

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ В УСТРОЙСТВАХ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ БУМАГИ

Верещагин В. Ю.  
Московский Политех

## **Abstract**

Devices based on electronic paper have lower capability of line reproduction than printing. Comparison of the acutance and MTF between mentioned devices and printing confirmed it. Therefore, it is necessary to optimize the process of selecting book fonts, paying attention to the limitations of the devices. Author proposes simulation of letter visualization process on electronic paper and evaluation with SSIM of reproduction quality of fonts with different typefaces and sizes. Results show the possibility of assessing the quality of reproduction of text information in devices based on electronic paper.

**Key words:** *typeface, SSIM, electronic paper.*

## **Введение**

Воспроизведение текстовой информации на дисплеях устройств столкнулось с той же проблемой, что печать в 80-х годах с появлением принтеров, где максимальное разрешение печати составляло 300 точек на дюйм, т.е. с проблемой низкого качества. Решением проблемы была ручная доработка шрифта для повышения качества их отображения при печати [1]. В 90-х годах использование хинтинга в гарнитурах шрифтов при растеризации было необходимо для обеспечения читаемости текста. При современных характеристиках дисплеев он нужен уже для повышения качества отображения информации и приближения качества воспроизведения на экране к печатному воспроизведению [2]. На текущий момент разработаны шрифты, предназначенные для воспроизведения информации на дисплеях [3]. Вопросу оценки качества воспроизведения текстовой информации в устройствах, в частности, в устройствах на основе электронной бумаги посвящена статья [4]. В ней описана проблема использования шрифтов, разработанных для полиграфического воспроизведения, при отображении текстовой информации в устройствах на основе электронной бумаги. Она связана

с более сильным размытием мелких деталей, например, соединительные штрихов и засечек, при отображении информации на устройствах в сравнении с полиграфическим воспроизведением. Была представлена методика выбора знаков шрифта для анализа и рассмотрен способ оценки качества воспроизведения текстовой информации на электронной бумаге. Данный способ использует для анализа макрофотографии воспроизведенного на электронной бумаге знака шрифта с дальнейшим выделением контура и оценкой параметров внутри выделенного контура. Недостатками данного метода являются трудоемкость получения данных для анализа, зависимость от параметров и условий съемки и отсутствие учета искажений знака за пределами выделенного контура, хотя читателем эта часть воспринимается. Для устранения этих недостатков предложен метод оценки качества воспроизведения шрифтовой информации, где изображения знаков шрифта получаются с использованием модели формирования изображения на электронной бумаге. Модель показала свою адекватность при оценке ФПМ [5]. Далее сопоставляются изображения исходного знака шрифта и знака, смоделированного на электронной бумаге, проводится оценка различий в изображении, и шрифту выставляется оценка на основе индекса структурного сходства — SSIM [6], по которой в дальнейшем его можно сравнить с другими шрифтами. Других методов оценки качества воспроизведения текстовой информации на дисплеях обнаружено не было.

Цель данной работы — разработка новой, усовершенствованной модели воспроизведения знака шрифта в устройстве на основе электронной бумаги и исследование возможности оценки качества воспроизведения текстовой информации в устройствах данного типа с применением индекса структурной схожести SSIM.

Модель воспроизведение знака шрифта в устройстве на основе электронной бумаги

Модель, описанная в статье [5], была доработана для воспроизведения знаков шрифта. Её входными параметрами стали:

1. средний размер микрокапсул, мкм;
2. размер управляющего электрода, мкм;
3. размер моделируемого поля экрана, количество электродов;
4. шрифт;
5. кегль, пт;
6. сдвиг воспроизводимого знака, оцениваемая в долях управляющего электрода;
7. Размер и разрешение изображений, используемых для дальнейшего анализа — пиксели и пиксели на дюйм.

Модель не учитывает влияние на изображения слоев, описанных в [7]: антибликового покрытия, световода подсветки и сенсорной панели.

Процесс моделирования воспроизведения знака шрифта в устройстве на основе электронной бумаги с заданными параметрами проходит в 5 этапов:

1. Создается исходный сигнал — изображение знака шрифта. Воспроизводится знак заданного шрифта, кегля и со сдвигом. Для дальнейшего анализа используется размер и разрешение изображения.

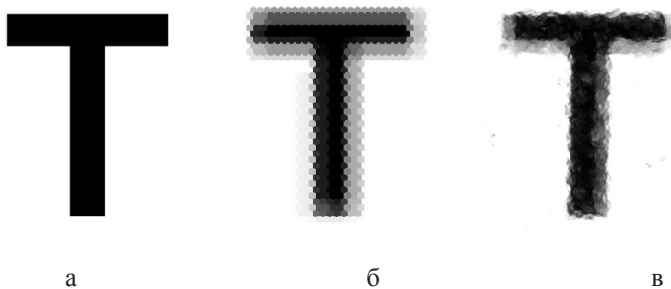
2. Исходный сигнал дискретизируется в соответствии со структурой управляющих электродов, учитывается размер и количество управляющих электродов. Знак шрифта растеризуется с использованием сглаживания и хинтинга.

3. Понижается разрядность квантования с 8 бит до 4, чтобы число градаций соответствовало современным возможностями электронной бумаги [8].

4. Формируется слой микрокапсул. Он моделируется с помощью кругов заданного размера с минимальным пространством между ними. Смоделированным микрокапсулам присваивается соответствующая градация, рассчитанная как средняя светлота внутри капсулы.

5. В результате формируется два изображения: исходное изображение знака шрифта и его смоделированное воспроизведение в устройстве на основе электронной бумаги.

На рисунке 1 представлены: а) пример знака шрифта, б) знака, воспроизведенного с помощью разработанной модели, в) макрофотография этого же символа на экране реального устройства.



*Рис. 1: Знак «Т»: а – изображение исходного сигнала, б – изображение знака, воспроизведенного с помощью модели, в – макрофотография знака, воспроизведенного на устройстве*

Метод оценки качества воспроизведения текстовой информации и результаты

При наличии изображения исходного сигнала для оценки качества воспроизведения текстовой информации можно использовать показатели группы полного сопоставления [9]. В качестве такого показателя был выбран индекс структурного сходства (SSIM), так как он является популярной метрикой, реализован на многих языках программирования, учитывает структурные изменения и является развитием популярных метрик PSNR и MSE.

Рассчитывается индекс структурного сходства между изображением исходного сигнала и изображением знака, воспроизведенного с помощью модели. При расчете не учитывались участки изображения, имеющие полное сходство, т.е. значения, равные 1. Такое изменение в расчет индекса было внесено, чтобы оценка не зависела от площади фона и участков, где исходный сигнал совпал с воспроизведением. Если два изображения полностью идентичны, то SSIM равен 1. По мере роста разницы в изображениях SSIM уменьшается. Чтобы привести оценку полностью идентичных изображений к 0, а снижение качества вело к увеличению этой оценки, была использована формула:

$$I = \frac{1}{SSIM} - 1,$$

где  $I$  — индекс различия изображений, SSIM — рассчитанный индекс сходства изображений.

Для исследования возможности оценки качества воспроизведения текстовой информации в устройствах на основе электронной бумаги с помощью разработанной модели были созданы изображения знаков т, и, о, а в соответствии с методикой, изложенной в статье [4] анализ проводился для трех кеглей: 8, 10, 12 пунктов и 16 шрифтов двух групп:

1. рубленые шрифты: Calibri, Arial, Futura, Myriad Pro, Open Sans, PT Sans, Roboto, Verdana;
2. шрифты с засечками: Yeseva One, Times New Roman, Century Schoolbook, Georgia, Minion Pro, Palatino Linotype, Cambria, Book Antiqua.

Параметры микрокапсул, управляющих электродов были взяты в соответствии с характеристиками устройства Kobo Aura H2O [10] — средний размер микрокапсул 40 мкм, размер управляющего электрода 96 мкм, количество моделируемых электродов 64. Сдвиг осуществлялся на 0, 1/4, 2/4 и 3/4 размера электрода. В результате было получено

768 пар изображений, которые были оценены с помощью индекса различия изображений.

На рисунке 2 представлены средние значения индексов различия изображений со стандартным отклонением для двух групп шрифтов, описанных ранее. Рубленные шрифты показали результат незначительно лучше, чем шрифты с засечками.

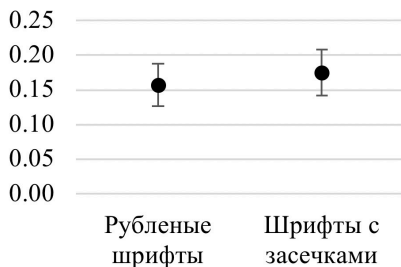


Рис. 2: Индекс различия изображений ( $\pm 1$  стандартное отклонение) для двух групп шрифтов

На рисунках 3 и 4 представлены средние значения индексов различия изображений со стандартным отклонением для отдельных шрифтов двух групп. По ним можно получить представление о том, как воспроизводятся знаки этими шрифтами, и о стабильности их воспроизведения. Чем ниже индекс различия изображений и меньше стандартное отклонение, тем лучше.

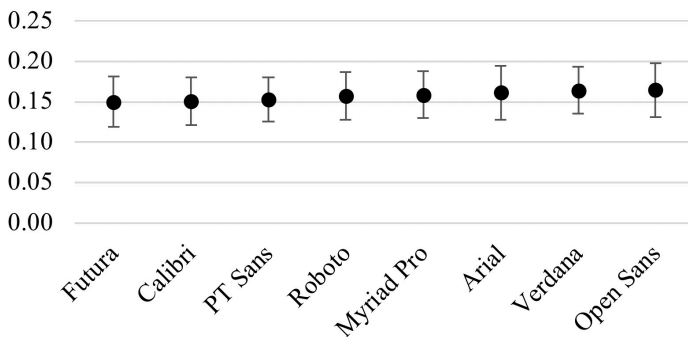
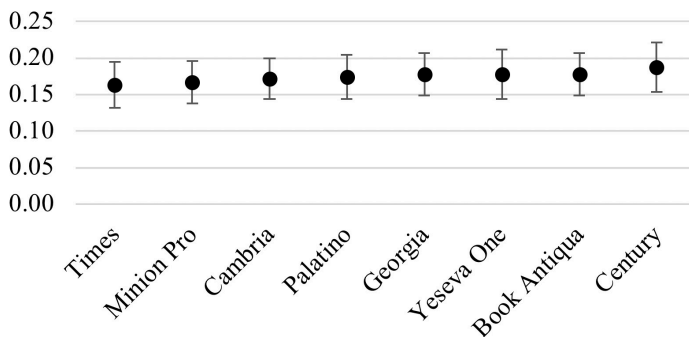


Рис. 3: Индекс различия изображений ( $\pm 1$  стандартное отклонение) отдельных шрифтов из группы рубленных



*Рис. 4: Индекс различия изображений ( $\pm 1$  стандартное отклонение) отдельных шрифтов из группы шрифтов с засечками*

При детальном исследовании индексов различий изображений и влиянии на них различных параметров, замечено, что наибольшее влияние на итоговую оценку шрифтов оказывают знаки т и и, так как они содержат вертикальные и горизонтальные элементы, претерпевающие наибольшие искажения при сдвиге знака относительно сетки управляющих электродов.

По полученным данным среди исследованных шрифтов рекомендуется использовать шрифты гарнитур Futura и Times New Roman.

## **Заключение**

Представлена модель воспроизведения знаков шрифта в устройствах на основе электронной бумаги. По полученным с ее помощью изображениям исследована возможность оценки качества воспроизведения текстовой информации в устройства на основе электронной бумаги, получены индексы различия изображений. Предложенный метод оценки не выявил значительных различий при воспроизведении знаков шрифтами различных гарнитур. Дальнейший путь развития методики может включать добавление фактора визуального восприятия, учет характера искажений, происходящих на границе знаков.

## Литература

1. Taylor, C. (2004). Appearance matters. Lovelace Lecture [interaktyvus], <http://www.eprg.org/computerphile/ctaylor-lovelace.pdf>
2. Stamm, B. (2011) The Raster Tragedy at Low-Resolution Revisited: Opportunities and Challenges beyond “Delta-Hinting” [interaktyvus], <http://www.rastertragedy.com/>
3. Will-Harris, D. Georgia & Verdana Typefaces designed for the screen [interaktyvus], <http://www.will-harris.com/verdana-georgia.htm>
4. Верещагин, В. Ю.; Андреев, Ю. С. Воспроизведение шрифтовой информации в устройствах на основе электронной бумаги Вестник МГУП, 2015, №6, с. 21–24.
5. Верещагин, В. Ю.; Андреев, Ю. С. Модель формирования изображения на электронной бумаге Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2016, № 1, с. 69–75.
6. Wang, Z.; Bovik, A. C.; Sheikh, H. R.; Simoncelli, E. P. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity *IEEE Transactions on Image Processing*, 2004, vol. 13, no. 4, pp. 600-612.
7. Johnson, B.; Atia, W.; Kuznetsov, M.; Larson, N.; McKenzie, E.; Mathur, V.; Goldberg, B.; Whitney, P. (2015). Optical teardown of a Kindle Paperwhite display by OCT *arXiv:1605.05174 [physics.optics]*
8. E-Ink Display Modules [interaktyvus], <https://www.eink.com/modules.html>
9. Zhang, L.; Zhang, L.; Mou, X.; Zhang, D. A comprehensive evaluation of full reference image quality assessment algorithms, 19th IEEE International Conference on Image Processing, Orlando, FL, 2012, pp. 1477-1480. doi: 10.1109/ICIP.2012.6467150
10. Kobo Aura H2O specifications [interaktyvus], <https://us.kobobooks.com/products/kobo-aura-h2o-edition-2>