(cc) BY

Патраль Альберт Владимирович
старший научный сотрудник
ФГУП «Всесоюзный научно-исследовательский
институт методики и техники разведки»
г. Санкт-Петербург

РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ НАЧЕРТАНИЯ ЗНАКОВ

Аннотация*: в статье рассмотрен матричный формат индикатора, начертания цифровых знаков которого при их формировании обеспечивает наибольшую разрешающую способность знаков. Постоянное и увеличенное число элементов отображения в знаках, однозначно определяющее яркость равномерного и максимального свечения их, позволяет использовать цифровой алфавит в повсеместном его применении.*

Ключевые слова*: цифровая информация, матрица 3 х 3, качество отображения, начертания знаков, элементы отображения.*

Способность средств отображения информации воспроизводить мелкие детали характеризуется их разрешающей способностью. Разрешающая способность, это одна из параметрических характеристик индикатора, определяемая особенностью восприятия зрительной информации человеком – оператором. Разрешающая способность определяется как максимальное число отдельных участков на единицу длины или поверхности индикатора, имеющих достаточный для их восприятия контраст. Количественно она оценивается числом пар оптических линий («линия-промежуток»), приходящихся на 1 мм или 1 см, или минимально возможной шириной линий на экране [1, с. 21].

При низкой разрешающей способности (при плохой освещенности) оператор принимает две точки за одну, хотя их центры расположены сравнительно далеко друг от друга, а при высокой разрешающей способности (при хорошей освещенности) две очень близкие точки воспринимаются как отдельные. Повышать разрешающую способность можно до определенного предела (это определение для цифровых знаков арабского происхождения), свыше которого изображение

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

не будет восприниматься глазом [2, с. 115]. Чтобы количественно определить величину разрешающей способности знаков необходимо ввести коэффициент разрешающей способности их. Для определения коэффициента разрешающей способности знака (рис. 1а).

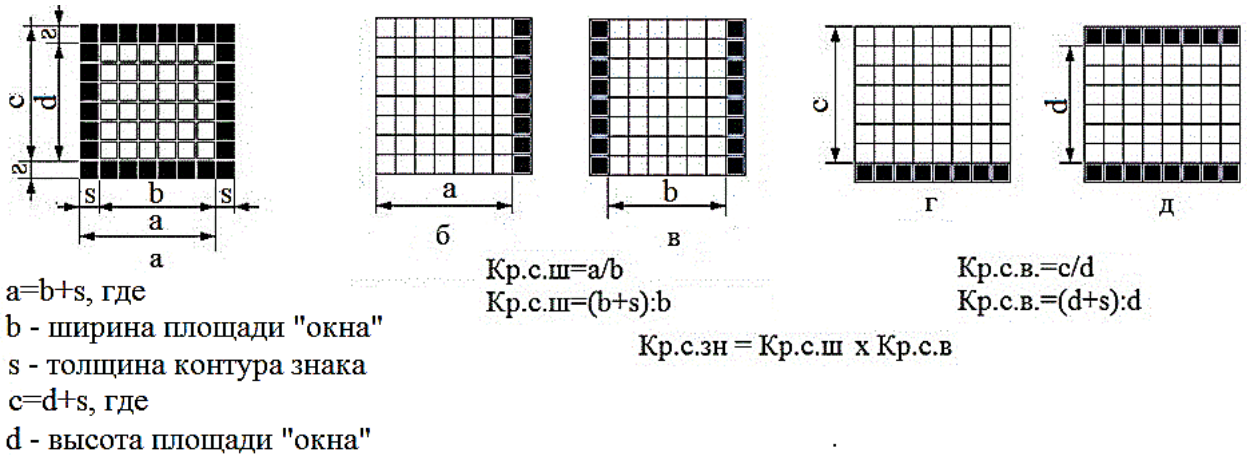


Рис. 1. Определение коэффициента разрешающей способности знака

Необходимо определить коэффициенты разрешающей способности по ширине и по высоте знака [3]. Определяем (1) коэффициент разрешающей способности по ширине знака (Кр.с.ш) выражая его не через число пар «линия – промежуток», а через толщину вертикального элемента отображения знака (s). С помощью толщины контура знака (рис. 1б) измеряем промежуток (a) между одной вертикальной линией знака до границы ширины знака (рис. 1б) и промежуток (b) между противоположными вертикальными линиями знака (рис. 1в). Т.е. измеряется толщиной контура знака (рис. 1б) расстояние от одного вертикального позиционного элемента отображения до границы (рис. 1б) ширины знака (a) и измеряется расстояние промежутка (b) между двумя вертикальными позиционными элементами (ширина «окна») знака (рис. 1в).

Рассматривается возможность различения одного (рис. 1б) вертикального позиционного элемента в одном случае и возможность различения каждого позиционного элемента отображения (рис. 1в), во втором случае, при одной и той же ширине знака. Частное от деления, a/b (безразмерное число) можно характеризовать как относительную величину разрешающей способности знака или величину коэффициента разрешающей способности знака по ширине

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

(Кр.с.ш = a/b). Чем больше эта величина (Кр.с.ш = a/b), тем ниже разрешающая способность по ширине знака. Т.е., величина этого отношения (a/b > 1) уменьшает возможность различения каждого из двух позиционных элементов отображения (рис.1в) по отношению к возможности различения лишь одного позиционного элемента отображения при отсутствии второго позиционного элемента отображения (рис.1б), при одной и той же ширине знака. Отношения a/b (коэффициент разрешающей способности Кр.с.ш = a/b) будет равен: Кр.с.ш = 7 мм/6 мм = 1.17. Точно так же при тех же размерах коэффициент разрешающей способости знака по вертикали будет равен: К.р.с.в = c/d = 7 мм/6 мм = 1.17. Коэффициент разрешающей способности знака равен произведению коэффициента разрешающей способости знака по ширине (Кр.с.ш) на коэффициент разрешающей способости по высоте знака (Кр.с.в): Кр.с.зн = Кр.с.ш х Кр.с.в [3]. Увеличить разрешающую способность знаков можно изменением начертания их. Изменение начертания знаков позволяет добиться максимального различения и наилушего восприятия при наименьшем коэффициенте разрешающей способности их. Параметры знаков при их восприятии разделяются на стадии: обнаружение знака и различения знака [1, с. 46]. *Обнаружение* – стадия восприятия, на которой оператор выделяет знак из фона. При этом устанавливается лишь наличие знака в поле зрения без оценки его формы и признаков. Воспринимается общая площадь высветившихся элементов знака на фоне общей площади «окна» знака [1, с. 46]. *Различение* – стадия восприятия, на которой оператор способен выделить элементы отображения, расположенные параллельно на некотором расстоянии друг от друга [1, с. 46]. Воспринимается высветившаяся площадь знака с разделением на участки с параллельно расположенными элементами его, определяемая разрешающей способностью.

Величина эквивалентной площади обнаружения знака [3] определяется как произведение величины площади контура знака из высветившихся элементов его (Sт.э.) на величину плодщади «окна» знака из невысветишихся элементов его (Sок) отнесенная к величине площиди формата знака (Sф=Sт.э. + Sок):

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

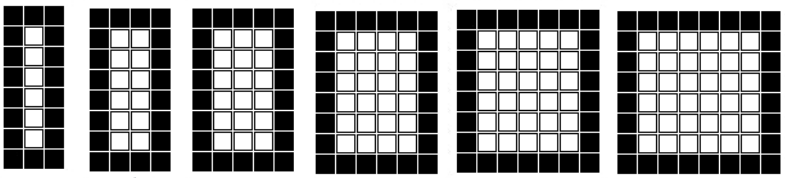
Sобн = (Sт.э. x Sок): (Sт.э. + Sок). Эта величина не зависит от коэффициента разрешающей способности знака.

Величина эквивалентной площади различения знака [3] определяется как частное от деления величины эквивалентной площади обнаружения знака (Sобн) на величину коэффициента разрешающей способности знака (Кр.с.зн): Sрзл = Sобн: Кр.с.зн.

На основании этих формул определены величины эквивалентной площади различения (рис. 2ж, таб. 1, рис. 2з, таб. 2, рис. 2и, таб. 3) начертания знаков (рис. 2а–е) в зависимости от габаритрного размера форматов их и коэффициента разрешающей способности знаков.

Из этих таблиц на основании начертания знаков и их габаритного размера, видно, что с уменьшением коэффициента разрешающей способности знака (Кр.с.зн) увеличивается величина (Sрзл) эквивалентной площади различения его от 1.92 мм^2 до 5.13 мм^2 (таб. 1, таб. 2 – верхние строки таблиц, соотвентственно). Причем, восприятие знаков улучшается настолько, что величина эквивалентной площади (Sрзл = 5.13 мм^2) различения знака (таб. 2 – верхняя строка) при габаритном размере его, равном Sзн = 24 мм^2, превышает величину эквивалентной площади (Sрзл = 4.27 мм^2) различения знака (таб. 1 – 2-ая строка сверху) при большем габаритном размере его, равном Sзн = 32 мм^2. Если начертания знаков ограничить только одной линией по вертикали и одной линией по горизонтали [4], доведя коэффициент разрешающей способности до минимума (таб.№3-верхняя строка), равном 1 (Кр.с.зн = 1), то восприятие знаков еще улучшится (Sрзл = 5.83мм^2). Но возрастание величины эквивалентной площади различения знака (Sрзл) при большом габаритном размере его ограничивается небольшой величиной площади контура знака (Sт.э.) из высветившихся элементов его (рис. 3а) в сравнении с величиной площади его «окна» (Sок).

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

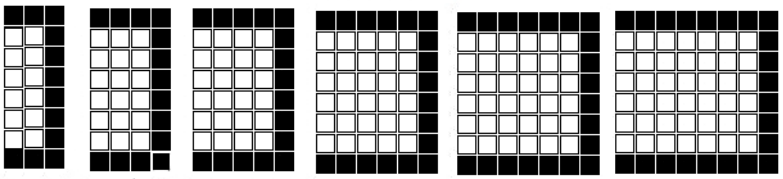


а б в г д е

Таблица №1

№ рис.	a мм	b мм	a/b Кр.с.ш	c мм	d мм	c/d Кр.с.в	Кр.с.зн	Sзн мм2	Sтэ мм2	Sок мм2	Sобн мм2	Sрзл мм2
а	2	1	2.00	7	6	1.17	2.34	24	18	6	4.50	1.92
б	3	2	1.50	7	6	1.17	1.76	32	20	12	7.50	4.27
в	4	3	1.33	7	6	1.17	1.57	40	22	18	9.90	6.36
г	5	4	1.25	7	6	1.17	1.46	48	24	24	12.00	8.20
д	6	5	1.20	7	6	1.17	1.40	56	26	30	13.93	9.92
е	7	6	1.17	7	6	1.17	1.37	64	28	36	15.75	11.50

ж

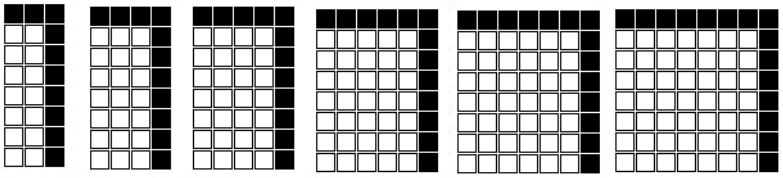


а б в г д е

Таблица №2

№ рис.	a мм	b мм	a/b Кр.с.ш	c мм	d мм	c/d Кр.с.в	Кр.с.зн	Sзн мм2	Sтэ мм2	Sок мм2	Sобн мм2	Sрзл мм2
а	2	2	1.00	7	6	1.17	1.17	24	12	12	6.00	5.13
б	3	3	1.00	7	6	1.17	1.17	32	14	18	7.88	6.74
в	4	4	1.00	7	6	1.17	1.17	40	16	24	9.60	8.20
г	5	5	1.00	7	6	1.17	1.17	48	18	30	11.25	9.62
д	6	6	1.00	7	6	1.17	1.17	56	20	36	12.86	10.99
е	7	7	1.00	7	6	1.17	1.17	64	22	42	14.44	12.34

з



а б в г д е

Таблица №3

№ рис.	a мм	b мм	a/b Кр.с.ш	c мм	d мм	c/d Кр.с.в	Кр.с.зн	Sзн мм2	Sтэ мм2	Sок мм2	Sобн мм2	Sрзл мм2
а	2	2	1.00	7	7	1.00	1.00	24	10	14	5.83	5.83
б	3	3	1.00	7	7	1.00	1.00	32	11	21	7.22	7.22
в	4	4	1.00	7	7	1.00	1.00	40	12	28	8.40	8.40
г	5	5	1.00	7	7	1.00	1.00	48	13	35	9.48	9.48
д	6	6	1.00	7	7	1.00	1.00	56	14	42	10.50	10.50
е	7	7	1.00	7	7	1.00	1.00	64	15	49	11.48	11.48

и

a=b+s, где
b - ширина площади "окна"
s - толщина контура знака
c=d+s, где
d - высота площади "окна"

Кр.с.ш=a/b Кр.с.в.=c/d
Кр.с.ш=(b+s):b Кр.с.в.=(d+s):d

Кр.с.зн = Кр.с.ш x Кр.с.в

Рис. 2. Определение величины эквивалентной площади различения знака

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Но возрастание величины эквивалентной площади различения знака (Sрзл) при большом габаритном размере его ограничивается небольшой величиной площади контура знака (Sт.э.) из высветившихся элементов его (рис. 3а) в сравнении с величиной площади его «окна» (Sок).

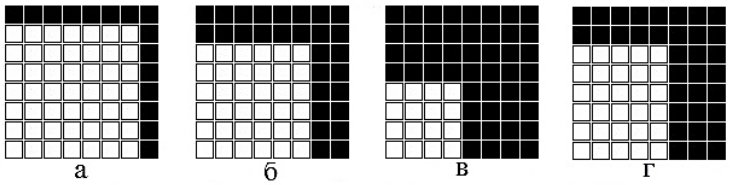


Таблица №4

№ рис.	a мм	b мм	a/b Кр.с.ш	c мм	d мм	c/d Кр.с.в	Кр.с.зн	Sзн мм^2	Sтэ мм^2	Sок мм^2	Sобн мм^2	Sрзл мм^2
а	7	7	1.00	7	7	1.00	1.00	64	15	49	11.48	11.48
б	6	6	1.00	6	6	1.00	1.00	64	28	36	15.75	15.75
в	4	4	1.00	4	4	1.00	1.00	64	48	16	12.00	12.00
г	5	5	1.00	6	6	1.00	1.00	64	34	30	12.00	15.94

д

a=b+s, где
b - ширина площади "окна"
s - толщина контура знака
c=d+s, где
d - высота площади "окна"

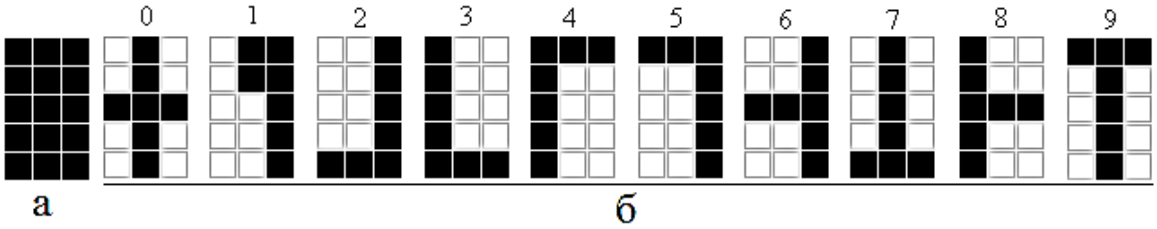
Sобн=(Sтэ+Sок):Sзн
Sрзл=Sобн:Кр.с.зн
Кр.с.зн = Кр.с.ш x Кр.с.в

Рис. 3. Достижение максимальной величины эквивалентной площади различения знака (Sрзл) толщиной контура его

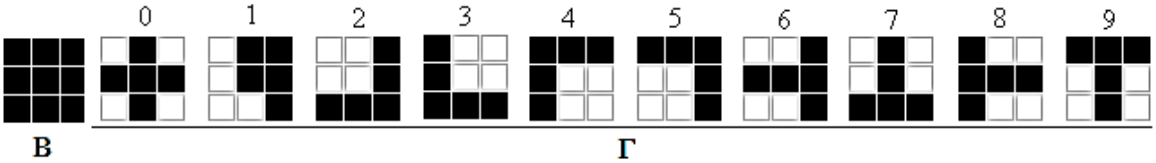
Чем ближе соотношение (Sтэ. : Sок) приближается к 1, тем ближе величины эквивалентной площади обнаружения (Sобн) и, соответствено, различения (Sрзл) знака приближаются к максимальной величине для данного формата знака: Sрзл = Sобн = Sзн/4 [4]. Увеличив толщину контура знака в два раза (рис.3б), величина эквивалентной площади различения знака (Sрзл = 15.75 мм^2) приближается к максимальной своей величине равной: Sрзл макс = Sзн : 4 = 64 мм^2 : 4 = 16 мм^2. При увеличении толщины контура знака в три раза (рис.3в) величина эквивалентной площади различения знака (Sрзл = 12мм^2) уменьшилась. Нарушилось равенство величин площади контура знака (Sт.э.) и площади его «окна» (Sок). Если снизить число точечных элементов в контуре знака, приближая величину площади его (Sт.э. = 34 мм^2) к величине площади «окна знака (Sок = 30 мм^2), то эквивалентная величина площади различения знака (Sрзл = 15.75мм^2) приблииться к максимальной своей величине (рис. 3г, таб. 4 – нижняя строка).

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

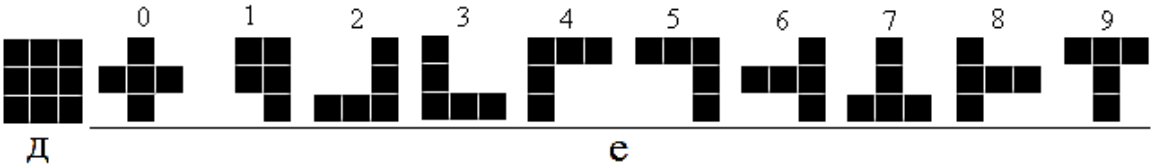
На основании предлагаемого выше начертания цифровых знаков, разработан [4] формат (рис. 4а) новых цифровых знаков (рис. 4б) с наилучшим различением их и постоянным числом точечных элементов на знак [3].



Цифровой формат с видом мвтрицы 3х5(а) и цифровые знаки на его основе (б)



Цифровой формат с видом матрицы 3х3 (в) и цифровые знаки на его основе (г)



Цифровой формат с видом матрицы 3х3 с наименьшими промежутками между точечными элементами (д) и цифровые знаки на его основе (е)

Таблица №5

Рис.4	Цифровой формат	Sф мм^2	t мм	s мм	s^2 мм^2	n	Sт.э. мм^2	Sок мм^2	Sобн мм^2	Sрзл мм^2
а, б	3х5	20.53	0.30	0.95	0.90	7	6.32	14.21	4.37	4.37
в, г	3х3	11.90	0.30	0.95	0.90	5	4.50	7.40	2.80	2.80
д, е	3х3	11.90	0.09	1.09	1.19	5	5.95	5.95	2.975	2.975

Sф=(3s+2t)x(5s+4t) для формата 3х5

Sф=(3s+2t)x(3s+2t) для формата 3х3

Sт.э.=n x s^2

Sок=Sф-Sт.э.

Sрзл = Sобн : Кр.с.зн = (Sт.э. x Sок) : Sф

Кр.с.зн =1

Sидн = Sрзл : n

ж

Рис. 4. Параметры цифровых знаков с постоянным числом точечных элементов в них на основе цифрового формата с видом матриц 3 х 5 и 3 х 3

При сравнении величины эквивалпентной площади различения (Sрзл = 1.92 мм^2 – рис. 2, таб. 1 – верхняя строка,) начертания знака с большим коэффициентом разрешающей способности его (Кр.с.зн = 2.34) с величиной эквивалентной площади различния (Sрзл = 4.37мм^2 – рис. 4, таб. 5 – верхняя

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

строка,) начертания знаков (рис. 4б), у которых наименьшая величина коэффициента разрешающей способности (Кр.с.зн = 1) очевидно преимущество последних по восприятию, у которых в начертании знака параллельные линии отсутствуют. При уменьшении формата по высоте в два раза (рис. 4в), величина эквивалентной площади различения (Sрзл = 2.80 мм^2 – рис. 4, таб. 5 – вторая строка,) начертания знака уменьшилась в 1.5 раза. При уменьшении промежутка между элементами цифрового формата, без изменения габаритного размера его, величина эквивалентной площади различения знака достигает максимальной величины Sрзл = Sф/4 = 2.975 мм^2.

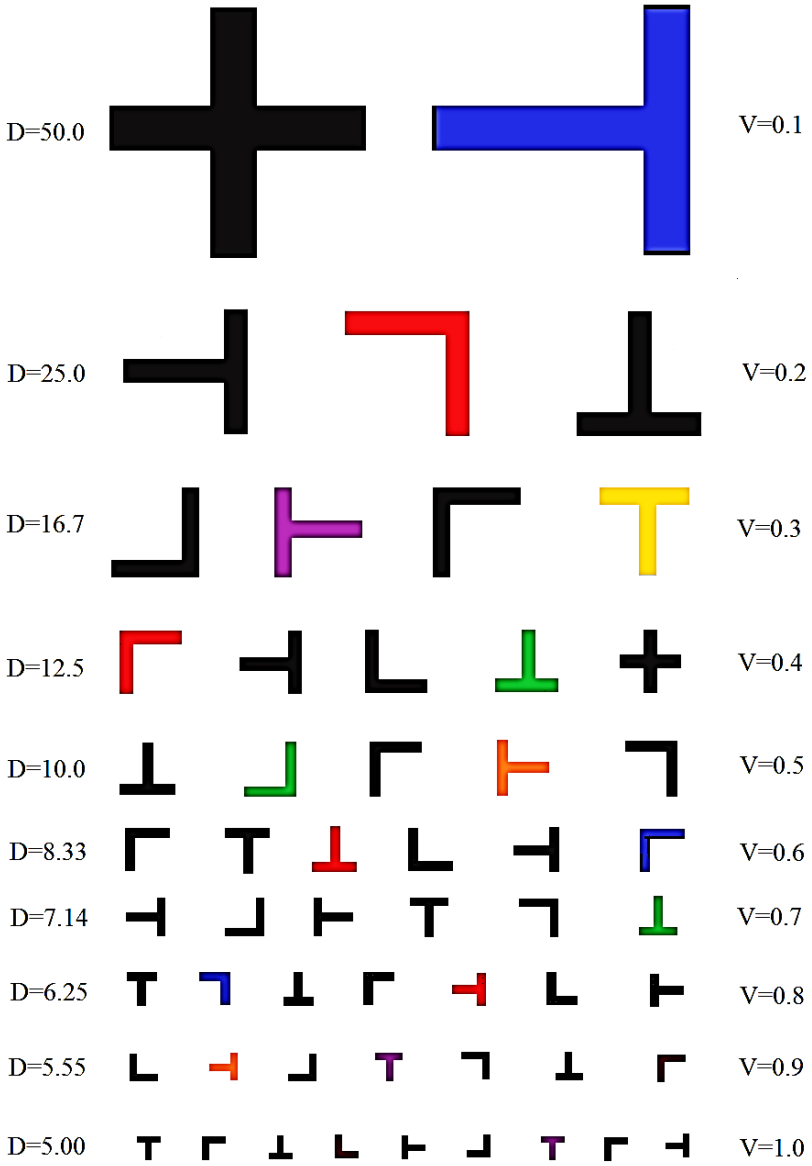


Рис. 5. Оптотипы с одним и тем же угловым размером знаков по каждому ряду, а также одинаковое восприятие знаков на стадиях различения и идентификации

Содержимое доступно по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)

Качественное начертание цифровых знаков, приведет к безошибочному прочтению цифровой информации не только в устройствах для индикации, но и может быть применено, например, при начертании знаков, не связанных с электроникой – в таблицах для проверки остроты зрения (рис. 5). Поскольку все знаки имеют одну и ту же величину эквивалентной площади различения, то опознания любого знака по строке безошибочно. Поэтому таблицу можно использовать и для проверки на дальтонизм.

Список литературы

1. Алиев Т.М. Системы отображения информации / Т.М. Алиев, Д.И. Вигдоров, В.П. Кривошеев. – М.: Высшая школа, 1988.

2. Печников А.В. Средства передачи и отображения информации / А.В. Печников, Г.В. Сидоренко, С.А. Федорова. – М.: Радио и связь, 1991.

3. Патент №2338270 на изобретение «Индикатор матричный с наилучшим восприятием цифровых знаков», выдан 19.11. 2008 года. Автор А.В. Патраль.

4. Патент №2417455 на изобретение «Индикатор девятипозиционный». Выдан 27 апреля 2011 года. Автор А.В. Патраль.

Content is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (CC-BY 4.0)