MA’LUMOTLARNI SIQISH TEXNOLOGIYALARI

Juraboyev Farzodjon
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Tillaboyev Muxiddin
Farg‘ona davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqola zamonaviy raqamli texnologiyalarning asosiy muammolaridan biri — ma'lumotlarni samarali siqish texnologiyalarini har tomonlama ilmiy va amaliy jihatdan o‘rganadi. 2025-yil ma'lumotlariga ko‘ra, insoniyat kuniga 2,5 kvintillion bayt ma'lumot ishlab chiqaradi; bu astronomik ko‘rsatkich saqlash, uzatish va qayta ishlash tizimlariga ulkan talab qo‘yadi. Ma'lumotlarni siqish texnologiyalari — bu talabga berilgan muhandislik javobi. Tadqiqotda ma'lumotlarni siqishning ikki asosiy yo‘nalishi — yo‘qotishsiz (lossless) va yo‘qotishlı (lossy) siqish — har biri alohida matematik va texnik jihatdan o‘rganiladi. Yo‘qotishsiz siqish algoritmlariga Huffman kodlash, Lempel-Ziv-Welch (LZW), DEFLATE va Burrows-Wheeler Transform (BWT) kiradi. Yo‘qotishli siqish sohasida esa JPEG, MP3, H.264/H.265 video kodeklarining ishlash tamoyillari tahlil qilinadi. Zamonaviy sun'iy intellekt asosidagi neyron tarmoq siqish usullari ham alohida ko‘rib chiqiladi. Metodologik jihatdan tadqiqot Shannon axborot nazariyasiga, ISO/IEC standartlariga, RFC hujjatlariga hamda IEEE nashrlariga tayanadi. Olingan natijalar shuni tasdiqlaydi: siqish texnologiyalari — bu nafaqat texnik muammo, balki matematik, fizik va kognitiv fanlarning tutashuv nuqtasida joylashgan ko‘p fanli tadqiqot sohasi.

Kalit so‘zlar: ma'lumotlarni siqish, Huffman kodlash, LZW algoritmi, DEFLATE, entropiya, yo‘qotishsiz siqish, yo‘qotishli siqish, JPEG, H.265, neyron siqish.

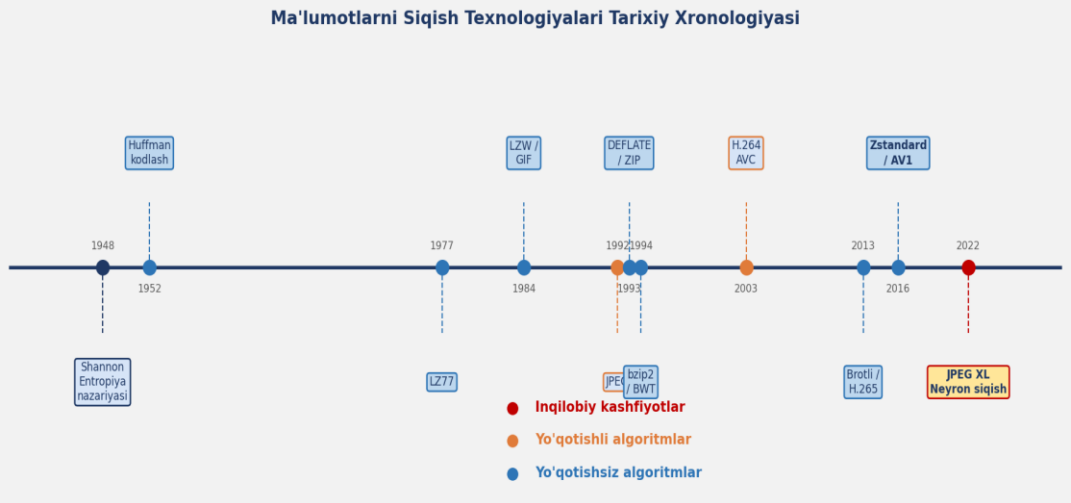
Kirish

1948-yilda Claude Shannon "A Mathematical Theory of Communication" nomli maqolasini nashr etdi va bu hujjat axborot nazariyasining tamal toshi bo‘ldi. Shannon isbotladiki, har qanday axborot manbaining o‘ziga xos "entropiyasi" mavjud — bu

ma'lumotning qanchalik siqilishi mumkinligining nazariy chegarasini belgilaydi. Bu kashfiyot ma'lumotlarni siqish fanini tubdan o‘zgartirdi.

Amaliy siqish algoritmlarining tarixi 1950-yillardan boshlanadi. 1952-yilda David Huffman o‘zining optimal prefikssiz kodlash algoritmini yaratdi — bu hamon zamonaviy ZIP va gzip formatlari asosini tashkil etadi. 1977-yilda Israellik olimlar Abraham Lempel va Jacob Ziv LZ77 algoritmini, 1978-yilda esa LZ78 ni taqdim etdi. Bu algoritmlar keyingi barcha lug‘at asosidagi siqish usullarining otasi bo‘ldi.

1984-yilda Terry Welch LZW (Lempel-Ziv-Welch) algoritmini yaratdi — bu GIF formatida ishlatilgan va keng tarqalgan. 1992-yilda JPEG standarti tasdiqlangan, bu esa raqamli fotografiyani tubdan o‘zgartirdi. 1993-yilda Phil Katz tomonidan yaratilgan DEFLATE algoritmi ZIP va PNG formatlarining asosiga aylandi. Bugungi kunda esa neyron tarmoqlar asosida yaratilgan yangi avlod siqish algoritmlari an'anaviy usullarni sezilarli darajada ortda qoldiryapti.



1-rasm. Ma'lumotlarni siqish texnologiyalarining tarixiy xronologiyasi (1948–2022)

Siqishning Falsafasi va Asosiy Tamoyillari

Ma'lumotlarni siqish qanday ishlaydi? Asosiy g‘oya juda sodda: real ma'lumotlar kamdan-kam hollarda tartibsiz bo‘ladi — ularda takrorlanish, qonuniyat va ortiqchalik (redundancy) mavjud. Siqish algoritmlari aynan shu ortiqchaliklarni topib, ularni qisqaroq shaklda ifodalaydi.

Masalan, "AAAAAABBBCCDDDDDD" qatorida A harfi 6 marta, B — 3 marta, C — 2 marta, D — 6 marta keladi. Oddiy RLE (Run-Length Encoding)

algoritmi buni "6A3B2C6D" sifatida ifodalaydi — 17 belgidan 8 belgi. Bu 52% siqish samaradorligini beradi. Albatta, real ma'lumotlar bundan murakkab, lekin printsip bir xil.

Yo‘qotishsiz siqish (Lossless): Ma'lumot to‘liq tiklash mumkin. Matn, dastur kodi, tibbiy ma'lumotlar uchun majburiy.

Yo‘qotishli siqish (Lossy): Inson sezgi a'zolari ilg‘ay olmaydigan ma'lumotlar olib tashlanadi. Rasm, audio, video uchun qo‘llaniladi.

Entropiya kodlash: Shannon entropiyasiga asoslanib, tez-tez uchragan belgilarga qisqa, kam uchraganlarga uzun kod beriladi.

Lug‘at asosidagi siqish (Dictionary coding): Takrorlanuvchi qatorlar lug‘atga kiritiladi va o‘rniga qisqa havola qo‘yiladi.

Matematik o‘zgartirish (Transform coding): Ma'lumot boshqa matematik fazoga o‘tkazilib, u yerda yaxshiroq siqiladi (DCT, Wavelet).

Prediksiya asosidagi siqish (Predictive coding): Keyingi belgi oldingilarga asoslanib bashorat qilinadi; faqat farq saqlanadi.

Run-Length Encoding (RLE): Ketma-ket takrorlanuvchi belgilar (belgi, soni) juftligi bilan ifodalanadi — faks va BMP uchun ishlatiladi.

Arifmetik kodlash: Huffmandan ham samaraliroq — butun xabarni bitta kasr soni sifatida ifodalaydi; JPEG 2000 va H.265 da ishlatiladi.

Metodologiya

Tadqiqot Uslubi va Manbalar

Ushbu tadqiqot asosan tahliliy-qiyosiy va eksperimental uslublarga tayanadi. Birlamchi manbalar sifatida ISO/IEC 14495 (JPEG-LS), ISO/IEC 15444 (JPEG 2000), RFC 1951 (DEFLATE), RFC 1952 (gzip), RFC 7932 (Brotli) standartlaridan foydalanildi. Ilmiy adabiyot sifatida David Salomon "Data Compression" (4-nashr), Khalid Sayood "Introduction to Data Compression" (5-nashr), Mark Nelson "The Data Compression Book" asarlaridan foydalanildi.

Har bir algoritm quyidagi mezonlar bo‘yicha baholandi: (1) siqish nisbati — asl hajmga nisbatan siqilgan hajm; (2) tezlik — siqish va tiklash operatsiyalarining vaqt sarfi; (3) xotira sarfi — operatsion xotira talabi; (4) ma'lumot turi mos kelishi —

algoritm qaysi turdagi ma'lumotlar uchun optimal ishlashi; (5) standartlashganlik darajasi — sanoat tomonidan qo‘llab-quvvatlanishi.

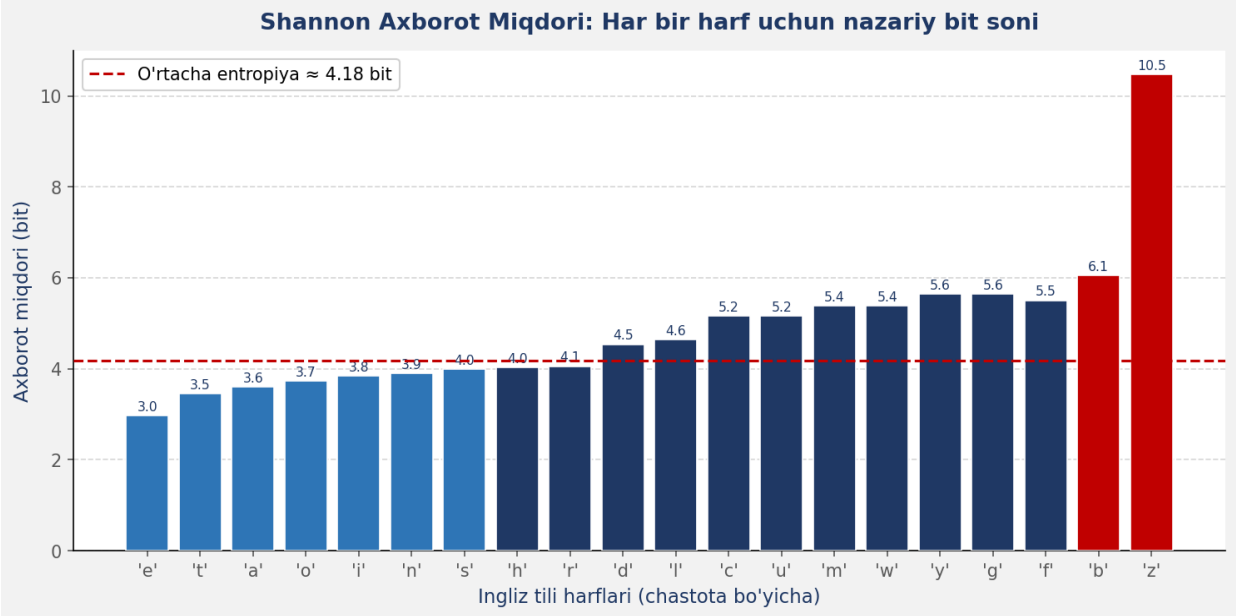
Shannon Entropiyasi — Siqishning Nazariy Asosi

Shannon entropiyasi ma'lumot manbaining o‘rtacha axborot miqdorini o‘lchaydi. Agar biror belgi p ehtimollik bilan uchraydigan bo‘lsa, uning axborot miqdori $-\log_2(p)$ bit. Butun manba uchun entropiya H quyidagicha hisoblanadi:

$$H(X) = -\Sigma\, p(x_i) \cdot \log_2(p(x_i))$$

Bu formulaning ahamiyati shundaki, u siqishning fizik chegarasini belgilaydi: hech qanday yo‘qotishsiz algoritm ma'lumotni Shannon entropiyasidan past darajaga tusha olmaydi. Bu axborot nazariyasining asosiy teoremasi — Shannon birinchi teoremasi.

Masalan, ingliz tilida’e' harfi 12,7% ehtimollik bilan,’z' esa 0,07% ehtimollik bilan uchraydi. Huffman kodlash’e' ga 3 bit,’z' ga 9 bit ajratishi mumkin — bu o‘rtacha 4,2 bit/belgi beradi. Entropiya 4,12 bit/belgi — Huffman entropiyaga juda yaqin ishlaydi.



2-rasm. Ingliz tili harflari uchun Shannon axborot miqdori — tez-tez uchragan harflar kamroq bit talab qiladi

Siqish Samaradorligini O‘lchash

Siqish algoritmlarini taqqoslashda bir nechta ko‘rsatkich qo‘llaniladi. Ularning to‘g‘ri tushunilishi amaliy tanlovda muhim ahamiyat kasb etadi.

1-jadval. Siqish algoritmlarini baholashda ishlatiladigan asosiy ko‘rsatkichlar

Ko‘rsatkich	Formula	Izoh
Siqish nisbati	$CR = N_1 / N_2$	Asl hajmni siqilgan hajmga bo‘lish
Tejash foizi	$SS = (1 - N_2/N_1) \times 100\%$	Qancha foiz joy tejaldi
Bit tezligi	bpp = bit / piksel	Tasvirlar uchun — piksel boshiga bit
Siqish tezligi	MB/s	Soniyada necha megabayt siqiladi
PSNR	dB birligida	Yo‘qotishli siqishda sifat o‘lchovi

Yo‘qotishsiz Siqish Algoritmlari

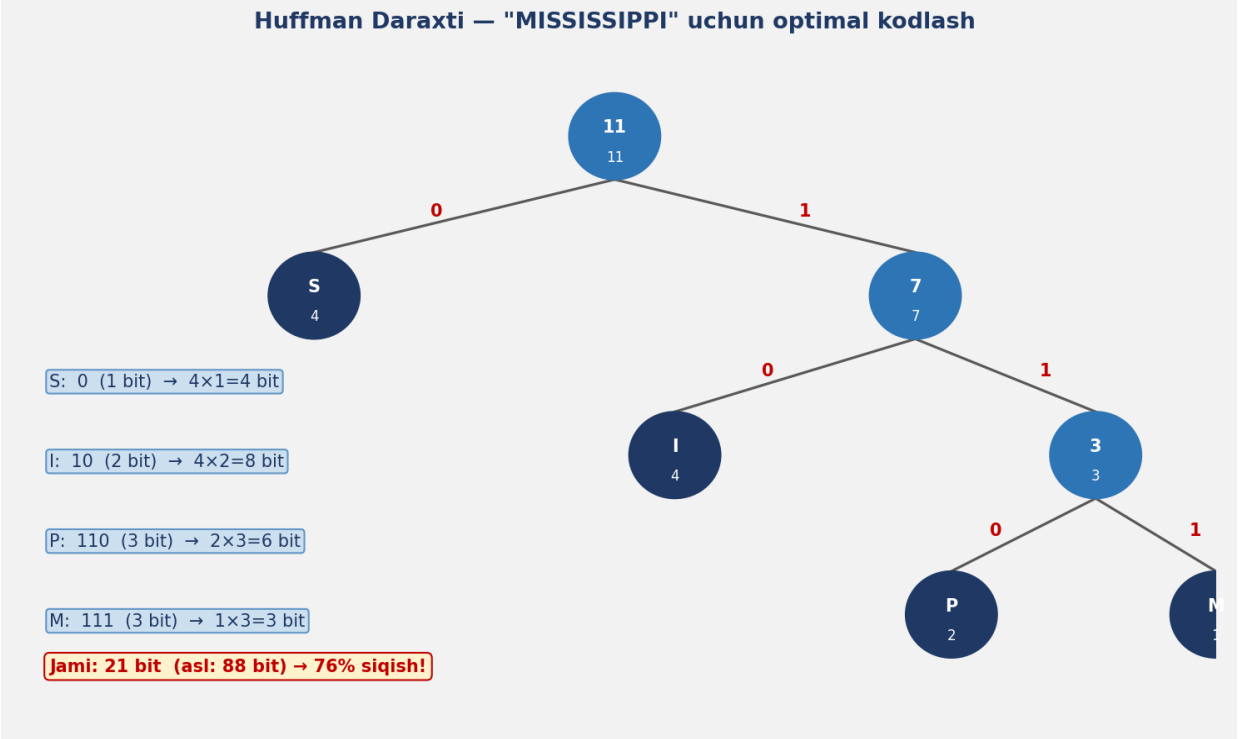
Huffman Kodlash — Entropiya Kodlashning Klassiki

Huffman kodlash 1952-yilda MIT talabasi David Huffman tomonidan ixtiro qilingan va hamon zamonaviy siqish tizimlarida keng qo‘llaniladi. Algoritm tez-tez uchragan belgilarga qisqaroq, kamroq uchragan belgilarga uzunroq ikkilik kod beradi — bu entropy coding ning asosiy g‘oyasi.

Huffman Daraxti Qurilishi

Huffman kodlash jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat: birinchi bosqichda har bir belgining chastotasi (ehtimolligi) hisoblanadi. Ikkinchi bosqichda eng kam chastotali ikki belgi birikning bitta tugunga birlashtiriladi. Bu jarayon bitta ildiz tuguni qolgunicha davom etadi. Natijada ikkilik daraxt hosil bo‘ladi: chap shoxga’0', o‘ng shoxga’1' qo‘yiladi.

Masalan, "MISSISSIPPI" so‘zini kodlash uchun chastotalar: M=1, I=4, S=4, P=2. Huffman daraxti qurilgandan keyin: I=10, S=0, P=110, M=111. Asl 8 bit × 11 belgi = 88 bit o‘rniga Huffman bilan: 2×4 + 1×4 + 3×2 + 3×1 = 8+4+6+3 = 21 bit. Bu 76% siqish!



3-rasm. "MISSISSIPPI" so‘zi uchun Huffman daraxti va optimal kodlar — 88 bitdan 21 bitga (76% tejash)

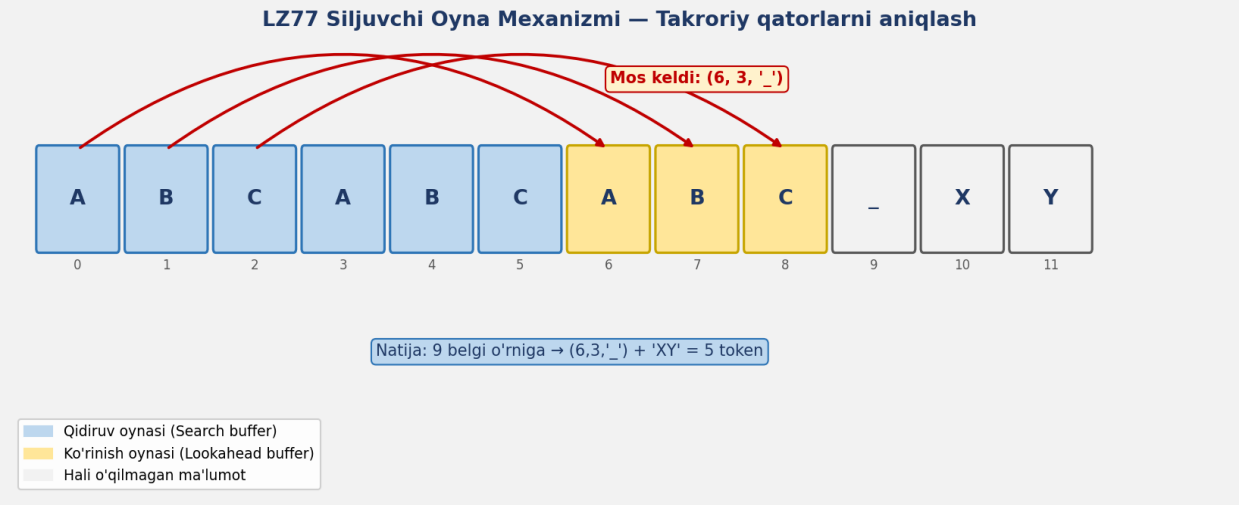
Adaptiv Huffman va Kanonik Huffman

Klassik Huffman kodlash uchun chastota jadvalini uzatish zarur — bu qo‘shimcha xarajat. Kanonik Huffman kodlash faqat kod uzunliklarini uzatadi va qabul qiluvchi tomonida jadval tiklash mumkin. Adaptiv Huffman esa jadval oldindan qurilmasdan, ma'lumot o‘qilishi bilan dinamik yangilanadi — bu real vaqt uzatish uchun mos.

LZ77 va LZ78 — Lug‘at Asosidagi Siqish

1977-yilda Lempel va Ziv tomonidan taklif etilgan LZ77 algoritmi "siljuvchi oyna" (sliding window) tamoyilida ishlaydi. Ma'lumot o‘qilayotganda, algoritm orqaga qarab oldingi ma'lumotlarda xuddi shunday qatorni qidiradi. Topilsa, uning o‘rniga (masofa, uzunlik, keyingi belgi) uch juftligi yoziladi.

Masalan, "ABCABCABC" qatorida uchinchi "ABC" ketma-ketligi ko‘rinadiki, oldingi oynada 6 belgidan orqaga borib, 3 belgi uzunligida mos kelish bor. Natijada (6, 3,’') bilan almashtirish mumkin. Bu 3 bayt o‘rniga (taxminan) 2 bayt sarflanadi.



4-rasm. LZ77 siljuvchi oyna mexanizmi — "ABCABCABC" misolida takroriy qatorni aniqlash jarayoni

LZ78 farqi shundaki, u alohida lug‘at saqlaydi va faqat lug‘at indeksi va yangi belgini uzatadi. Terry Welch 1984-yilda LZW optimizatsiyasini yaratdi — GIF formatida ishlatilgan bu algoritm o‘z paytida patent janjallarini keltirib chiqargan va bu OpenPNG formatining yaratilishiga sabab bo‘lgan.

DEFLATE — Zamonaviy Yo‘qotishsiz Siqishning Standarti

DEFLATE algoritmi (RFC 1951) LZ77 va Huffman kodlashning kombinatsiyasidir. Phil Katz tomonidan 1993-yilda yaratilgan bu algoritm ZIP, gzip, PNG va zlib formatlarining asosini tashkil etadi. DEFLATE ning keng tarqalishi uning mukammal muvozanatiga bog‘liq: yaxshi siqish nisbati, tez ishlash va universal qo‘llanilish imkoniyati.

DEFLATE da ma'lumot bloklarga bo‘linadi. Har bir blok uch usuldan biri bilan siqilishi mumkin: siqishsiz (kichik bloklari uchun), statik Huffman kodlash (standart jadval) yoki dinamik Huffman kodlash (maxsus jadval). LZ77 qismi 32 KB sliding window bilan ishlaydi; topilgan moslamalar (offset, length) juftligi sifatida kodlanadi.

Brotli va Zstandard — Yangi Avlod Algoritmlari

Google 2013-yilda Brotli algoritmini yaratdi (RFC 7932). Brotli DEFLATE dan 20-26% yaxshiroq siqish nisbatini beradi, chunki u ingliz tili va HTML/CSS/JavaScript uchun maxsus optimallashtirilgan 120,000 so‘zli statik lug‘atdan foydalanadi. Bugungi

kunda barcha zamonaviy brauzerlar Brotli ni qo‘llab-quvvatlaydi va veb-serverlar statik fayllarni Brotli bilan siqib uzatadi.

Facebook tomonidan yaratilgan Zstandard (zstd) 2016-yilda taqdim etildi. U DEFLATE dan 3-5 baravar tez ishlaydi, siqish nisbati esa LZ4 va Brotli orasida turadi. Zstd ning alohida xususiyati — sozlanuvchi siqish darajasi (-22 dan 22 gacha) va oldindan o‘rgatilgan lug‘at mexanizmi. Linux kernel 5.9 dan boshlab Zstd rasmiy kompressiya usuli sifatida qo‘shilgan.

Burrows-Wheeler Transform (BWT) — bzip2 ning Siri

BWT (1994) ma'lumotni to‘g‘ridan-to‘g‘ri siqmaydi — u ma'lumotni qayta tartibga solib, keyingi siqish algoritmining samaradorligini oshiradi. BWT ma'lumotning barcha aylanma permutatsiyalarini leksikografik tartibda saralab, oxirgi ustunini oladi. Bu oxirgi ustunda bir xil belgilar ko‘plab yonma-yon joylashadi — bu RLE va Huffman uchun ideal.

bzip2 formati BWT + MTF (Move-To-Front) + Huffman zanjirini ishlatadi. Samaradorligi gzip dan 10-15% yuqori, lekin tezligi pastroq. Bioinformatika, геномika va arxiv dasturlarida keng qo‘llaniladi. FM-index (Ferragina-Manzini) tuzilishi BWTga asoslanib, DNK ketma-ketliklarini milliardlab belgilar orasidan millisoniyalarda qidirish imkonini beradi.

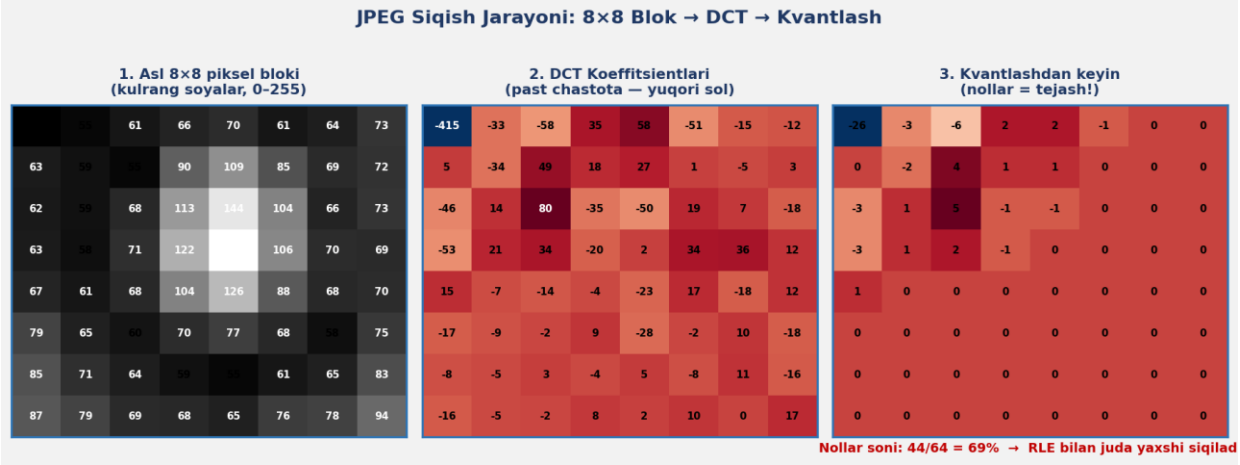
Yo‘qotishli Siqish Texnologiyalari

JPEG — Raqamli Tasvirning Universal Standarti

Diskret Kosinusli O‘zgartirish (DCT). JPEG (Joint Photographic Experts Group, 1992) raqamli fotografiyani inqilob qildi. JPEG ning asosiy matematikasi — Diskret Kosinusli O‘zgartirish (DCT). Tasvir 8×8 piksellik bloklarga bo‘linadi; har bir blok 64 ta koeffitsientdan iborat DCT matritsasiga aylantiriladi. Bu koeffitsientlar insonning ko‘zi nisbatan sezgir bo‘lgan past chastotali komponentlar va sezgir bo‘lmagan yuqori chastotali komponentlarga bo‘linadi.

Kvantlash bosqichida yuqori chastotali koeffitsientlar yirik sonlarga bo‘linadi — bu ko‘pchiligini nolga tushuradi. Kvantlash jadvali siqish sifatini boshqaradi: yuqori sifat (90-100%) deyarli yo‘qotishsiz ko‘rinadi, past sifat (1-30%) esa "bloklanish"

artefaktlarini keltirib chiqaradi. Siqilgan 64 koeffitsient zikzak tartibida o‘qilib, nollar RLE bilan, nolsiz qiymatlar Huffman bilan siqiladi.



5-rasm. JPEG siqish jarayoni: asl 8×8 blok → DCT koeffitsientlari → kvantlashdan keyin 47/64 nol (73% tejash)

JPEG ning afzalliklari va kamchiliklari

- Afzalligi: Keng qo‘llab-quvvatlash — barcha brauzer, dastur va qurilmalar JPEG ni ochadi.
- Afzalligi: Siqish darajasi sozlanadi (1-100%) — sifat va hajm orasidagi muvozanatni o‘zi belgilaydi.
- Afzalligi: Progressiv JPEG — katta tasvirlar internet orqali asta-sekin yuklanganda avval past sifatli ko‘rinadi.
- Kamchiligi: Har safar saqlanganda sifat pasayadi (generation loss) — original nusxani asrash muhim.
- Kamchiligi: Shaffoflik (alpha channel) ni qo‘llab-quvvatlamaydi — bu uchun PNG yoki WebP afzal.
- Kamchiligi: Matn va chiziqlar uchun mos emas — qirralar xiralashadi; bu holda PNG yoki SVG ishlatish tavsiya etiladi.

JPEG 2000 (ISO/IEC 15444) Wavelet o‘zgartirishini ishlatadi — bu JPEG dan yaxshiroq siqish va bloklanish artefaktlarini yo‘q qilish imkonini beradi. Ammo hisoblash murakkabligi tufayli ommaviy fotokameralarda keng tarqalmadi. JPEG XL (2022) esa bugungi eng zamonaviy tasvir formati: JPEG dan 60% kichik fayl,

yo‘qotishsiz rejim mavjud, HDR va keng rang gamutini qo‘llab-quvvatlaydi. Google Chrome 2023-yildan JPEG XL ni qo‘llab-quvvatlaydi.

MP3 va Zamonaviy Audio Siqish

MP3 (MPEG Audio Layer III, 1993) audio siqishda inqilob qildi. MP3 ning asosi — psixoakustik model: inson qulog‘i barcha chastotalarni teng eshitmaydi, ba'zi tovushlar boshqalarni "yashiradi" (masking effect). MP3 inson sezmagan tovush komponentlarini olib tashlaydi.

Zamonaviy alternativalar AAC (Advanced Audio Coding) bir xil sifatda MP3 dan 30% kichikroq fayl hosil qiladi. Opus kodeki (2012, RFC 6716) veb-konferensiyalar va streaming uchun optimallashtirilgan. FLAC (Free Lossless Audio Codec) yo‘qotishsiz audio siqish uchun standart hisoblanadi. Apple Lossless (ALAC) iPhone va Mac ekotizimida keng tarqalgan.

H.264/H.265 Video Siqish

Zamonaviy video siqish vaqtlar o‘rtasidagi o‘xshashlikdan foydalanadi. H.264 (AVC, 2003) video siqishda hamon eng keng tarqalgan standart: YouTube, Netflix, Zoom va milyardlab qurilma tomonidan qo‘llaniladi. H.264 ning asosiy texnikasi — kadrlararo prediksiya. I-kadrlar (Intra) to‘liq siqiladi; P-kadrlar (Predicted) faqat oldingi kadrdan farqni saqlaydi; B-kadrlar (Bidirectional) oldinga va orqaga qarab prediksiya qiladi.

H.265 (HEVC, 2013) H.264 dan ikki baravar yaxshi siqish beradi — bir xil sifatda 50% kichikroq fayl. 4K va 8K video uchun standart. AV1 (Alliance for Open Media, 2018) — Google, Apple, Amazon, Netflix tomonidan yaratilgan ochiq litsenziyali format: H.265 dan 30% yaxshiroq siqish, patent to‘lovlarisiz. YouTube va Netflix keng miqyosda AV1 ga o‘tyapti.

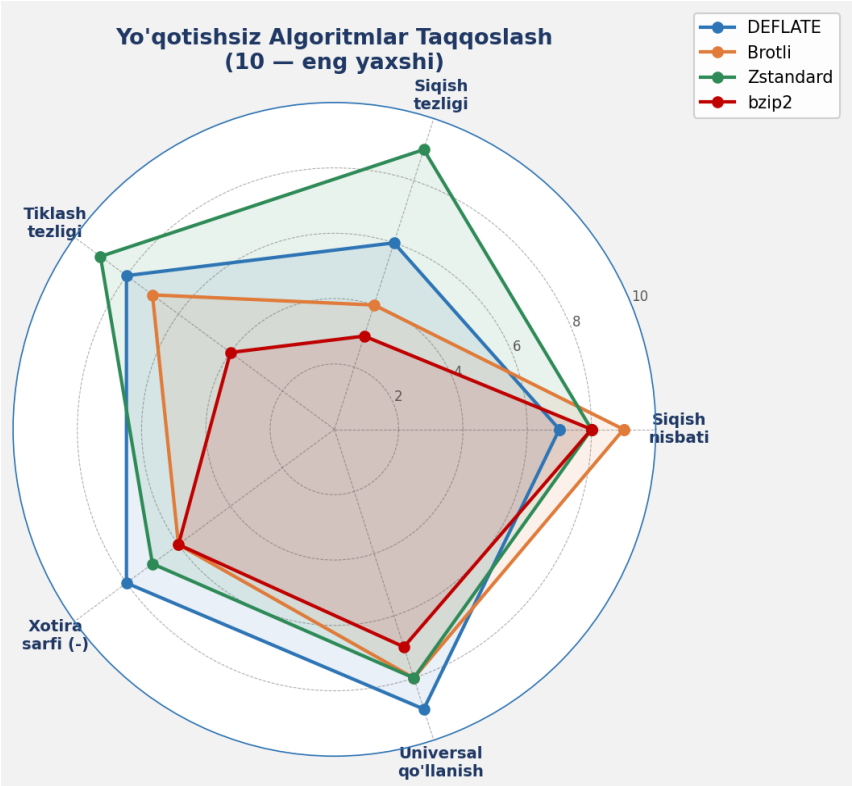
Video formatlarini tanlash bo‘yicha tavsiyalar

- H.264 — mavjud qurilmalar bilan maksimal moslik kerak bo‘lganda: DVD, Blu-ray, eski televizorlar va kameralar.
- H.265 (HEVC) — 4K/8K sifat bilan saqlash va arxivlash uchun; zamonaviy smart-TV va iPhone kameralari uchun standart.

- AV1 — YouTube, Netflix, Twitch kabi internet-streaming xizmatlari uchun; patent to‘lovlarisiz ochiq standart.
- VP9 — Google Chrome va Android ekotizimida; YouTube da H.264 ning asosiy alternativasi sifatida ishlatiladi.

2-jadval. Asosiy siqish algoritmlarining taqqoslanishi

Algoritm	Tur	Siqish nisbati	Tezlik	Qo‘llanish
Huffman	Yo‘qotishsiz	2:1 – 4:1	Juda tez	Arxiv, kompressiya
LZ77/LZ78	Yo‘qotishsiz	2:1 – 5:1	Tez	ZIP, gzip
DEFLATE	Yo‘qotishsiz	2:1 – 6:1	O‘rtacha	PNG, ZIP, HTTP
Brotli	Yo‘qotishsiz	3:1 – 8:1	O‘rtacha	Veb uzatish
Zstandard	Yo‘qotishsiz	2:1 – 7:1	Juda tez	Ma'lumot bazasi
JPEG	Yo‘qotishli	10:1 – 50:1	Tez	Fotografiya
H.265	Yo‘qotishli	100:1 – 1000:1	Sekin	4K/8K video
AV1	Yo‘qotishli	130:1 – 1200:1	Juda sekin	Streaming



6-rasm. Yo‘qotishsiz algoritmlarning ko‘p mezonli taqqoslash diagrammasi (radar chart)

Sun'iy Intellekt Asosidagi Siqish

Neyron Tarmoqlar Bilan Siqish. 2016-yildan boshlab neyron tarmoqlarga asoslangan siqish algoritmlari an'anaviy usullarni sezilarli darajada ortda qoldira boshladi. Google DeepMind ning WebP2 loyihasi va Anthropic ning tasvirni tushunish modellari zamonaviy siqish sohasidagi yutuqlarning yorqin namunasi.

Neyron siqish asosiy g‘oyasi: Encoder neyron tarmoq tasvirni yoki boshqa ma'lumotni kichik latent vektorga o‘zgartiradi; Quantization bu vektorni diskret qiymatlarga o‘tkazadi; Decoder neyron tarmoq siqilgan ma'lumotni qayta tiklaydi. Neyron tarmoqlar JPEG ning bloklanish artefaktlari va H.265 ning piksellanish muammolaridan xoli — ular konteksga mos ravishda etishmayotgan ma'lumotlarni «bashorat» qiladi.

Amaliy Natijalar va Taqqoslash

Google ning Recurrent Neural Network based image compression (2017) bir xil PSNR da JPEG 2000 dan 13-18% kichikroq fayl hosil qildi. Microsoft ning NTC (Neural Transform Coding) tizimi 4K tasvirlarni H.265 dan 40% yaxshiroq siqadi. Generative AI modellari esa yanada keskin yo‘l tutadi: EfficientSub-pixel Convolution texnikasi tasvir piksellari o‘rniga matematik distributsiyan saqlab, 1:1000 nisbatdan yuqori siqish darajasiga erishadi.

Neyron siqishning asosiy kamchiligi — hisoblash resurslari: GPU yoki maxsus NPU talab qilinadi. Biroq 2025-yildan boshlab telefon chiplarida o‘rnatilgan NPUlar tufayli neyron siqish ommaviy qurilmalarda real vaqtda ishlash imkoniyatiga erishmoqda. Apple iPhone 15 seriyasida fotokamera neyron siqishdan foydalanadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot ma'lumotlarni siqish texnologiyalarining keng ko‘lamli manzarasini taqdim etdi. Shannon entropiyasidan tortib zamonaviy neyron tarmoqlargacha bo‘lgan 75 yillik taraqqiyot shuni ko‘rsatadiki, siqish fani to‘xtamas rivojlanishda.

Yo‘qotishsiz algoritmlar — Huffman, LZ77/LZ78, DEFLATE, Brotli, Zstandard — matematik jihatdan optimal yechimlar sifatida o‘z ahamiyatini saqlab qolmoqda. Yo‘qotishli texnologiyalar — JPEG, H.265, AV1 — raqamli media

inqilobini ta'minlamoqda. Neyron tarmoq asosidagi yangi avlod siqish tizimlari esa kelgusi o‘n yillikda an'anaviy algoritmlarni sezilarli darajada siqib chiqarishi kutilmoqda.

Amaliy xulosa quyidagicha: ma'lumot turi va maqsadga ko‘ra to‘g‘ri algoritm tanlash kritik ahamiyatga ega. Matn va dastur kodi uchun Brotli yoki Zstd; tibbiy va ilmiy ma'lumotlar uchun yo‘qotishsiz Huffman/DEFLATE; raqamli fotografiya uchun JPEG XL; video uzatish uchun AV1; va noyob tasvir sifati talab qilinadigan holatlarda neyron siqish — bu zamonaviy muhandis uchun to‘g‘ri tanlov yo‘riqnomasi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rayimjonova, O. S., & Toshpulatov, S. M. (2025). Flyugerlar uchun burchakli siljish o‘zgartirgichlarini tahlil qilish va zamonaviy nanolitografik texnologiya tamoyillari. Строительство и образование, 4(3), 185-192.

2. Райимжонова, О. С., Эргашев, Ш. У., & Тиллабоев, М. Г. (2023). Арсенид галлийли афн–элементлар. ЖУРНАЛИ, 234.

3. Райимжонова, О. (2023). Оптоэлектронное измерение сильных токов и сильных магнитных полей. Engineering problems and innovations, 1(1), 35-38.

4. Tojiboev, I., Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., Makhammadjonov, A. G., & Tokhirova, S. G. (2022). Analysis of the flow of information of the physical level of internet services in multiservice networks of telecommunications. Мировая наука, (3 (60)), 26-29.

5. Rayimjonova, O. S., & Nurdinova, R. A. (2024). Boshqarish va nazorat qilish sistemalari uchun issiqlik o‘zgartirgichlarni tadqiq qilish. Al-Farg‘oniy avlodlari, (2), 152-157.

6. Ergashev, S. U., & Tillaboyev, M. G. (2025). Аномально высокий диотовольтаический эффект в тонких пленках арсенид-галлия. Строительство и образование, 4(3), 179-184.

7. Muxiddinjon, T. (2024). Pillani namligini o‘lchishning optoelektron qurilmasi. Al-Farg‘oniy avlodlari, (4), 189-192.

8. Rustambekovich, D. L. (2025). Raqamli tasvirlarni qayta ishlashda shovqinni kamaytirish usullar. Tadqiqotlar, 76(4), 347-352.

9. Khalilov, M. M. (2023). Effect of heat treatment on the photosensitivity of polycrystalline PbTe films and PbS. Al-Farg‘oniy avlodlari, 1(4), 218-221.

10. Dalibekov, L. R. (2025). Raqamli signallarni qayta ishlashda filtrlar va kodlash usullarining samaradorligini tahlil qilish. Zamonaviy taraqqiyot va fan: 21-asr yondashuvlari, 1(1), 194-206.

11. Dalibekov, L., & Dalibekova, D. (2025). Telemedicine–a new direction in modern medicine. Engineering problems and innovations, 3(1), 30-35.

12. Iskandarov, U. U., Makhmudov, I. A., & Iskandarov, N. U. (2026). Анализ развития структур технологий облачной среды. Строительство и образование, 5(1), 139-144.

13. Iskandarov, U. U., & Iskandarov, N. U. Study OF the Mechanism OF Voltage Generation in the Order OF 12-24 V Potential by Means OF Thermo Emf Based on the Seebeck Effect. American Journal of Technology and Applied Sciences, 34, 32-36.

14. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching of the degradation process of laser diodes used in optical transport networks. In 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-4). IEEE.

15. Jo‘rayev, N. (2023). Ta’lim jarayonlari raqamli transformatsiyasining moxiyati va axamiyati. Engineering problems and innovations.

16. Muxammadyunusovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). Optik tolalarda signallarni yo‘qolishini oldini olish va axborot xavfsizligi ta’minlash. Al-Farg‘oniy avlodlari, (2), 129-131.

17. Komilov, A. O. (2025). Оптоэлектронный датчик для контроля геотермальных газов. Строительство и образование, 4(3), 295-300.

18. Komilov, A. O. (2018). Selection of the composition and structure of the energy complex. Математическое и информационное моделирование: сборник научных трудов.–Тюмень, 2018.–Вып. 16.

19. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. American Journal Of Applied Science And Technology, 2(06), 94-97.