данной размерности.

Следовательно, полное сглаживание всех равноразмерных шумов при однократном рассмотрении изображения будет выполнено при условии

$$S_{\text{з.ш.р}}(O) < (S_{\text{и}} - S_{\text{н.з.м.и}}(K)), \quad (3)$$

где  $S_{\text{и}}$  — общая площадь изображения.

Если на изображении все шумы равномерно распределены, но имеют различные размеры, то минимальная площадь зоны шума для разноразмерных шумов  $S_{\text{з.ш. мин раз}}$  зависит от их количества, взаимного расположения и является приблизительной. Для достижения высокой эффективности в сглаживании разноразмерных шумов можно площадь зоны шума для каждого размера шума определять относительно наибольшего размера шума. Для этого прежде всего определяется количество шумов каждого размера ( $A_{\Gamma}, A_{\text{В}}$ ) и выбирается наибольший по площади и размерам шум, для которого определяется  $A_{\text{max}}$ . Затем по формуле (2) определяется минимальная зона шума для каждого размера. Тогда общая площадь зон всех шумов на изображении имеет вид

$$S_{\text{з.ш.раз}}(O) = \sum (S_{\text{з.ш. мин раз}}(A_{\Gamma}, A_{\text{В}}) a(A_{\Gamma}, A_{\text{В}})).$$

Аналогично (3) полное сглаживание всех разноразмерных шумов до определенного размера ( $A_{\Gamma \text{ max}}, A_{\text{В max}}$ ) при однократном рассмотрении изображения происходит при условии

$$S_{\text{з.ш.раз}}(O) < (S_{\text{и}} - S_{\text{н.з.м.и}}(K)). \quad (4)$$

Полученные формулы (3) и (4) позволяют сделать вывод о целесообразности применения масок для сглаживания шумов на бинарных изображениях. Если для зашумленных бинарных изображений объектов уравнение (3) или (4) верно, то применение масок для сглаживания шумов целесообразно, если нет, то целесообразно применить другие способы сглаживания шумов.

**Компьютерное моделирование.** Для подтверждения полученных теоретических результатов проведено компьютерное моделирование. На рис. 5 представлены бинарные изображения круга, треугольника, четырехугольника и шестиугольника. Общая площадь каждого изображения  $S_{\text{и}} = 10000$  пикселей, периметр каждого изображения  $P = 240$  пикселей.

Таблица 1

Номер п.п.	Площадь зашумления $S_{\text{з.ш.р}}(O)$ , пиксели	Количество шумов в изображениях на рисунках			
		5, а	5, б	5, в	5, г
1	3840	128	128	128	128
	После сглаживания шумов маской	21	21	23	21
2	5760	192	192	192	192
	После сглаживания шумов маской	36	35	36	35
3	7680	256	256	256	256
	После сглаживания шумов маской	46	45	57	45
4	9000	300	300	300	300
	После сглаживания шумов маской	300	300	300	300

Таблица 2

Номер п.п.	Площадь зашумления $S_{\text{з.ш.раз}}(O)$ , пиксели	Количество шумов в изображениях на рисунках			
		5, а	5, б	5, в	5, г
1	2450	50	50	50	50
	После сглаживания шумов маской	11	11	9	13
2	4900	100	100	100	100
	После сглаживания шумов маской	25	22	22	26
3	7350	150	150	150	150
	После сглаживания шумов маской	38	34	37	38
4	9408	192	192	192	192
	После сглаживания шумов маской	192	192	192	192

Представленные изображения были зашумлены равномерно распределенными равноразмерными шумами в виде прямоугольников размерами  $2 \times 3$  ( $3 \times 2$ ) пиксела с разными уровнями зашумленности. В табл. 1 приведены результаты анализа данных изображений после зашумления и после сглаживания шума квадратной маской. Для данного шума  $K = 7$ ,  $S_{\text{и}} - S_{\text{н.з.м.и}}(K) = 8320$  пикселей,  $S_{\text{з.ш. min p}}(A_{\text{г}}, A_{\text{в}}) = 30$  пикселей.

Кроме того, изображения представленные на рис. 5, были зашумлены равномерно распределенными разноразмерными шумами в виде прямоугольников размерами  $2 \times 3$  ( $3 \times 2$ ) и  $3 \times 4$  ( $4 \times 5$ ) пиксела с разными уровнями зашумленности. В табл. 2 приведены результаты анализа данных изображений после зашумления и после сглаживания шума квадратной маской. Для данного шума  $K = 9$ ,  $S_{\text{и}} - S_{\text{н.з.м.и}}(K) = 7840$  пикселей.

Для рассматриваемых на рис. 5,  $a-g$ , изображений порог зашумления равноразмерными ( $2 \times 3$ ) шумами равен 8320 пикселей, а порог зашумления разноразмерными ( $2 \times 3$  и  $3 \times 4$ ) шумами равен 7840 пикселей. При уровне зашумленности ниже указанных порогов (номера п. п. 1, 2 и 3 в табл. 1 и 2) происходит полное сглаживание значительного количества шумов.

Наличие несглаженных маской шумов обусловлено попаданием на полосу, расположенную вблизи пикселей периметра. В данных шумах были сглажены отдельные шумовые пиксели. При уровне зашумленности выше данных порогов (номера п. п. 4 в табл. 1 и 2) происходит сглаживание отдельных шумовых пикселей.

## Выводы

Таким образом, предлагаемый метод, в отличие от существующего, позволяет, имея информацию о размерах шумов и уровне зашумленности, выполнить оценку способности квадратной маски сгладить шум на получаемом изображении.

The ability of the mask to smooth all noises on the binary images of objects has been analyzed. Formulas are obtained for the threshold of noise of binary images allowing to make a conclusion on the mask use expediency.

1. *Абламейко С. В., Лагуновский Д. М.* Обработка изображений: технология, методы, применение. Учеб. пособие. — Минск. : Амалфея, 2000. — 304 с.
2. *Шатице Л., Стокман Дж.* Компьютерное зрение / Пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.
3. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. — М. : Техносфера, 2006 — 1072 с.



4. *Сойфер В. А.* Компьютерная обработка изображений. Ч. 2. Методы и алгоритмы. // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 3. — С. 110—121.

Поступила 21.11.11;  
после доработки 04.04.12

*МАМЕДОВ Рагим Курбан оглы, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационно-измерительной и вычислительной техники Азербайджанской государственной нефтяной академии. В 1973 г. окончил Азербайджанский ин-т нефти и химии. Область научных исследований — распознавание образов.*

*МУТАЛЛИМОВА Анаханум Сахиб кызы, науч. сотр. кафедры информационно-измерительной и вычислительной техники Азербайджанской государственной нефтяной академии, которую окончила в 1995 г. Область научных исследований — распознавание объектов по их изображениям.*

*АЛИЕВ Тимур Чингиз оглы, аспирант кафедры информационно-измерительной и вычислительной техники Азербайджанской государственной нефтяной академии, которую окончил в 2004 г. Область научных исследований — распознавание объектов по их изображениям.*

