

АНАЛИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ШРИФТОВ ПРИ РОСТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИМВОЛОВ СРЕДСТВАМИ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ**Горячкин Б.С.***кандидат технических наук, доцент;**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,***Сабиров А.А.***магистр второго года обучения,**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,***ANALYSIS OF THE OPTIMAL FONTS WITH THE GROWTH INDICATORS OF THE QUALITY OF THE REPRODUCTION OF CHARACTERS BY MEANS OF DISPLAY INFORMATION****Goryachkin B.S.***candidate of technical Sciences, associate Professor,**Moscow State Technical University names Bauman,***Sabirov A. A.***master of the second year, Moscow State Technical University. names Bauman,***АННОТАЦИЯ**

Проблема устойчивого и эффективного восприятия больших объемов текстовой информации актуальна ни один десяток лет. Постоянное улучшение характеристик видеотерминальных устройств, в частности, высокое разрешение дисплея и соответственно повышенная плотность точек на дюйм, заставляет к этому вопросу возвращаться вновь и вновь.

Статья посвящена вопросам увеличения производительности чтения на основе оценки и выбора оптимального шрифта, используя в качестве критерия коэффициент оптимальности. Также затронут вопрос улучшения качества восприятия текстовой информации в зависимости от технических показателей матрицы средства отображения при использовании движков рендеринга.

ANNOTATION

The problem of sustainable and effective perception of large amounts of text information is relevant for decades. A continuous improvement of characteristics VideoTerminal devices, in particular, high-resolution display and, accordingly, the increased density of dots per inch, makes this question to come back again and again.

The article is devoted to the issues of increasing the reading performance based on the evaluation and selection of the optimal font, using as a criterion the coefficient of optimality. The issue of improving the quality of perception of text information depending on the technical indicators of the matrix of the display tool when using rendering engines is also touched upon.

Ключевые слова. Шрифт, символы, разрешение, матрица, средства отображения, пиксель, сглаживание, PPI, DPI, коэффициент оптимальности.

Key words. Font, symbols, resolution, matrix, display tools, pixel, smoothing, PPI, DPI, optimality factor.

Введение

Стабильный рост технических показателей средств отображения заставляют пересмотреть ряд устоявшихся шрифтов, используемых для отрисовки символов текста в приложениях на разных платформах. В особенности стоит отметить набирающий популярность термин HiDPI, обозначающий высокое разрешение матрицы и соответственно повышенную плотность точек на дюйм. Данный факт напрямую влияет на рендеринг символов.

К сожалению, для решения задачи выбора оптимальных шрифтов не обойтись без доли исследований на основе эмпирического подхода, т.к. на отображение даже одного малого символа влияют – форма символа, размер символа, разрешение матрицы, порядок субпикселей (чаще всего RGB), операционная система, библиотеки рендеринга 2D графики, специализирующиеся библиотеки рендеринга шрифтов. Соответственно для отображения

текста на любом современном устройстве – конкретный шрифт и каждый его символ проходит целый ряд преобразований [13].

Такие характеристики как набор символов, формы символов, а так же инструкции по их отображению по факту и определяют конкретный шрифт.

Отличительными характеристиками шрифта являются:

- Форма символа
- Верхний выносной элемент (ascender)
- Нижний выносной элемент (descender)
- Высота строки (line height)
- Базовая линия (baseline)

Значение каждой характеристики, определяющих отображение набора символов определены на рис.1.

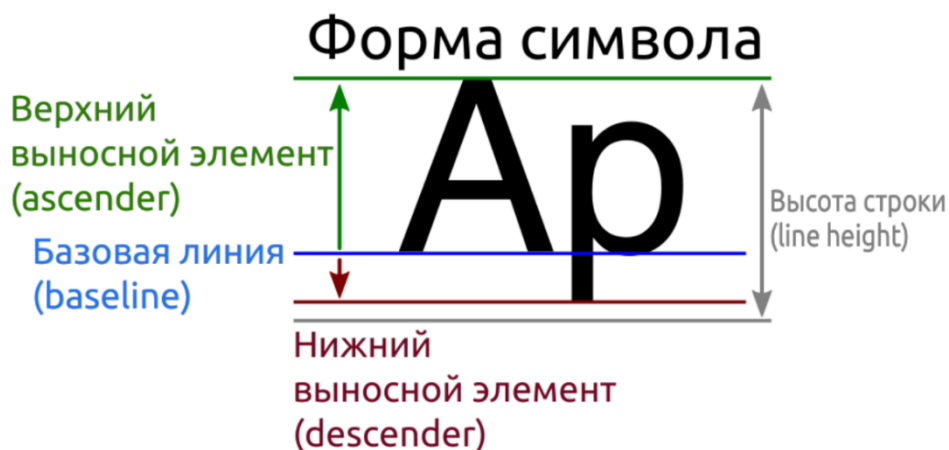


Рис.1. Значение входных характеристик, определяющих отображение набора символов

Системный анализ шрифтов на основе эмпирического подхода

За последние 20 лет было проведено множество исследований [1-10] по выбору оптимального шрифта для чтения и усвоения информации на основе эмпирических методов, посредством отбора

участников и замера таких показателей как: скорость чтения, уровень восприятия, концентрация, утомляемость и т.д. В табл. 1 указаны рассматриваемые шрифты и результаты исследований.

Таблица 1. Шрифты и результаты исследований.

Исследование	Объекты исследования	Методика	Показатели	Результат
Gregor Franken, 2014 [10]	Georgia, Verdana	50 участников. Каждый участник читал 50 различных текстов, каждый из которых отличался кол-вом слов, шрифтов и размером шрифта. Во время чтения с испытуемого снимались показатели с помощью устройства слежения за глазами Tobii X120 и ПО Tobii Studio 3.1.3.	Скорость чтения. Общее время концентрации испытуемого во время чтения. Количество интервалов повышенной концентрации во время чтения. Время концентрации на интервале. Частота движения глаз.	Verdana
Hill and Scharff, 1997 [1]	Arial, Courier New, and Times New Roman	43 участника, 180 тестов для каждого. Каждый тест заключается в чтении и поиске слова в тексте, означающего фигуру и поиск графического изображения этой фигуры в отдельном окне.	Время реакции на каждый тест и общее время выполнения всех тестов.	Times New Roman
Boyarski, Neuwirth, Forlizzi, and Regli, 1998 [2]	Georgia, Times new Roman, Verdana	26 участников (13 женщин и мужчин). 8 итераций чтения текстов с поиском слов не подходящих по смыслу, например слово "cake" было заменено на "fake" с последующей итерацией ответов на вопросы по смыслу текста.	Оценка правильных ответов на вопросы. Оценка шрифтов участниками по 4 показателям: распознаваемость, простота чтения, резкость (точность) текста, личное предпочтение (привлекательность) шрифта	Georgia, Verdana
Bernard and Mills, 2000 [3]	Arial, and Times New Roman	35 участников, 4 итерации, аналогичный подход как и в исследовании 1998 г., чтение текста и поиск подставных слов. Отличительное	Оценка скорости чтения. Оценка шрифтов участниками по 4 показателям: распознаваемость, простота	Arial

		условие – при обнаружении подставное слово проговаривалось вслух.	чтения, резкость (точность) текста, личное предпочтение (привлекательность) шрифта	
Bernard, Liao, and Mills, 2001 [4]	Arial, Verdana, Georgia, Times New Roman	27 участников, 8 итераций, аналогичный подход как и в исследовании 1998 г. К тесту добавлен шрифт Arial.	Оценка скорости чтения. Оценка шрифтов участниками по 4 показателям: распознаваемость, простота чтения, резкость (точность) текста, личное предпочтение (привлекательность) шрифта	Arial, Verdana
Bernard, Lida, Riley, and Janzen, 2002 [5]	Verdana, Arial, Times New Roman and Courier New	60 участников (33 из которых носили очки), подход аналогичен исследованию 2001 года. В исследовании были добавлены условия разного размера шрифта.	Оценка скорости чтения. Оценка шрифтов участниками по 4 показателям: распознаваемость, простота чтения, резкость (точность) текста, личное предпочтение (привлекательность) шрифта. Оценка показателей исследования в зависимости от размера шрифта.	Verdana
Sheedy et al., 2005 [9]	Arial, Georgia, Times New Roman, Verdana	30 участников, на столе перед участником располагались 3 источника текста: LCD монитор, CRT и печатная копия (300 dpi). Каждый источник равноудалён и расположен под одинаковым углом наклона. Испытуемый распознаёт символы и слова текста в нижнем и верхнем регистре с наименьшим размером шрифта для каждого из вариантов.	Оценка распознавания текста с наименьшим возможным размером шрифта в 4 вариантах: символы в нижнем и верхнем регистре, слова в нижнем и верхнем регистре.	Verdana
Li and Suen, 2010	15 шрифтов, включая Times New Roman, Arial	75 участников, вопросник из 27 тривиальных вопросов. Испытуемые были предупреждены о необходимости оценки каждого из шрифтов по 10-бальной шкале и уделяли второстепенное внимание правильным ответам.	Оценка скорости прохождения полного курса теста. Оценка распознаваемости испытуемым каждого шрифта по 10-бальной шкале.	Times New Roman
Ali, Wahid, Samsudin, and Idris, 2013 [8]	Georgia, Verdana, Times New Roman, Arial	48 участников разделены на 2 группы. Группы читали по 2 блока текста со сложной смысловой и грамматической нагрузкой. Группы отличались чтением текста с источников разного качества. Блоки текста разбивались на serif и sans-serif семейства шрифтов.	Оценка скорости чтения. Оценка усвояемости и смысловой нагрузки текста.	Georgia, Verdana
Hojjati and Muniandy, 2014 [7]	Times New Roman, and Verdana	30 участников, каждый из которых читал 4 блока текста в 1 итерацию. Каждый блок текста содержал шрифты из разных семейств sans-serif, serif.	Оценка скорости чтения. Оценка распознаваемости шрифтов участниками по 6-бальной шкале.	Verdana

На основе вышеуказанных исследований и результатов можно создать выборку наиболее целесообразных кандидатов:

Arial, Georgia, Times New Roman, Verdana

В исследовании [10], которое включает так же определение оптимального шрифта из Georgia и Verdana, указана зависимость между скоростью чтения, размером шрифта и длительностью концентрации (указаны на рис. 2 и 3).

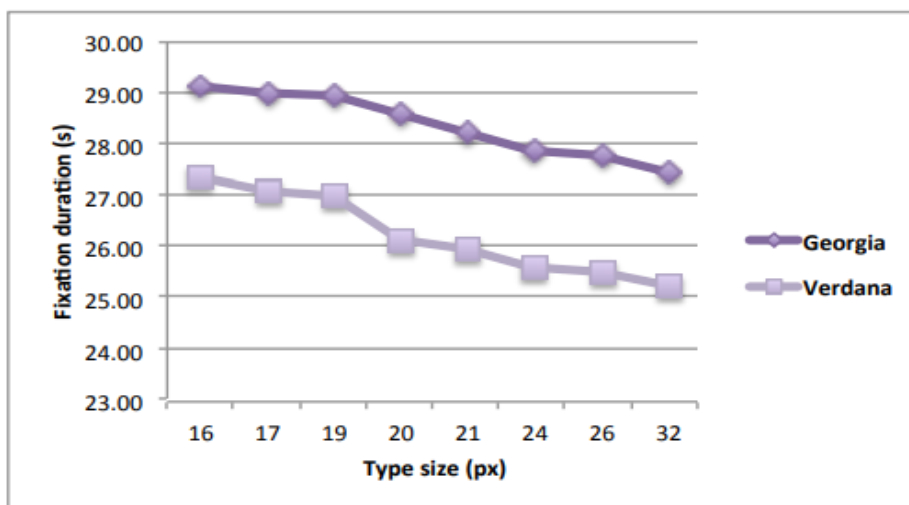


Рис. 2 Зависимость длительности концентрации от размера шрифта и семейства.

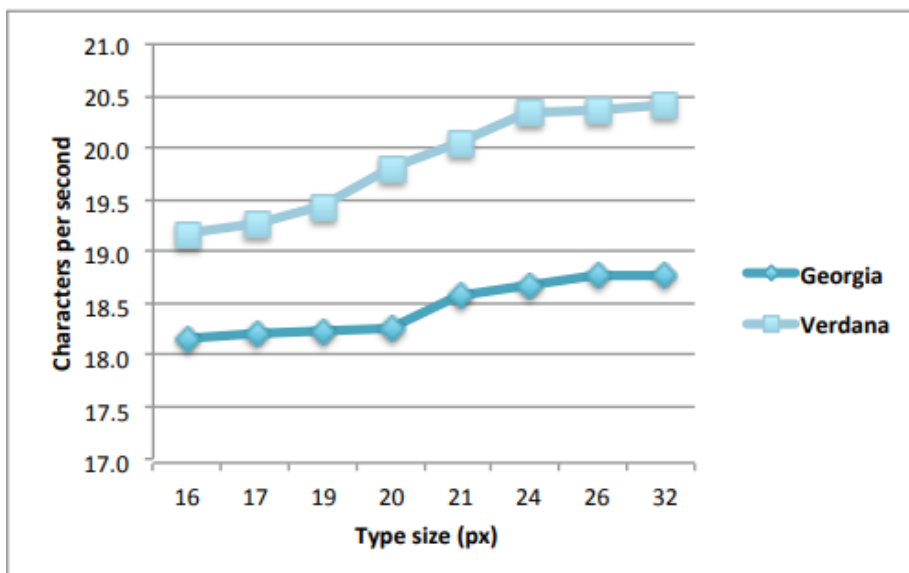


Рис. 3 Зависимость скорости чтения от размера шрифта и семейства.

Исследование проводилось на LCD мониторе 24 дюйма с разрешением 1920x1080 (FullHD). По результатам исследования – оптимальным размером шрифта является 12pt (16px), что подтверждает рекомендации стандарта ISO 12646 : 2008. PPI для данного монитора равен:

$$PPI = \frac{\sqrt{1920^2 + 1080^2}}{24} = 91,787798753 \quad (1)$$

В институте POLISAS (Politeknik Sultan Haji Ahmad Shah) было проведено масштабное исследование [11], в котором участвовали более 100 студентов в возрасте от 18 до 32 лет. Тестирование состояло из трёх этапов:

1. Поиск ошибок в тексте на время, что выявляло скорость чтения испытуемого и одновременно его концентрацию. Испытание проводилось итеративно, на каждой новой итерации выбирался иной шрифт. Цикл итераций проводился дважды на разных мониторах.

2. Испытуемый оценивал каждую из итераций и выносил вердикт предпочитаемого шрифта по 5-бальной шкале.

3. Испытуемый выбирал наименьший распознаваемый размер шрифта, достаточный для прохождения этапа 1.

Характеристики мониторов приведены в табл.

Таблица 2. Характеристики мониторов.

#	Разрешение по ширине	Разрешение по высоте	Диагональ	PPI
1	1920	1080	24	91.787798
2	1280	1024	24	68.298937

В дополнение к ранее определенным шрифтам, указанным на этапе 2 в этом испытании добавили популярные шрифты из других семейств Courier и Calibri.

Таблица 3. Результаты испытаний этапа 1.

PPI	Шрифт	Среднее значение успеха в %	Стандартное отклонение
68.3	Times New Roman	73.84	±15.6
	Courier	66.67	±15.681
	Georgia	70.77	±21.640
	Arial	83.27	±14.574
	Verdana	79.29	±16.682
	Calibri	85.12	±17.476
91.8	Times New Roman	72.41	±13.305
	Courier	70.95	±15.603
	Georgia	80.05	±13.706
	Arial	85.81	±13.979
	Verdana	87.72	±13.644
	Calibri	93.86	±12.119

Таблица 4. Результаты оценки шрифтов после прохождения этапа 1.

PPI	Шрифт	Среднее значение оценки	Стандартное отклонение
68.3	Times New Roman	2.66	±0.853
	Courier	2.82	±0.769
	Georgia	2.85	±0.681
	Arial	2.85	±0.800
	Verdana	3.05	±0.654
	Calibri	2.70	±0.789
91.8	Шрифт	Среднее значение оценки	Стандартное отклонение
	Times New Roman	2.76	±0.633
	Courier	2.84	±0.632
	Georgia	3.03	±0.535
	Arial	2.97	±0.602
	Verdana	3.01	±0.617
Calibri	3.03	±0.476	

Показатель оптимальности шрифта учитывает не только скорость прохождения теста испытуемым, но и качество восприятия, то есть конкретное предпочтение испытуемого [12].

На примере шрифта Times New Roman мы наблюдаем уменьшение процента успеха при увеличении PPI, но в то же время оценка предпочтений испытуемых – выше. Снижение показателей производительности чтения при увеличении показателя PPI – есть ни что иное, как погрешность, нивелировать которую возможно с помощью оценки предпочтения испытуемого (далее используемой как коэффициент в оценке оптимальности). Применим оценку шрифта испытуемыми как коэффициент оптимальности для сравнения прогнозируемых значений оптимальности:

$$F = S * C \quad (2),$$

где S – оценка процента успеха,
C - коэффициент в оценке оптимальности
Воспользуемся линейной интерполяцией для двух точек

$$G_f = (F_1 - F_0) / (PPI_1 - PPI_0) \quad (3)$$

Чем выше значение результата линейной интерполяции – тем большее влияние PPI имеет на показатель оптимальности шрифта.



Рис. 5 Представление размытых областей

Соответственно, чем выше PPI – тем меньший набор пикселей необходимо сглаживать для более чёткого отображения, тем меньшее кол-во субпикселей имеет значение байта в интервале от $0 < \text{subpix_byte} < 255$.

Стоит отметить, что битмар представленный на рис.5 является инвертированным. Если в классическом RGB чёрный цвет представляет $\text{rgb}(0, 0, 0)$, а тёмно-серый $\text{rgb}(50, 50, 50)$, то для анализа соотношения по инвертированной карте мы понимаем чёрный как $\text{rgb}(255, 255, 255)$ и тёмно-серый, как $\text{rgb}(200, 200, 200)$.

Для подсчёта соотношения субпикселей, имеющих тон светлее чёрного ($0 < \text{subpix_byte} < 255$, образованных в результате применения

субпиксельного сглаживания) и субпикселей имеющих явный чёрный тон 255 был написан скрипт на языке Python. Скрипт производил рендеринг каждого символа во всех представленных шрифтах с помощью библиотеки `libfreetype`, конвертировал символ в битмар представление и считал соотношение сглаживаемых и “родных” субпикселей, представляющих форму символа. Итог обработки каждого шрифта – суммарное соотношение по всем символам шрифта. Чем выше значение соотношения – тем меньшее кол-во субпикселей подвергались необходимости сглаживания. Всего было проведено 2 итерации с разными значениями PPI. Результаты – в табл. 7

Таблица 7. Результаты расчёта соотношения субпикселей разного оттенка

	Times New Roman	Courier	Arial	Georgia	Verdana	Calibri
ppi 163	4.45381526	5.87595945	6.44800000	5.15716066	6.36855458	5.97269319
ppi 72	1.94071385	2.32031250	2.66815742	2.21109570	2.62736933	2.27625612
Delta	2.51310141	3.55564695	3.77984258	2.94606496	3.74118525	3.69643706

Проведём группировку шрифтов по семейству (табл. 8).

Таблица 8. Группировка по семейству

Шрифт	Показатель оптимальности	Семейство
Times New Roman	2.51310141	Serif
Calibri	3.69643706	Sans-Serif
Courier	3.55564695	Slab-Serif
Arial	3.77984258	Sans-Serif
Georgia	2.94606496	Serif
Verdana	3.74118525	Sans-Serif

Выводы

По результатам системного анализа шрифтов, включающего данные по ранее проведённым испытаниям с участием суммарно более 420 участников и последующего прогнозирования показателей с результативной оценкой оптимальности, выявлено – наибольшую дельту – то есть зависимость от PPI (и соответственно меньшее кол-во областей символа, требующих сглаживания, из которого следует лучшее качество отображения) имеют 3 шрифта Calibri, Arial и Verdana.

Применив методы алгоритмизации и программирования, удалось выявить влияние увеличения значения PPI на качество воспроизведения символов и соответственно их распознаваемость, лидерами среди которых оказались шрифты семейства Sans-Serif.

При сравнении результатов исследований на основе эмпирического подхода и выявления зависимости от применения алгоритмов сглаживания – выявлено аналогичное превосходство шрифтов семейства Sans-Serif (Calibri, Arial, Verdana), которые

имеют наиболее высокое влияние от увеличения значения PPI

Литература

- Hill, A., & Scharff, L. V. (1997). Readability of websites with various foreground/background color combinations, font types and word styles. <http://www.mmeissner.de/AHNCUR.html> (Дата обращения 10.12, 2018)
- Boyarski, D., Neuwirth, C., Forlizzi, J., & Regli, S. H. (1998). A study of fonts designed for screen display (pp. 87–94).
- Bernard, M., & Mills, M. (2000, July 8). So, What Size and Type of Font Should I Use on My Website? International Computer & Instructional Technologies Symposium. <http://usabilitynews.org/so-what-size-and-type-of-font-should-i-use-on-my-website/> (Дата обращения 10.12.2018)
- Bernard, M., Liao, C. H., & Mills, M. (2001). The effects of font type and size on the legibility and reading time of online text by older adults (p. 175). Presented at the CHI '01 extended abstracts, New York, USA: ACM Press.

5. Bernard, M., Lida, B., Riley, S., & Janzen, K. (2002, January 10). A Comparison of Popular Online Fonts: Which Size and Type Is Best? International Computer & Instructional Technologies Symposium. <http://usabilitynews.org/a-comparison-of-popular-online-fonts-which-size-and-type-is-best/> (Дата обращения 10.12.2018)
 6. Bernard, M. (2003). Criteria for optimal web design (designing for usability). Software Usability Research Laboratory. http://uwf.edu/ddawson/d3net/documents/web_usability/optimal%20web%20design.pdf (Дата обращения 10.12.2018)
 7. Hojjati, N., & Muniandy, B. (2014, April). The Effects of Font Type and Spacing of Text for Online Readability and Performance. Contemporary Educational Technology. <http://www.cedtech.net/articles/52/525.pdf> (Дата обращения 10.12.2018)
 8. Ali, A. Z. M., Wahid, R., Samsudin, K., & Idris, M. Z. (2013). Reading on the Computer Screen: Does Font Type has Effects on Web Text Readability? International Education Studies, 6(3).
 9. Sheedy, J. E., Subbaram, M. V., Zimmerman, A. B., & Hayes, J. R. (2005). Text Legibility and the Letter Superiority Effect. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 47(4), 797–815.
 10. Gregor Franken, University of Ljubljana, Eye-tracking Study of Reading Speed from LCD Displays: Influence of Type Style and Type Size <https://pdfs.semanticscholar.org/1c8b/28add30b7e505073d380bf94d2bf06bda380.pdf> (Дата обращения 10.12.2018).
 11. Ahmad Affendi Hashim1 and Mazlina Abdul Majid, EFFECTS OF VIDEO DISPLAY TERMINAL RESOLUTIONS TO THE LEGIBILITY OF TEXT ON A WEB PAGE http://ijsecs.ump.edu.my/images/archive/vol1/11Affendi_IJSECS.pdf (Дата обращения 10.12.2018).
 12. Горячкин Б.С. Шкала для оценки эргономичности способов отображения информации // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана 2014. – № 5 <http://technomag.bmstu.ru/doc/711864.html> (Дата обращения 15.08.2016). DOI: 10.7463/0514.0711864.
 13. Горячкин Б. С., Яроц Е. В. Метод для определения эргономичности текстовых редакторов// Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/747487.html> (дата обращения 20.11.2015).
 14. Соломыков В.С. Применение алгоритмов сглаживания к шрифтам формата TrueType // Вестник Московского государственного университета печати, 2012. № 6, Стр. 75-79.
- Literature**
1. Hill, A., & Scharff, L. V. (1997). Readability of websites with various foreground/background color combinations, font types and word styles. <http://www.mmeissner.de/AHNCUR.html> (accessed 10.12.2018)
 2. Boyarski, D., Neuwirth, C., Forlizzi, J., & Regli, S. H. (1998). A study of fonts designed for screen display (pp. 87-94).
 3. Bernard, M., & Mills, M. (2000, July 8). So, What Size and Type of Font Should I Use on My Website? International Computer & Instructional Technologies Symposium. <http://usabilitynews.org/so-what-size-and-type-of-font-should-i-use-on-my-website/> (accessed 10.12.2018)
 4. Bernard, M., Liao, C. H., & Mills, M. (2001). The effects of font type and size on the legibility and reading time of online text by older adults (p. 175). Presented at the CHI '01 extended abstracts, New York, USA: ACM Press.
 5. Bernard, M., Lida, B., Riley, S., & Janzen, K. (2002, January 10). A Comparison of Popular Online Fonts: Which Size and Type is Best? International Computer & Instructional Technologies Symposium. <http://usabilitynews.org/a-comparison-of-popular-online-fonts-which-size-and-type-is-best/> (accessed 10.12.2018)
 6. Bernard, M. (2003). Criteria for optimal web design (designing for usability). Software Usability Research Laboratory. http://uwf.edu/ddawson/d3net/documents/web_usability/optimal%20web%20design.pdf (accessed 10.12.2018)
 7. Hojjati, N., & Muniandy, B. (2014, April). The Effects of Font Type and Spacing of Text for Online Readability and Performance. Contemporary Educational Technology. <https://goo.gl/VSk6De> (accessed 10.12.2018)
 8. Ali, A. Z. M., Wahid, R., Samsudin, K., & Idris, M. Z. (2013). Reading on the Computer Screen: Does Font Type has Effects on Web Text Readability? International Education Studies, 6 (3).
 9. Speedy, J. E., Subbaram, M. V., Zimmerman, A. B., & Hayes, J. R. (2005). Text Legibility and the Letter Superiority Effect. Human Factors: the Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 47(4), 797-815.
 10. Gregor Franken, University of Ljubljana, Eye-tracking Study of Reading Speed from LCD Displays: Influence of Type Style and Type Size <https://pdfs.semanticscholar.org/1c8b/28add30b7e505073d380bf94d2bf06bda380.pdf> (date of application 10.12.2018).
 11. Ahmad Affendi Hashim1 and Mazlina Abdul Majid, EFFECTS of VIDEO DISPLAY TERMINAL RESOLUTIONS TO THE LEGALITY of TEXT on A WEB PAGE http://ijsecs.ump.edu.my/images/archive/vol1/11Affendi_IJSECS.pdf (date of application 10.12.2018).
 12. Goryachkin B. S. Scale for assessing the ergonomics of information display methods // Science and education: scientific publication of MSTU. N. Eh. Bauman 2014. - № 5 <http://technomag.bmstu.ru/doc/711864.html> (accessed 15.08.2016). DOI: 10.7463 / 0514.0711864.
 13. Goryachkin B. S., Yarots E. V. Method for determining the ergonomics of text editors// Engineering Bulletin. MGTU im. N. Eh. Bauman. Electron. log. Mode of access: <http://engbul.bmstu.ru/doc/747487.html> (accessed on 20.11.2015).
 14. Solomykov V. S. Application of smoothing algorithms to fonts with TrueType fonts // Vestnik of the Moscow state University of press, 2012. No. 6, Page. 75-79.