

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ КАНАЛОВ ПРИ СОКРЫТИИ ИНФОРМАЦИИ В ПОЛУТОНОВЫХ ОТТЕНКАХ ПИКСЕЛОВ

М. Г. Савельева¹, П. П. Урбанович^{1,2}

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск
e-mail: saveleva@belstu.by

²Люблинский католический университет Иоанна Павла II, Польша
e-mail: p.urbanovich@belstu.by, pavel.urbanovich@kul.pl

Стеганографические методы для растрованных изображений, являющихся контейнерами или носителями, и каналы на их основе позволяют скрывать факт передачи информации [1]. Пропускная способность таких каналов определяется количеством данных, которые можно скрыть в конкретном файле-контейнере без заметного его изменения. Чем выше пропускная способность, тем больше данных можно скрыть, но при этом возрастает вероятность их обнаружения.

Пропускная способность стеганоканала зависит от нескольких факторов, включая размеры и форматы файлов, используемые методы стеганографии, уровень сжатия данных и др. В целом пропускная способность может быть достаточно высокой, но она ограничена объемом данных, которые можно скрыть в конкретном файле-контейнере.

В данной работе рассматриваются особенности сокрытия информации в текстовых документах-контейнерах на основе растровой графики. Для повышения пропускной способности стеганоканала, т. е. для размещения в контейнере информации большего объема в расчете на единицу объема контейнера, следует учитывать преобладающие оттенки в элементах переходных оттенков растрованных символов.

В качестве базового элемента контейнера, свойства которого модифицируются при осаждении информации, выступает пиксел. Форматирование и оформление текстовых документов производятся с учетом определенных требований. Для исследования выбран шрифт Times New Roman как наиболее популярный и часто используемый. Так как кириллический алфавит более сложен по сравнению с латин-

ским (из-за наличия шипящих и йотированных гласных), то рассмотрим именно кириллицу, в частности строчные графемы.

В работе [2] установлено, что наименьший разброс значений частоты появления оттенка (с кодом от 0 до 255) свойственен как раз растринрованным текстовым документам. Для них характерны 16 равномерно распределенных оттенков (R, G, B) с кодами от 0 до 255: (0, 0, 0), (17, 17, 17), ..., (255, 255, 255). Так как белый цвет (255, 255, 255) – это фон страницы, то только 15 оттенков используются для отображения символов. Среди последних можно выделить следующие оттенки как часто встречающиеся: (17, 17, 17), (34, 34, 34), (68, 68, 68), (102, 102, 102), (136, 136, 136), (153, 153, 153), (187, 187, 187).

Для расчета пропускной способности рассмотрим вариант контейнера в виде изображения, соответствующего стандартам оформления: полностью заполненный контейнер размера А4 (21,0×29,7 см, сформирован из 898 219 пикселей) со стандартными полями (верхнее – 2 см, нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,5 см) без абзацных отступов. Зависимость числа символов документа-контейнера от размера шрифта представлена в табл. 1.

Таблица 1
Количество символов в текстовом контейнере

Размер кегля, пт	Печатных символов, N	Печатных символов с пробелами, N'
8	8598	9821
9	6809	7780
10	5492	6277
11	4494	5125
12	3782	4321
14	2761	3153
16	2100	2398
18	1662	1895
20	1326	1508

Пропускная способность с учетом вероятности появления символов русского алфавита [3] при внедрении во все пиксели полутоновых оттенков представлена в табл. 2. Результат аналогичного вычисления при внедрении только в пиксели часто встречающихся полутоновых оттенков представлен в табл. 3. Пропускная способность вычисляется как отношение числа битов для внедрения к общему количеству пикселей контейнера. Внедрение тайного сообщения произво-

дилось в один цветовой канал модели RGB. Если используются несколько каналов, то пропускная способность кратно увеличивается.

Таблица 2

Пропускная способность контейнера
при внедрении во все полутоновые оттенки

Размер кегля, пт	Печатных символов, N	Количество битов для внедрения, M	Пропускная способность
8	8598	675962	75,3
9	6809	606127	67,5
10	5492	539873	60,1
11	4494	479024	53,3
12	3782	440937	49,1
14	2761	373852	41,6
16	2100	342526	38,1
18	1662	320081	35,6
20	1326	287762	32,0

Таблица 3

Пропускная способность контейнера при внедрении
в часто появляющиеся полутоновые оттенки

Размер кегля, пт	Печатных символов, N	Количество битов для внедрения, M	Пропускная способность
8	8598	364531	40,6
9	6809	299494	33,3
10	5492	274721	30,6
11	4494	266924	29,7
12	3782	227903	25,4
14	2761	244545	27,2
16	2100	228073	25,4
18	1662	221371	24,6
20	1326	201115	22,4

Можно отметить, что на пропускную способность в большей степени влияет количество печатных символов, а не их размер. Это объясняется тем, что при увеличении кегля возрастает не только количество пикселей для отображения символа, но и количество пикселей, составляющих фон текстового документа, в том числе увеличивается значение интервалов, кернинга, апроша и т. д. Из-за растривания и необходимости отобразить все мелкие элементы буквы пиксели в малом кегле (8–11 пт) имеют меньше чисто черных (0, 0, 0) пиксе-

лов, чем в среднем размере (12–20 пт). Если буква «а» размера 8 пт состоит из 57 черных (40,7 % от общего числа пикселей) и 83 полутоновых (59,3 %) пикселей, то для размера 20 пт – из 214 черных (62,7 %) и 127 полутоновых (37,3 %).

Приведенные результаты показывают, что для большей пропускной способности стеганоканала при реализации данного метода рекомендуется использовать текст-контейнер с символами меньшего кегля.

Список литературы

1. Шутько, Н. П. Защита авторских прав на электронные текстовые документы методами стеганографии / Н. П. Шутько // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – 2013. – № 6 (162). – С. 131–134.

2. Савельева, М. Г. Растривание web-документов и использование его характеристик для стеганографической защиты авторских прав на электронный контент / М. Г. Савельева, П. П. Урбанович // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. – 2023. – № 1 (266). – С. 54–63. <https://doi.org/10.52065/2520-6141-2023-266-1-10>.

3. Ляшевская, О. Н. Частотный словарь современного русского языка (на материалах Национального корпуса русского языка) / О. Н. Ляшевская, С. А. Шаров. – М. : Азбуковник, 2009. – 1090 с.