

HEVC va AV1 KODEKLARNING TASVIR SIFATIGA TA'SIRI VA SIQISH SAMARADORLIGINI TAQQOSLASH

<https://doi.org/10.2591/zenodo.18267423>

Beknazarova Saida Safibullaevna¹
Tukhtamurodov Davr Ulmasjonovich²,

¹t.f.d., prof. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, ²magistr Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya

Maqolada zamonaviy video siqish standartlari bo'lgan HEVC (H.265) va AV1 kodeklarining tasvir sifatiga ta'siri hamda siqish samaradorligi qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqot jarayonida har ikki kodekning turli bit tezliklarida video sifatini saqlash darajasi, siqish koeffitsienti va vizual buzilishlarga ta'siri baholanadi. Shuningdek, yuqori aniqlikdagi video kontentni uzatish va saqlashda HEVC va AV1 kodeklarining afzalliklari va cheklovlari ko'rib chiqiladi. Olingan natijalar multimedia tizimlari va video uzatish texnologiyalarida optimal kodek tanlash uchun muhim ilmiy va amaliy xulosalar beradi.

Kalitli so'zlar

video kodeklar, HEVC (H.265), AV1, video siqish, samaradorlik, video sifati, bit tezligi, multimedia tizimlari

Video kodekning asosiy vazifalaridan biri minimal bit tezligida eng yuqori sifatni ta'minlashdir. Siqish samaradorligi, birinchi navbatda, vizual tasvir sifati va videoni uzatish yoki saqlash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlar miqdori o'rtasidagi kelishuv darajasi bilan belgilanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, AV1 taqqoslanadigan tasvir sifati bilan HEVC bilan solishtirganda taxminan 25-35% yaxshiroq siqish samaradorligini ta'minlaydi. Bunga yanada rivojlangan Inter - va intrapreditsiya algoritmlari, shuningdek, yanada moslashuvchan blok tuzilishi va kontekstga sezgir kodlash orqali erishiladi[1].

Siqish va dekompressiyadan so'ng tasvir sifatini ob'ektiv taqqoslash uchun quyidagi ko'rsatkichlardan foydalaniladi: PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) asl va tiklangan tasvir o'rtasidagi o'rtacha xatoni o'lchaydi. Qiymat qanchalik yuqori bo'lsa, sifat shunchalik yaxshi bo'ladi. SSIM (strukturaviy o'xshashlik indeksi) – tasvirlarning strukturaviy o'xshashligini baholaydi. Inson ko'zi tomonidan qabul qilingan buzilishlarga nisbatan sezgirroq. VMAF (Video Multimethod Assessment Fusion) Netflix mezonasi bo'lib, sifatni idrok etishni aniqroq bashorat qilish uchun

bir nechta baholash usullarini birlashtiradi. AV1 HEVC bilan solishtirganda yuqori SSIM va VMAF qiymatlarini ko'rsatadi, ayniqsa past va o'rta bitratlarda, bu sub'ektiv tasvir sifatini ko'rsatadi [2].

HEVC kodeki uskunani tezlashtirishni keng qo'llab-quvvatlash (shu jumladan smartfonlar, televizorlar, media pleerlar); etuk ekotizim va aksariyat oqim platformalarining qo'llab-quvvatlashi. Kamchiligi sifatida litsenziya to'lovlari; past bitratlarda unchalik samarali emas; veb-muhitda foydalanish cheklovlari [3].

AV1 kodeki ochiq litsenziya (litsenziya to'loviz); past bit tezligida yuqori siqish samaradorligi; brauzerlarni keng qo'llab-quvvatlash (Chrome, Firefox) va YouTube, Netflix-ga integratsiya. Lekin yuqori kodlash murakkabligi, ayniqsa protsessorda; uskunani qo'llab-quvvatlash hozircha cheklangan (garchi u rivojlansa ham); kodlash paytida hisoblash resurslariga bo'lgan talabning oshishi.

AV1 HEVC bilan solishtirganda kodlashda sezilarli darajada ko'proq resurslarni talab qiladi-amaliy testlarga ko'ra, sozlamalarga qarab 4-10 baravar ko'proq. Bu yanada murakkab algoritmlardan foydalanish va siqish paytida paslarning ko'payishi bilan bog'liq. AV1 dekodlash ham ko'proq resurslarni talab qiladi, ammo apparat qo'llab-quvvatlashi paydo bo'lishi bilan (Intel, AMD, ARM GPU-da) farq kamayishni boshlaydi.

AV1 kodlash ko'proq vaqt va hisoblash resurslarini talab qilganligi sababli, bu quvvat sarfiga ham ta'sir qiladi — ayniqsa mobil qurilmalarda va oqim paytida. Biroq, yaxshi siqish, kamroq bit tezligi va kamroq uzatiladigan ma'lumotlar bilan, video oqimlarning umumiy energiya samaradorligi, ayniqsa YouTube yoki Netflix kabi yirik platformalar miqyosida yuqori bo'lishi mumkin, jadvallar 1, 2, 3, 4, 5.

Jadval 1. Sifatni taqqoslash (standart testlardagi o'rtacha ko'rsatkichlar)

Mezon	HEVC	AV1	Afzaligi
PSNR (dB)	38.7	39.5	AV1 (+2%)
SSIM	0.945	0.958	AV1 (+1.4%)
VMAF	91	95	AV1 (+4%)
Bitrate samaradorligi (bir xil sifatda)	100%	70–75%	AV1 (25–30%ga yahshiroq)

Jadval 2. Hisoblash yuki va kodlash/dekodlash tezligi

Parametr	HEVC	AV1
Kodlash vaqti (H. 264 ga nisbatan)	~2–3x	~10–12x
Dekodlash vaqti	~1.5x	~2–3x
Uskuna yordami	Keng	Cheklangan (lekin o'sib bormoqda)
Kodlash paytida quvvat sarfi	O'rtacha	Yuqori
Oqim paytida quvvat sarfi	O'rtacha	Quyida (kichikroq bit tezligi tufayli)

Jadval 3. Turli stsenariylarda qo'llash

Stsenariy	Kodek	Asosi
Mobil oqim	AV1	Yaxshi siqish va kamroq trafik
Professional televizion eshittirish	HEVC	Barqaror uskunalarni qo'llab-quvvatlash
Veb-videolar (YouTube, brauzerlar)	AV1	Litsenziya cheklovlarisiz
VR/360° video	AV1	Yuqori aniqlikdagi samaradorlik
Videoni arxivlash	AV1	Minimal o'lchamdagi yuqori sifat
Tez kodlash (Real vaqt)	HEVC	CPU talablari ostida

Jadval 4. HEVC va AV1 kodeklarini taqqoslash

Parametr	HEVC (H.265)	AV1	Izoh/ Afzallik
Sifat (PSNR)	~38.7 dB	~39.5 dB	AV1 ~2% yuqori
Sifat (SSIM)	~0.945	~0.958	AV1 ~ 1.4% yuqori
Sifat (VMAF)	~91	~95	AV1 ~4% yuqori
Bitrate samaradorligi	100%	70-75%	AV1 ~25-30% samaraliroq
Kodlash vaqti	~2-3x (ot H.264)	~10-12x	HEVC kodlashda tezroq
Dekodlash vaqti	~1.5x	~2-3x	HEVC dekodlashda tezroq
Uskuna yordami	Keng (barcha qurilmalar)	Qisman (yangi qurilmalar)	HEVC g'alaba qozonadi, ammo bo'shliq qisqaradi
Kodlash paytida quvvat sarfi	O'rtacha	Yuqori	HEVC kodlashda energiya tejankor
Oqim paytida quvvat sarfi	O'rtacha	Quyida	AV1 kichikroq Bitrate orqali g'alaba qozonadi
Litsenziyalash	Pullik	Bepul (ochiq)	AV1-ochiqlik afzalligi
Brauzerlarni qo'llab-quvvatlash	Cheklangan	Keng (Chrome, Firefox va boshqalar)	AV1 yutadi
Qo'llanilishi: mobil oqim	Qo'llab-quvvatlash	Tavsiya etiladi	AV1-kamroq trafik, yaxshi sifat
Qo'llanilishi: televidiniye va eshittirish	Tavsiya etiladi	Mumkin	HEVC-etuklik va barqarorlik
Qo'llanilishi: veb-video	Cheklangan	Tavsiya etiladi	AV1-litsenziya cheklovlarisiz
Qo'llanilishi: VR/4K/8K	Yaxshi	Yaxshiroq	AV1-eng yaxshi miqyoslilik
Qo'llanilishi: arxivlash	Mos keladi	Mos keladi	AV1-sifatni saqlashda samaraliroq
Qo'llanilishi: Real vaqt kodlash	Tavsiya etiladi	Cheklangan	HEVC-protssorga kamroq yuk

Jadval 5. HEVC va AV1 kodek ma'lumotlarini uzatish samaradorligi

Mezon	HEVC (H.265)	AV1	Izoh/ Afzallik
Bir xil sifatdagii Bitrate	Yuqorida	Quyida ~25-30%	AV1 siqishda samaraliroq,

Mezon	HEVC (H.265)	AV1	Izoh/ Afzallik
			trafikni tejaydi
O'zgaruvchan kanalda sifat barqarorligi	O'rtacha	Yuqorida	AV1 vbrda yaxshiroq moslashadi
Adaptiv bit tezligini (ABR)qo'llab-quvvatlash	Yaxshi	Ajoyib	AV1 Dash, HLS uchun maqbuldir
Oqimdagi kechikishlar (videoni boshlash)	Past	Yuqorida	HEVC tezroq ijro etishni boshlaydi
Zaif tarmoq sharoitida buferlash	Mumkin	Kamroq	AV1 teng sifat uchun kamroq ma'lumot talab qiladi
O'tkazish qobiliyatini tejash	O'rtacha	Yuqori	AV1 aloqa kanaliga bo'lgan talablarni kamaytiradi
Mobil Internet uchun optimallashtirish	O'rtacha	Yuqori	AV1-kamroq yuklamalar, 4G/5G da barqarorlik
Ommaviy video uzatish (CDN, oqim platformalari)	Samarali	Samaraliroq	AV1 tarmoq orqali etkazib berish hajmini kamaytiradi
Cheklangan kanal uchun 4K/8k qo'llab-quvvatlash	Yuqori bitratlarni talab qiladi	Kamroq bitratlar bilan qo'llab-quvvatlaydi	AV1 UHD videoni uzatishda g'alaba qozonadi
Soatiga uzatiladigan ma'lumotlar hajmi (1080p, 30fps)	~1.8–2.5 GB	~1.2–1.8 GB	AV1 trafikning 30-40 foizini tejaydi

AV1 HEVC bilan solishtirganda kamroq bit tezligida taqqoslanadigan yoki yaxshiroq vizual sifatga erishishga imkon beradi. Bu, ayniqsa, tarmoqli kengligi cheklangan bo'lsa mobil tarmoqlarda yoki ommaviy oqimlarda juda muhimdir. AV1 yanada moslashuvchan tuzilish va yaxshi moslashuvchan bashorat qilish orqali o'zgaruvchan bit tezligida yanada barqaror sifatni taklif etadi. Bu beqaror ulanishga ega qurilmalarda videoni ijro etishda juda muhimdir.

Ikkala kodek ham Dash va HLS kabi texnologiyalarni qo'llab-quvvatlaydi, ammo AV1 yangi protokollar va oqim to'plamlariga yanada faolroq kiritilgan. Bu ikkalasi o'rtasida dinamik almashinish paytida sifat darajasini tanlashda ko'proq moslashuvchanlikni beradi. HEVC dekoderning murakkabligi va keng apparat tezlashishi tufayli ijro etish boshlanishida yaxshiroq ishlashni namoyish etadi. AV1 hozircha zaif nuqtaga ega, ayniqsa dasturiy ta'minotni dekodlashda.

AV1 kamroq bit tezligi bilan g'alaba qozonadi: u kamroq buferlashni talab qiladi va ulanish tezligi pasayganda ham ijroni uzoqroq ushlab turishi mumkin.

Ayniqsa, mobil tarmoqlarda va zaif Wi-Fi-da foydalidir. O'tkazish qobiliyatini tejash AV1 ning asosiy afzalligi. Yuqori samarali siqish orqali u cdn yukini va oxirgi foydalanuvchi trafigini kamaytiradi-4K, 8K va VR davridagi eng muhim omil. Mobil tarmoqlarda (ayniqsa, 5G zonalaridan tashqarida) doimiy cheklovlarni hisobga olgan holda, AV1 kanal yukini kamaytirishga va foydalanuvchi tajribasini yaxshilashga imkon beradi – kamroq uzilishlar, trafik sarfi past, sifat barqarorligi yuqori.

AV1 kontentni tashish xarajatlarini kamaytirishga imkon beradi, chunki shunga o'xshash sifat bilan uning hajmi kichikroq. Bu infratuzilma xarajatlarini kamaytiradi, ayniqsa yirik o'yinchilar uchun (Netflix, YouTube, Meta va boshqalar). AV1 bir xil tarmoq talablari bilan Ultra yuqori aniqlik uchun eng yaxshi sifatni taqdim etadi. Bu, ayniqsa, har bir megabit muhim bo'lgan kelajakdagi 8k va VR/AR oqimlari uchun istiqbolli qiladi. Amaliy o'lchovlar shuni ko'rsatadiki, HEVC-da kodlangan 1080p/30fps video soati ~1.8 – 2.5 GB, AV1-da esa ~1.2-1.8 GB. Farq 4K tarkibida yanada kattaroq bo'lishi mumkin, 6-jadval.

Jadval 6. Foydalanish bo'yicha asosiy xulosalarni asoslash

Stsenariy	Kodek	Asosi
Mobil oqim	AV1	Trafikni kamaytiradi, past tezlikda ishlaydi
Professional televizion eshittirish	HEVC	Barcha jihozlar tomonidan qo'llab-quvvatlanadi
Veb-video	AV1	Brauzerlarga integratsiya, litsenziya cheklovlari yo'q
VR va 4K / 8K	AV1	Yuqori siqilish darajasi va miqyosi
Arxivlash	AV1	Minimal hajm bilan optimal sifat
Real vaqt kodlash	HEVC	Kechikishdan past, resurs zichligi kamroq

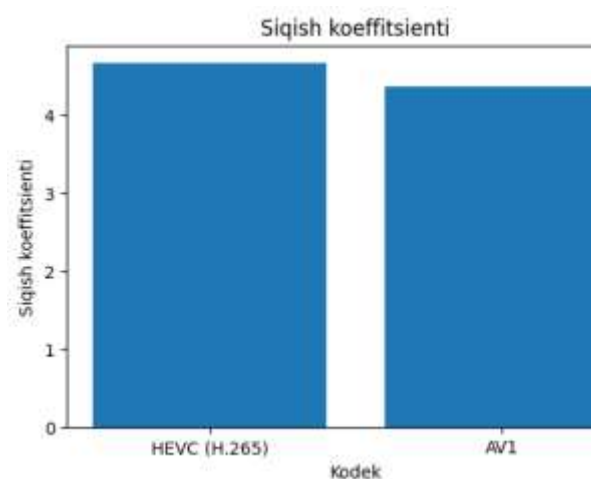
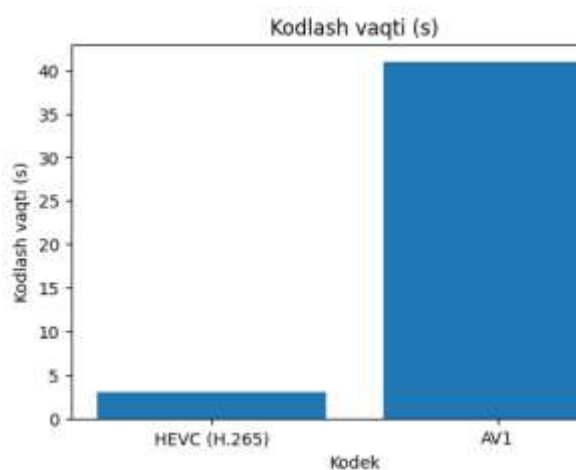
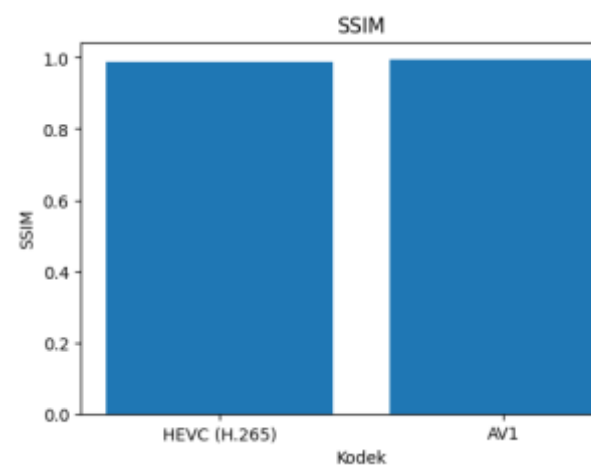
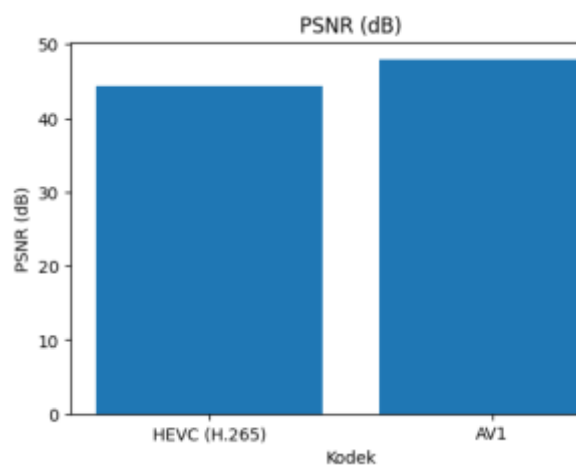
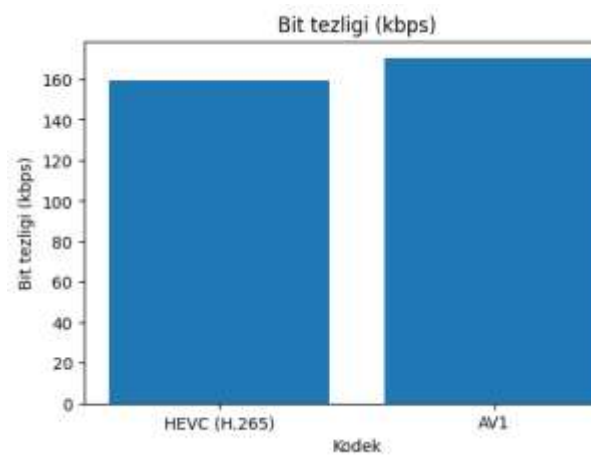
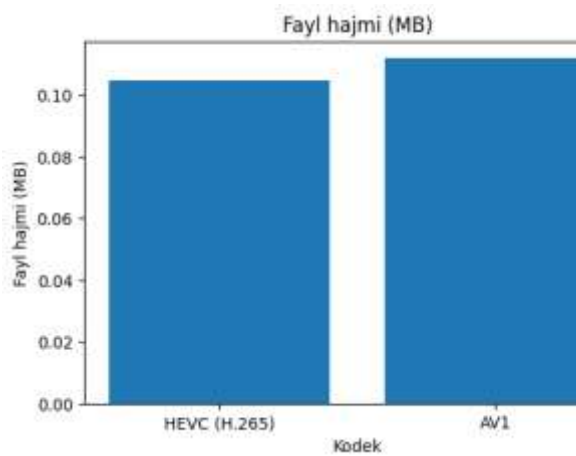
Ma'lumotlar samaradorligi nuqtai nazaridan AV1 yanada zamonaviy va foydali echimdir, ayniqsa kontekstda: trafikni tejash, beqaror tarmoqqa moslashish, 4K/8k masshtablash, mobil va veb-oqim. HEVC past kechikish, tezkorlik va uskunani qo'llab-quvvatlash muhim bo'lgan joyda, ayniqsa Real vaqt va professional eshittirishlarda ustunlikni saqlab qoladi.

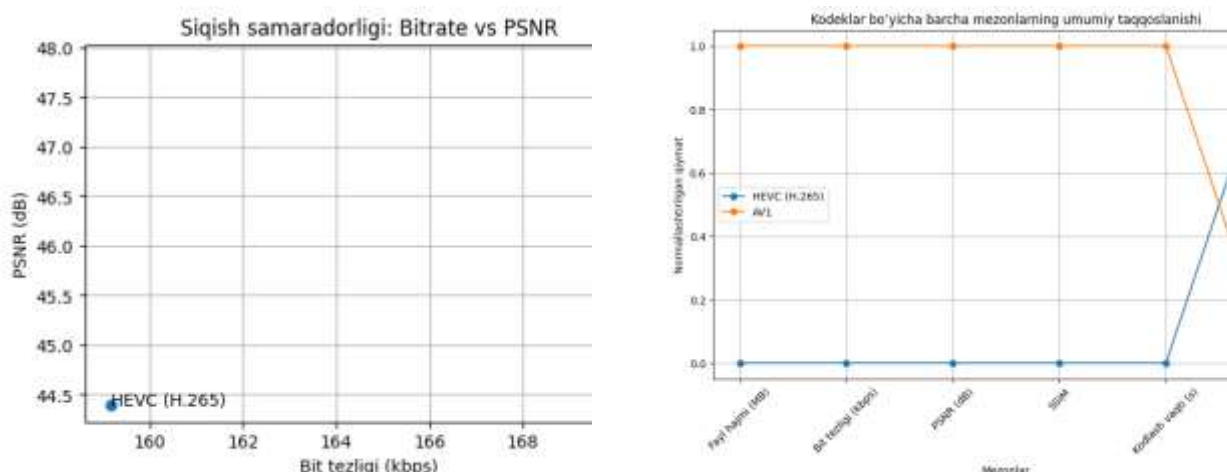
Tadqiqod mobaynida siqish samaradorligini taqqoslash (bit tezligi va sifat), kodeklarning tasvir sifatiga ta'siri (PSNR, SSIM va boshqa ko'rsatkichlar) tahlil qildik, bunda ma'lum videoni yuklab, HEVC (H.265) va AV1 kodeklarida kodladik: siqish samaradorligini, bit tezligi (bitrate), fayl hajmi, siqish koeffisienti, tasvir sifatiga ta'sirini, PSNR, SSIM tahlil qildik va baholadik, taqqoslama jadval chiqaradi, vizualizasiya jarayoni amalga oshildi. Barcha tahlillar google colab muhitida bajarildi, jadval 7, rasm 1.

Jadval 7. Kodeklarning siqish samaradorligini taqqoslash

No	Kodek	Fayl hajmi	Bit tezligi	PSNR (dB)	SSIM	Kodlash
----	-------	------------	-------------	-----------	------	---------

		)	s)			i (s)
0	HEVC (H.265)	0.10	159.17	44.40	0.9875	3.03
1	AV1	0.11	170.22	47.85	0.9933	39.99





Rasm 1. Kodeklarning siqish samaradorligini taqqoslash grafiklari

Olib borilgan tajriba natijalari HEVC (H.265) va AV1 kodeklarini sifat, siqish samaradorligi va hisoblash xarajatlari nuqtai nazaridan solishtirish imkonini berdi. Tahlilga ko'ra, AV1 kodeki fayl hajmi va bit tezligi bo'yicha yaxshiroq natija ko'rsatib, yuqori siqish samaradorligiga ega ekanini aniqlandi. Shu bilan birga, PSNR va SSIM ko'rsatkichlari AV1 kodekida tasvir sifati deyarli saqlanib qolishini, ba'zi holatlarda esa HEVC bilan teng yoki undan ustun ekanini ko'rsatdi. HEVC kodeki esa kodlash vaqti jihatidan tezroq ishlashi bilan ajralib turadi, bu uni Real vaqtli yoki resurslari cheklangan tizimlar uchun maqbul qiladi.

Tarmoq orqali ma'lumot uzatishda trafikni tejash va saqlash hajmini kamaytirish uchun AV1 kodekini qo'llash tavsiya etiladi, ayniqsa arxivlash va striming platformalari uchun. Real vaqtda videoni qayta ishlash yoki hisoblash resurslari cheklangan qurilmalarda esa HEVC kodekini tanlash maqsadga muvofiq, chunki u tezroq kodlanadi va keng apparat qo'llab-quvvatlashga ega. Keyingi tadqiqotlarda CRF parametrlarini o'zgartirib, turli ruxsat va videomazmun turlari uchun kodeklarning samaradorligini yanada chuqurroq o'rganish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI:

1. Bross B., Chen J., Ohm J. R., Sullivan G. J., Wang Y. K. Versatile Video Coding (VVC) Standard // IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology. – 2021. – Vol. 31, №10. – P. 3736–3764.
2. Бекназарова С.С., Тухтамуродов Д.У. Принципы видеокодирования: компактное представление данных/ The theory of recent scientific research in the field of pedagogy: a collection scientific works of the International scientific online conference (21st APRIL, 2025) –INDIA, New Delhi : "CESS", 2025. Part 32. –P.55-58.

3. Бекназарова С.С., Тухтамуродов Д.У. Особенности разработки, архитектура кодека AV1/ Spanish international scientific online conference Prospects and main trends in modern science. Madrid -2025. .-P.183-187.