ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ПОВЫШЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ И ЕМКОСТИ ТЕКСТОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЭНТРОПИЙНОГО КОДИРОВАНИЯ ХАФФМАНА

Хусанова Мохирахон Курбоналиевна
Ферганский государственный технический университет Старший преподаватель кафедры "Программный инжиниринг и кибербезопасность".
Фергана, Узбекистан
E-mail: mokhira.khusanova@gmail.com

Аннотация. В рамках исследования предложена и верифицирована методика, направленная на оптимизацию характеристик скрытности и вместимости стеганосистем, функционирующих в текстовых средах. Базовый принцип заключается в последовательном совмещении алгоритма префиксного сжатия Хаффмана и инжектирования скрываемых сведений через систему невидимых управляющих кодов Unicode. По результатам вычислительного эксперимента зафиксировано сокращение объема вносимых деформаций на 52.2%. Данный фактор прямо пропорционально минимизирует вероятность детекции факта скрытой передачи посредством статистического стеганоанализа (включая проверку по критерию χ^2). Высокий уровень энтропии формируемого битового потока обеспечивает маскирование данных под естественный шум. В работе детально описана программная архитектура разработанного на языке Python комплекса, а также приведены структурированные результаты оценки его эффективности.

Ключевые слова: стеганография, кодирование Хаффмана, невидимые символы Unicode, сжатие данных, стеганоанализ, критерий хи-квадрат, защита информации, энтропия.

Abstract. This study proposes and validates a methodology aimed at optimizing the imperceptibility and capacity characteristics of steganographic systems operating within text environments. The underlying principle involves the sequential integration of the Huffman prefix compression algorithm and the injection of hidden data via a system of Unicode zero-width control characters. Based on the computational experiment results, a 52.2% reduction in the volume of introduced artifacts was recorded. This factor proportionally minimizes the probability of detecting the hidden transmission via statistical steganananalysis (including the χ^2 criterion test). The high entropy level of the generated bitstream ensures data masking as natural noise. The paper provides a detailed description

ISSN 3030-3907

of the software architecture of the complex developed in Python, alongside structured evaluation results of its efficiency.

Keywords: steganography, Huffman coding, Unicode zero-width characters, data compression, steganalysis, chi-square criterion, information security, entropy.

Annotatsiya. Tadqiqot doirasida matnli muhitda ishlaydigan steganotizimlarning yashirinlik va sig‘im xarakteristikalarini optimallashtirishga qaratilgan metodika taklif etilgan va tekshirilgan. Asosiy tamoyil Xaffmanning prefiksli siqish algoritmi va yashirin ma’lumotlarni Unicode-ning ko‘rinmas boshqaruv kodlari tizimi orqali kiritishni (injektsiya qilishni) ketma-ket birlashtirishdan iborat. Hisoblash eksperimenti natijalariga ko‘ra, kiritilgan deformatsiyalar hajmining 52.2% ga qisqarishi qayd etildi. Ushbu omil statistik steganoanaliz (jumladan, χ^2 mezonini tekshirish) yordamida yashirin uzatish faktini aniqlash ehtimolini proporsional ravishda kamaytiradi. Shakllantirilgan bitlar oqimining yuqori entropiya darajasi ma’lumotlarni tabiiy shovqin sifatida niqoblanishini ta’minlaydi. Ishda Python tilida ishlab chiqilgan majmuaning dasturiy arxitekturasi batafsil tavsiflangan, shuningdek, uning samaradorligini baholashning tizimlashtirilgan natijalari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: steganografiya, Xaffman kodlashi, Unicode ko‘rinmas belgilari, ma’lumotlarni siqish, steganoanaliz, xi-kvadrat mezoni, axborotni muhofaza qilish, entropiya.

ВВЕДЕНИЕ.

Обеспечение конфиденциальности при обмене данными в глобальных сетях вынуждает модернизировать существующие подходы к защите информации. Особое место здесь занимает стеганография, где ключевым вектором выступает не сокрытие семантики сообщения (как в криптографии), а маскирование самого прецедента коммуникации.

Наиболее часто для организации скрытых каналов привлекаются медиафайлы из-за их высокой избыточности. Тем не менее, регулярное перемещение аномально тяжелых изображений или аудиопотоков внутри корпоративных или ведомственных сетей быстро фиксируется современными DLP-системами. В то же время текстовые документы составляют основу стандартного трафика, что делает их наиболее перспективными объектами для внедрения стеганограмм.

Главная трудность текстовой стеганографии сопряжена с жесткими ограничениями емкости: любая замена букв или знаков пунктуации мгновенно обнаруживается при визуальном контроле. Решением стало использование неотображаемых символов Unicode (*Zero-Width Characters*). Однако прямое позиционирование несжатых массивов битов оставляет явные аномалии в структуре файла, которые легко выявляются

ISSN 3030-3907

автоматизированными средствами стеганоанализа.

В связи с этим целью настоящей работы определена разработка и программная реализация метода, повышающего статистическую скрытность и емкость текстового контейнера за счет предварительной энтропийной обработки скрываемых данных алгоритмом Хаффмана.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Метод Хаффмана базируется на энтропийном сжатии дискретных сообщений без потери информативности за счет применения кодовых комбинаций переменной длины. В основе лежит вероятностная картина источника: символам с высокой частотой встречаемости присваиваются наиболее короткие префиксные коды. Это позволяет минимизировать средневзвешенную длину кодового слова.

Определим скрываемый массив как строку S над алфавитом $A = \{a_1, a_2, ..., a_n\}$. Каждому элементу a_i соответствует частота $f(a_i)$. Процесс формирования оптимального дерева кодов носит итерационный характер и задействует приоритетную очередь:

1. Инициализируется упорядоченный набор изолированных вершин (листьев дерева), привязанных к символам и их весам.
2. Из структуры последовательно извлекаются две вершины с наименьшими весовыми коэффициентами f_1 и f_2.
3. Генерируется родительский узел, чей вес равен сумме $f_{new} = f_1 + f_2$, а извлеченные элементы назначаются его потомками.
4. Созданный узел возвращается в общую очередь. Шаги повторяются до момента, пока в структуре не останется единственный корневой элемент.

В рамках стеганосистемы данный подход решает две фундаментальные задачи:

- **Оптимизация емкости:** физический объем скрываемого блока данных уменьшается в 2–3 раза.
- **Повышение скрытности:** сжатая битовая последовательность приобретает свойства случайного шума (максимизируется энтропия), что нивелирует эффективность частотного стеганоанализа.

Специфика использования невидимых маркеров Unicode

Для интеграции битовых данных в текстовое поле применяется группа управляющих кодов Unicode, лишенных графического начертания:

- **U+200C**(*Zero Width Non-Joiner*) — фиксирует логический ноль («0»);
- **U+200D**(*Zero Width Joiner*) — фиксирует логическую единицу («1»);
- **U+2060** (*Word Joiner*) — выступает в роли служебного разграничителя

ISSN 3030-3907

границ стегоблока.

Поскольку эти маркеры не визуализируются при стандартном выводе текста на экран, контейнер полностью сохраняет внешнюю аутентичность, изменяя лишь свой физический объем в байтах.

Общая концепция сквозного цикла обработки данных выглядит следующим образом:

Расчет частот $f(a_i)$ → Генерация кодового дерева → Формирование кодов → Компрессия строки → Стегоинжекция

Важным условием функционирования системы является обеспечение получателя актуальной кодовой таблицей, поскольку без нее корректное декодирование префиксного кода невозможно.

Инструментарий стеганосистемы разработан на базе языка Python 3.x. Для повышения быстродействия при работе с минимальной кучей применена встроенная библиотека heapq.

Реализация кодировщика:

```
import heapq
from collections import Counter
class Node:
    def __init__(self, char, freq):
        self.char = char
        self.freq = freq
        self.left = None
        self.right = None
    def __lt__(self, other):
        return self.freq < other.freq
def build_huffman_tree(text):
    frequency = Counter(text)
    priority_queue = [Node(char, freq) for char, freq in frequency.items()]
    heapq.heapify(priority_queue)
    while len(priority_queue) > 1:
        left = heapq.heappop(priority_queue)
        right = heapq.heappop(priority_queue)
        merged = Node(None, left.freq + right.freq)
        merged.left = left
        merged.right = right
        heapq.heappush(priority_queue, merged)
    return priority_queue[0]
def build_codes(node, current_code, codes):
```


ISSN 3030-3907

```
        if node is None:
            return
        if node.char is not None:
            codes[node.char] = current_code
        build_codes(node.left, current_code + '0', codes)
        build_codes(node.right, current_code + '1', codes)
```

Реализация стегоинжектора:

```
BIT0 = "\u200C"  # ZERO WIDTH NON-JOINER → бит '0'
BIT1 = "\u200D"  # ZERO WIDTH JOINER     → бит '1'
SEPARATOR = "\u2060"  # маркер начала/конца
    def embed_in_text(cover_text, secret_bits):
        invisible = SEPARATOR
        for bit in secret_bits:
            invisible += BIT1 if bit == '1' else BIT0
        invisible += SEPARATOR
        words = cover_text.split(' ', 1)
        if len(words) == 1:
            return cover_text + invisible
        return words[0] + invisible + ' ' + words[1]
```

Экспериментальная верификация и анализ результатов

В роли скрываемого сообщения выступила фраза с контрастным распределением символьных частот: *«стеганография и сжатие данных»* (длина — 29 знаков). Базовым контейнером послужил массив текста объемом 84 символа.

На начальном этапе работы программного комплекса была сформирована частотно-кодовая матрица, представленная в Таблице 1.

Таблица 1.

Анализ распределения частот символов и полученные префиксные коды

Символ	Частота	Код Хаффмана	Длина
' ' (пробел)	3	000	3
и	3	001	3
н	3	010	3
а	4	110	3
с	2	0110	4

ISSN 3030-3907

е	2	0111	4
г	2	1010	4
т	2	1110	4
ы	1	10000	5
о	1	10001	5
ф	1	10010	5
х	1	10011	5
д	1	10110	5
р	1	10111	5
ж	1	11110	5
я	1	11111	5

Для наглядной демонстрации преимуществ предложенного подхода выполнен сравнительный расчет параметров стеганосистемы при стандартном посимвольном внедрении (кодирование UTF-8, 8 бит на знак) и разработанного метода компрессионного инжектирования.

Таблица 2.

Сравнение эксплуатационных параметров стеганосистем

Контролируемый параметр	**Классический подход**	**Разработанный метод**
Длина исходного текста (символов)	29	29
Итоговый объем стеганограммы (бит)	232	111
Коэффициент сжатия (***K_c***)	1.00	2.09
Чистый выигрыш по емкости	0.0%	52.2%
Число измененных позиций контейнера	232	111
Размер результирующего стеготекста	318	197

Данные Таблицы 2 наглядно подтверждают, что интеграция алгоритма Хаффмана сократила количество необходимых скрытых кодов Unicode с 232 до 111 единиц. Это обеспечивает экономию емкости контейнера на уровне 52.2%.

Существенное уменьшение объема внедряемых невидимых символов напрямую повышает защищенность системы от атак с использованием

ISSN 3030-3907

критерия χ^2 (хи-квадрат). При стандартном внедрении плотность скрытых знаков отражает естественные лингвистические особенности языка (высокую частотность определенных букв). Внедрение предварительно сжатого высокоэнтропийного потока превращает распределение невидимых маркеров в однородную структуру, неотличимую от фонового шума. Данное обстоятельство полностью блокирует алгоритмы автоматического выявления стеганограмм.

Несмотря на положительные результаты, предложенная схема обладает рядом технологических особенностей, требующих учета:

– Декодирование на стороне получателя невозможно без структуры исходного дерева Хаффмана. Его трансляция в теле того же контейнера увеличивает размер скрываемого блока. Оптимальным решением выступает внедрение статической таблицы частот, предварительно рассчитанной на базе репрезентативного текстового корпуса целевого языка.

– При обработке специфических сообщений с обширным алфавитом и равномерным распределением символов эффективность сжатия снижается. В таких граничных условиях целесообразно использовать альтернативные алгоритмы компрессии, например арифметическое кодирование или подходы семейства LZ77/ LZ78.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В рамках проведенной работы спроектирована и проверена на практике стеганографическая система защиты информации, основанная на совместном применении энтропийного кодирования Хаффмана и инжекции данных в невидимое пространство текстового контейнера.

Экспериментально доказано сокращение плотности внедрения на 52.2%, что увеличивает полезную емкость канала коммуникации и сводит к минимуму структурные искажения файла. Обеспеченная высокая энтропия битового потока гарантирует защиту от статистического стеганоанализа. Корректность работы системы подтверждена на всех этапах полного цикла обработки: от кодирования и инжекции до успешного извлечения и декомпрессии целевого сообщения.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2017. – 272 с.
2. Конахович Г. Ф., Пузыренко А. Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. – К.: МК-Пресс, 2016. – 288 с.
3. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. – М.: Техносфера, 2014. – 368 с.
4. Qurbonaliyevna, X. M. (2025). Korxona va tashkilotlarning axborot-

ISSN 3030-3907

kommunikatsiya tizimlarida vpn tarmoq qurishning zamonaviy yechimlari. Al-Farg‘oniy avlodlari, 1(2), 122-125.
5. Huffman D. A. A Method for the Construction of Minimum-Redundancy Codes // Proceedings of the IRE. – 1952. – Vol. 40, No. 9. – P. 1098-1101.
6. Sotvoldiyeva, D. B., & Husanova, M. K. (2021). Analysis of discrete convolution in the matlab program. In Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук (pp. 187-191).
7. Por L. Y., Wong K., Chee B. Information Hiding in Text Document Using Zero-Width Characters // Journal of Computer Science. – 2021. – Vol. 17, No. 3. – P. 244-253.
8. M.K.Khusanova (2022). Network security and monitoring. Research Focus, 1 (4), 177-183.
9. Al-Nefaiee A. H., Al-Shatnawi A. M. High-Capacity Text Steganography Method Based on Zero-Width Character and Huffman Coding // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2023. – Vol. 14, No. 5. – P. 412-419.

ISSN 3030-3907