

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОПЕРАТОРОМ ТЕКСТОВЫХ СИМВОЛОВ НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА, ПОЛУЧЕННЫХ С РАЗЛИЧНЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

*В работе приведено описание специального программного обеспечения для проведения экспериментальных исследований и представлены результаты экспериментальных исследований распознавания оператором изображений текстовых символов (букв и цифр) на экране монитора, полученных с различным разрешением. На основе обработки экспериментальных данных получены аналитические соотношения для расчета вероятности правильного распознавания оператором букв и цифр (шрифт – TimesNewRoman, кегель – 14 пунктов), выводимых на экран монитора, в зависимости от разрешения изображения.*

**Ключевые слова:** монитор, разрешение изображения, распознавание текстовых символов.

Horev A. A.

## EXPERIMENTAL STUDIES OF OPERATOR RECOGNITION OF TEXT CHARACTERS ON THE MONITOR SCREEN OBTAINED WITH DIFFERENT RESOLUTIONS

*The paper describes special software for conducting experimental studies and presents the*

results of experimental studies of operator recognition of images of text symbols (letters and numbers) on the monitor screen obtained with different resolutions. Based on the processing of experimental data, analytical relations were obtained for calculating the probability of correct recognition by the operator of letters and numbers (font – Tim Times New Roman, font – 14 points) displayed on the monitor screen, depending on the image resolution.

**Keywords:** monitor, the resolution of the image, recognizing the text characters.

## I. Введение

Одним из возможных каналов утечки текстовой информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники, является просмотр съемка экранов мониторов с использованием оптико – электронных средств разведки [12].

Экспериментально установлено, что вероятность правильного распознавания формы объекта (в том числе букв и цифр) зависит от зашумленности изображения и его разрешения, а также от размеров объектов, количества их видов (типов) и априорной вероятности их появления (предъявления) [4 – 8,12].

При высоких отношениях сигнал/шум, что характерно для типовых условий использования средств оптико–электронной разведки, вероятность распознавания формы объекта в основном зависит от количества элементов разрешения, укладываемых на критическом размере изображения объекта и сложности его формы [12].

Проведенный анализ доступной отечественной и иностранной литературы показал, что исследования распознавания текстовых изображений на экранах мониторов в основном затрагивают аспекты автоматизированного распознавания текстов и носят теоретический характер.

Поэтому целью данной работы являются экспериментальные исследования распознавания человеком – оператором текстовых изображений, выводимых на экран монитора, в зависимости от разрешения изображений.

система работает аналогично оптимальному приемнику, который минимизирует среднюю вероятность ошибки, принимая платы за ошибочные решения, равными единице, а за правильные – равными нулю (критерий идеального наблюдателя). При этом вероятность правильного распознавания простого объекта может быть рассчитана по эмпирической формуле [7]

$$P_p \approx \Phi(Q_1 \cdot q - Q_2), \quad (1)$$

где  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$  – интегралвероятности;

$q$  – отношение сигнал/шум с учетом фильтрации, осуществляемой зрительной системой;

$Q_1$  и  $Q_2$  – коэффициенты, зависящие от объема априорной информации об объектах, которой располагает человек – оператор, и его индивидуальных особенностей.

Ворониным Ю.М. и Павловым Н.И. экспериментально установлено, что для алфавита простых фигур  $Q_1 = 0,62$  и  $Q_2 = 1,25$  (при алфавите размером  $N = 10$ ) и  $Q_1 = 0,60$  и  $Q_2 = 0,85$  (при алфавите размером  $N = 5$ ) [4].

В работе [11] приведены результаты экспериментальных исследований распознавания оператором на экране монитора текстовых символов (букв русского языка и цифр), выводимых на экран монитора, при различных отношениях сигнал/шум ( $q$ ), измеренных в дБ. Значения коэффициентов  $Q_1$  и  $Q_2$ , полученные на основе обработки данных экспериментальных исследований, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рассчитанные значения коэффициентов  $Q_1$  и  $Q_2$

Вид символа	Значение коэффициента $Q_1$	Значение коэффициента $Q_2$
Буквы прописные	0,67	5,85
Буквы строчные	0,67	6,97
Цифры	0,74	6,43

## II. Постановка задачи исследования

При распознавании объектов зрительная

Анализ значений коэффициентов  $Q_1$  и  $Q_2$ , полученных в [4] и [11], показывает, что веро-

ятность правильного распознавания объекта и текстового символа (прописной буквы) достигает значения  $P = 0,5$  при отношении сигнал/шум  $q \approx 2,02$  в [4], и при отношении сигнал/шум  $q \approx 2,73$  в [11]. Различия в пороговых отношениях сигнал/шум, очевидно, определяются существенными различиями в размерах алфавитов объектов распознавания.

Экспериментально установлено, что высоких отношениях сигнал/шум, вероятность распознавания объекта (в том числе, текстового символа) зависит от количества элементов разрешения, укладываемых на критическом размере изображения объекта и объема априорной информации о распознаваемых объектах, и может быть рассчитана по формуле [7]

$$P_p \approx \Phi(Q \cdot N/N_\phi - Q) = \Phi[Q(N/N_\phi - 1)], \quad (2)$$

где  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2/2) dt$  – интеграл вероятности;

$N$  – количество элементов разрешения, укладываемых на критическом размере изображения объекта;

$N_\phi$  – коэффициент распознавания формы объекта (количество элементов разрешения, укладываемых на критическом размере изображения объекта, при котором вероятность его распознавания равна 0,5);

$Q$  – коэффициент, зависящий от индивидуальных особенностей оператора (дешифровщика) и объема априорной информации о распознаваемых объектах.

Обычно за критический размер объекта принимают его минимальный размер на изображении.

Применим данный подход к распознаванию оператором символов (букв русского языка и цифр), выводимых на экран монитора.

Размер выводимого на экран символа зависит от нескольких параметров. Одним из них является кегль (размер шрифта). Кегль – размер букв по вертикали, включая нижние и верхние выносные элементы (рис.1).



Рис.1. Кегль шрифта

Кегль измеряется в типографских пунктах. Типографический пункт – единица измерения шрифта. В программах компьютерной верстки

широко используется введенный компанией Adobe пункт, равный 1/72 дюйма. Таким образом, в типографии текст с кеглем в 12 пунктов будет иметь высоту  $12/72 = 1/6$  дюйма.

Изображение на экране формируется из пикселей, размер которых определяется размерами экрана и его разрешением. В таком случае высота символов будет измеряться уже в логических дюймах, которые в дальнейшем переводятся в пиксели.

Число пикселей, приходящихся на один логический дюйм, определяется величиной DPI (dots per inch) [1, 2]. В семействе операционных систем Windows используется соотношение: 96 пикселей на логический дюйм. Например, текст с кеглем 12 в ОС Windows будет иметь высоту в 1/6 логического дюйма или 16 пикселей.

Число пикселей, приходящихся на логический дюйм экрана, может быть увеличено за счет изменения параметра масштабирования в настройках операционной системы.

Помимо кегля, на размер текста, выводимого на экран, влияют размеры экрана и его разрешение. Высоту символа изображения на экране можно рассчитать по формуле

$$h_m = \frac{h_p \cdot h_{mз}}{h_{pэ}}, \quad (3)$$

где  $h_m$  – высота символа, см;

$h_p$  – высота символа, пикселей;

$h_{mз}$  – высота экрана, см.;

$h_{pэ}$  – вертикальное разрешение экрана, пикселей.

Разные символы текста имеют различную ширину и высоту. Размеры символов в пикселях приведены в [3].

Таким образом, зная размеры и разрешение экрана, тип шрифта, кегль, коэффициент масштабирования, можно определить размер выводимых на экран символов.

Количество элементов разрешения, укладываемых на размере изображения символа ( $N$ ), зависит от разрешающей способности оптико-электронного средства наблюдения, дальности наблюдения и размеров символа на экране монитора [12]

$$N = \frac{10^{-2} \cdot h_m}{\gamma_{оэс} \cdot D_n}, \quad (4)$$

где  $h_m$  – размер изображения символа на экране монитора, см;

$\gamma_{оэс}$  – угловое разрешение оптико-электронного средства наблюдения, рад;

$D_n$  – дальность наблюдения (съёмки), м.

В дальнейшем параметр изображения  $N$  будем называть размером изображения символа, измеренного в элементах разрешения

изображения. Чем больше  $N$ , тем выше разрешение изображения.

Следовательно, для экспериментальной оценки вероятности распознавания оператором текстовых изображений, выводимых на экран, полученных с различным разрешением, необходимо:

- разработать программный комплекс, позволяющий имитировать вывод текстовых изображений на экран монитора при различных разрешениях изображения;
- провести экспериментальные исследования по оценке вероятности распознавания текстовых изображений, выводимых на экран монитора, при различных разрешениях изображения;
- на основе обработки экспериментальных данных получить аналитические выражения для расчета вероятности распознавания оператором текстовых изображений, выводимых на экран монитора, в зависимости от разрешения изображения.

### III. Методика проведения исследований

Для проведения экспериментальных исследований был разработан программный комплекс моделирования текстовых изображений с различным разрешением [10].

Комплекс позволяет генерировать текстовые символы (буквы и цифры) и производить их преобразование таким образом, чтобы на высоте символа умещалось указанное количество элементов разрешения ( $N$ ).

При этом для каждого элемента разрешения значение яркости рассчитывается относительно попавших в него пикселей с использованием линейной интерполяции [10].

Пусть  $I$  – исходное изображение с разрешением  $R \times C$ . Необходимо преобразовать его в изображение  $J$  с разрешением  $R' \times C'$ . Введем коэффициенты  $s_R = R/R'$ ,  $s_C = C/C'$ .

Теперь для каждого  $r' = 1, \dots, R'$  и  $c' = 1, \dots, C'$  введем обозначения  $r_f = r' \cdot s_R$ ,  $c_f = c' \cdot s_C$ ,  $r = \lfloor r_f \rfloor$ ,  $c = \lfloor c_f \rfloor$ ,  $\Delta r = r_f - r$ ,  $\Delta c = c_f - c$  (рис. 2).

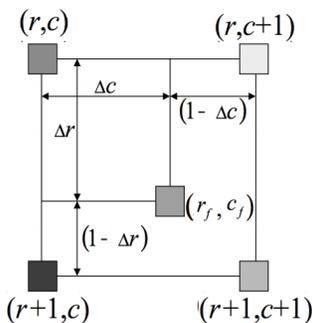


Рис.2. Получение значения яркости пикселя с помощью линейной интерполяции

Значение яркости каждой компоненты пикселя с координатой  $(r', c')$  получим по формуле

$$J(r', c') = I(r, c) \cdot (1 - \Delta r) \cdot (1 - \Delta c) + I(r + 1, c) \cdot \Delta r \cdot (1 - \Delta c) + I(r, c + 1) \cdot (1 - \Delta r) \cdot \Delta c + I(r + 1, c + 1) \cdot \Delta r \cdot \Delta c, \quad (5)$$

где  $J(r', c')$  – яркость каждой цветовой компоненты пикселя с координатами  $(r', c')$  на полученном изображении;

$I(r + 1, c)$  – яркость каждой цветовой компоненты пикселя с координатами  $(r, c)$  на исходном изображении.

Примеры символов с разным разрешением приведены на рис. 3.

- a)
- б)



Рис. 3. Изображение буквы «Г», полученное при  $N = 3$  (a) и изображение буквы «В», полученное при  $N = 8$  (б)

Для написания программного комплекса был выбран язык программирования C++.

Интерфейс программы представлен на рис. 4 [10].

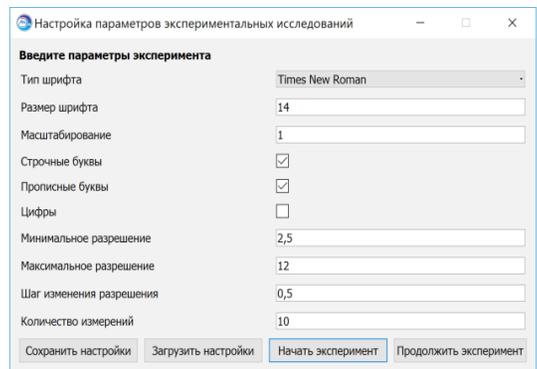


Рис. 4. Интерфейс программы, осуществляющей моделирование текстовых изображений, полученных с разным разрешением

Программный комплекс обеспечивает ввод следующих параметров символов и условий проведения эксперимента: тип шрифта; размер шрифта; коэффициент масштабирования; минимальное и максимальное разрешение; шаг изменения разрешения; пере-

чень символов, выводимых испытуемому (заглавные буквы, строчные буквы, цифры); число экспериментов для каждого символа.

Комплекс позволяет сохранить в отдельный файл параметры настройки условий эксперимента.

В процессе проведения эксперимента на экран монитора случайным образом выводились отдельные символы с выбранным шрифтом, которые оператор должен распознать. При распознавании символа оператор вводил его в соответствующее окно с помощью клавиатуры. Если символ не распознается, оператор нажимал клавишу «пробел» (рис. 5).

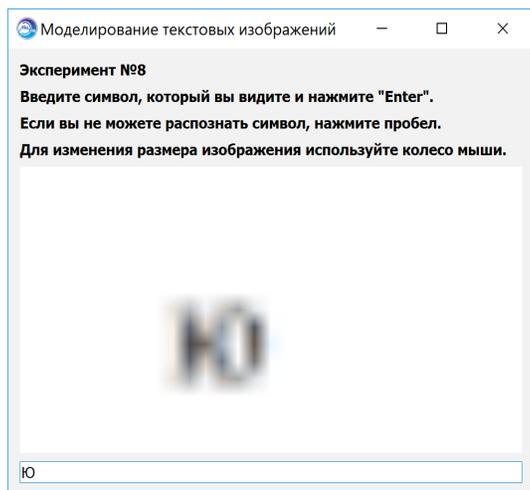


Рис. 5. Интерфейс программы при проведении эксперимента

При необходимости оператор мог менять размер изображения (увеличивать или уменьшать масштаб изображения).

Результаты ответов оператора сохранялись в файл для последующей обработки.

При обработке экспериментальных данных программа рассчитывала вероятность распознавания каждого символа при различных значениях  $N$ .

Учитывая, что события распознавания разных символов являются несовместными, для расчета вероятности правильного распознавания групп символов (букв или цифр), предъявляемых в эксперименте, использовалась формула полной вероятности [12]

$$P_p = \sum_{i=1}^k P_i^* \cdot P_{pi}, \quad (6)$$

где  $P_p$  – вероятность правильного распознавания группы символов;

$P_i^*$  – априорная вероятность появления  $i$ -го символа;

$P_{pi}$  – вероятность правильного распознавания  $i$ -го символа при его предъявлении (условная вероятность);

$k$  – число предъявляемых символов.

Априорная вероятность появления букв рассчитывалась на основании частоты встречаемости букв в русском языке

$$P_{i(б)}^* = 0,01 \cdot F_i, \quad (7)$$

где  $F_i$  – частота встречаемости  $i$ -й буквы в русском языке (табл.2 [9]), %.

Таблица 2

### Частота встречаемости букв русского языка

Буква	Частота встречаемости (Fi), %
а	8,01
б	1,59
в	4,54
г	1,7
д	2,98
е	8,45
ё	0,04
ж	0,94
з	1,65
и	7,35
й	1,21
к	3,49
л	4,4
м	3,21
н	6,7
о	10,97
п	2,81
р	4,73
с	5,47
т	6,26
у	2,62
ф	0,26
х	0,97
ц	0,48
ч	1,44
ш	0,73
щ	0,36
ъ	0,04
ы	1,9
ь	1,74
э	0,32
ю	0,64
я	2,01

За априорную вероятность появления цифры принято значение 0,1 (встречаемость цифр принята равновероятной).

Вероятность правильного распознавания  $i$ -го символа  $P_{pi}$  для каждого значения параметра  $N$  рассчитывалась по формуле

$$P_{pi} = \frac{\sum_{m=1}^M W_{im}}{V \cdot M} \quad (8)$$

где  $W_{im}$  – количество правильных распознаваний  $i$ -го символа  $m$  – м оператором;

$M$  – количество операторов, участвующих в эксперименте;

$V$  – количество показов каждого символа.

Экспериментальные исследования проводились в следующей последовательности:

1. Устанавливались параметры символов и условия проведения эксперимента, которые записывались в соответствующий файл.

2. Оператор вводил свое имя, загружал файл с настройками и приступал к проведению эксперимента путем нажатия клавиши «Начать эксперимент».

3. В процессе эксперимента программа на основе введенных параметров генерировала отдельные случайные символы и выводила их на экран монитора. Вначале выводились символы с максимальным значением  $N$  из заданного диапазона, затем с установленным шагом разрешение ухудшалось. Таким образом, испытуемые имели возможность наблюдать трансформации, происходящие при уменьшении разрешения, и правильно распознавать символы даже при малых значениях  $N$ .

4. При вводе каждого символа оператор должен был распознать его. В процессе распознавания оператор с целью создания оптимальных условий наблюдения мог изменять масштаб изображения и расстояние наблюдения. При распознавании символа оператор вводил его в соответствующее окно с помощью клавиатуры. Если символ не распознавался, оператор нажимал клавишу «пробел». После того, как оператор ввел свой ответ, программа генерировала новый символ.

5. После каждого ответа оператора его результаты в автоматическом режиме заносились в соответствующий файл, состоял из записей, содержащих отображаемый символ, его разрешение, смещение относительно элементов разрешения и ответ, данный оператором.

6. Далее проводилась обработка данных эксперимента, которая включала расчет вероятности распознавания каждого символа для каждого значения разрешения и расчет вероятности распознавания групп символов с учетом их частоты встречаемости в русском языке.

7. По результатам расчетов строились графики зависимостей вероятностей распоз-

навания символов от разрешения изображения.

8. На основе полученных данных с помощью метода наименьших квадратов определялись значения коэффициентов и для различных символов.

Подбор значений коэффициентов и осуществлялся путем перебора их возможных значений и расчета коэффициента:

$$R^2 = \sum_N [P_p(N) - P_p(N, Q, N_\phi)]^2 \quad (9)$$

где  $P_p(N)$  – вероятность распознавания группы символов, рассчитанная по формуле (1) по результатам эксперимента для фиксированного значения параметра  $N$ ;

$P_p(N, Q, N_\phi)$  – вероятность распознавания группы символов, рассчитанная по формуле (2) для фиксированных значений параметров  $(N, Q, N_\phi)$ .

Программа автоматически рассчитывала значения коэффициентов  $\{N_\phi \text{ и } Q\}$ , при которых коэффициент  $R^2$  минимален.

#### IV. Результаты исследований

В соответствии с методикой, изложенной в п. III, были проведены экспериментальные исследования по распознаванию строчных и прописных букв русского языка, а также цифр в зависимости от разрешения изображений.

В качестве шрифта был выбран шрифт TimesNewRoman с кеглем 14. Масштабирование экрана было установлено в стандартное значение, равное 1.

Разрешение изображения варьировалось в пределах от 2,5 до 11 элементов разрешения, укладываемых на высоту символов с шагом 0,5. Осуществлялся показ каждого символа с каждым значением разрешения 10 раз с различным значением сдвига относительно элементов разрешения.

Проводить эксперимент со значениями разрешения, выходящими за указанный диапазон, являлось нецелесообразным, так как при больших значениях все символы распознавались с вероятностью 1, а при меньших значениях разрешения вероятность правильного обнаружения становилась равной вероятности случайного выбора правильного варианта.

В экспериментальных исследованиях участвовало 20 операторов. В результате экспериментальных исследований была получена выборка, содержащая 23760 записей о событиях успешного или неуспешного распознавания букв и 7200 событий успешного или неуспешного распознавания цифр.

В процессе обработки эксперименталь-

ных данных были получены зависимости вероятности распознавания прописных и строчных букв русского языка, а также цифр в зависимости от разрешения изображения.

На основе полученных данных с помощью метода наименьших квадратов были определены значения коэффициентов  $N_\phi$  и  $Q$  для различных символов. Их значения приведены в табл. 3.

Полученные значения коэффициентов  $N_\phi$

попадают в диапазон значений данного коэффициента для уровня распознавания объекта – различие в соответствии с Критериями Джонсона (см. табл. 4 [8]).

На рис. 6–8 приведены графики зависимости вероятности правильного распознавания символов  $P$  от значения параметра  $N$ , рассчитанные по формуле (2), и полученные экспериментально.

Таблица 3

Результаты расчета коэффициентов  $Q$  и  $N_\phi$

Распознаваемые символы	Параметры	
	$Q$	$N_\phi$
Цифры	3,78	4,50
Строчные буквы	3,37	4,81
Прописные буквы	3,36	4,67
Все символы	3,37	4,74

Таблица 4

Критерии Джонсона

Уровень распознавания	Значение коэффициента $N_\phi$
Различие	$N_\phi = 4,0 \pm 0,8$
Опознание	$N_\phi = 6,4 \pm 1,5$

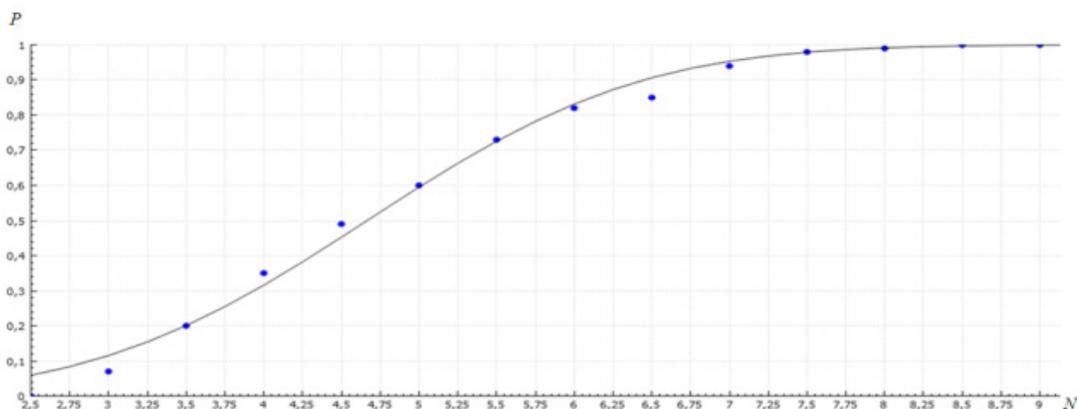


Рис. 6. График зависимости вероятности правильного распознавания прописных букв  $P$  от значения параметра  $N$  (• – экспериментальные данные)

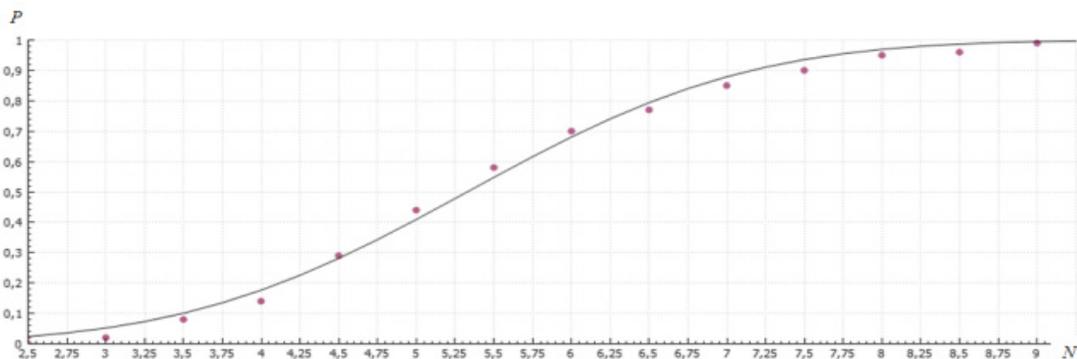


Рис. 7. График зависимости вероятности правильного распознавания строчных букв  $P$  от значения параметра  $N$  (• – экспериментальные данные)

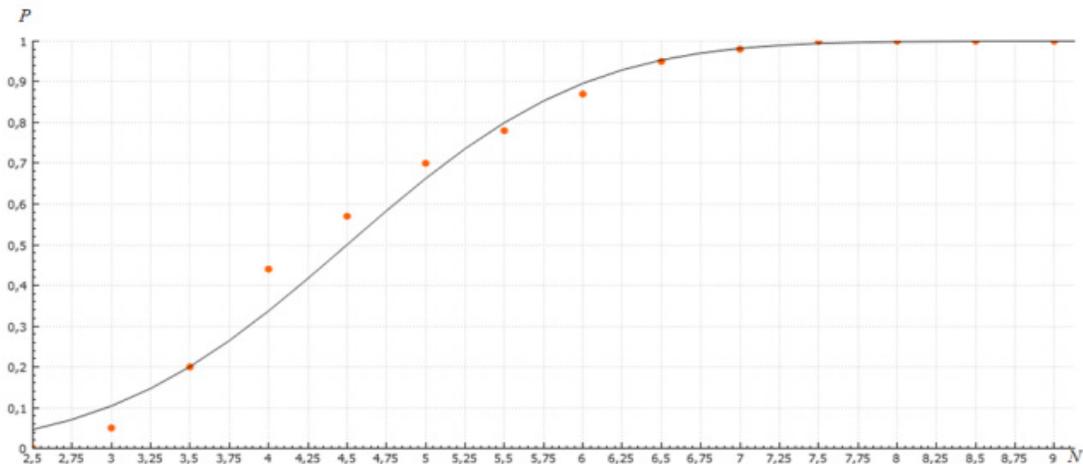


Рис. 8. График зависимости вероятности правильного распознавания цифр  $P$  от значения параметра  $N$  (\* – экспериментальные данные)

Анализ графиков на рис. 6–8, показывает высокую сходимость результатов расчетов вероятности правильного распознавания текстовых символов по формуле (2) с экспериментальными данными.

#### V. Заключение

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы:

- зависимость распознавания оператором текстовых символов на изображениях с низким уровнем зашумленности достаточно точно аппроксимируется формулой

$$P_p \approx \Phi[Q(N/N_\phi - 1)],$$

где  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2/2) dt$  – интеграл вероятности;

$N$  – количество элементов разрешения, укладываемых на высоте изображения символа;

$N_\phi$  – коэффициент распознавания симво-

ла (количество элементов разрешения, укладываемых на высоте изображения символа, при котором вероятность его распознавания равна 0,5);

$Q$  – коэффициент, зависящий вида группы символов (прописные, строчные буквы или цифры) и вида шрифта.

В результате экспериментальных исследований распознавания оператором на экране монитора изображений тестовых символов, написанных шрифтом TimesNewRoman с кеглем 14, полученных с разным разрешением, определены значения коэффициентов  $N_\phi$  и  $Q$ :

для прописных букв:  $N_\phi = 3,36$ ;  $Q = 4,57$ ;

для строчных букв:  $N_\phi = 3,37$ ;  $Q = 4,81$ ;

для цифр:  $N_\phi = 3,78$ ;  $Q = 4,50$ .

Полученные значения коэффициентов  $N_\phi$  попадают в диапазон значений данного коэффициента для Критериев Джонсона (уровень распознавания объекта – различие).

#### Литература

1. DPIandDevice-IndependentPixels [Электронный ресурс]. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/ff684173\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/ff684173(v=vs.85).aspx) (дата обращения: 17.01.2021).
2. Resolution, DPIandPPI [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.monarda.se/extra/ppi-test/ppitest\\_english.htm](http://www.monarda.se/extra/ppi-test/ppitest_english.htm) (дата обращения: 17.01.2021).
3. TimesNewRoman [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fonts-online.ru/font/Times-New-Roman> (дата обращения: 17.01.2021).
4. Воронин Ю.М., Павлов Н.И. Вероятность распознавания объектов на экране монитора опико-электронной системы наблюдения// Оптический журнал. – 1994.– № 7. – С. 7 – 11.
5. Глуценко Л.А., Корзун А.М., Павлов Н.И., Силантьев А.Н., Янчук В.В. Определение вероятности распознавания алфавитно-цифровой информации на экране монитора//Труды конференции «Прикладная оптика-2006». [Электронный ресурс]. – URL: [http://bibl.laser.nsc.ru/download/2006/PO\\_sec1.pdf](http://bibl.laser.nsc.ru/download/2006/PO_sec1.pdf) (дата обращения: 17.01.2021).
6. Гулина Ю.С., Колючкин В.Я., Трофимов Н.Е. Распознавание человеком-оператором символов в

условиях сильного зашумления. [Электронный ресурс]. – URL: <http://engjournal.ru/articles/492/492.pdf>(дата обращения: 17.01.2021).

7. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений. Теория передачи изображений и ее приложения. – М.: Радио и связь, 1986. – 248 с.

8. Ллойд Дж. Системы тепловидения: Пер. с англ./ Под ред. А.И. Горячева.– М.: Мир, 1978.– 414 с.

9. Ляшевская О.Н., Шаров С. А. Новый частотный словарь русской лексики [Электронный ресурс]. – URL: [http://dict.ruslang.ru/freq.php?act=show&dic=freq\\_letters](http://dict.ruslang.ru/freq.php?act=show&dic=freq_letters) (дата обращения: 17.01.2021).

10. Моисеев В.Г. Разработка методики расчета вероятности распознавания текстовых изображений, полученных средствами оптико-электронной разведки: магистерская диссертация по направлению 10.04.01 Информационная безопасность. – М.: НИУ МИЭТ, 2017. – 105 с.

11. Хорев А.А. Методика оценки вероятности распознавания текстовых символов на зашумленных изображениях//Вестник УрФО «Безопасность в информационной сфере». – Челябинск, УрФО. – 2019. - № 4(34) – С. 5 – 14.

12. Хорев А.А. Теоретические основы оценки возможностей технических средств разведки: монография. – М.: МО РФ, 2000. – 255 с.

## References

1. DPIandDevice-IndependentPixels [Elektronnyy resurs]. – URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/ff684173\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/windows/desktop/ff684173(v=vs.85).aspx) (data obrashcheniya: 17.01.2021).

2. Resolution, DPIandPPI [Elektronnyy resurs]. – URL: [http://www.monarda.se/extra/ppi-test/ppitest\\_english.htm](http://www.monarda.se/extra/ppi-test/ppitest_english.htm) (data obrashcheniya: 17.01.2021).

3. TimesNewRoman [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.fonts-online.ru/font/Times-New-Roman> (data obrashcheniya: 17.01.2021).

4. Voronin YU.M., Pavlov N.I. Veroyatnost' raspoznavaniya ob'yektov na ekrane monitora optiko-elektronnoy sistemy nablyudeniya// Opticheskiy zhurnal. – 1994. – № 7. – S. 7 – 11.

5. Glushchenko L.A., Korzun A.M., Pavlov N.I., Silant'yev A.N., Yanchuk V.V. Opredeleniye veroyatnosti raspoznavaniya alfavitno-tsifrovoy informatsii na ekrane monitora//Trudy konferentsii «Prikladnaya optika-2006». [Elektronnyy resurs]. – URL: [http://bibl.laser.nsc.ru/download/2006/PO\\_sec1.pdf](http://bibl.laser.nsc.ru/download/2006/PO_sec1.pdf) (data obrashcheniya: 17.01.2021).

6. Gulina YU.S., Kolyuchkin V.YA., Trofimov N.Ye. Raspoznavaniye chelovekom-operatorom simvolov v usloviyakh sil'nogo zashumljeniya. [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://engjournal.ru/articles/492/492.pdf> (data obrashcheniya: 17.01.2021).

7. Krasil'nikov N.N. Teoriya peredachi i vospriyatiya izobrazheniy. Teoriya peredachi izobrazheniy i yeye prilozheniya. 248 s.– М.: Radio i svyaz', 1986.

8. Lloyd Dzh. Sistemy teplovideniya: Per. s ang./ Pod red. A.I. Goryacheva. 414 s.– М.: Mir, 1978.

9. Lyashevskaya O.N., Sharov S. A. Novyy chastotnyy slovar' russkoy leksiki [Elektronnyy resurs]. – URL: [http://dict.ruslang.ru/freq.php?act=show&dic=freq\\_letters](http://dict.ruslang.ru/freq.php?act=show&dic=freq_letters) (data obrashcheniya: 17.01.2021).

10. Moiseyev V.G. Razrabotka metodiki rascheta veroyatnosti raspoznavaniya tekstovyykh izobrazheniy, poluchennykh sredstvami optiko-elektronnoy razvedki: masterskaya dissertatsiya po napravleniyu 10.04.01 Informatsionnaya bezopasnost'. – М.: NIU MIET, 2017. – 105 s.

11. Khorev A.A. Metodika otsenki veroyatnosti raspoznavaniya tekstovyykh simvolov na zashumlennykh izobrazheniyakh//Vestnik UrFO «Bezopasnost' v informatsionnoy sfere». – Chelyabinsk, UrFO. – 2019. - № 4(34) – S. 5 – 14.

12. Khorev A.A. Teoreticheskiye osnovy otsenki vozmozhnostey tekhnicheskikh sredstv razvedki: monografiya. – М.: МО РФ, 2000. – 255 s.

---

**ХОРЕВ Анатолий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники». 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1. E-mail: [horev@miee.ru](mailto:horev@miee.ru)

**HOREV Anatoly**, doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department “Information security”, National Research University of Electronic Technology. 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin square, house 1. E-mail: [horev@miee.ru](mailto:horev@miee.ru)